

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Nivel de conocimiento sobre el manejo de  
traumatismos dentoalveolares en padres de  
familia de un consultorio odontológico particular  
Arequipa 2022**

Fanny Maya Sucasaca Chino

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Puno, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

**INFORME N° 30 CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Enrique Eduardo Huaroto Casquillas  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 11 de agosto de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022", perteneciente a la estudiante Fanny Maya Sucasaca Chino, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

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

Atentamente,



---

Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, FANNY MAYA SUCASACA CHINO, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70189368, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

28 de agosto de 2023.



---

FANNY MAYA SUCASACA CHINO

DNI. No. 70189368

# PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.utelesup.edu.pe">repositorio.utelesup.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="https://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1 %
12	<a href="https://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://repository.unimilitar.edu.co">repository.unimilitar.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="https://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="https://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="https://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="https://bibliotecas.unsa.edu.pe">bibliotecas.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="https://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://m.repositorio.unj.edu.pe">m.repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://per.sika.com">per.sika.com</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://ebin.pub">ebin.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://repositorio.unamba.edu.pe">repositorio.unamba.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

<1 %

33

[helenskestudije.me](http://helenskestudije.me)

Fuente de Internet

<1 %

34

OLARTE MERIDA WALTER EDWARD. "EIA del Proyecto de Relleno Sanitario de la Ciudad de Puerto Maldonado-IGA0003861", R.D. N° 0296/2005/DIGESA/SA, 2021

Publicación

<1 %

35

[www.repositorio.uancv.edu.pe](http://www.repositorio.uancv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

36

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

37

[texdelta.com](http://texdelta.com)

Fuente de Internet

<1 %

38

[repositorio.uan.edu.co](http://repositorio.uan.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

39

[repositorio.ucsm.edu.pe](http://repositorio.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

40

[repositorio.unu.edu.pe](http://repositorio.unu.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

41

[repositorio.utea.edu.pe](http://repositorio.utea.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

42

Submitted to Universidad Internacional SEK

Trabajo del estudiante

<1 %



43	<a href="http://repositorio.upse.edu.ec">repositorio.upse.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://distancia.udh.edu.pe">distancia.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
48	FIDEL SALAS VICENTE. "Investigación y modelización de la adherencia, el desgaste y la fenomenología de daño asociada a la rodadura en contactos rueda-carril de aceros al carbono y bainíticos.", Universitat Politecnica de Valencia, 2015 Publicación	<1 %
49	<a href="http://www.grafiati.com">www.grafiati.com</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud de forma especial a Dios por acompañarme en todo momento, ser fuerte y valiente para no rendirme en mi paso por la universidad y en toda mi vida hasta la fecha. Asimismo, a la Universidad Continental por haberme dado la oportunidad de escalar un peldaño más en el campo del conocimiento. Al Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas, por la asesoría de la presente investigación, por sus consejos técnicos, profesionales así también su paciencia y predisposición en todo momento. Agradezco, a mis compañeros de trabajo, colaboradores técnicos y personal calificado por la disposición colaborativa para la ejecución de la parte experimental de la investigación. A mis compañeros y amigos de promoción, por compartir sus conocimientos, experiencias y sobre todo anécdotas conmigo.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a mis queridos padres: Cipriano Sucasaca Sumi por sus consejos para forjar la persona que soy ahora y a mi madre Juana Chino Condori por la enseñanza de valores y principios que me sirven en el día a día. De igual forma, agradezco a mis hermanas: Guina, Tania y Maydana que me apoyan en cada momento para alcanzar mis objetivos y sobre todo por nunca haberme dejado sola.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	13
RESUMEN .....	18
ABSTRACT .....	19
INTRODUCCIÓN .....	20
CAPÍTULO I: .....	22
1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	22
<b>1.1. Planteamiento y Formulación del Problema</b> .....	22
1.1.1. Problema General .....	24
1.1.2. Problemas Específicos.....	24
<b>1.2. Objetivos:</b> .....	24
1.2.1. Objetivo General .....	24
1.2.2. Objetivos Específicos .....	24
<b>1.3. Justificación e importancia</b> .....	24
1.3.1. Justificación teórica.....	24
1.3.2. Justificación Social.....	25
1.3.3. Importancia .....	26
<b>1.4. Delimitación del Proyecto</b> .....	26
<b>1.5. Hipótesis y Variables</b> .....	27
1.5.1. Hipótesis.....	27
1.5.1.1. Hipótesis General .....	27
1.5.1.1.1. Hipótesis Alterna .....	27
1.5.1.1.2. Hipótesis Nula .....	27
1.5.1.2. Hipótesis Especificas .....	27
1.5.1.2.1. Hipótesis Alterna .....	27
1.5.1.2.2. Hipótesis Nula .....	27
1.5.2. Variables .....	28
1.5.2.1. Variable Independiente.....	28

1.5.2.2.	Variable Dependiente .....	28
CAPÍTULO II:.....		28
2.	MARCO TEÓRICO.....	28
<b>2.1.</b>	<b>Antecedentes del Problema</b> .....	28
2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	28
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	31
<b>2.2.</b>	<b>Bases Teóricas</b> .....	36
2.2.1.	Concreto Hidráulico.....	36
2.2.2.	Concreto permeable .....	37
2.2.3.	Diseño de Mezclas para Pavimento Permeable .....	38
2.2.3.1.	Método ACI 522R-10.....	38
2.2.3.2.	Método ACI.....	38
2.2.3.4.	Método Walker .....	39
2.2.3.5.	Método Fuller.....	40
2.1.1.	Insumos para Concreto Permeable.....	40
2.1.1.1.	Agregados:.....	40
2.1.1.2.	Cemento:.....	41
2.1.1.3.	Agua: .....	41
2.1.1.4.	Aditivos: .....	41
2.1.1.4.1.	Aditivo Sika Fume.....	42
2.1.2.	Propiedades del Concreto Permeable.....	43
2.1.2.1.	Contenido de Vacíos (Principio de Arquímedes).....	43
2.1.2.2.	Propiedades Mecánicas.....	43
2.1.2.2.1.	Resistencia Compresión “f’c” .....	43
2.1.2.2.2.	Resistencia a la Flexión “Mr” .....	44
2.1.2.2.3.	Permeabilidad “K” .....	44
2.1.2.3.	Propiedades Físicas de los agregados.....	44
2.1.2.4.	Propiedades Físicas del suelo natural extraído.....	45

2.1.1.	Estructura de la mezcla para la construcción de pavimento de concreto permeable hidráulico .....	46
2.1.1.1.	Losa de Concreto Permeable .....	46
2.1.1.2.	Subbase.....	46
2.1.1.3.	Subrasante.....	47
2.1.2.	Geotextil No Tejido .....	48
2.1.3.	Escorrentía superficial.....	50
2.1.4.	Sistema de drenaje pluvial.....	50
2.1.5.	Drenaje pluvial urbano.....	50
2.1.6.	Estancamiento Hídrico.....	51
CAPÍTULO III .....		52
3.	METODOLOGÍA .....	52
3.1.	<b>Método, tipo o alcance de la investigación</b> .....	52
3.1.1.	Método de Investigación .....	52
3.1.2.	Tipo de investigación.....	52
3.1.3.	Nivel de Investigación.....	52
3.1.4.	Diseño de Investigación .....	53
3.2.	<b>Materiales y Métodos</b> .....	54
3.2.1.	Materiales .....	54
3.2.2.	Métodos.....	54
3.2.2.1.	Métodos para la recolección de datos.....	54
3.2.2.2.	Análisis Estadístico .....	58
3.3.	<b>Población y muestra</b> .....	59
3.3.1.	Población.....	59
3.3.2.	Muestra.....	59
CAPÍTULO IV .....		60
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1.	<b>Presentación de resultados</b> .....	60
4.1.1.	Del Objetivo Especifico N°1 .....	60

4.1.1.1.	Propiedades físicas de los agregados.....	60
4.1.1.1.1.	Análisis granulométrico (MTC E 204 y NTP 400.012).....	60
4.1.1.1.2.	Peso unitario seco suelto (ASTM C-29 y AASHTO T-19) .....	64
4.1.1.1.3.	Peso unitario seco compactado (ASTM C-29 y AASHTO T-19).....	67
4.1.1.1.4.	Contenido de Humedad (ASTM D-2216 y MTC E 108).....	69
4.1.1.1.5.	Peso específico y % de absorción de los agregados (ASTM C128).....	72
4.1.1.1.6.	Equivalente de Arena (ASTM D 2419 y AASHTO T-176).....	75
4.1.1.2.	Propiedades mecánicas de los agregados.....	77
4.1.1.2.1.	Abrasión Los Ángeles (ASTM C 535 y NTP 400.020).....	77
4.1.2.	Del Objetivo Especifico N°2 .....	79
4.1.2.1.	Diseño de Mezclas del Concreto Permeable (ACI 522R-10) .....	79
4.1.2.1.1.	Cálculo Diseño de Mezclas (ACI 522R-10) .....	80
4.1.2.1.1.1.	Con 10.00% de finos (ACI 522R-10) .....	83
4.1.2.1.1.2.	Con 7.50% de finos (ACI 522R-10) .....	83
4.1.2.1.1.3.	Con 5.00% de finos (ACI 522R-10) .....	83
4.1.2.1.1.4.	Con 2.50% de finos (ACI 522R-10) .....	84
4.1.2.1.2.	Cálculo Diseño de Mezclas (ACI).....	84
4.1.2.1.2.1.	Con 10.00 de finos (ACI).....	84
4.1.2.1.2.2.	Con 7.50 de finos (ACI).....	88
4.1.2.1.2.3.	Con 5.00 de finos (ACI).....	92
4.1.2.1.2.4.	Con 2.50 de finos (ACI).....	96
4.1.2.1.3.	Cálculo Diseño de Mezclas (Modulo de Finura).....	100
4.1.2.1.3.1.	Con 10.00 de finos (Modulo de Finura).....	100
4.1.2.1.3.2.	Con 7.50 de finos (Modulo de Finura).....	105
4.1.2.1.3.3.	Con 5.00 de finos (Modulo de Finura).....	110
4.1.2.1.3.4.	Con 2.50 de finos (Modulo de Finura).....	115
4.1.2.1.4.	Cálculo Diseño de Mezclas (Walker) .....	120
4.1.2.1.4.1.	Con 10.00 de finos (Walker) .....	120



4.1.2.1.4.2.	Con 7.50 de finos (Walker) .....	124
4.1.2.1.4.3.	Con 5.00 de finos (Walker) .....	129
4.1.2.1.4.4.	Con 2.50 de finos (Walker) .....	133
4.1.2.1.5.	Cálculo Diseño de Mezclas (Método Global) .....	138
4.1.2.1.5.1.	Granulometría Global .....	138
4.1.2.2.	Elaboración de testigos en laboratorio.....	141
4.1.2.2.1.	Asentamiento del Concreto Permeable (ASTM C143) .....	145
4.1.2.3.	% de Vacíos de Concreto Permeable (Principio de Arquímedes).....	146
4.1.2.4.	Propiedades mecánicas del concreto endurecido .....	148
4.1.2.4.1.	Resistencia a la Compresión Simple (NTP 339.034) .....	148
4.1.2.4.2.	Resistencia a la Flexión (ACI 522R-10).....	151
4.1.2.4.3.	Permeabilidad (ASTM D5856-15).....	153
4.1.3.	Del Objetivo Especifico N°3 .....	158
4.1.3.1.	Diseño de Estructura de Pavimento de Concreto Permeable .....	158
4.1.3.1.1.	Diseño de Losa de Concreto Permeable .....	159
4.1.3.1.2.	Diseño de Subbase.....	166
4.1.3.1.3.	Geotextil No Tejido.....	167
4.1.3.1.4.	Diseño de Subrasante.....	168
4.1.3.1.5.	Procedimiento de precipitaciones pluviales en Juliaca.....	168
4.1.4.	Del Objetivo Especifico N°4 .....	171
4.1.4.1.	Propiedades de las muestras extraídas.....	172
4.1.4.1.1.	Contenido de Humedad (ASTM D-2216 y MTC E 108).....	172
4.1.4.1.2.	Limite Liquido (MTC E 110).....	174
4.1.4.1.3.	Limite Plástico (MTC E 111).....	177
4.1.4.1.4.	Proctor Modificado (MTC E 115-200 y ASTM D-1557).....	179
4.1.4.1.5.	Valor Relativo Soporte CBR (AASHTO T-193, ASTM D-1883 y MTC E132)	184
4.1.4.1.6.	Clasificación de suelos (ASTM D422, AASHTO T88 y SUCS).....	188

<b>4.2. Discusión de resultados</b> .....	191
4.2.1. Del Objetivo Especifico N°1 .....	191
4.2.2. Del Objetivo Especifico N°2 .....	193
4.2.3. Del Objetivo Especifico N°4 .....	206
CAPÍTULO V .....	208
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	208
<b>5.1. Conclusiones</b> .....	208
5.1.1. Objetivo Especifico N°1.....	208
5.1.2. Objetivo Especifico N°2.....	208
5.1.3. Objetivo Especifico N°3.....	209
5.1.4. Objetivo Especifico N°4.....	210
<b>5.2. Recomendaciones</b> .....	210
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	212
ANEXOS	217

- Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.
- Anexo 2. Matriz de consistencia.
- Anexo 3. Especificaciones técnicas de insumos.
- Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos.
- Anexo 5. Constancia de validación de instrumentos de recolección de datos.
- Anexo 6. Planos.
- Anexo 7. Panel fotográfico.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estado situacional del ovalo salida Cusco - Juliaca.....	21
Figura 2.	Represamiento de agua en la Av. Triunfo esquina con Av. Circunvalación – Juliaca 21	
Figura 3.	Área de deficiencia de drenaje pluvial.....	23
Figura 4.	Estado situacional de la periferia del Centro Comercial.....	23
Figura 5.	Estructuración de pavimento permeable.....	29
Figura 6.	Comparación de hormigón estándar y penetrable.....	30
Figura 7.	Diseño de estructura de PPCH.....	31
Figura 8.	Diseño de pavimento poroso acorde a los cálculos del autor.....	33
Figura 9.	Estructura de Pavimento Permeable.....	34
Figura 10.	Diseño de estructura de Pavimento Permeable.....	35
Figura 11.	Prueba de Permeabilidad.....	36
Figura 12.	Sika fume de 25 Kg.....	42
Figura 13.	Drenaje planar y separación de subbase y subrasante.....	48
Figura 14.	Sección de una base permeable con una berma de concreto.....	49
Figura 15.	Geotextil no tejido de polipropileno.....	50
Figura 16.	Tamizado de Piedra Chancada (Grava).....	61
Figura 17.	Curva granulométrica del agregado grueso.....	62
Figura 18.	Tamizado del agregado fino (Cantera Isla).....	63
Figura 19.	Curva granulométrica del agregado fino.....	64
Figura 20.	Peso de molde + muestra suelta inicial.....	65
Figura 21.	Preparación de molde + muestra de AF.....	66
Figura 22.	Varillado de la última capa de la muestra N° 1.....	67
Figura 23.	Conformación de la última capa de agregado fino en el molde.....	68
Figura 24.	Proceso de compactación del agregado fino.....	68
Figura 25.	Anotación de pesado de matraz + muestra saturada.....	70
Figura 26.	Peso específico del agregado grueso.....	72
Figura 27.	Control de tiempo de las probetas.....	76

Figura 28.	Proceso de girado de varilla lentamente.....	76
Figura 29.	Preparación de muestras para exponerlas a la prueba de Abrasión Los Ángeles	77
Figura 30.	Colocación de esferas a la maquina Los Ángeles.....	78
Figura 31.	Método de cuarteo de agregado grueso.....	141
Figura 32.	Colocación de aditivo sika fume a la mezcla .....	142
Figura 33.	Proceso de batido para obtener una mezcla homogénea .....	142
Figura 34.	Enrasado de muestra en el molde .....	143
Figura 35.	Proceso de curado inicial .....	144
Figura 36.	Curado de testigos permeables .....	144
Figura 37.	Desencofrado de testigos con 2.5, 5, 7.5 y 10% de material fino.....	144
Figura 38.	Asentamiento de concreto permeable .....	145
Figura 39.	Cálculo de contenido de vacíos .....	146
Figura 40.	Gráfico de % de vacíos hallados.....	146
Figura 41.	Rotura de briqueta.....	148
Figura 42.	Esquema de modelos de fractura típicos.....	149
Figura 43.	Gráfico comparativo de $f'c$ .....	151
Figura 44.	Gráfico comparativo de $M_r$ .....	152
Figura 45.	Muestras para ensayo de permeabilidad.....	153
Figura 46.	Toma de temperatura del agua.....	154
Figura 47.	Procedimiento del ensayo de permeabilidad .....	154
Figura 48.	Control de tiempo de filtración.....	155
Figura 49.	Prototipo a escala de estructuración del pavimento.....	158
Figura 50.	Prueba de carga constante de agua durante 2 horas .....	167
Figura 51.	Detalle de prototipo a escala .....	170
Figura 52.	Método de cuarteo en de la C-2.....	172
Figura 53.	Secado de muestras de suelo para determinar el % de humedad.....	173
Figura 54.	Realizando el conteo de 25 golpes en la cuchara de Casagrande .....	174
Figura 55.	Representación para el cálculo de limite liquido .....	175
Figura 56.	Determinación de constantes físicos en laboratorio.....	176

Figura 57. Representación para el cálculo de limite liquido .....	177
Figura 58. Ranurando en el centro de la muestra .....	177
Figura 59. Realizando el rodado del cilindro con los dedos .....	178
Figura 60. Enrasado de la muestra en el molde Proctor .....	179
Figura 61. Prueba de Proctor Modificado.....	180
Figura 62. Pesaje de molde más muestra húmeda (Proctor Modificado). .....	180
Figura 63. Gráfico de curva de compactación de la C-1.....	181
Figura 64. Gráfico de curva de compactación de la C-2.....	183
Figura 65. Lectura de CBR controlando tiempo C-1.....	184
Figura 66. Gráfico de CBR en C-1.....	185
Figura 67. Gráfico de CBR en C-2.....	187
Figura 68. Curva granulométrica del suelo de la C-1.....	188
Figura 69. Tamizaje de la muestra para conocer la granulometría y clasificación de la C-2 189	
Figura 70. Curva granulométrica del suelo de la C-2.....	190
Figura 71. Gráfico de % de vacíos real de las probetas .....	196
Figura 72. Gráfico comparativo de f'c a los 7,14 y 28 días de edad .....	197
Figura 73. Gráfico comparativo de permeabilidad en cm/s .....	201
Figura 74. Propuesta de diseño de pavimento permeable.....	204
Figura 75. Funcionamiento del prototipo a escala real.....	205

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variable independiente .....	28
Tabla 2.	Variable dependiente .....	28
Tabla 3.	Diferencias entre un pavimento permeable y convencional.....	37
Tabla 4.	Estimación del Peso del Concreto Fresco .....	39
Tabla 5.	Clasificación de agregado fino y grueso .....	41
Tabla 6.	Resumen de ensayos para agregados realizados en laboratorio .....	44
Tabla 7.	Resumen de ensayos para el suelo natural en laboratorio .....	45
Tabla 8.	Parámetros de espesores mínimos para pavimento poroso .....	47
Tabla 9.	Procedimiento de ejecución de la investigación.....	55
Tabla 10.	Ensayo de Laboratorio por objetivos .....	57
Tabla 11.	Análisis granulométrico real del agregado grueso.....	61
Tabla 12.	Análisis granulométrico real del agregado fino.....	63
Tabla 13.	Peso unitario seco suelto del agregado grueso .....	65
Tabla 14.	Análisis estadístico del peso unitario seco suelto del agregado grueso .....	65
Tabla 15.	Peso unitario seco suelto del agregado fino .....	66
Tabla 16.	Análisis estadístico del peso unitario seco suelto del agregado fino .....	66
Tabla 17.	Peso unitario seco suelto del agregado grueso .....	67
Tabla 18.	Análisis estadístico del peso unitario seco compactado del agregado grueso .....	68
Tabla 19.	Peso unitario seco suelto del agregado fino .....	69
Tabla 20.	Análisis estadístico del peso unitario seco compactado del agregado fino .....	69
Tabla 21.	Contenido de Humedad del agregado grueso .....	70
Tabla 22.	Análisis estadístico del contenido de humedad del agregado grueso .....	70
Tabla 23.	Contenido de Humedad del agregado fino .....	71
Tabla 24.	Análisis estadístico del contenido de humedad del agregado fino.....	71
Tabla 25.	Peso específico y % de absorción del agregado grueso .....	72
Tabla 26.	Análisis estadístico del peso específico del agregado grueso.....	73
Tabla 27.	Análisis estadístico del porcentaje de absorción del agregado grueso.....	73
Tabla 28.	Peso específico del agregado fino.....	74

Tabla 29.	Peso específico y % de absorción del agregado fino .....	74
Tabla 30.	Análisis estadístico del peso específico del agregado fino.....	75
Tabla 31.	Análisis estadístico del porcentaje de absorción del agregado fino.....	75
Tabla 32.	Resultados de la prueba de Equivalente de Arena .....	77
Tabla 33.	Análisis estadístico del ensayo de equivalente de arena .....	77
Tabla 34.	Resultados de % retenidos en los tamices .....	79
Tabla 35.	Diseños teóricos para la capa de rodadura .....	80
Tabla 36.	Propiedades físicas obtenidas de los agregados.....	80
Tabla 37.	Tabla para hallar el volumen del AG.....	81
Tabla 38.	Datos Adicionales.....	82
Tabla 39.	Dosificación en Peso.....	82
Tabla 40.	Cantidad de insumos por diseño de mezclas .....	83
Tabla 41.	Método ACI 522R-10 con 2.5% de finos.....	83
Tabla 42.	Método ACI 522R-10 con 7.5% de finos.....	83
Tabla 43.	Método ACI 522R-10 con 5% de finos.....	83
Tabla 44.	Método ACI 522R-10 con 2.5% de finos.....	84
Tabla 45.	Resultados de asentamiento.....	146
Tabla 46.	Resultados de % de Vacíos .....	146
Tabla 47.	Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 2.5 % de finos	147
Tabla 48.	Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 5 % de finos	147
Tabla 49.	Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 7.5 % de finos	148
Tabla 50.	Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 10 % de finos	148
Tabla 51.	Resultados de $f'c$ a los 7 días .....	149
Tabla 52.	Resultados de $f'c$ a los 14 días.....	150
Tabla 53.	Resultados de $f'c$ a los 28 días.....	150
Tabla 54.	Resumen de resultados de $f'c$ a los 7,14 y 28 días.....	150

Tabla 55.	Resultados de Mr a los 28 días .....	151
Tabla 56.	Resumen de resultados de Mr.....	152
Tabla 57.	Conversión de resultados de kg/cm <sup>2</sup> a MPa “Mr”.....	152
Tabla 58.	Valores recomendados de Mr según rango de trafico.....	153
Tabla 59.	Características de la Muestra con 2.5% de finos .....	154
Tabla 60.	Resultado del ensayo de Permeabilidad con 2.5% de finos .....	155
Tabla 61.	Resultado del ensayo de Permeabilidad con 5% de finos .....	155
Tabla 62.	Resultado del ensayo de Permeabilidad con 7.5% de finos .....	155
Tabla 63.	Resultado del ensayo de Permeabilidad con 10% de finos .....	156
Tabla 64.	Resumen de prueba calculado mediante el permeámetro en cm/s.....	156
Tabla 65.	Resumen de resultado de permeabilidad en l/m <sup>2</sup> /s.....	156
Tabla 66.	Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable (2.5 % de finos)..	157
Tabla 67.	Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable (5 % de finos) ....	157
Tabla 68.	Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable (7.5 % de finos)..	157
Tabla 69.	Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable (10 % de finos)...	157
Tabla 70.	Requisitos mínimos para pavimento rígido.....	166
Tabla 71.	Espesor mínimo para subbase .....	166
Tabla 72.	Requisitos mínimos para subrasante.....	168
Tabla 73.	Espesor mínimo de subrasante .....	168
Tabla 74.	Resumen de datos meteorológicos 2010-2022 .....	168
Tabla 75.	Clasificación de lluvia según intensidad en mm.....	169
Tabla 76.	Aviso por preoipitacion acumulada .....	169
Tabla 77.	Contenido de Humedad de la C-1.....	173
Tabla 78.	Análisis estadístico del contenido de humedad en la calicata 01, Jr. Lima esq. Jr. Huayna Cápac.....	173
Tabla 79.	Contenido de Humedad de la C-2.....	174
Tabla 80.	Análisis estadístico del contenido de humedad en la calicata 02, Jr. Huancané esq. Jr. Tupac Amaru. ....	174
Tabla 81.	Limite liquido de la C-1 .....	175
Tabla 82.	Limite liquido de la C-2.....	176



Tabla 83.	Limite plástico de la C-1 .....	178
Tabla 84.	Limite liquido de la C-2.....	179
Tabla 85.	Resultados de Densidad de Suelo Seco de la C-1.....	180
Tabla 86.	Resultados de densidad de suelo seco de C-2.....	182
Tabla 87.	Resultados del ensayo CBR de la C-1 .....	185
Tabla 88.	Resultados del Ensayo CBR de la C-2.....	186
Tabla 89.	Análisis granulométrico real de la C-1.....	188
Tabla 90.	Análisis granulométrico real de la C-2.....	190
Tabla 91.	Resumen de proporción de materiales .....	193
Tabla 92.	Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (10 % de agregado fino).....	194
Tabla 93.	Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (7.5 % de agregado fino).....	194
Tabla 94.	Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (5 % de agregado fino).....	194
Tabla 95.	Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (2.5 % de agregado fino).....	195
Tabla 96.	Método global.....	195
Tabla 97.	Resultados de % de Vacíos .....	196
Tabla 98.	Resultados de $f'c$ a los 7,14 y 28 días de edad .....	197
Tabla 99.	Resistencia a compresión mínima de concreto de cemento portland.....	198
Tabla 100.	Resistencia a la compresión minina establecida.....	198
Tabla 101.	$F'c$ a los 28 días en MPa. ....	199
Tabla 102.	Resumen de resultados de $M_r$ .....	199
Tabla 103.	Gráfico de $M_r$ . obtenidos. ....	200
Tabla 104.	Resumen de resultados en $kg/cm^2$ y MPa “ $M_r$ ”.....	200
Tabla 105.	Resumen de prueba calculado mediante el permeámetro en $cm/s$ .....	201
Tabla 106.	Resumen de resultado de permeabilidad en $l/m^2/s$ .....	201
Tabla 107.	Proporción eficiente con dosificación de 10% de finos en volumen .....	202
Tabla 108.	Proporción eficiente con dosificación de 7.5% de finos en volumen .....	203

Tabla 109. Propuesta de diseño de PPCH .....	204
Tabla 110. Permeabilidad según tipo de suelo natural .....	207
Tabla 111. Cuadro comparativo entre la normativa y el diseño propuesto .....	209

## RESUMEN

El presente estudio plantea por objetivo identificar si la propuesta de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico controlará las deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos en función a los parámetros establecidos por la Norma Técnica CE 010 Pavimentos Urbanos y el ACI 522R-10 principalmente. Se utilizó la metodología científica; que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación y formulación, lo que implica disciplina para investigar, por ello, se recolectó datos para analizar, evaluar y mejorar el problema investigado; el tipo de investigación es aplicativo; el enfoque de cuantitativo; el nivel de la investigación es el explicativo y el diseño apropiado es el cuasiexperimental debido a que se expusieron una cantidad dada de briquetas y vigas de concreto permeable y muestras de suelo natural que serán sometidas a pruebas de laboratorio. La técnica e instrumento empleados fueron pruebas estandarizadas, muestreo de terreno de fundación, datos históricos de SENAMHI, estudio de tráfico, apuntes, fotografías, observación y ficha de recolección de datos. Se elaboraron especímenes con cuatro diseños de mezcla diferentes, con 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de finos con adición de aditivo sika Fume de 5% a cada una, con 20.85%, 17.01%, 15.95% y 13.76% real de vacíos respectivamente, se sometieron a ensayos de compresión, flexión y permeabilidad, se analizó a la compresión alcanzada; además se evaluó el coeficiente de permeabilidad del suelo.

Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio a través de las muestras extraídas tomando en consideración las propiedades mecánicas; en relación el porcentaje de vacíos y su volumen de infiltración se obtuvo el diseño de las mezclas de concreto portland permeables diseñadas "A" con 2.5% de agregado fino para la rotura de 7, 14 y 28 días, se presentaron en el siguiente orden 44.88 kg/cm<sup>2</sup>, 98.63 kg/cm<sup>2</sup> y 139.75 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En el diseño de mezclas "B" con 5% de agregado fino para la rotura de 7, 14 y 28 días, se presentaron en el siguiente orden 68.08 kg/cm<sup>2</sup>, 120.54 kg/cm<sup>2</sup> y 173.71 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. El diseño de mezclas "C" con presencia de 7.5% de agregado fino para la rotura de 7, 14 y 28 días, se presentaron en el siguiente orden 83.30 kg/cm<sup>2</sup>, 144.08 kg/cm<sup>2</sup> y 192.91 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Ahora el ultimo diseño de mezclas "D" con 10% de agregado fino para la rotura de 7, 14 y 28 días, se presentaron en el siguiente orden 106.35 kg/cm<sup>2</sup>, 165.44 kg/cm<sup>2</sup> y 210.82 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Los valores obtenidos satisfacen parcialmente las Normas Técnicas antes mencionadas, excepto la permeabilidad del suelo. Por lo que, se concluye que la aplicación de concreto permeable ayuda significativamente en el control de la acumulación de precipitaciones pluviales en las vías urbanas de la ciudad de Juliaca.

Palabras Clave: Concreto permeable, escorrentía, infiltración y drenaje pluvial

## ABSTRACT

The purpose of this research is to determine if the hydraulic concrete permeable pavement design proposal will control storm drainage deficiencies in urban pavements based on the parameters established by Technical Standard CE 010 Urban Pavements and ACI 522R-10 mainly. The scientific methodology was used; which consists of systematic observation, measurement, experimentation and formulation, which implies discipline to investigate, therefore, data was collected to analyze, evaluate and improve the investigated problem; the type of research is applicative; the quantitative approach; The research level is explanatory and the appropriate design is quasi-experimental since a given amount of briquettes and pervious concrete beams and natural soil samples were exposed to laboratory tests. The technique and instrument used were standardized tests, foundation soil sampling, SENAMHI historical data, traffic study, notes, photographs, observation, and data collection form. Specimens were made with four different mix designs, with 2.5%, 5%, 7.5% and 10% fines with addition of 5% sika Fume additive to each one, with 20.85%, 17.01%, 15.95% and 13.76% real. of voids respectively, they were subjected to compression, bending and permeability tests, the compression reached was analyzed; In addition, the coefficient of permeability of the soil was evaluated.

The results obtained from laboratory tests through the extracted samples taking into account the mechanical properties; In relation to the percentage of voids and their volume of infiltration, the design of the permeable portland concrete mixes designed "A" with 2.5% fine aggregate for the break of 7, 14 and 28 days was obtained, they were presented in the following order 44.88 kg/cm<sup>2</sup>, 98.63 kg/cm<sup>2</sup> and 139.75 kg/cm<sup>2</sup> respectively. In the design of mixes "B" with 5% of fine aggregate for the breakage of 7, 14 and 28 days, 68.08 kg/cm<sup>2</sup>, 120.54 kg/cm<sup>2</sup> and 173.71 kg/cm<sup>2</sup> respectively were presented in the following order. The design of "C" mixtures with the presence of 7.5% of fine aggregate for the breakage of 7, 14 and 28 days, were presented in the following order: 83.30 kg/cm<sup>2</sup>, 144.08 kg/cm<sup>2</sup> and 192.91 kg/cm<sup>2</sup> respectively. Now the last design of mixtures "D" with 10% of fine aggregate for the break of 7, 14 and 28 days, 106.35 kg/cm<sup>2</sup>, 165.44 kg/cm<sup>2</sup> and 210.82 kg/cm<sup>2</sup> were presented in the following order respectively. The values obtained partially satisfy the aforementioned Technical Standards, except for soil permeability. Therefore, it is concluded that the application of pervious concrete helps significantly in the control of the accumulation of rainfall in the urban roads of the city of Juliaca.

Keywords: Pervious concrete, runoff, infiltration and storm drainage

## INTRODUCCIÓN

La investigación que lleva por título “PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022” se elabora como consecuencia de los constantes cambios climáticos que provocan estancamiento de precipitaciones pluviales, Juliaca es una ciudad de gran relevancia que experimenta un constante incremento en su extensión geográfica, por tanto, aumenta la demanda de construir infraestructura vial; se sabe que al utilizar pavimentos de concreto no están diseñados para absorber parte de la escorrentía sobre ella ya que impide la infiltración del agua de lluvia al subsuelo a su vez no permita su ciclo natural aminorando así la posibilidad de contribuir con el indicado drenaje, el desenlace de esta situación se traduce en la completa desestabilización del sistema de drenaje de lluvias, lo que implica que los desechos fecales, la basura y los sedimentos son desplazados hacia áreas más bajas, provocando inundaciones. Para abordar esta problemática y encontrar soluciones efectivas en el sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca, se está llevando a cabo una investigación científica que busca determinar las propiedades físicas y mecánicas requeridas en los agregados para lograr una dosificación adecuada de concreto permeable en los pavimentos urbanos. Este enfoque se realiza a través de una metodología de investigación dividida en varias etapas.

En la primera etapa, se están obteniendo muestras representativas de los agregados de la cantera del río Cabanillas (piedra chancada) y de la cantera Taparachi, ambos ubicados en la misma ciudad. Estos agregados se seleccionan por tener las mejores propiedades para su uso en el mejoramiento del sistema de drenaje.

En la segunda etapa, se realizarán ensayos de laboratorio siguiendo el método de diseño de mezclas de la ACI-522R-10. Estos ensayos permitirán determinar las propiedades y la dosificación adecuada del concreto permeable, así como la capacidad de filtración requerida. Se llevarán a cabo pruebas tanto en los agregados (grava y arena) como en las muestras extraídas del terreno natural.

En la tercera etapa, se analizarán los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, así como la clasificación del suelo, con el fin de determinar el diseño de mezclas según las pautas establecidas por la ACI-522R-10.

En la cuarta etapa, una vez obtenido el diseño de mezclas con diferentes porcentajes de agregado fino (2.5%, 5%, 7.5% y 10%), y un porcentaje objetivo de vacíos cercano al 15%, se procederá a la fabricación de 24 testigos permeables con dimensiones de 15 cm de diámetro

por 30 cm de altura. Estos testigos serán sometidos a pruebas de compresión a los 7, 14 y 28 días de edad con el objetivo de alcanzar la resistencia deseada. Mediante esta investigación científica, se espera encontrar una solución adecuada para mejorar el sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Juliaca, mitigando así los efectos negativos del colapso del sistema y reduciendo las preocupaciones de la comunidad afectada durante los meses de noviembre a marzo. Quinta Etapa. Desarrollar un prototipo a escala compuesta por capa de rodadura diseñada de aproximadamente  $e=20\text{cm}$ , subbase granular de  $e=20\text{cm}$  y geotextil no tejido para retención de material fino y capacidad de filtrar a fin de determinar la influencia de terreno natural y lograr la filtración eficiente. De tal manera, se pretende alcanzar los objetivos planteados.

*Figura 1. Estado situacional del ovalo salida Cusco - Juliaca*



*Fuente: (El Comercio 2018)*

*Figura 2. Represamiento de agua en la Av. Triunfo esquina con Av. Circunvalación – Juliaca*



*Fuente: (El Comercio 2018)*

## CAPÍTULO I:

### 1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

Las altas precipitaciones pluviales provocan graves inundaciones que provocan pérdidas materiales y desorden social. También se sabe que menos de dos milímetros por metro cuadrado en una hora es una lluvia débil; más de 60 milímetros se define como una lluvia torrencial.

Actualmente, vivimos en un mundo caracterizado por cambios climáticos frecuentes, como por ejemplo en India, Bogotá, el Sudeste de Asia y por último en Pakistán (Diario la Razón 2022) (1) reporta desde el junio cerca de 1,8 millones de personas han visto sus vidas alteradas según informa la Autoridad Nacional de Gestión de Desastres de Pakistán, se generaron estos desastres de represamiento de agua por las altas precipitaciones pluviales causando el daño al entorno construido y la posterior pérdida de bienes materiales. Bien se sabe que estas ciudades están en constante desarrollo urbano lo que resulta ser un aumento significativo de las superficies impermeables que dificultan la infiltración superficial y aumentan el riesgo de inundaciones.(Iqbal, Rahman y Beecham 2022) (2). Especialmente para el área de detalle, el represamiento de agua por altas lluvias se produce anualmente con variación de intensidad, este fenómeno ocurre más veces entre noviembre y abril, siendo esta, la temporada típica de lluvias en la zona, esta circunstancia se relaciona con el fenómeno estacional del verano, el cual guarda una relación no directamente proporcional con la asistencia de la cordillera de los Andes. Esta información es suministrada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

En el Perú, ciudades como Abancay, Huancayo y Chilca, la investigación de (Carmen 2022)(3) aclara que los problemas de inundaciones han aumentado en los últimos años debido a las dificultades para evacuar las aguas pluviales en las zonas urbanas, lo que ha dado lugar a escorrentías, deposición de sólidos y contaminantes en las zonas bajas de estas ciudades, que siguen siendo motivo de preocupación para los residentes de las zonas afectadas. Por su ubicación están en zonas de alta pluviometría, especialmente en los meses de diciembre a marzo las precipitaciones pluviales son altas, es decir. la pendiente promedio es de alrededor del 13%, por lo que la zona más baja es afectada. El impacto del agua estancada en las áreas pavimentadas es mayor porque dificulta que la precipitación se filtre al suelo o terreno natural, lo que hace que el agua fluya por las calles, aumentando el flujo a su paso, y en algunos casos convirtiéndose en arroyos masivos que discurren por una zona que ocasiona un peligro para el tráfico y los peatones.

Por otro lado, existen otros factores causantes como crecimiento desordenado de la ciudad, insuficiente mantenimiento de redes de drenaje y por si fuera poco en el departamento de Puno, durante los meses de noviembre a marzo, son muy elevados, las cuales pasan a ser





*Fuente: (El Comercio 2018)(4)*

#### 1.1.1. Problema General

¿En qué medida el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico podría mejorar el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca?

#### 1.1.2. Problemas Específicos

- ❖ ¿Qué parámetros deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas?
- ❖ ¿Cuál será la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca?
- ❖ ¿En qué medida influirá la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico?
- ❖ ¿De qué forma influirá el tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca?

### 1.2. Objetivos:

#### 1.2.1. Objetivo General

Determinar si el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico podría mejorar el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar los parámetros que deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.
- ❖ Hallar la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.
- ❖ Determinar la influencia de la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.
- ❖ Conocer la influencia del tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación teórica

La presente investigación expone como una justificación la escasez de estudios aplicados en nuestra ciudad sobre el pavimento permeable de concreto hidráulico para las áreas de las vías necesarias como: Jr. Huáscar, Jr. 2 de mayo, Jr. Libertad, Jr. San Román y Jr. Mariano Melgar (Vías colindantes al Centro Comercial N° 2). Cabe destacar que no solo ocurre en esta zona, sino también existen otros lugares críticos: Mercado Tupac Amaru,

intersección del Jr. Cabana con Jr. Manuel Núñez Butron, intersección de la Av. Circunvalación con Av. Triunfo esta problemática es tan importante para la fluidez del tráfico vehicular y peatonal y por supuesto las actividades económicas que se desarrollan en estos lugares, es preciso mencionar que existen muchos proyectos y artículos publicados a nivel internacional enfocados en el PPCH, la inaplicabilidad de este se debe al desconocimiento y las restricciones presupuestales, ya que los sub drenes están compuesto por material granular tamizado, las maquinarias pesadas y generan sobre costos en los traslados de materiales a la zonas ya que estas vías urbanas mencionadas son altamente transitadas por vehículos menores urbanos, en tanto también se debe prever rutas alternas durante la intervención de este pavimento, y para el caso esta propuesta de investigación seleccione el pavimento permeable de concreto hidráulico, y lograr a partir de este diseño proponer alternativas coherentes y principalmente reales en el área de estudio seleccionado.

Se ha evidenciado que no existe una guía o norma técnica peruana que especifique los parámetros que rijan el diseño de mezcla para alcanzar la resistencia deseada del pavimento permeable de concreto hidráulico. Sin embargo, en nuestro país hay normativas que se aproximan como (Peruano 2021)(5) menciona en el Artículo N° 5.- Consideraciones generales para el diseño de infraestructura de drenaje pluvial 5.1. El diseño de la infraestructura de drenaje pluvial para habilitaciones urbanas debe evitar inundaciones en el área de intervención, así como en las áreas colindantes ubicadas en cotas inferiores o aguas abajo por dichas precipitaciones pluviales de los centros poblados. 5.2. La/el profesional responsable del proyecto debe garantizar que: El drenaje pluvial que va a aportar a la habilitación urbana, no supere la capacidad de la infraestructura de drenaje 5.2.1 pluvial existente en las áreas colindantes hasta la salida del emisor principal; para ello, se puede utilizar unidades de detención o retención (ponding) u otro procedimiento debidamente sustentado. 5.2.2 La infraestructura de drenaje pluvial debe incluir soluciones técnicas destinadas a evitar que el agua pluvial a ser evacuada se mezcle con aguas residuales u otras fuentes contaminantes, con el de impedir riesgos en la salud de la población ubicada aguas abajo.

### 1.3.2. Justificación Social

Considero que es viable y justificable esta investigación porque a nivel mundial aparecen nuevas tecnologías innovadoras para optar por el PPCH; primero, es de utilidad para un gran número de población juliaqueña por ser la primera provincia con mayor población a nivel regional y también beneficiaría a otras ciudades que carecen de pendientes, es decir, parcialmente onduladas o llanas, asimismo alargará la vida útil de la vía; segundo porque la actividad económica en el Centro Comercial N° 2 y en el mercado Tupac Amaru son uno de los mayores ingresos de la población Puneña ya que Juliaca es una de las ciudades que

conectan diferentes provincias como Lampa, Azángaro, Ayaviri, Puno, Huancané y consecuentemente mejorará el control de las deficiencias de drenaje pluvial haciéndolo eficaz la estética en la zona céntrica; tercero, al implementar este tipo de pavimento, se contribuirá a mejorar la seguridad vial al prevenir accidentes y promover la salud de las viviendas situadas en las proximidades de la carretera. Esto evitará enfermedades derivadas de la acumulación de agua de lluvia en la superficie del pavimento y por ende darle mejor calidad de vida a los peatones y cuarto porque los insumos, agregados, maquinarias y mano de obra están al alcance en materia de este diseño de PPCH propuesto y finalmente porque el desarrollo de esta investigación aportara en el contexto social y económico mejorando la posibilidad de que se considere el PPCH como un diseño constructivo de fácil ejecución en la región y a nivel nacional permitiendo un mayor conocimiento sobre su ejecución.

### 1.3.3. Importancia

La importancia radica en el control parcial de las deficiencias del drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca, con soluciones ingeniosas acorde al estado del arte como el pavimento permeable de concreto hidráulico. Asimismo, llegar a conclusiones que serán usadas para investigaciones futuras como por ejemplo el mantenimiento, descolmatación y tiempo de vida de estas.

También es importante mencionar que la investigación se basa fundamentalmente en estudios de Mecánica de Suelos (EMS) que manipularan las variables de diseño in-situ y en laboratorio de forma práctica y cuasiexperimental, esto significa que los antecedentes nos brindan ejemplos reales de las intervenciones con el material seleccionado.

## 1.4. Delimitación del Proyecto

La investigación en curso tiene aplicaciones específicas en vías de tráfico vehicular reducido, como parqueaderos y calles urbanas residenciales. Estos entornos suelen limitar el acceso de maquinaria pesada. La utilización de este tipo de agregados y porcentajes se aplicará en áreas donde exista la necesidad de puntos de drenaje capaces de evacuar volúmenes de agua de manera eficiente y oportuna, como se observa en ciertos tramos viales de la ciudad de Juliaca, por ejemplo, el Jr. Huáscar, Jr. 2 de mayo, Jr. Libertad, Jr. San Román y Jr. Mariano Melgar (vías cercanas al Centro Comercial N° 2).

En términos temporales, esta investigación se desarrolló desde mayo de 2022 hasta marzo de 2023, período durante el cual se llevó a cabo la elaboración de la tesis y la presentación de los resultados. La tecnología desarrollada en este estudio puede aplicarse en áreas urbanas con bajo o mediano flujo vehicular, así como en parqueaderos residenciales. Además, los objetivos planteados en la presente investigación han sido claramente delimitados.

## **1.5. Hipótesis y Variables**

### 1.5.1. Hipótesis

#### 1.5.1.1. Hipótesis General

##### 1.5.1.1.1. Hipótesis Alterna

La propuesta de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico mejorará el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.

##### 1.5.1.1.2. Hipótesis Nula

La propuesta de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico no mejorará el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.

#### 1.5.1.2. Hipótesis Especificas

##### 1.5.1.2.1. Hipótesis Alterna

- ❖ Los agregados cumplen con los parámetros de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.
- ❖ La proporción de materiales es adecuada para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.
- ❖ La presencia de agua turbia si influye en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.
- ❖ El estado actual del tipo de suelo natural si influye en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.

##### 1.5.1.2.2. Hipótesis Nula

- ❖ Los agregados no cumplen con los parámetros de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.
- ❖ La proporción de materiales no es adecuada para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.
- ❖ La presencia de agua turbia no influye en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.
- ❖ El estado actual del tipo de suelo natural no influye en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.

## 1.5.2. Variables

### 1.5.2.1. Variable Independiente

Se define las variables independientes, el cual posee los indicadores siguientes:

Tabla 1. Variable independiente

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Control de Deficiencias de Drenaje Pluvial	Es un valor numérico que mediante la estructura o diseño tenga la propiedad de infiltración para reducir la escorrentía del agua procedente de la precipitación natural	Permeabilidad	m/s	Razón o proporcional
			Velocidad de infiltración de agua	m/s	
			ACI 522R-10	global	

Fuente: Propia

### 1.5.2.2. Variable Dependiente

Tabla 2. Variable dependiente

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Dependiente	Pavimento permeable de concreto hidráulico	Estructura compuesta por una capa superior de concreto permeable lo que facilita la capacidad de infiltración y evitan el represamiento precipitaciones pluviales	% de vacíos	%	Razón o proporcional
			Resistencia a la Compresión	kg/cm <sup>2</sup>	
			Resistencia a la flexión	kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Propia

## CAPÍTULO II:

## 2. MARCO TEÓRICO

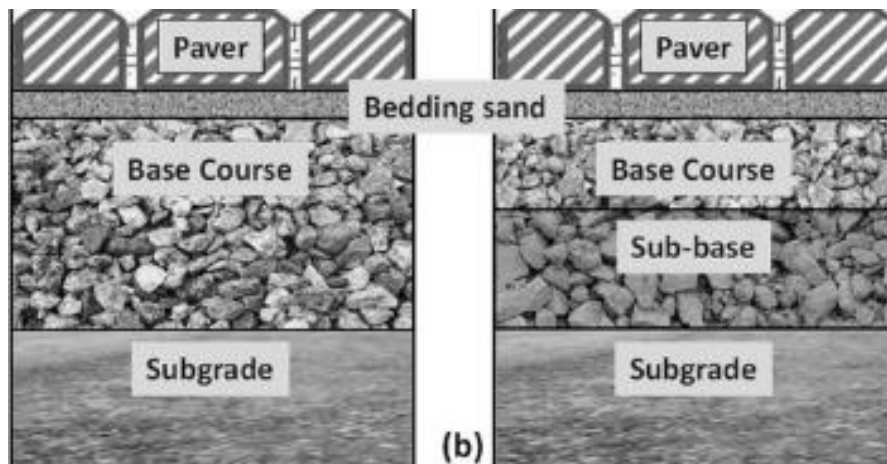
### 2.1. Antecedentes del Problema

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Los autores (Iqbal, Rahman y Beecham 2022)(2) publicaron un artículo científico en fecha 21 abril 2022, donde se utilizó la herramienta de modelado DesignPave v2.0 para sus análisis. Realizaron el diseño para un área de 100 m<sup>2</sup> con 100 m<sup>2</sup> adicionales con el objetivo que contribuir el desarrollo residencial. Para ello se consideró una rango de CBR , dependiendo del tipo de subrasante, para evaluar la influencia de la clasificación de la subrasante y el espesor de la subbase (material granular uniforme) de diseño, por ejemplo, 3-5% para arcilla, 10% para arena mal graduada y arena con finos, 20% para arena y grava bien graduadas con finos, y 50% para grava respectivamente, logrando resultados infiriendo que el espesor generalmente debe ser mayor si la intensidad de la lluvia es mayor o la permeabilidad del suelo es menor. Para suelos con alta permeabilidad, el efecto de la intensidad de la lluvia es mucho menos significativo. Por lo tanto, el espesor de diseño requerido estimado es el valor mínimo aceptado de 100 mm (para garantizar la integridad

estructural para cargas de tráfico ligero Ahora para grava y arenas con mayor permeabilidad (arena bien graduada, permeabilidad de hasta  $5 \times 10^{-4}$  m/s). Para permeabilidades de menor subrasante, el espesor del diseño sigue una relación lineal positiva con la intensidad de la lluvia. También menciona Australia tiene regiones tropicales de alta precipitación y áreas de terreno natural compuesto por arcilla densa, por lo que las distribuciones espaciales del espesor de la subbase serán útiles para fines de planificación, particularmente en la presente investigación

*Figura 5. Estructuración de pavimento permeable.*



*Fuente: (Iqbal, Rahman and Beecham 2022) (2)*

La monografía investigada por (Rebolledo Camargo 2021)(6), titulado: “EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PERMEABLES, COMO ALTERNATIVA DE DRENAJE URBANO PARA EL CONTROL DE ESCORRENTÍAS EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO” tiene como objetivo establecer el estado de arte de los pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano e identificar las diferentes metodologías de diseño de los pavimentos permeable. Menciona que el hormigón permeable está en proceso de desarrollar métodos de prueba ASTM para caracterizar las resistencias a la compresión o flexión del hormigón permeable y estas pruebas son necesarias para modelar la fatiga bajo cargas. Como paso intermedio, las ecuaciones de fatiga publicadas por la Asociación Estadounidense de Pavimentos de Concreto (ACPA 2010). Además, el proceso de diseño estructural para los vehículos de soporte varía según el tipo de pavimento seleccionado. Recomendando el requerimiento mínimo de espesor para una losa de concreto hidráulico poroso, capaz de soportar el tráfico vehicular ligero, es de seis pulgadas (6"). En consecuencia, a medida que aumenten las cargas del tráfico y se vuelvan más pesadas, se diseñarán losas de mayor espesor. Además, en casos donde exista una subbase débil o se desee brindar un mayor almacenamiento de aguas de lluvias, se puede aumentar el espesor de la subbase para compensar la carga de tráfico elevada.

*Figura 6. Comparación de hormigón estándar y penetrable*



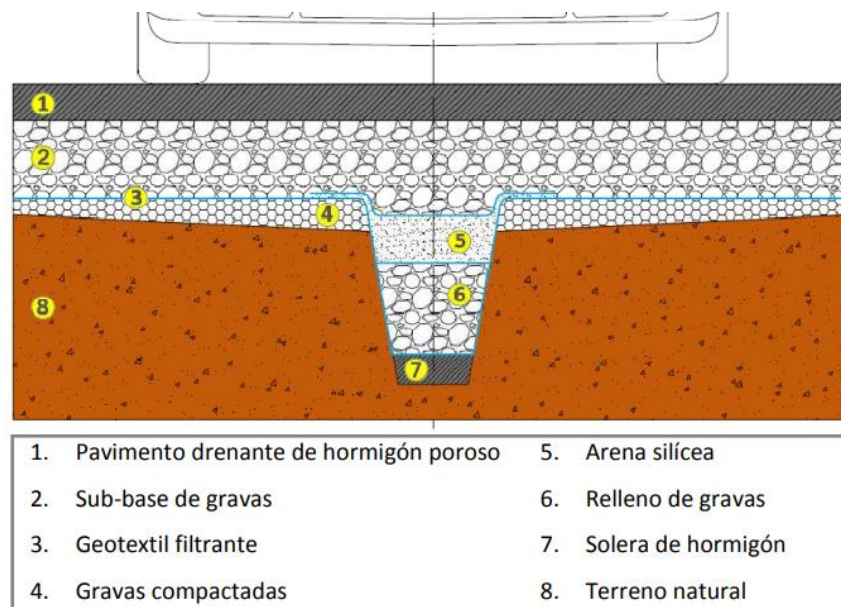
*Fuente: (Oscar 2013)(7)*

La investigación realizada por (Esteban 2021)(8), determina como objetivos específicos identificar características, propiedades, ventajas y desventajas del uso de pavimentos permeables y examinar el debido proceso constructivo del concreto permeable; indica que se presentó propiedades de humedad alta y densidad blanda, es decir un alto nivel de suelo orgánico, arcillas y estratos de arenas y gravas. Por lo que, es determinante la preparación de la sub base del proyecto donde debe presentar propiedades de una buena compactación y estabilidad, cuando el pavimento permeable se instala en suelo que contiene grava y arena se recomienda una compactación entre el 92% y 96 % de densidad. Concluye que el concreto simple o tradicional involucra más gasto en cuanto a materiales y funcionalidad, debido a que se implementan granulares gruesos y finos que esto se evidencia en el costo económico de la elaboración de este concreto.

La monografía investigada por (Rivera Vitoviz Carlos Eduardo 2020)(9), titulado: “Concreto Permeable como Sistema Alternativo del Pavimento Convencional” tiene como objetivo establecer recomendaciones generales para la implementación de material poroso. En el ámbito experimental el concreto poroso se compone por agregado grueso, cemento, agua y algunos aditivos (a/c de 0,27 a 0,30); por lo tanto, en términos más específicos de diseño, el agregado grueso empleado varía entre 9,5mm hasta 19mm, sin embargo, es recomendable emplear agregado pequeño proveniente de rocas ígneas; ya que, aumentan la resistencia del pavimento. Este autor concluye que este tipo de materiales sostenibles y amigables con el ambiente se puedan aplicar en lo máximo posible en vías que tenga un máximo de 20% de pendiente.

Otro antecedente de referencia fue publicada por la revista Internacional de Ciencia y Tecnología del Transporte (Haba 2012)(10), su principal objetivo es proponer la implementación práctica de pavimentos permeables para evaluar su capacidad hidráulica ante las condiciones de lluvia típicas del clima mediterráneo. Utiliza la metodología de Andrés-Doménech. Menciona que la parcela de estudio está compuesta por pendientes suaves y la litología de la zona está compuesta con limos carbonatados con cierta presencia de cantos angulosos. Lo cual implica que el suelo sobre el que se asienta el propio aparcamiento posee un alto grado de impermeabilidad. El dimensionamiento de cada capa es: a) Pavimento de hormigón poroso fabricado con árido 6-12 mm y aditivo Ecoconcreto, con un espesor de 12 cm b) Subbase de árido limpio, tamaño 25-50 mm, y un espesor de 25 cm 100% del Proctor Modificado y c) Geotextil de filtro y separación “Polyfelt Tencate TS 10”. Concluye que la capacidad máxima de almacenamiento en el pavimento se ve principalmente influenciada por factores como la intensidad de las precipitaciones, la capacidad de infiltración del suelo subyacente, la presencia de drenajes complementarios (si los hay) y el área que drena a través del propio pavimento. Además, esta capacidad está directamente relacionada con el espesor de todas las capas del pavimento y los niveles de vacío que presenten cada una de ellas.

*Figura 7. Diseño de estructura de PPCH*



*Fuente: (Haba 2012)(10)*

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

La investigación titulada “Diseño de Pavimento Permeable como alternativa de drenaje pluvial en la Av. Circunvalación Km. 0+000 - Km. 1+500, Veintiséis de Octubre, Piura, Piura 2021” (Cordova Querevalú y Garcia Garcia 2021)(11) planteo como objetivos específicos determinar el estado actual del suelo para el diseño de pavimento permeable y determinar los espesores del pavimento de concreto permeable como alternativa de drenaje



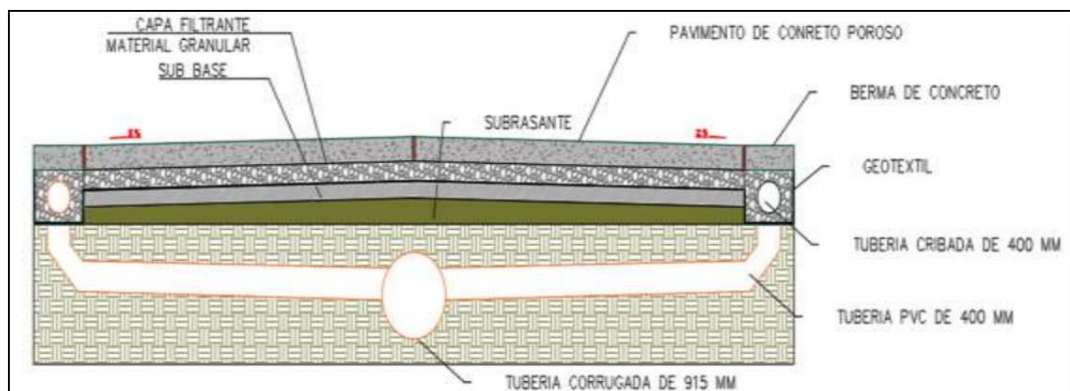
pluvial. Desarrollo inicialmente toma de muestra de 05 calicatas por 1.5 Km. con profundidad de 1.5 m. para obtener características físico-mecánicas del suelo. A la vez realizo estudio de tráfico, con la ayuda de ficha de conteo vehicular para determinar el IMD y ESAL. También determinó el estudio hidrológico del tiempo real (CE.040) usando las curvas IDF generadas mediante un software interno de la página web del Senamhi, Por otra parte, aplico el método de AASHTO 93 para el cálculo de los espesores de pavimento permeable. Por último, obtuvo que la Avenida de estudio es altamente transitada por vehículos livianos, siendo los autos predominantes con un 85.76% de transitabilidad promedio semanal. Determina que los espesores de 20 cm en la capa filtrante y 15 cm en la capa superficial de concreto permeable con un periodo de vida, se diseñó de 20 años y en referencia al estudio de suelo de fundación indica que resultó ser un suelo no plástico NP con 83.4% de arena, una máxima densidad seca de 1.62 gr/cm<sup>3</sup>, teniendo un CBR de 14.4% y también presenta una pendiente de 2%.

(Davila Hurtado 2021)(12) el propósito principal de esta investigación es evaluar el impacto del aditivo Sika fume en distintos porcentajes (7%, 9% y 12% en relación al peso del cemento) y el tipo de piedra utilizada en términos de lograr una mayor resistencia a la compresión del concreto. Para alcanzar estos objetivos, se llevaron a cabo diseños de mezcla utilizando un concreto de referencia que contenía piedra chancada de tamaño entre 3/8" y 3/4". Se realizaron pruebas tanto sin la adición de Sika fume como con las adiciones mencionadas. Los resultados más destacados se obtuvieron al utilizar piedra chancada de 3/8" y un porcentaje de adición de Sika fume del 7%, lo que permitió alcanzar una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluyó que el diseño con la incorporación de Sika fume aumentó la resistencia del concreto permeable en 17 kg/cm<sup>2</sup>, pasando de 206 kg/cm<sup>2</sup> a 223 kg/cm<sup>2</sup> al agregar el 12% de Sika fume en relación al peso del cemento. En cuanto a la permeabilidad, se observó un incremento de 0.063 m/s al pasar de 0.078 m/s a 0.141 m/s con una adición total de Sika fume del 9%. Por lo tanto, se puede afirmar que a medida que se aumenta la cantidad de aditivo Sika fume, se incrementa la permeabilidad del concreto

(Guillermo 2021)(13), Los objetivos de este estudio se centran en determinar el porcentaje óptimo de porosidad para reducir la escorrentía pluvial y encontrar la dosificación adecuada para alcanzar este objetivo. El autor ha llevado a cabo un diseño experimental en varias etapas para lograrlo. En la primera fase, se realiza la caracterización del agregado de acuerdo con la norma ACI 522, asegurando un rendimiento óptimo del concreto poroso al cumplir con las propiedades físicas y mecánicas esenciales, como la granulometría especificada en la norma. En la segunda etapa, se diseña la dosificación de la mezcla porosa, variando el porcentaje de vacíos entre el 15% y el 25%. Posteriormente, en la tercera etapa, se prepara la mezcla y se vierte en probetas para someterlas a pruebas de ensayo, evaluando especialmente sus propiedades mecánicas y permeabilidad. En la cuarta etapa, el concreto

poroso es sometido a diversos ensayos, incluyendo resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad, con el objetivo de obtener propiedades físicas y mecánicas adecuadas para su uso en pavimentos de alto tráfico. También se simulan condiciones similares al terreno natural colocando el concreto poroso debajo de una losa y midiendo el tiempo y la capacidad de infiltración a través de la estructura. Como conclusión, se destaca que el diseño que incorpora material fino muestra un comportamiento más aceptable en términos de resistencia a la compresión y flexión en los porcentajes de poros del 15%, 20% y 25%. Además, se menciona que la trabajabilidad y la dosificación de la mezcla son más sencillas, lo que facilita su aplicación en el campo. Se enfatiza la importancia de aplicar concretos porosos con un porcentaje de poros del 20% en las calles de Huancayo, garantizando la permeabilidad y resistencia del concreto, y cumpliendo con los parámetros establecidos en la normativa vigente.

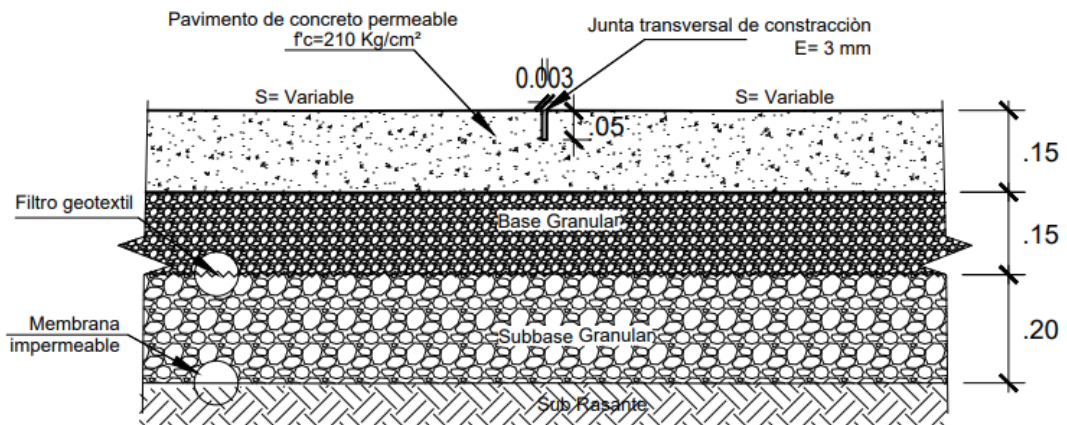
*Figura 8. Diseño de pavimento poroso acorde a los cálculos del autor*



*Fuente: (Guillermo 2021)(13)*

(Vela Tafur y Cruz Goñas 2019)(14) plantea como objetivo proponer el diseño del pavimento permeable a nivel de ingeniería, incluyendo memorias de cálculo y planos, se diseñó utilizando el Método (MINVU-DICTUC, 1996), compuesto por: 15 cm de losa de concreto permeable  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , 15 cm de base granular, filtro geotextil no tejido para que filtre y separe capas, 20cm de subbase granular y para terminar la subrasante concluyendo que la metodología empleada sirve para plantear un sistema de infiltración completa, parcial o nula, por lo que considero un drenaje longitudinal con tubería perforada de PVC, mostrado en la figura 9.

Figura 9. Estructura de Pavimento Permeable



Fuente: (Vela Tafur y Cruz Goñas 2019)(14)

(Trujillo 2018)(15) El objetivo principal de este estudio es proponer la aplicación de pavimentos de concreto permeable para mejorar la eficiencia en la gestión del drenaje, siguiendo las pautas establecidas en ACI 522R-10. La investigación se llevó a cabo utilizando una metodología específica. En primer lugar, se presta atención a la subrasante, que es la capa sobre la cual se construye el pavimento, y a la subbase, que está compuesta por grava limpia o piedra triturada. Es fundamental que estas capas sean adecuadamente compactadas y humedecidas antes de la colocación del hormigón. Se realizaron ensayos granulométricos (ASTM D422), clasificación del suelo (ASTM D2487) y pruebas de peso volumétrico según los estándares Proctor (ASTM D698 o ASTM D1557) para evaluar la calidad de estas capas. Además, se utilizó una membrana impermeable colocada sobre la subbase y se implementó una red de drenaje dentro de la capa de subbase. Estos elementos contribuyen a mejorar la gestión del drenaje en el pavimento. Se argumenta que los pavimentos de concreto hidráulico permeable son una alternativa eficiente que se adapta adecuadamente a las zonas afectadas por fuertes precipitaciones. Estos pavimentos ofrecen una solución apropiada para dichas áreas, brindando una respuesta efectiva a los desafíos que presentan las condiciones climáticas. En cuanto a la mezcla de concreto, se siguió la guía establecida en ASTM C1688 / C1688M. Además, se implementaron juntas de construcción a una profundidad correspondiente a aproximadamente  $1/3$  a  $1/4$  del espesor del pavimento. Como resultado de estos procedimientos, se logró una capacidad de absorción de 600 litros por metro cuadrado, lo que permite que el agua sea captada por el terreno natural. Esto proporciona una ventaja adicional al considerar una estructura compuesta por subrasante, subbase de agregado y una capa de concreto permeable.

Figura 10. Diseño de estructura de Pavimento Permeable



Fuente: (Trujillo 2018)(15)

La investigación desarrollada por (Anderson 2021)(16)

El propósito de esta investigación fue evaluar si el concreto hidráulico permeable cumple con el requisito mínimo de resistencia a la compresión  $f'c \geq 175 \text{ kg/cm}^2$  y desarrollar una mezcla adecuada de concreto permeable de acuerdo con las normas establecidas en ACI 522R-10. Para lograr estos objetivos, se implementó una metodología experimental que involucró un total de 30 muestras de briquetas, de las cuales 24 se sometieron a ensayos de compresión según la norma CE 010, mientras que 6 se evaluaron en términos de permeabilidad. En la obtención de estas muestras, se utilizó cemento Portland tipo I, un agregado fino en un rango del 0% al 10%, grava con un diámetro de 3/4", agua y un aditivo plastificante. Los resultados revelaron que el diseño de mezcla con un 10% de agregado fino y un 2% de aditivo plastificante cumplió con los requisitos establecidos por la norma CE 010, logrando una resistencia a la compresión de  $196.66 \text{ kg/cm}^2$  y un valor de resistencia a la flexión ( $M_r$ ) de  $36.13 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de edad. Además, se observó que el diseño de mezcla que incorporó un 10% de agregado fino y un 2% de aditivo plastificante demostró tener una permeabilidad adecuada en comparación con una mezcla sin la adición de agregado fino. Registró una permeabilidad de  $0.871 \text{ cm/s}$ , cumpliendo así con los parámetros mínimos ( $0.2\text{-}1.2 \text{ cm/s}$ ) establecidos por ACI 522R-10.

Según (Sandoval Chambi 2021)(18) El propósito de esta investigación fue realizar un análisis exhaustivo de los diseños de concreto permeable destinados a la construcción de pavimentos rígidos, utilizando agregados provenientes de las canteras Unocolla e Isla en la ciudad de Juliaca. Se implementó un diseño experimental con un enfoque descriptivo. Se seleccionó una muestra de cada una de las canteras mencionadas y se desarrolló un diseño de

mezcla para ambas, siguiendo el procedimiento establecido en ACI-522R-10. En ambos casos, se utilizó cemento Portland tipo I con un contenido de vacíos del 17% y 19%, respectivamente, así como grava con un tamaño de 3/8" (9.53mm) y agua. Según el autor, los diseños de mezcla no mostraron una diferencia significativa en términos de resistencia a la compresión, ya que se obtuvo un promedio de 203.11 kg/cm<sup>2</sup>, aproximándose al valor objetivo de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Por lo tanto, se sugiere considerar la incorporación de aditivos u otros materiales con el fin de mejorar la resistencia a la compresión de los pavimentos. En cuanto a la permeabilidad, se registró un valor de 1.43 cm en un tiempo de 11 segundos.

*Figura 11. Prueba de Permeabilidad*



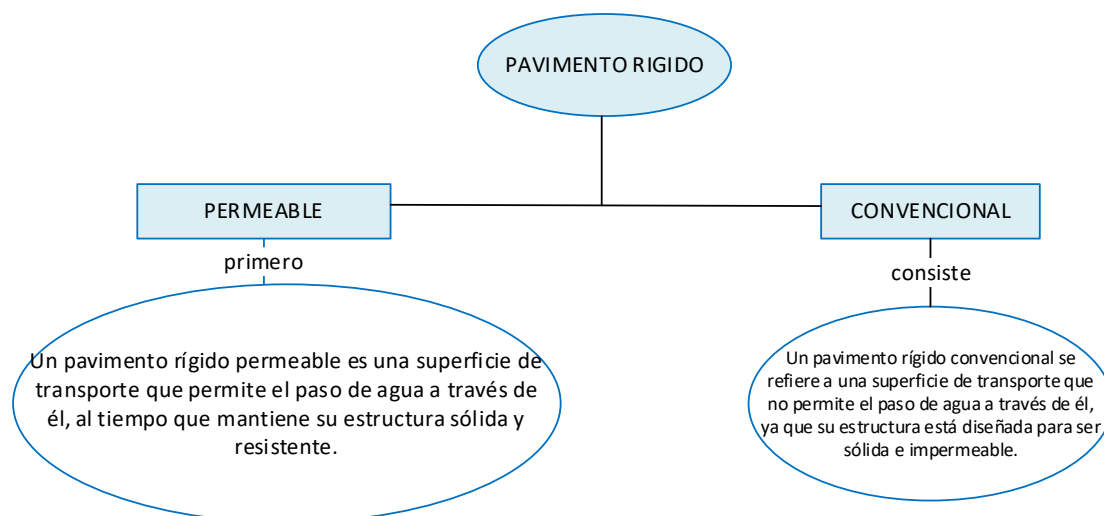
*Fuente: (Sandoval Chambi 2021)(18)*

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Concreto Hidráulico**

(Guzmán Camacho 2016)(19) El concreto hidráulico convencional por su contenido de finos se comporta como un material totalmente impermeable que no permite la filtración a través de la estructura de pavimento, sino que mediante el bombeo desde el eje de la vía se direcciona el agua hacia los sistemas de drenaje que principalmente son sumideros, canales, cunetas, badenes y otros que conectan con los sistemas de alcantarillado de la ciudad. A diferencia del concreto poroso, siendo un material de alto contenido de vacíos para la filtración deseada, no proporciona la resistencia necesaria para soportar las cargas del tráfico que demandan actualmente las ciudades en constante crecimiento poblacional.

Tabla 3. Diferencias entre un pavimento permeable y convencional



Fuente: Propia

### 2.2.2. Concreto permeable

También denominado como concreto compuesto por poros, (QUISPE y CALCINA 2015)(20) El concreto permeable es una forma única de concreto caracterizada por su falta de asentamiento, alta porosidad y una mayor cantidad de espacios vacíos. Está compuesto principalmente por cemento Portland y agregado grueso o piedra triturada, con poco o ningún agregado fino. Al fraguar, el concreto permeable forma una estructura con poros interconectados que permiten el paso del agua. La proporción de espacios vacíos en el concreto permeable puede variar entre el 15% y el 35%, mientras que las resistencias a la compresión pueden oscilar entre 28 y 280 kg/cm<sup>2</sup>. La capacidad de drenaje de este tipo de pavimento depende del tamaño del agregado utilizado y la densidad de la mezcla. En general, la capacidad de drenaje del concreto permeable puede variar ampliamente, desde 81 hasta 730 litros por minuto por metro cuadrado (l/min/m<sup>2</sup>), o de 0.14 a 1.22 cm/s. Posteriormente, se elaborarán múltiples briquetas de concreto permeable utilizando mezclas diseñadas consideradas óptimas para evaluar la filtración del agua a través de la losa compuesta por concreto hidráulico permeable.

Por otro lado, (Oscar 2013)(6) denomina que el PERVIOUS CONCRETE en inglés, es un material fabricado de manera parecida al concreto tradicional, pero utiliza menor cantidad de cemento con poco o sin agregados finos, permitiéndole espacios vacíos entre sus partículas, de ahí su comportamiento permeable.

### 2.2.3. Diseño de Mezclas para Pavimento Permeable

#### 2.2.3.1. Método ACI 522R-10

El (ACI 522R-10 2010)(21) El proceso de desarrollo de las proporciones de mezcla para el concreto permeable implica un enfoque único que implica repetidos esfuerzos de prueba. La dosificación del concreto permeable busca encontrar el volumen mínimo de pasta necesario para unir las partículas del agregado durante el proceso de vertido, teniendo en cuenta las resistencias requeridas y la viabilidad de los espacios vacíos. Luego, se determina la relación agua/cemento, utilizando la masa de cemento para calcular la cantidad de agua necesaria. Es importante tener en cuenta que, por cada incremento del 10% en el contenido de agregado fino, se debe reducir un 2% el volumen de pasta para mantener el mismo porcentaje de espacios vacíos en términos de volumen.

#### 2.2.3.2. Método ACI

Según (Cáceres Silupu y Chira Chávez 2021)(22), Este método del ACI es ampliamente reconocido y utilizado para el diseño de mezclas de concreto, especialmente cuando se busca cumplir con estándares específicos para los agregados gruesos y finos. Sin embargo, en algunos casos, puede surgir la situación en la que los agregados utilizados no estén completamente limpios y la medición precisa del tamaño de partícula requerido no esté disponible. Esto puede resultar en una mezcla que sea más densa y ligeramente granulosa de lo permitido. No obstante, este método ofrece la ventaja de permitir ajustes tanto en la cantidad de agua utilizada como en los agregados empleados. Es importante tener en cuenta que este procedimiento tiene sus limitaciones, ya que no puede determinar con precisión si los áridos son redondos, angulares, triturados u otros factores relacionados. Una alternativa para corregir el asentamiento en la mezcla es ajustar la cantidad de agua, manteniendo siempre la misma relación agua-cemento ( $a/c$ ) e incluso mantener constante la cantidad de agregado grueso utilizado. Esto permite obtener una mezcla más adecuada sin afectar de manera significativa las propiedades del concreto.

(Díaz Tapia 2023)(23) indica que, Según el ACI, existen procesos de diseño de mezclas de concreto con y sin aditivo de aire, que se basan en los siguientes aspectos: La composición de la mezcla está fuertemente influenciada por la cantidad de agua y el tamaño máximo de los agregados que se van a usar.

2.2.3.3. La variación en la mezcla de concreto es profundamente influenciada por la cantidad de agua y el tamaño máximo de los agregados utilizados, lo cual es único en este proceso. Por otro lado, la proporción agua/cemento ( $a/c$ ) se determina exclusivamente en función de la resistencia deseada del concreto y está limitada por razones de durabilidad. La proporción  $a/c$  no tiene una relación directa con la

resistencia de diseño del concreto, mientras que el volumen total de agregados gruesos por unidad de concreto depende del tamaño máximo de los agregados gruesos y la clasificación de los agregados finos. El proceso de diseño de la mezcla comienza seleccionando la cantidad adecuada de agua para el tamaño máximo de los agregados gruesos y la trabajabilidad requerida para la aplicación específica. La cantidad de cemento se determina en base a la cantidad de agua y la proporción a/c preestablecida según la resistencia deseada. Estos valores se calculan en términos de peso por unidad de volumen. Este método también considera otros factores, como la estimación del contenido de aire y otros aditivos que pueden ser necesarios para mejorar propiedades específicas del concreto. Método del Módulo de Fineza

Según (Cáceres Silupu y Chira Chávez 2021)(22) El enfoque único se centra en el procedimiento del agregado, específicamente en el módulo de finura, que determina los requisitos de agregados (gruesos y finos) en la mezcla. La distribución de los agregados en la mezcla se ve influenciada por la relación entre el agua y el cemento, así como por la cantidad total de agua utilizada. Este aspecto es crucial, ya que está directamente relacionado con la proporción de cemento utilizada en la mezcla. Además, se utiliza el módulo de finura de la combinación de agregados (mc) para determinar los valores del módulo de finura del agregado fino (mf) y del agregado grueso (mg). Estos valores permiten calcular la cantidad de agregado fino utilizado en relación con el volumen total de agregados. Este enfoque permite optimizar la composición de la mezcla y garantizar una distribución adecuada de los agregados.

Tabla 4. Estimación del Peso del Concreto Fresco

Tamaño máximo nominal del agregado		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metros cúbico indicados				
		5	6	7	8	9
9.5	3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
19	3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
37.5	1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
75	3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: (Cáceres Silupu y Chira Chávez 2021)(23)

#### 2.2.3.4. Método Walker

(Díaz Tapia 2023)(24) Se ha observado que la proporción entre los agregados gruesos y finos varía, considerando la cantidad de pasta utilizada en la mezcla, así como el



tamaño nominal y la forma del agregado grueso, y la finura del agregado fino. En el enfoque propuesto por el método Walker, primero se determina la cantidad de agregado fino y luego se calcula el contenido de agregado grueso restando este valor de la unidad. Sin embargo, hay una limitación en la tabla de Walker, que solo cubre hasta 8 bol/m<sup>3</sup>. Esto implica que, al calcular el porcentaje de agregado fino en función del volumen absoluto total de agregado en concretos con más de 8 bol/m<sup>3</sup>, se requiere un cálculo adicional.

Los principios fundamentales del método Walker son los siguientes:

Ofrece una estimación del porcentaje de agregado fino basado en el volumen total absoluto de agregado.

Depende del módulo de finura del agregado fino, del perfil y tamaño máximo nominal del agregado grueso, y de la cantidad de cemento en un metro cúbico de concreto.

Garantiza una proporción más adecuada entre la cantidad de agregado fino y grueso.

Es aplicable a concretos sin incorporación de aire.

Determina aproximadamente el porcentaje de agregado fino en función del volumen absoluto total del agregado.

#### 2.2.3.5. Método Fuller

(Cáceres Silupu y Chira Chávez 2021)(23) menciona que este método se utiliza cuando el agregado no cumple con los requisitos establecidos en la "regla ASTM C 33". Es especialmente adecuado para dosificaciones de concreto que superan los 300 kg de cemento por metro cúbico y cuando se utilizan áridos gruesos de tamaño mayor, como 20 mm (3/4") y 50 mm (2").

#### 2.1.1. Insumos para Concreto Permeable

Según el (ACI 522R-10 2010)(21) menciona que el concreto permeable contiene de 15% a 35% de vacíos interconectado entre sí, lo que permite el paso rápido de agua por el cuerpo de hormigón poroso.

##### 2.1.1.1. Agregados:

La (ACI 522R-10 2010) (21)

son áridos de tamaños 3/4" y 3/8" (19 y 9.5 mm) se distinguen por ser agregados redondeados y triturados. A su vez, debe cumplir los requisitos de la ASTM D448, C3 y C33M con material fino limitado a fin de garantizar la conectividad de los poros, el agregado debe estar limpio y duro (libre de recubrimientos) u otros productos que afecten

negativamente, se puede realizar diferentes pruebas para evaluar la idoneidad del agregado proporcionado para una mezcla de concreto permeable. Cabe destacar que, los pesos unitarios se determinaran según ASTM C29J y C29M, la humedad agregada es importante y la absorción del agregado debe satisfacerse según sea necesario para lograr SSD (Superficie Saturada Seca) debido a que los agregados húmedos contribuyen con la filtración.

Tabla 5. Clasificación de agregado fino y grueso

Agregado Fino	Agregado Grueso
1. Arena natural de río.	1. Piedra chancada
2. Arena de cerro.	2. Piedra partida.
3. Arena producto del	3. Canto rodado.
7 chancado de la roca.	

Fuente: (Cotrina 2017)(25)

#### 2.1.1.2. Cemento:

Debe cumplir con los estándares ASTM C150, C150M, C595, C595M o 157/C1157M, y satisfacer los requisitos establecidos en ASTM C618, C989 y C1240, respectivamente. Además, los lotes del material deben someterse a pruebas para asegurar la compatibilidad de la mezcla de agua y cemento. La porosidad y permeabilidad se pueden ajustar según las necesidades y características requeridas para la colocación y el uso del material.

#### 2.1.1.3. Agua:

La calidad del agua debe cumplir los mismos requisitos y calidad de un pavimento convencional, la relación de cemento – agua es relativamente baja ya que podría atascar el sistema de poros en el pavimento

#### 2.1.1.4. Aditivos:

El aditivo reductor de agua (Rango medio o alto) deberá ser según la ASTM C494, C494M. Las mezclas retardantes controlan y estabilizan la hidratación del cemento y son preferidas cuando se trata de mezclas rígidas y en clima cálido, este aditivo de retardo actúa como lubricante para ayudar a descargar el concreto de la mezcladora al lugar así mantener las características de rendimiento y manejo.

#### 2.1.1.4.1. Aditivo Sika Fume

(SikaPeru 2021)(26) Contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. Con presencia de este aditivo se impartirá una gran cohesión interna y retención de agua con capacidad de mantener el recubrimiento entre partículas en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente, así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH<sub>2</sub>). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementante final significativamente más densa. Con el uso de Sika Fume, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

- a) Alta estabilidad del hormigón fresco.
- b) Mayor durabilidad.
- c) Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.

Sika Fume no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado. (SikaPeru 2021)(26) recomienda una dosificación 5 – 10% en relación al peso del cemento.

Procedimiento de dosificación:

Se proporciona y se aumenta en la planta de concreto de la misma manera al cemento u otros materiales cementante. Puede proporcionarse en una mezcladora tipo trompo. Seguir lo establecido en la norma NTP 339.114 o ASTM C94.

*Figura 12. Sika fume de 25 Kg*



*Fuente:(SikaPeru 2021)(26)*

## 2.1.2. Propiedades del Concreto Permeable

Según el («ACI 522 R - 10» 2010)(22):

El concreto poroso exhibe una notable presencia de espacios vacíos, los cuales están estrechamente ligados a la cantidad de cemento, agregado fino y al proceso de compactación empleado. Estos vacíos contribuyen a la aparición de defectos en las distintas propiedades del material. Además, la resistencia del concreto se ve influenciada por varios factores, como la distribución de tamaños de los agregados, la calidad de los mismos y las dimensiones de los poros. Dichas características se evalúan a través de pruebas realizadas en el laboratorio.

### 2.1.2.1. Contenido de Vacíos (Principio de Arquímedes)

Siguiendo el principio de Arquímedes, al sumergir un cuerpo humano en un líquido, se genera una fuerza de empuje vertical hacia arriba que equivale al peso del líquido desplazado. En el caso específico de una mezcla fresca de concreto permeable, el contenido de vacíos se encuentra directamente relacionado con su densidad. Cuando el concreto permeable se endurece, el porcentaje de vacíos puede ser afectado por la cantidad y tamaño relativo de los agregados utilizados. Es esencial considerar las proporciones de los materiales en la mezcla de concreto, ya que un alto contenido de aglomerante, una compactación adecuada, una gradación apropiada y una porosidad controlada de los agregados pueden resultar en la ausencia de vacíos en el concreto endurecido.

### 2.1.2.2. Propiedades Mecánicas

#### 2.1.2.2.1. Resistencia Compresión “f’c”

La capacidad de resistencia a la compresión del concreto permeable se ve significativamente afectada por el contenido de vacíos presente en el material. Para incrementar esta resistencia, es necesario reducir la porosidad. No obstante, esta reducción puede tener un impacto en la capacidad de drenaje del concreto durante períodos de lluvia. La relación entre la cantidad de agua y cemento en la mezcla, así como la adecuada compactación durante la construcción, son los factores determinantes para lograr resultados satisfactorios en términos de resistencia. Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo utilizando agregados gruesos de diferentes tamaños y se evaluaron distintos grados de compactación. Además, se estableció una relación entre la resistencia a la compresión y la gravedad específica del concreto permeable, lo cual contribuyó a comprender mejor sus propiedades y comportamiento.(ACI 522R-10 2010)(21).

#### 2.1.2.2. Resistencia a la Flexión “Mr”

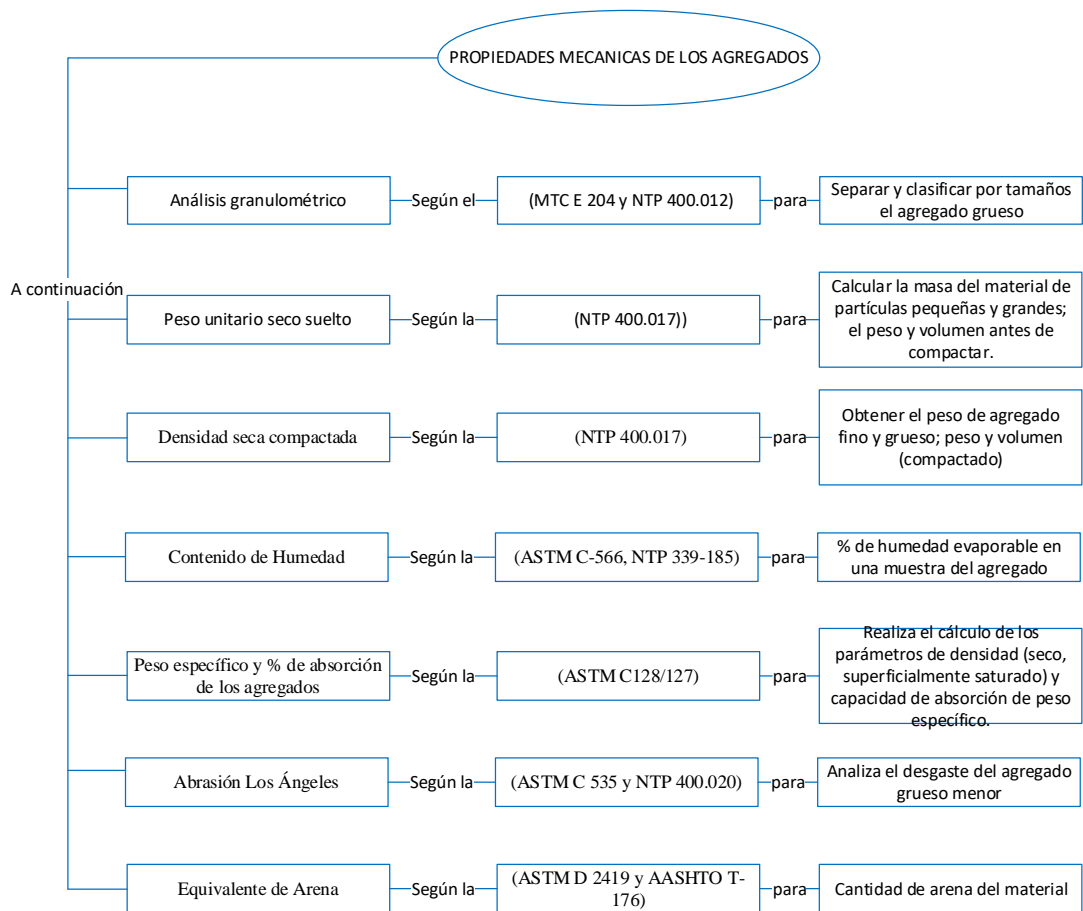
La capacidad del hormigón para resistir la flexión es un factor clave que determina su comportamiento mecánico. Esta propiedad se encuentra estrechamente vinculada a la resistencia a la compresión del material. Se ha constatado que la adición de una pequeña cantidad de árido fino, equivalente al 5% en volumen, contribuye a incrementar la resistencia a la flexión. Además, se ha observado que la inclusión de un aditivo compuesto por un 3/4 de árido tiene un efecto aún más significativo en esta propiedad, potenciando su mejora de manera notable. Estas observaciones resaltan la importancia de la dosificación adecuada de los componentes del hormigón para optimizar su resistencia a la flexión. Sin embargo, es importante tener en cuenta la presencia de porosidad al utilizar árido de tamaño "hasta 3/8". La gravedad específica variable y el contenido de vacíos también son factores importantes, ya que pueden influir en la resistencia a la compresión de manera medible. Por lo tanto, al buscar un contenido de pasta óptimo, se debe considerar el contenido de vacíos como una función de compensación relacionada con la tensión, la granulometría y la textura del material. Además, la agregación y el factor uniforme de agregación desempeñan un papel relevante en esta consideración. (ACI 522R-10 2010)(21).

#### 2.1.2.3. Permeabilidad “K”

La tasa de filtración (ASTM D5856-15) está vinculada a la porosidad y al tamaño del agregado, afectando la permeabilidad del material. Una permeabilidad significativa de 36 l/m<sup>2</sup>/s indica una alta capacidad de flujo de agua a través del concreto. A medida que aumenta la cantidad de espacios vacíos en la estructura, el coeficiente de filtración también aumenta, lo que a su vez provoca una disminución en la resistencia a la compresión del concreto. Para obtener una resistencia a la compresión y una permeabilidad aceptables, es esencial lograr una mezcla de concreto con una buena permeabilidad al agua.(ACI 522R-10 2010)(21).

#### 2.1.2.3. Propiedades Físicas de los agregados

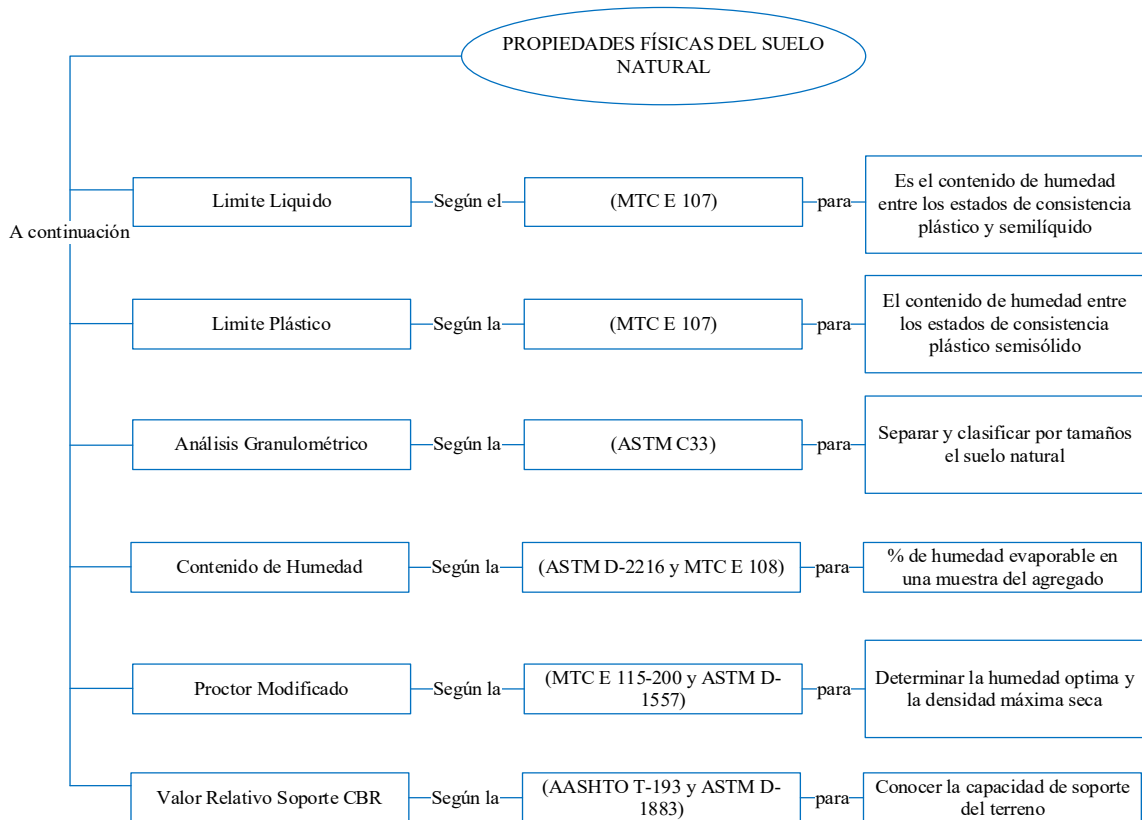
*Tabla 6. Resumen de ensayos para agregados realizados en laboratorio*



*Fuente: Propia*

#### 2.1.2.4. Propiedades Físicas del suelo natural extraído

*Tabla 7. Resumen de ensayos para el suelo natural en laboratorio*



*Fuente: Propia*

### 2.1.1. Estructura de la mezcla para la construcción de pavimento de concreto permeable hidráulico

Según el (Aashto-93 1993)(27) indica que el pavimento rígido está conformado por: subrasante, subbase y la losa de concreto, a continuación:

#### 2.1.1.1. Losa de Concreto Permeable

El pavimento se construye utilizando concreto de cemento Portland. Para determinar la cantidad mínima de cemento necesaria, es necesario realizar pruebas de laboratorio basadas en la experiencia previa con la estabilidad y durabilidad del material. En casos donde la superficie se desgaste debido a ciclos de congelación y descongelación, la presencia de sales o se requiera mejorar la trabajabilidad de la mezcla, se debe utilizar concreto con inclusión de aire.

#### 2.1.1.2. Subbase

a subbase es una parte esencial de la estructura del pavimento rígido y se sitúa entre la subrasante y la losa de concreto permeable sólida. Está compuesta por una o varias capas de material granular comprimido o estabilizado. Su función principal es prevenir la propagación de suelo fino. Es imprescindible incluir una capa de subbase cuando existe la posibilidad de bombeo debido a una combinación de características del suelo, agua y tráfico.

Estas condiciones son comunes en los diseños de pavimentos para vías principales y carreteras de alto tránsito. Los cimientos desempeñan un papel crucial al brindar estabilidad y resistencia adicional al pavimento, garantizando su durabilidad y evitando problemas de bombeo.

### 2.1.1.3. Subrasante

La capa de subrasante se refiere a la capa de suelo natural que se prepara y compacta para servir de base en la construcción de un pavimento. Su función principal es proporcionar un soporte uniforme y estable, evitando cambios abruptos en la capacidad de carga. Es más crucial que la subrasante brinde un apoyo estable que una alta capacidad de carga. Es fundamental tener precaución con los suelos expansivos, ya que pueden ocasionar problemas en la subrasante. Es importante considerar que la expansión de los suelos puede resultar en movimientos y deformaciones en la subrasante, lo cual puede afectar la estabilidad y capacidad de soporte del pavimento. Por lo tanto, es necesario implementar medidas adecuadas para controlar y mitigar los efectos de la expansión de suelos en la subrasante.

Por otro lado, también la normativa (Dirección Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997)(28) indica que los pavimentos porosos en general consisten en un pavimento continuo de asfalto o concreto poroso, similar al pavimento convencional, pero con dos diferencias básicas: la carpeta de rodado contiene poca arena y fracción fina, lo cual le otorga mayor permeabilidad, y la subbase granular es de mayor espesor, y también con poca arena y fracción fina, con lo que se consigue un mayor porcentaje de huecos. Tienen por función reducir el flujo superficial proveniente de una tormenta mediante su infiltración a través de la carpeta de rodado, logrando así disponer de una zona pavimentada permeable. La experiencia internacional en la materia se basa fundamentalmente en pavimentos porosos con capa de rodado asfáltica en zonas de bajo tránsito. En este capítulo se indican las recomendaciones adicionales para lograr que estos pavimentos porosos puedan ser empleados como elementos de un sistema de evacuación de aguas lluvias urbanas con 5 importantes objetivos: a) Disminuyen el caudal máximo, b) Disminuyen el volumen escurrido, c) Permiten otros usos alternativos, d) Recarga la napa de agua subterránea y e) Mejora la calidad del efluente

En resumen, esta normativa nos da parámetros, espesores mínimos, recomendaciones, proceso constructivo y demás detallado en la tabla 8:

*Tabla 8. Parámetros de espesores mínimos para pavimento poroso*



<i>ÍTEM</i>	<i>CAPAS</i>	<i>TAMAÑO DE AGREGADO</i>	<i>ESPESOR</i>	<i>UNID MED</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
1	CAPA DE RODADO	1/2 a N° 200 (10.7 a 0.06 mm)	6 a 10	cm	Concreto permeable
2	SUBBASE	1 1/2" a N° 8 (38.1 a 2.38mm)	< = a 15	cm	2.5 a 7.5 de diámetro por grava
3	FILTRO GRANULAR O GEOTEXTIL	No tejido	Área diseñada	m2	Material sintético
4	SUBRASANTE	Pedraplén (máx. 4")	12.5 a 22.5	cm	recomendable para CBR > a 6
5	AIRE	-	16	%	-

*Fuente: (Dirección de y Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997)(28)*

### 2.1.2. Geotextil No Tejido

(Morales 2010)(29) Es una malla compuesta por fibras cortas sintéticas (1" a 4" de largo de filamentos continuos) colocados de forma aleatoria sin direcciones, cuya función principal es su resistencia mecánica a la perforación y a la tracción, así como su capacidad de drenaje. Se utilizan en la construcción de subbase de carreteras y vías férreas, previenen la posible erosión en presas, realizan funciones de drenaje en canales, muros de contención y filtración para separar partículas de diferentes tamaños, estabilizar terrenos y permite el paso del fluido a través de los poros impidiendo que las partículas sólidas traspasen. Se fabrican con "máquina de tejer" que envuelve o recoge fibras/hilos. Los materiales geotextiles no tejidos son altamente recomendados para drenaje subterráneo y control de erosión y estabilización de carreteras sobre suelo húmedo, saturación.

*Figura 13. Drenaje planar y separación de subbase y subrasante*



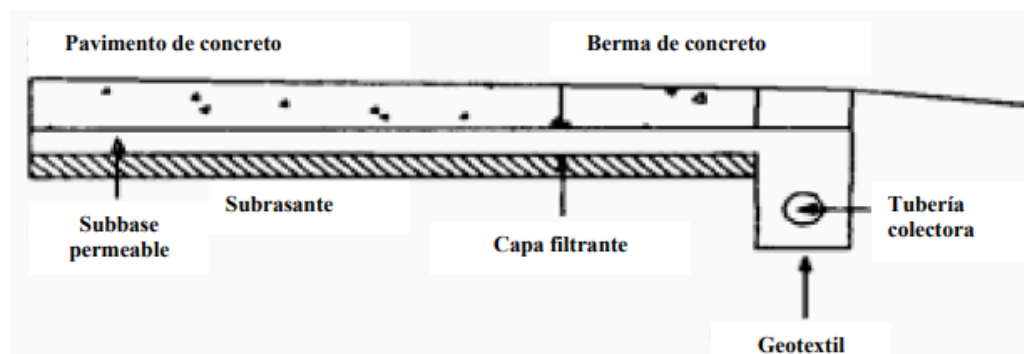
*Fuente: (Morales 2010)(29)*

En el artículo publicado por (Lopez, Gallardo y Huaroto 2021)(30) mencionan que el uso de Geotextiles No Tejidos en una base de macadam colocada de manera que rodee todo el perímetro de la base de macadam, es una técnica que representa una solución para la gestión de daños en el pavimento, ya que, verticalmente, reduce las deflexiones; mientras que horizontalmente, evita la migración de partículas finas para reducir el efecto de bombeo.

Pedraplén.

En el capítulo 1 del método de diseño (Aashto-93 1993)(27) menciona que los materiales utilizados para el drenaje, estos elementos abarcan agregados, geotextiles y tuberías, los cuales desempeñan roles específicos en el sistema de drenaje. Los agregados se utilizan como capas de drenaje y en la construcción de drenes franceses, también sirven como material de filtración para protección. Por otro lado, los geotextiles se emplean como sustitutos de los agregados en funciones de filtración. En cuanto a las tuberías, pueden ser perforadas, ranuradas o de junta abierta, y se instalan dentro de los drenes franceses para recolectar el agua, cumpliendo con los requisitos establecidos en la normativa del MTC 2013.

*Figura 14. Sección de una base permeable con una berma de concreto*



*Fuente: Guía (Aashto-93 1993(27)) Diseño de estructuras de pavimentos*

Según (TexDelta 2021)(31) indica todos los filamentos que componen los geotextiles son polímeros sintéticos, lo siguiente:

- a) **Polipropileno o poliéster:** Son polímeros termoplásticos de cadena larga que se caracterizan por su alta rigidez, buenas propiedades de tracción y resistencia a los ácidos.
- b) **Poliétileno:** Es un polímero orgánico simple que se destaca por su excelente flexibilidad, facilidad de manipulación y buenas propiedades físicas.
- c) **Poliamidas:** Son polímeros termoplásticos que presentan grupos amida de forma repetitiva en su estructura molecular. Se caracterizan por su alta resistencia a altas temperaturas, ductilidad, buena resistencia a la abrasión y al desgaste, baja permeabilidad a gases e hidrocarburos, y resistencia química.
- d) **Otros poliésteres:** Son un grupo de polímeros que se destacan por su baja deformabilidad, resistencia a los rayos UV y alto módulo de elasticidad.

La ventaja principal del Geotextil no tejido es la baja tasa de colmatación (Wavin 2017)(32) gracias a su porosidad mayor al 70%

*Figura 15. Geotextil no tejido de polipropileno*



*Fuente: (Geoace 2022(33))*

### 2.1.3. Escorrentía superficial

Según (Aguirre Herrera 2021) (34), la escorrentía se refiere al agua que se origina a partir de la lluvia y fluye hacia las corrientes superficiales de una cuenca, ya sean continuas o intermitentes. Se pueden distinguir diferentes tipos de escorrentía, como la superficial, la hipodérmica y la subterránea.

Esta investigación se centra específicamente en la problemática de la escorrentía superficial, que surge debido a las intensas precipitaciones pluviales y provoca la acumulación de agua en la superficie de los pavimentos impermeables existentes. En condiciones críticas, la escorrentía puede ocasionar daños significativos, como la erosión del pavimento, impactos negativos en la infraestructura y, lo que es más preocupante, inundaciones.

### 2.1.4. Sistema de drenaje pluvial

Un sistema de drenaje pluvial en general debe proteger las vidas humanas, la infraestructura urbana, el entorno natural y mantener la movilidad vehicular y peatonal. En Barranquilla, el sistema de drenaje pluvial lo constituye las calles por donde circulan los vehículos, por esto, no se cumple con ninguno de los objetivos requeridos en cuanto al manejo pluvial.

### 2.1.5. Drenaje pluvial urbano

La (OS.060 2016)(35) tiene por finalidad regir criterios de diseño generales que faciliten la realización respecto a trabajos de drenaje pluvial. Estos proyectos se enfocan en el recojo, transporte y evacuación de las aguas de lluvias que se acumulan en un área urbana y deben ser conducidas hacia un cuerpo receptor apropiado.

La (OS.060 2016)(35) Drenaje Pluvial Urbano define los siguientes términos:

- a. **Alineamiento:** Dirección a lo largo del eje de la tubería en un plano horizontal.
- b. **Base:** Una capa de suelo compactado debajo de la superficie de rodadura del pavimento.

- c. **Berma:** Un área lateral pavimentada o sin pavimentar de una pista o camino que se utiliza para detenerse de emergencia sin obstruir el tráfico en el camino.
- d. **Bombeo de Pista:** Es la pendiente lateral desde el eje de la pista, el extremo de la superficie de rodadura del vehículo, expresada en porcentaje.
- e. **Calzada:** La parte del pavimento que actúa como superficie de rodadura de un vehículo.
- f. **Captación:** Una estructura que permite que el agua entre en un sistema de aguas pluviales.
- g. **Coefficiente de escorrentía:** Coeficiente que representa la proporción de agua de lluvia que escurre por una superficie.
- h. **Dren:** Un desagüe o tubería utilizada para el drenaje.
- i. **Drenaje:** Retira el exceso de agua no disponible del suelo.
- j. **Drenaje Urbano:** El drenaje en las ciudades cumple con los criterios urbanísticos.
- k. **Duración de la lluvia:** Intervalo de tiempo entre el inicio y el final de la lluvia, expresado en minutos.
- l. **Ejes:** Una línea principal que indica la alineación de una tubería o canal.
- m. **Período de Retorno:** El período de retorno de un evento de una amplitud especificada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos iguales o mayores que la amplitud especificada.
- n. **Precipitación:** Fenómeno atmosférico formado por el impacto del agua sobre la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.
- o. **Ponding:** Los sistemas de recolección de agua de lluvia retrasan su ingreso al sistema de alcantarillado existente para que no lo sobrecargue.
- p. **Rasante:** El nivel inferior del conducto de sistema de drenaje.
- q. **Sistemas de evacuación por gravedad:** Aquellos sistemas que permiten el vaciado libre en depósitos de vaciado natural o artificial.
- r. **Vías Calle:** Cuando toda la vía rodeada de bordillos se convierte en un canal de drenaje de aguas pluviales. Excepcionalmente, esto puede incluir aceras.

#### 2.1.6. Estancamiento Hídrico

Ocurre cuando el suelo no puede recibir el agua que presiona desde arriba porque los espacios vacíos del interior ya están ocupados o son impermeables, al permanecer visible en la superficie de la estructura ocasiona daños y acorta el tiempo de vida de dicho pavimento.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

##### 3.1.1. Método de Investigación

Para este proyecto se tendrá en cuenta el método científico (Hernández-Sampieri 2014b)(36) indica que la investigación científica es similar a otros tipos de investigación, pero se distingue por ser más rigurosa, organizada y cuidadosamente llevada a cabo. Implica una observación sistemática, medición, experimentación y formulación de hipótesis. Estos principios se aplican tanto a estudios cuantitativos como cualitativos o mixtos. La investigación científica se caracteriza por ser sistemática, lo que implica que se sigue una disciplina específica para realizarla y no se basa en la casualidad. También es empírica, lo que significa que se recolectan y analizan datos objetivos. Además, es crítica, ya que se somete a una evaluación constante y busca mejorar continuamente.

El método científico se describe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos aplicados para investigar un fenómeno en particular. Es una metodología en constante evolución que facilita el progreso del conocimiento científico. En este estudio, hemos adoptado un enfoque cuantitativo, lo que significa que hemos recopilado y analizado datos numéricos para comprender con precisión los patrones de comportamiento de la población y así poder identificar la realidad.

##### 3.1.2. Tipo de investigación

(Cordova Querevalú y Garcia Garcia 2021)(10) Esta investigación se destaca por su enfoque aplicativo, donde se persiguen objetivos prácticos bien definidos. Su propósito es actuar y transformar, con el objetivo claro de reemplazar los pavimentos rígidos tradicionales con pavimentos de concreto hidráulico permeables o porosos. De esta manera, se pretende abordar de forma efectiva el estancamiento de agua causado por las lluvias en áreas urbanas. El tipo de investigación empleado aquí es aplicado, ya que busca aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar un pavimento permeable de concreto hidráulico. Esto permitiría gestionar adecuadamente el flujo de agua proveniente de las precipitaciones, permitiendo que se infiltre a través de distintas capas, como la de rodadura, subbase granular, geotextil y subrasante, hasta alcanzar el subsuelo.

##### 3.1.3. Nivel de Investigación

La investigación tendrá un nivel explicativo dado que según (Hernández-Sampieri 2014b)(36) El propósito fundamental de la investigación explicativa es proporcionar respuestas a través del estudio de la relación de causa y efecto, además de la manipulación de variables. Esto implica contrastar hipótesis para alcanzar conclusiones sólidas. En el estudio

que estamos presentando, el nivel de investigación es explicativo, ya que se analizó la relación de causa y efecto entre dos variables específicas: el Control de Deficiencias de Drenaje Pluvial (variable independiente) y el Pavimento permeable de concreto hidráulico (variable dependiente).

#### 3.1.4. Diseño de Investigación

Según (Hernández-Sampieri 2014b)(36), El diseño cuasi-experimental se aplica en situaciones del mundo real donde no es posible formar grupos aleatorios, pero se pueden manipular las variables experimentales. En este contexto, se han propuesto investigaciones que se enfocan en el diseño de pavimentos de hormigón hidráulico permeable para el control efectivo de drenajes. El objetivo principal es mejorar o regular la acumulación de aguas pluviales en las vías urbanas del departamento de Saint-Romain. Para lograr esto, se están realizando ensayos que buscan manipular las propiedades físicas y mecánicas de las variables dependientes relacionadas con el pavimento permeable de hormigón. Entre ellos, destaca el Diseño de mezclas para obtener concreto permeable con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> (CE.010). Ensayo de resistencia a la compresión simple de concreto permeable (ACI522R) para verificar la durabilidad del material. Determinación del índice de arena equivalente para establecer la cantidad mínima de arena en el agregado y lograr un concreto permeable (MTC E 114, ASTM D-2419). Prueba de abrasión Los Ángeles para evaluar el desgaste de las partículas del agregado sometidas a cargas. Prueba de permeabilidad para determinar la permeabilidad y/o conductividad hidráulica del concreto diseñado. Se llevarán a cabo diversos ensayos con el objetivo de evaluar y determinar las características del suelo en la subrasante y subbase. Estos ensayos incluyen: Ensayo CBR (California Bearing Ratio) para evaluar la capacidad de soporte del suelo de la subrasante (MTC E 132, ASTM D-1883). Densidad natural para determinar la densidad natural del suelo de la subrasante. Ensayo Proctor modificado para determinar el grado de compactación del suelo de la subrasante (MTC E 115, ASTM D-1557). Análisis granulométrico para determinar la gradiente del suelo de la subbase (MTC E 107, ASTM D-422). Limite líquido para evaluar el índice de plasticidad del suelo de la subrasante y subbase (MTC E 110, ASTM D-4318). Limite plástico para evaluar el índice de plasticidad del suelo de la subrasante y subbase (MTC E-111, ASTM D-4318). Limite plástico que permitirá determinar el índice de plasticidad del suelo de la subrogante y subbase (MTC E-111, ASTM D-4318), Clasificación SUCS que permitirá determinar el tipo de suelo de la subrogante y subbase (ASTM D-2487). Además, describiremos los componentes del pavimento como variables independientes debido a que estas deberán permitir la filtración del agua proveniente de las precipitaciones pluviales.

## 3.2. Materiales y Métodos

### 3.2.1. Materiales

- a) **Cemento:** El cemento se emplea como un elemento aglutinante en la mezcla, ya que al entrar en contacto con el agua forma una pasta que recubre los agregados finos y gruesos, permitiendo la adhesión entre ellos.
- b) **Agua:** El agua desempeña un papel fundamental en la elaboración del concreto permeable de concreto hidráulico. Es necesario que el agua esté limpia y libre de sustancias perjudiciales, contaminantes, sedimentos, productos químicos u otras sustancias que puedan afectar la resistencia, el fraguado y el curado del concreto.
- c) **Agregados:** Los agregados, según la clasificación establecida por el comité ACI 522R-10, se utilizan ampliamente en el concreto permeable. Estos agregados son de tamaño grueso, variando entre 3/8 y 3/4 de pulgada, y pueden ser redondeados o triturados, con diferentes pesos. El agregado fino puede influir en la compresión, resistencia y densidad, por lo que la cantidad de este agregado puede variar en cada una de las pruebas realizadas.
- d) **Aditivos:** Las mezclas generalmente requieren el uso de plastificantes, modificadores de viscosidad y retardadores. Otros aditivos como sílice, látex, fibras y cenizas volantes mejoran las propiedades del material, pero aumentan el costo. El propósito de este aditivo es aumentar el porcentaje de resistencia a la compresión del bloque de briquetas ya que el bloque de briquetas tiene una cierta cantidad de espacio vacío que reduce la resistencia.

### 3.2.2. Métodos

#### 3.2.2.1. Métodos para la recolección de datos

(Davila Hurtado 2021(11)) menciona como técnicas de recolección de datos a una fase previa a la realización de un estudio estadístico que presentan información exacta para procesar la información para su posterior interpretación. Esta investigación tendrá un proceso para la recolección de la siguiente forma:

- Pruebas estandarizadas.
- Muestreo de terreno de fundación. (Guías y formatos).
- Datos históricos de precipitaciones pluviales por SENAMHI.
- Estudio de tráfico.
- Apuntes y fotografías.

Asimismo, se desarrollarán tres ensayos fundamentales para la aceptación de un pavimento permeable de concreto hidráulico, para cada variable de estudio se plantea la técnica de cuasiexperimental:

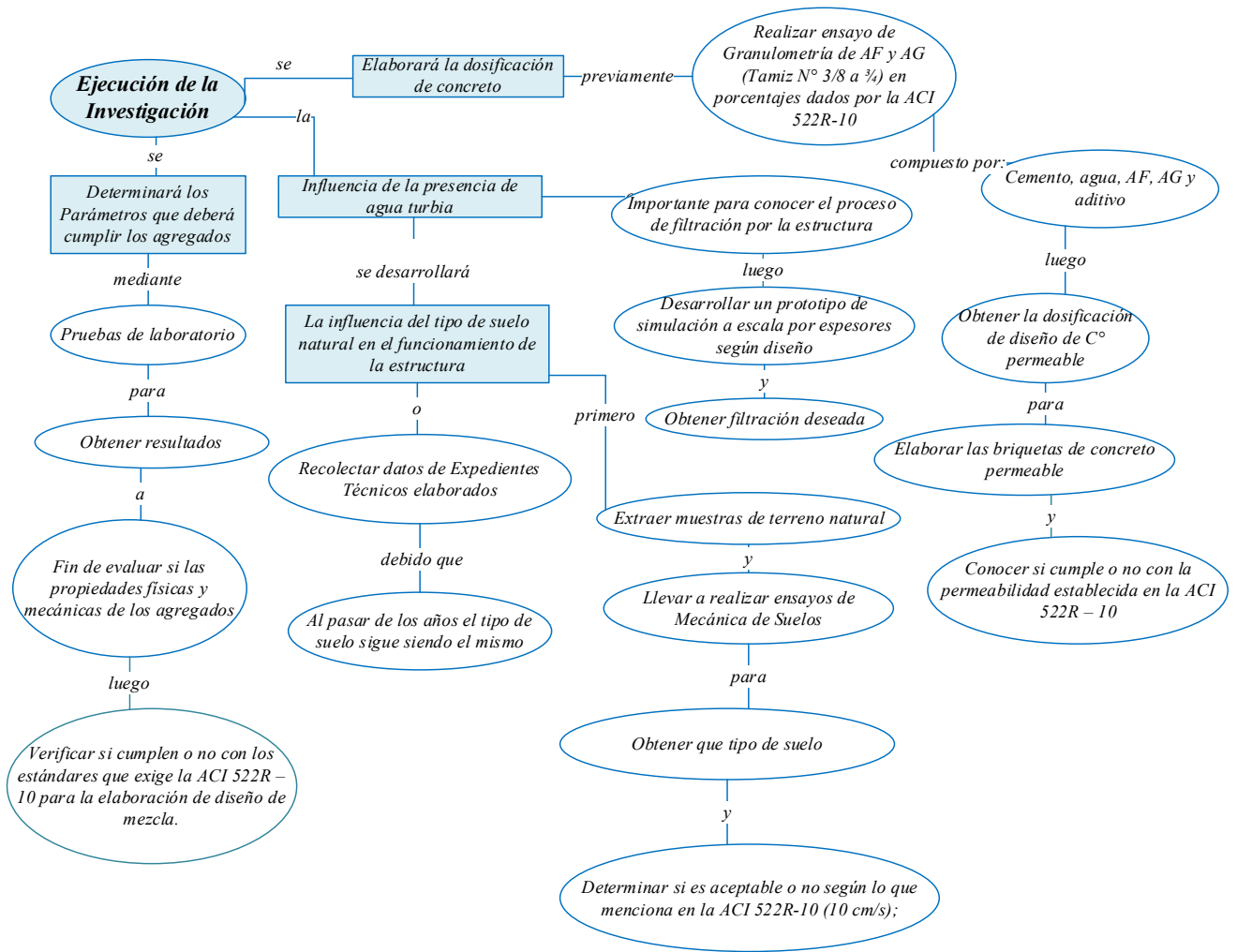
- a) El ensayo de resistencia a la compresión simple (NTP 339.034) permite evaluar la capacidad del hormigón para resistir la carga gravitacional y su comportamiento ante deformaciones controladas.
- b) La resistencia a la flexión (ASTM C78, ASTM C 293 y NTP 339.078) se utiliza para determinar la capacidad de un material para resistir las fuerzas de tracción sin sufrir daños, logrando una deformación óptima sin llegar a la destrucción del material.
- c) La prueba de permeabilidad (ACI 522R-10) se emplea para medir el coeficiente de permeabilidad del material, evaluando la tasa de vacío y la penetración del fluido a través del mismo.

Seguidamente, recolectada la información de las pruebas mediante certificados validados por laboratorios de mecánica de suelos, se procederá a la interpretación haciendo uso de gráficos adjuntados en la presentación e interpretación de resultados. También, es importante la observación para recopilar información a fin de solucionar la problemática planteada en la investigación, posteriormente probar la hipótesis, por otra parte, las fuentes de información como bases teóricas.

A continuación, se detalla el proceso de ejecución de tesis, lo siguiente:

*Tabla 9. Procedimiento de ejecución de la investigación*





Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Ensayo de Laboratorio por objetivos

ÍTEM	MUESTRA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNID. MED.	NORMA		
<b>O.E. N° 01</b>	<b>Determinar los parámetros que deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.</b>						
1	<i>Ensayos previos del agregado fino y agregado grueso</i>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	2.00	ensayo	MTC E 204	ASTM C33/C33M	NTP 400.012
2		PESO UNITARIO SECO SUELTO	2.00	ensayo	ASTM C-29	ASTM C-29	AASHTO T-19
3		PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	2.00	ensayo	ASTM C-29	ASTM C-29	AASHTO T-20
4		CONTENIDO DE HUMEDAD	2.00	ensayo	ASTM D-2216	NTP 339-185	MTC E 108
5		PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS	2.00	ensayo	ASTM C128	ASTM C127	MTC E 206
6		EQUIVALENTE DE ARENA	1.00	ensayo	ASTM D 2419	AASHTO T-176	MTC E 114
7		ABRASIÓN LOS ÁNGELES	1.00	ensayo	NTP 400.020	ASTM C 535	-
<b>O.E. N° 02</b>	<b>Hallar la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.</b>						
1	<i>Memoria de cálculo</i>	DISEÑO DE MEZCLAS	1.00	ensayo	ACI-522R-10	-	-
2	<i>Concreto fresco</i>	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	4.00	testigo	ASTM C143	NTP 339.035	NTC 396
3	<i>Ensayos de concreto permeable seco endurecido</i>	% DE VACÍOS DEL CONCRETO	1.00	testigo	Principio de Arquímedes		-
4		PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	24.00	testigo	NTP 339.034	-	-
5		PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	4.00	viga	ACI 522R-10	-	-
6		ENSAYO DE PERMEABILIDAD	4.00	probeta	ASTM D5856-15	-	-
<b>O.E. N° 03</b>	<b>Determinar la influencia de la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.</b>						
1	EE.TT.	ESP. TÉC DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO	0.90	cm2	-	-	-
<b>O.E. N° 04</b>	<b>Conocer la influencia del tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.</b>						
1	<i>Para muestra de terreno natural</i>	CONTENIDO DE HUMEDAD	2.00	ensayo	ASTM D-2216	MTC E 108	-
2		LIMITE LIQUIDO	2.00	ensayo	MTC E 110	ASTM D-422	-
3		LIMITE PLÁSTICO	2.00	ensayo	MTC E 111	ASTM D-422	-
4		PROCTOR MODIFICADO	2.00	ensayo	MTC E 115-200	ASTM D-1557	-
5		CBR	2.00	ensayo	AASHTO T-193	ASTM D-1883	-
6		CLASIFICACIÓN SUCS	2.00	ensayo	AASHTO T88	ASTM D422	-

### 3.2.2.2. Análisis Estadístico

En el análisis estadístico de los resultados de los ensayos de laboratorio, se tienen en cuenta las siguientes medidas de dispersión.

- ✓ Promedio
- ✓ De
- ✓ Varianza

Medida de dispersión que mide la diferencia promedio entre cada valor respecto a su media. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- ✓ Coeficiente de variación

Tener una medida adimensional le permite comparar la varianza entre conjuntos de datos con diferentes unidades o medios. Se calcula mediante la fórmula:

$$CV = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

DS = Desviación estándar

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

El autor (Ventura-León 2017) (37) Se menciona que una población se refiere a un grupo de elementos que poseen ciertas características que se desean analizar. En este sentido, existe una relación inductiva entre la población y la muestra, donde se espera que la muestra observada represente fielmente la realidad de la población. Esto es fundamental para garantizar que las conclusiones obtenidas en el estudio sean válidas. En el caso específico de esta investigación, la población bajo estudio es el pavimento rígido en las vías urbanas de la provincia de San Román, departamento de Puno. Estas áreas son especialmente críticas durante periodos de fuertes precipitaciones pluviales.

#### **3.3.2. Muestra**

(Ventura-León 2017(37)) y (Hernández-Sampieri 2014a)(38) indican que una muestra es entendida como un subconjunto de la población conformado por unidades de análisis. Por otro lado, mencionan que las muestras de diseño cuasiexperimentales no se seleccionan de forma aleatoria, sino que se escogen grupos ya formados.

Esta investigación tendrá como muestra a dos zonas específicas: Centro comercial N° 2 (Calicata 1 en el Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac) y el mercado Tupac Amaru (Calicata 2 en el Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru); estas se eligieron porque tienen deficiencias de drenaje pluvial a fin de extraer muestras para los estudios, ensayos y diseños del desarrollo de la tesis detallados en el plano anexado.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Del Objetivo Especifico N°1

*Determinar los parámetros que deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.*

Se llevó a cabo la extracción del agregado fino y grueso del río Cabanillas mediante un proceso de chancado localizado en la misma ciudad, a tan solo 20 minutos de las áreas que se beneficiarían con el pavimento permeable de concreto hidráulico. Para este propósito, se realizaron varios ensayos de laboratorio, ya que estos son fundamentales para el diseño de la mezcla del concreto permeable. Es importante tener en cuenta que el concreto permeable presenta características específicas diferentes a las de un concreto convencional. Por lo tanto, se consideraron los parámetros indicados por el ACI 522R-10 para realizar el diseño de la mezcla, los cuales incluyen los parámetros de los materiales que lo componen.

##### 4.1.1.1. Propiedades físicas de los agregados

Se desarrolló los ensayos físicos necesarios de la piedra chancada para posteriormente tamizar y para utilizarlo como agregados (fino y grueso) para poder efectuar el diseño de mezcla, poniendo en cuenta los límites que rige el ACI 522R-10 a fin de elaborar los testigos de concreto permeable de cada diseño de mezcla.

A continuación, para los agregados gruesos de piedra chancada de 3/8", 1/2" y 3/4" como muestra. Los ensayos realizados fueron:

##### 4.1.1.1.1. Análisis granulométrico (MTC E 204 y NTP 400.012)

Para cuantificar de manera precisa la distribución de tamaños de partículas de piedra chancada, se empleó la metodología mencionada, que se basa en el uso de tamices. Específicamente, se aplicó la norma ACI 522R-10 para llevar a cabo el análisis del

Agregado Grueso (ASTM C33).

El proceso comenzó con la obtención de una muestra representativa inicial de 5,718.0 g mediante el método de cuarteo. Esto permitió verificar si el agregado cumplía con las características físicas requeridas. En la Tabla 11, se presenta el análisis granulométrico del agregado grueso, junto con los resultados obtenidos, que son fundamentales para el diseño del pavimento permeable de concreto hidráulico.

Tabla 11. Análisis granulométrico real del agregado grueso

TAMICES	Abertura a	PESO	% RET.	% RET.	% QUE	ESPECIFICACIONES
ASTM	mm.	RET.	PARCIAL	ACUM.	PASA	
3"	76.20					
2 1/2"	63.50				100.00	
2"	50.80		0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100
1"	25.40	29.80	0.52	0.52	99.48	
3/4"	19.05	1360.90	23.80	24.32	75.68	35-75
1/2"	12.70	2887.00	50.49	74.81	25.19	
3/8"	9.53	756.50	13.23	88.04	11.96	10-30
1/4"	6.35	541.40	9.47	97.51	2.49	
Nº 4	4.75	103.50	1.81	99.32	0.68	0 - 10
Nº 8	2.36	38.90	0.68	100.00	0.00	0 - 5
Nº 10	2.00	5718.00				

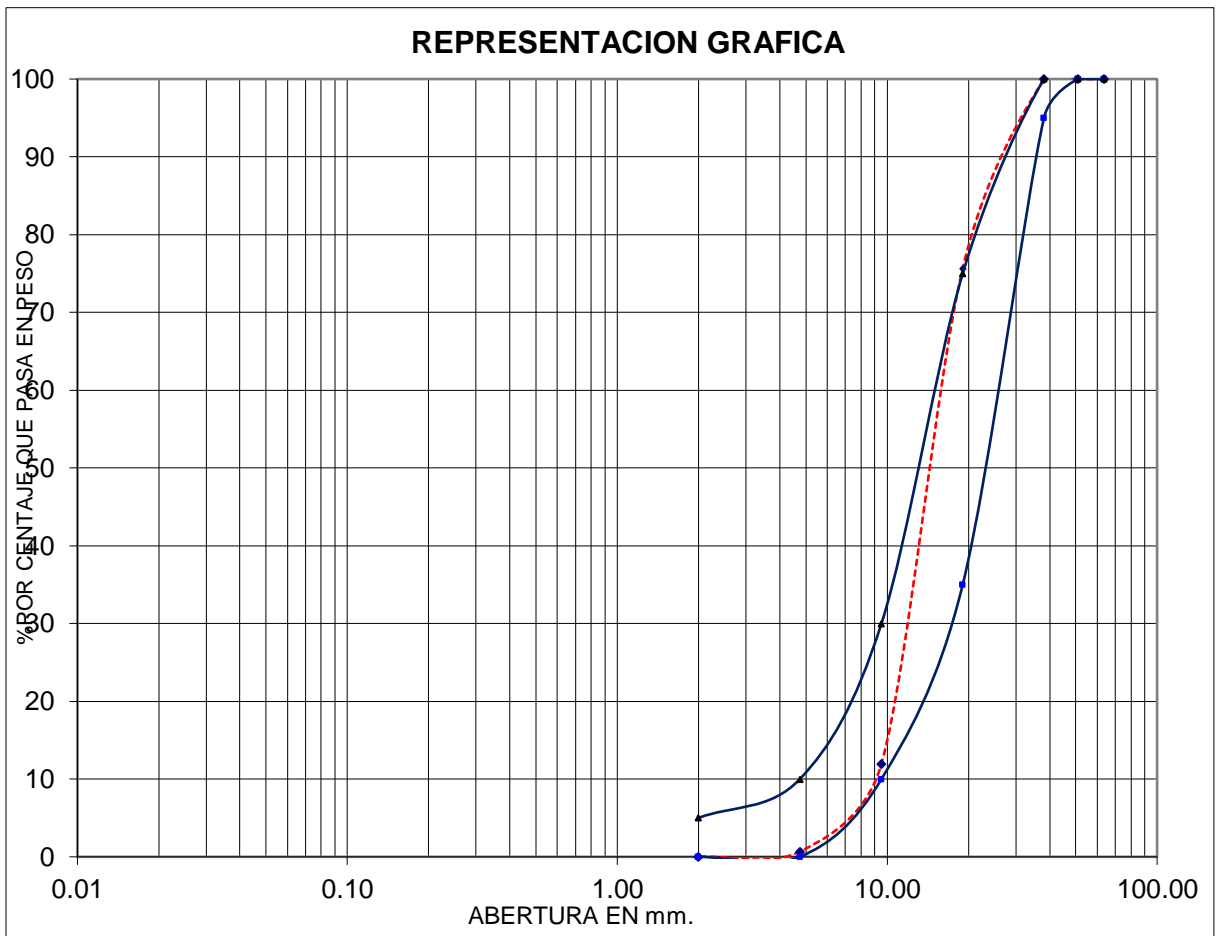
Fuente: Propia

Figura 16. Tamizado de Piedra Chancada (Grava)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Propia

Ahora, del agregado grueso se determina el Módulo de fineza (MF) sumando los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas, lo siguiente:

$$MF = \frac{1\frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + \#4 + \#8}{100} = 7.12$$

#### Agregado Fino (ASTM C33M)

Se realizó un análisis granulométrico para evaluar si las propiedades del agregado fino extraído de la cantera Isla se ajustan a los estándares establecidos en la norma ASTM C 33M.

Figura 18. Tamizado del agregado fino (Cantera Isla)



Fuente: Propia

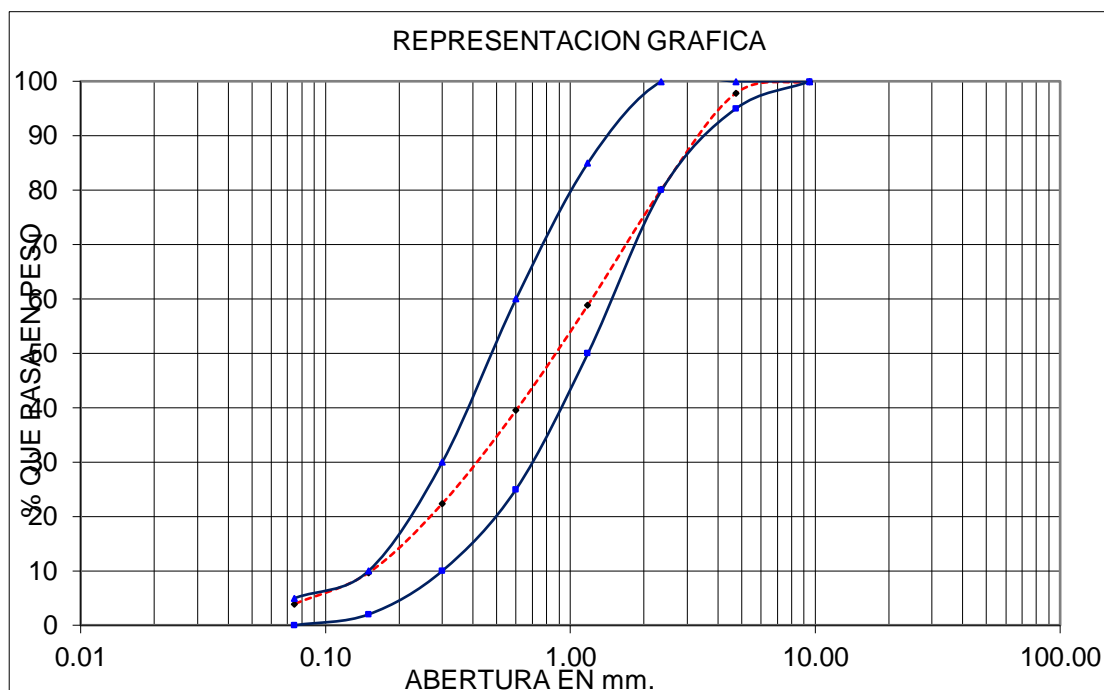
Tabla 12. Análisis granulométrico real del agregado fino

TAMICES	Abertura	PESO	% RET.	%	% QUE	ESPECIFICACIONES
ASTM	m.m.	RET.	PARCIAL	RET. ACUM.	PASA	
1/2"	12.70					
3/8"	9.53				100.00	100
1/4"	6.35	0.00				
Nº 4	4.75	42.90	2.17	2.17	97.83	95 - 100
Nº 8	2.36	348.60	17.64	19.81	80.19	80 - 95
Nº 10	2.00	0.00	0.00	19.81	80.19	
Nº 16	1.18	421.00	21.31	41.12	58.88	50 - 85
Nº 20	0.85					
Nº 30	0.60	382.80	19.37	60.49	39.51	25 - 60
Nº 40	0.42	0.00	0.00	60.49	39.51	
Nº 50	0.30	338.50	17.13	77.62	22.38	10 - 30
Nº 80	0.18					
Nº 100	0.15	251.30	12.72	90.34	9.66	2 - 10
Nº 200	0.08	113.10	5.72	96.06	3.94	0 - 5
BAND	0.00	77.80	3.94	100.00	0.00	
TOTAL			100.00			
% PERDIDA						

Fuente: Propia



Figura 19. Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Propia

En este punto, procedemos a calcular el Módulo de fineza (MF) del agregado fino sumando los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas específicas: #4, #8, #16, #30, #50 y #100. El resultado de este cálculo es el siguiente:

$$MF = (\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100) / 100 = 2.92.$$

El módulo de fineza proporciona una medida de la distribución de tamaño de las partículas de la piedra chancada y el agregado fino. En otras palabras, cuanto mayor sea el valor del módulo de fineza, más grandes serán las partículas del agregado, y viceversa.

#### 4.1.1.1.2. Peso unitario seco suelto (ASTM C-29 y AASHTO T-19)

##### Agregado Grueso

El agregado debe estar seco. Se han considerado estas tres muestras y finalmente se considerará su promedio. El árido grueso se coloca sobre el encofrado cónico a una altura de 5 cm de la superficie, se nivela el encofrado y finalmente se debe registrar el peso del encofrado + árido grueso para obtener el peso específico libre, como se muestra en la Fig. 20. Los resultados de la prueba se muestran en la siguiente tabla.

Figura 20. Peso de molde + muestra suelta inicial



Fuente: Propia

Tabla 13. Peso unitario seco suelto del agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
CANTIDAD DE ENSAYOS	Nº	01	02	03
PR+M	g	9,440.50	9,468.60	9,397.40
PR	g	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PM	g	3,115.40	3,143.50	3,072.30
CAPACIDAD DEL RECIPIENTE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
P. ESPECÍFICO	kg/m <sup>3</sup>	1,480.07	1,493.42	1,459.59
MEDIA DEL P. ESPECÍFICO	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,477.69</b>		

Fuente: Propia

Tabla 14. Análisis estadístico del peso unitario seco suelto del agregado grueso

<b>Análisis estadístico</b>				
Puss del ag	Datos (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	De (kg/m <sup>3</sup> )	Cv (%)
1	1480.07	1477.693333	17.04	1.15
2	1493.42			
3	1459.59			

Fuente: Propia

## Agregado Fino

Se realizo bajo el mismo procedimiento del agregado grueso conociendo el volumen del molde, los resultados se muestran en la tabla siguiente.

*Figura 21. Preparación de molde + muestra de AF.*



*Fuente: Propia*

*Tabla 15. Peso unitario seco suelto del agregado fino*

<b>AGREGADO FINO (ARENA)</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
CANTIDAD DE ENSAYOS	Nº	01	02	03
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA.	g	9,642.80	9,638.40	9,676.00
PESO DEL RECIPIENTE	g	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	g	3,317.70	3,313.30	3,350.90
CAPACIDAD DEL RECIPIENTE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO ESPECÍFICO	kg/m <sup>3</sup>	1,576.18	1,574.09	1,591.95
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO.	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,580.74</b>		

*Fuente: Propia*

*Tabla 16. Análisis estadístico del peso unitario seco suelto del agregado fino*

<b>Análisis estadístico</b>				
<b>Puss del af</b>	<b>Datos (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>De (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	1576.18	1580.74	9.76	0.62
<b>2</b>	1574.09			
<b>3</b>	1591.95			

*Fuente: Propia*

Los datos mostrados en las tablas se encuentran dentro del rango recomendado por la norma NTP 400.017 (1.4 a 1.6 g/cm<sup>3</sup>). Por lo tanto, se puede concluir que el agregado cumple con las condiciones adecuadas para su uso en el diseño de mezcla posterior.

#### 4.1.1.1.3. Peso unitario seco compactado (ASTM C-29 y AASHTO T-19)

##### Agregado Grueso

Es importante determinar el volumen absoluto de los agregados que estarán expuestos a ser compactados en el procedimiento de colocar piedra chancada. Este dato numérico se aplicará para los volúmenes de materiales apilados y que estén relacionados a asentamientos. Al igual que el anterior ensayo se pesó 3 muestras + molde tal como se muestra en la figura 22, con la diferencia que se varillan cada una de las capas.

*Figura 22. Varillado de la última capa de la muestra N° 1*



*Fuente: Propia*

*Tabla 17. Peso unitario seco suelto del agregado grueso*

<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>				
CANTIDAD DE ENSAYOS	N°	01	02	03
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA.	g	9,651.30	9,655.80	9,658.00
PESO DEL RECIPIENTE	g	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	g	3,326.20	3,330.70	3,332.90
CAPACIDAD DEL RECIPIENTE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO ESPECÍFICO	kg/m <sup>3</sup>	1,580.22	1,582.36	1,583.40
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO.	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,581.99</b>		

*Fuente: Propia*

Tabla 18. Análisis estadístico del peso unitario seco compactado del agregado grueso

Puss del ag	Análisis estadístico			
	Datos (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	De (kg/m <sup>3</sup> )	Cv (%)
1	1580.22	1581.9933	1.62	0.1
2	1582.36			
3	1583.4			

Fuente: Propia

### Agregado Fino

Se realizó bajo el mismo procedimiento del agregado grueso conociendo el volumen del molde, los resultados se muestran en la tabla 19.

Figura 23. Conformación de la última capa de agregado fino en el molde



Fuente: Propia

Figura 24. Proceso de compactación del agregado fino



Fuente: Propia

Tabla 19. Peso unitario seco suelto del agregado fino

<b>AGREGADO FINO (ARENA)</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
CANTIDAD DE ENSAYOS	Nº	01	02	03
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA.	g	9,856.70	9,870.90	9,849.00
PESO DEL RECIPIENTE	g	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	g	3,531.60	3,545.80	3,523.90
CAPACIDAD DEL RECIPIENTE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO ESPECÍFICO	kg/m <sup>3</sup>	1,677.80	1,684.55	1,674.14
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO.	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,678.83</b>		

Fuente: Propia

Tabla 20. Análisis estadístico del peso unitario seco compactado del agregado fino

<b>Peso unitario seco compactado del agregado fino</b>	<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Datos (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>De (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	1677.8	1678.83	5.28	0.31
<b>2</b>	1684.55			
<b>3</b>	1674.14			

Fuente: Propia

El peso unitario compactado del agregado grueso es de 1,581.99 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el del agregado fino es de 1,678.83 kg/m<sup>3</sup>. Según la norma NTP 400.017, el peso unitario compactado debe estar dentro del rango de 1.6 a 1.9 g/cc. Al comparar los resultados obtenidos con los parámetros de la norma, se observa que ambos agregados cumplen con los requisitos, excepto el agregado grueso (piedra chancada), donde se evidencia una pequeña diferencia en relación al valor mínimo establecido por la norma. Sin embargo, esta diferencia se considera mínima y, por lo tanto, se acepta el uso del agregado.

#### 4.1.1.1.4. Contenido de Humedad (ASTM D-2216 y MTC E 108)

##### Agregado Grueso

Es importante determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra representativa del agregado grueso, para ello considere 2 pruebas y obtener un promedio; para la prueba 1 se pesó recipiente más muestra húmeda saturada superficialmente seca (Tabla 21) y en condición seca, en pocas palabras consiste en la medición del peso de la muestra antes y después del secado en horno durante 24 horas a temperatura constante de 110° +- 5°C. Luego hallar la diferencia de pesos el cual indica el cuánta agua existe en los agregados.

Tabla 21. Contenido de Humedad del agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)</b>			
<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>N°</b>	<b>01</b>	<b>02</b>
<b>PESO RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA</b>	g	453.60	424.20
<b>PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA</b>	g	450.20	420.80
<b>PESO DEL RECIPIENTE</b>	g	165.00	172.00
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA</b>	g	288.60	252.20
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	g	285.20	248.80
<b>PESO DEL AGUA</b>	g	3.40	3.40
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	1.19%	1.37%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	<b>1.28%</b>	

Fuente: Propia

Se hallará el caculo de contenido de humedad bajo la siguiente formula:

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100$$

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} * 100 = 1.28\%$$

Donde:

$W$  = Contenido de humedad %

$M_{cws}$  = Peso del contenedor + suelo humedo en g

$M_{cs}$  = Peso del contenedor + suelo seco en g

$M_c$  = Peso del contenedor en g

$M_w$  = Peso de agua en g

$M_s$  = Peso de particulas solidas en g

Tabla 22. Análisis estadístico del contenido de humedad del agregado grueso

<b>Ch del ag</b>	<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Datos (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>De (%)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	1.19	1.28	0.13	9.94
<b>2</b>	1.37			

Fuente: Propia

### Agregado Fino

Se repitió el mismo procedimiento del agregado grueso, a diferencia que el caso del agregado fino, todo ello se obtiene sumergiéndolo en un matraz tal como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 25. Anotación de pesado de matraz + muestra saturada



Fuente: Propia

Tabla 23. Contenido de Humedad del agregado fino

<b>AGREGADO FINO (ARENA)</b>			
<b>Nº DE PRUEBAS</b>	<b>Nº</b>	<b>01</b>	<b>02</b>
<b>PESO RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA</b>	g	224.40	233.60
<b>PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA</b>	g	223.50	231.90
<b>PESO DEL RECIPIENTE</b>	g	185.30	168.60
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA</b>	g	39.10	65.00
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	g	38.20	63.30
<b>PESO DEL AGUA</b>	g	0.90	1.70
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	2.36%	2.69%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	<b>2.52%</b>	

Fuente: Propia

Se hallará el caculo de contenido de humedad bajo la siguiente formula:

$$w = \frac{Mcws - Mcs}{Mcs - Mc} * 100 = 2.52\%$$

Por lo tanto, el agregado fino muestra un mayor porcentaje de contenido de agua, posiblemente debido a las condiciones en las que ha estado, como el contacto cercano con el agua o la humedad del entorno en el que se encontraba antes de ser utilizado en este ensayo de laboratorio.

Tabla 24. Análisis estadístico del contenido de humedad del agregado fino

<b>Ch del af</b>	<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Datos (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>De (%)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	2.36	2.525	0.23	9.24
<b>2</b>	2.69			

Fuente: Propia



#### 4.1.1.1.5. Peso específico y % de absorción de los agregados (ASTM C128)

Tiene como finalidad hallar de los agregados su peso específico. Esto puede denominarse como la masa de la relación entre el agregado y el volumen y la misma masa del agregado. Se sabe que, absorción en gran medida se da en función a la cantidad de poros existentes y esto se relaciona con la permeabilidad del concreto.

#### Agregado Grueso (NTP 400.021)

Calcula los valores de peso específico de masa o también denominado densidad, o relación entre el material y volumen de masa superficialmente seca, peso específico aparente y absorción. Los datos recogidos en estas pruebas son de vital importancia para la corrección proporción del concreto. Se refiere a la división entre el peso y el volumen y esto sin tener en cuenta sus vacíos. La cantidad de absorción es el peso de agua que puede absorber un agregado para saturar todos sus vacíos. Para obtener resultados confiables se realizó 2 pruebas y finalmente se promediaron tal como se muestra en la tabla.

*Figura 26. Peso específico del agregado grueso*



*Fuente: Propia*

*Tabla 25. Peso específico y % de absorción del agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO (GRAVA) ASTM C-127</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>N° DE PRUEBAS</b>	
		01	02
<b>A P<sub>mss</sub> (AIRE)</b>	g	998.00	1025.80
<b>B P<sub>mss</sub> (EN AGUA)</b>	g	647.00	676.60
<b>C VOL. DE MASA +VOL. DE VACÍOS = A-B</b>	cm <sup>3</sup>	351.00	349.20
<b>D PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)</b>	g	986.90	1014.40
<b>E VOLUMEN DE MASA =C-(A-D)</b>	cm <sup>3</sup>	339.90	337.80
<b>P.E. BULK (base seca) =D/C</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.81	2.90

<b>P.E. BULK (base saturada) =A/C</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.84	2.94
<b>P.E. APARENTE (base seca) =D/E</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.90	3.00
<b>% DE ABSORCIÓN = ((A-D) /D) *100</b>	%	1.12	1.12
<b>% DE POROSIDAD = ((A-D) /E) *100</b>	%	3.27	3.37
<b>Pe (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.95</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>	<b>1.12</b>

Fuente: Propia

Estos valores se calculan bajo la siguiente formula:

$$Pem = \frac{Wo}{V * Va} * 100 = 2.95\%$$

Donde:

*Pem = Peso específico de la masa en %*

*Wo = Peso en el aire de la muestra seca en g*

*V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>*

*Va = Peso en cm<sup>3</sup>*

Para hallar la absorción de los agregados se calcula bajo la siguiente formula:

$$Abs = \frac{(B - A)}{A} * 100 = 1.12\%$$

Donde:

*Abs = Porcentaje de absorcion*

*A = Peso de la muestra seca en el hornon en g*

*V = Peso de la muestra saturada seca en g*

Tabla 26. Análisis estadístico del peso específico del agregado grueso

<b>Pe del ag</b>	<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Datos (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>De (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	1.12	1.12	0	0
<b>2</b>	1.12			

Fuente: Propia

Tabla 27. Análisis estadístico del porcentaje de absorción del agregado grueso

<b>Pa del ag</b>	<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Datos (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>De (%)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	3.27	3.32	0.07	2.13
<b>2</b>	3.37			

Fuente: Propia

Agregado Fino (NTP 400.022)

Para esto se hará uso de la metodología denominada picnómetro, se utiliza para hallar la relación entre masa y peso de los agregados y calcular su absorción. Para ello, se colocan los agregados en contacto con agua en un recipiente por 24 horas. El peso específico de los agregados proporciona información sobre los volúmenes compactos del agregado, lo cual es fundamental para lograr una proporción adecuada en la mezcla de concreto. La absorción, por otro lado, está estrechamente relacionada con la porosidad de los granos del agregado fino y la permeabilidad del concreto.

Tabla 28. *Peso específico del agregado fino*



Fuente: Propia

Tabla 29. *Peso específico y % de absorción del agregado fino*

<b>AGREGADO FINO (ARENA) ASTM C-128</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	N° DE PRUEBAS		
		01	02	
A) Pmss (en el aire) g	g	528.8	525.9	
B) Peso frasco + H2O g	g	464.0	465.3	
C) Peso frasco + H2O + A g	g	992.8	991.2	
D) Peso material + H2O en el frasco g	g	724.8	722.4	
E) Volumen de masa + volumen de vacíos = C-D	cm <sup>3</sup>	268.0	268.8	
F) Peso material seco g	g	496.0	493.6	
G) Volumen de masa = E-(A-F)	cm <sup>3</sup>	235.2	236.5	
P.E. Bulk (base seca) = F/E	gr/cm <sup>3</sup>	1.85	1.84	
P.E. Bulk (base saturada) = A/E	gr/cm <sup>3</sup>	1.97	1.96	
P.E. Aparente (base seca) = F/G	gr/cm <sup>3</sup>	2.11	2.09	
% de Absorción = ((A-F)/F)X100	%	6.61	6.54	
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.10</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>	<b>6.58</b>	

Fuente: Propia

Para calcular el peso específico se da bajo la siguiente formula:

$$Pem = \frac{Wo}{V * Va} * 100 = 2.10\%$$

Donde:

*Pem = Peso específico de la masa en %*

*Wo = Peso en el aire de la muestra seca en g*

*V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>*

*Va = Peso en cm<sup>3</sup>*

Para hallar la absorción de los agregados se calcula bajo la siguiente formula:

$$Abs = \frac{(B - A)}{A} * 100 = 6.58\%$$

Donde:

*Abs = Porcentaje de absorcion*

*A = Peso de la muestra seca en el hornon en g*

*V = Peso de la muestra saturada seca en g*

Tabla 30. Análisis estadístico del peso específico del agregado fino

Pe del af	Análisis estadístico			
	Datos (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )	De (g/cm <sup>3</sup> )	Cv (%)
1	2.11	2.1	0.01	0.67
2	2.09			

Fuente: Propia

Tabla 31. Análisis estadístico del porcentaje de absorción del agregado fino

Pa del af	Análisis estadístico			
	Datos (%)	Promedio (%)	De (%)	Cv (%)
1	6.61	6.575	0.05	0.75
2	6.54			

Fuente: Propia

#### 4.1.1.1.6. Equivalente de Arena (ASTM D 2419 y AASHTO T-176)

Se pretende saber si el agregado fino sirva como una prueba rápida de campo para investigar la presencia o ausencia de materiales finos o arcillosos, que sean perjudiciales para el diseño de mezclas; para esta prueba utilizamos 4 pruebas en diferentes tiempos tal como menciona la norma y posterior a ello se calculó el promedio para el resultado final, tal como se muestra en la tabla 32.

Figura 27. Control de tiempo de las probetas



Fuente: Propia

Figura 28. Proceso de girado de varilla lentamente.



Fuente: Propia

Tabla 32. Resultados de la prueba de Equivalente de Arena

MUESTRA N°		1	2	3	4
A	HORA ENTRADA A SATURACIÓN	15:30:00 p.m.	15:38:00 p.m.	15:45:00 p.m.	15:52:00 p.m.
2	SALIDA SATURACIÓN: (A + 10')	15:40:00 p.m.	15:48:00 p.m.	15:55:00 p.m.	16:02:00 p.m.
B	HORA ENTRADA A DECANTACIÓN	15:42:00 p.m.	15:50:00 p.m.	15:57:00 p.m.	16:04:00 p.m.
4	SALIDA DECANTACIÓN (B + 20')	16:02:00 p.m.	16:10:00 p.m.	16:17:00 p.m.	16:24:00 p.m.
5	ALTURA MATERIAL FINO (pulg.)	5.0	4.9	5.1	5.0
6	ALTURA ARENA (pulg.)	4.1	4.2	4.1	4.2
7	EQUIV. ARENA (6/5 x 100) (%)	82.0	85.7	80.4	84.0
8	PROMEDIO DE EQUIV. ARENA (%)	83.0			

Fuente: Propia

El equivalente de arena se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Equivalente de Arena} = \frac{\text{Lectura de la altura de arena}}{\text{Lectura de la altura de material fino}} * 100$$

Tabla 33. Análisis estadístico del ensayo de equivalente de arena

EA	Análisis estadístico			
	Datos (%)	Promedio (%)	De (%)	Cv (%)
1	82	83.025	2.31	2.79
2	85.7			
3	80.4			
4	84			

Fuente: Propia

#### 4.1.1.2. Propiedades mecánicas de los agregados

##### 4.1.1.2.1. Abrasión Los Ángeles (ASTM C 535 y NTP 400.020)

Esta prueba estandarizada es crucial para hallar que tan resistente al desgaste son los agregados gruesos de gran tamaño y esto mediante abrasión y también la colisión en la máquina de Los Ángeles. Se analiza la pérdida del agregado grueso con un tamaño por debajo a 1 ½" (37.5 mm).

Figura 29. Preparación de muestras para exponerlas a la prueba de Abrasión Los Ángeles



*Fuente: Propia*

*Figura 30. Colocación de esferas a la maquina Los Ángeles*



*Fuente: Propia*

Tabla 34. Resultados de % retenidos en los tamices

TAMICES ASTM		PESO RETENIDO DE LOS AGREGADOS			
PASANTE	RETENIDO	1000 revoluciones		500 revoluciones	
		GRADUACIÓN "E"		GRADUACIÓN "A"	
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				1,254.00
1"	3/4"				1,250.40
3/4"	1/2"				1,240.30
1/2"	3/8"				1,250.20
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 04				
N° 04	N° 08				
<b>Peso Inicial</b>					4,994.90
<b>Retenido en la Malla N° 12</b>					3,698.70
<b>Pasante la Malla N° 12</b>					1,296.20
<b>% de Pérdida</b>					25.95%
<b>PERDIDA PROMEDIO (%)</b>					<b>25.95%</b>
<b>ESFERAS</b>		Peso (g):	5.004	Cantidad:	12
<b>OBSERVACIONES:</b>					
		RESISTENCIA AL DESGASTE = 74.05%			
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 25.95%			

Fuente: Propia

Para hallar el % de resistencia al desgaste será bajo la siguiente formula:

$$\% \text{ desgaste} = 1 - \% \text{ de perdida} = 74.52\%$$

Los valores obtenidos y las fórmulas utilizadas muestran las principales propiedades físicas y mecánicas para ser evaluados en laboratorio, necesarios para la elaboración de los diseños de mezcla, se comprueba que estos cumplen con los estándares de calidad.

#### 4.1.2. Del Objetivo Especifico N°2

*Hallar la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.*

Se ha desarrollado 1 diseño de mezcla patrón, especialmente debe estar dentro de lo regido por el ACI 522R-10.

##### 4.1.2.1. Diseño de Mezclas del Concreto Permeable (ACI 522R-10)

Las siguientes dosificaciones realizadas pretende alcanzar una resistencia parecida a la de un pavimento convencional. Entonces, de manera que ya se hizo las pruebas de agregados en el laboratorio y evaluar si está dentro de lo establecido que indican las



normas indicadas. Se ha considerado 1 diseño de mezcla patrón, con la diferencia que se agregará 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10% de agregado fino, teniendo en consideración cumplir principalmente con los parámetros establecidos por el ACI 522R-10 y el presente objetivo planteado en la investigación. Para ello se muestra a continuación el resumen de los datos de Diseños de Mezcla.

Tabla 35. Diseños teóricos para la capa de rodadura

<b>AGREGADO FINO (%)</b>	<b>A/C</b>	<b>VACÍOS (%)</b>	<b>ADITIVO (%)</b>
<b>2.50</b>	0.30	15.00	5.00
<b>5.00</b>	0.30	15.00	5.00
<b>7.50</b>	0.30	15.00	5.00
<b>10.00</b>	0.30	15.00	5.00

Fuente: Propia

#### 4.1.2.1.1. Cálculo Diseño de Mezclas (ACI 522R-10)

En la siguiente tabla se muestran las cantidades para el presente diseño

Según el ACI 522R-10 indica:

Tabla 36. Propiedades físicas obtenidas de los agregados

<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>AGREGADOS</b>	
<b>PROCEDENCIA</b>	<b>RIO ISLA - CABANILLAS</b>		<b>TIPO IP</b>	<b>FINO</b>	<b>GRUESO</b>
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>		pulg.		1/16"	3/4"
<b>Pun</b>		kg/m <sup>3</sup>		1,580.74	1,477.69
<b>Puc</b>		kg/m <sup>3</sup>		1,678.83	1,581.99
<b>Pe</b>		kg/m <sup>3</sup>	3150.00	2097.97	2903.50
<b>ABSORCIÓN</b>		%		6.58	1.12
<b>Mf</b>				2.92	7.12
<b>Ch</b>		%		0.03	0.01

Fuente: Propia

El peso del agregado, se selecciona un coeficiente de la relación (Paso N° 2), expresado en kg/m<sup>3</sup>. Se vio con conveniente que todos los diseños contengan agregado fino 10% en volumen (Huso 67) como máximo. Debido que al aumentar agregado fino podría afectar el coeficiente de permeabilidad al obstruir los vacíos; además, se sabe que al contener mayor cantidad de agregado fino aumenta la resistencia a la compresión. Entonces, inicialmente interpolamos utilizando la tabla 37.

Tabla 37. Tabla para hallar el volumen del AG

b/b <sub>0</sub> (ASTM C33/C33M)	
% de AF	Huso 67
0	0.99
10	0.93
20	0.86

Fuente: ACI 522R-10

Paso N° 1: Contenido de Vacíos

Debe ser 15% o mayor, debido a que si sería menor no existiría percolación significativa. Para este diseño de mezclas A se considera el 2.5% de agregado fino respecto al agregado grueso.

Paso N° 2: Determinamos la cantidad de agregado grueso

$$\text{Volumen de Agregados} = \frac{b}{b_0} = 0.975$$

$b$  = Volumen solido de agregado grueso en una unidad de volumen de  $C^0$

$b_0$  = Volumen solido de agregado grueso en una unidad de volumen de AG y AF

$$\text{Volumen de Agregados(kg)} = P.U. \text{ compacto } G * 0.975 * (1 + \% \text{ absorcion})$$

$$\text{Volumen de Agregados} = 1581.99 * 0.975 * (1 + 1.12) = 1559.72 \text{ kg.}$$

$$\text{Volumen de Agregados(m}^3\text{)} = \frac{M \text{ agregado (kg)}}{\text{Peso Especifico} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{1559.72}{2953.20} = 0.528 \text{ m}^3$$

Paso N° 3: Fraccionamos las cantidades de agregado grueso y agregado fino

$$V \text{ agregado grueso(m}^3\text{)} = 97.5\% * 0.528\text{m}^3 = 0.515 \text{ m}^3$$

$$V \text{ agregado fino(m}^3\text{)} = 2.5\% * 0.528\text{m}^3 = 0.013 \text{ m}^3$$

Paso N° 4: Determinamos el volumen de la pasta

$$VP(\text{m}^3) = 1\text{m}^3 - (V \text{ agregados} + \% \text{ vacios} + \text{aditivo})$$

$$VP(\text{m}^3) = 1\text{m}^3 - (0.528 + 0.13 + 0.05) = 0.292 \text{ m}^3$$

$$VP(\text{m}^3) = V \text{ cemento} + V \text{ agua}$$

$$VP(\text{m}^3) = \frac{C}{\text{Peso esp. cem.} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} + \frac{A}{\text{Peso esp. agua} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$VP(m3) = \frac{C}{\text{Peso esp. cem.} \left(\frac{kg}{m^3}\right)} + \frac{\frac{A}{C} * C}{\text{Peso esp. agua} \left(\frac{kg}{m^3}\right)}$$

$$VP(m3) = \frac{C}{3150} + \frac{0.30 * C}{1000}$$

Entonces:

$$\therefore C = 472.90 \text{ kg} \approx 0.150 \text{ m}^3$$

$$\therefore A = 0.30 * C$$

$$\therefore A = 141.87 \text{ kg} \approx 0.142 \text{ m}^3$$

Verificando el % de vacíos:

$$\% \text{ vacios} = 1 - (0.528 + 0.150 + 0.142 + 0.05) = 0.13 \approx 13\%$$

Tabla 38. Datos Adicionales

DENSIDAD AGUA (kg/m3)	SLUMP pulg.	RELACIÓN a/c	ADITIVO (%)	VACÍOS (%)	FINOS (%)	b/bo (HUSO 67) ASTM C33/C33M
1000	0"- 2"	0.3	5	15	2.5	0.975
1000	0"- 2"	0.3	5	15	5.0	0.975
1000	0"- 2"	0.3	5	15	7.5	0.975
1000	0"- 2"	0.3	5	15	10	0.975

Fuente: Propia

Al respecto, el aditivo considerado para todos los diseños es el 5% en volumen. Teniendo ya todas las cantidades determinadas para el diseño de mezclas con 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de finos, se obtiene las siguientes cantidades de las dosificaciones de los materiales que se muestra en la tabla.

Tabla 39. Dosificación en Peso

DESCRIPCIÓN	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT.SECCO
CEMENTO	425.60	0.1351	1.00
AGREGADO FINO	38.99	0.0134	0.09
AGREGADO GRUESO	1520.79	0.5238	3.57
AGUA	127.68	0.1277	0.30
ADITIVO (SIKA FUME)	5.00	0.0500	
AIRE	15.00	0.1500	

Fuente: Propia

En resumen, se siguió el mismo procedimiento para cada diseño de mezclas, obteniendo las siguientes cantidades en kg/m<sup>3</sup> y m<sup>3</sup>:

Tabla 40. Cantidad de insumos por diseño de mezclas

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLAS "2.5% finos"			DISEÑO DE MEZCLAS "5% finos"			DISEÑO DE MEZCLAS "7.5 finos"			DISEÑO DE MEZCLAS "10% finos"		
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO
C	425.60	0.14	1.00	438.99	0.14	1.00	452.37	0.14	1.00	465.76	0.15	1.00
Af	38.99	0.01	0.09	76.79	0.03	0.17	113.38	0.04	0.25	148.78	0.05	0.32
Ag	1520.79	0.52	3.57	1459.00	0.50	3.32	1398.41	0.48	3.09	1339.01	0.46	2.87
AGUA	127.68	0.13	0.30	131.70	0.13	0.30	135.71	0.14	0.30	139.73	0.14	0.30
ADIT. (SIKA FUME)	5.00	0.05	-	5.00	0.05	-	5.00	0.05	-	5.00	0.05	-
AIRE	15.00	0.15	-	15.00	0.15	-	15.00	0.15	-	15.00	0.15	-

Fuente: Propia

#### 4.1.2.1.1.1. Con 10.00% de finos (ACI 522R-10)

Tabla 41. Método ACI 522R-10 con 2.5% de finos

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLAS "10% FINOS"		
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO
C	465.76	0.15	1.00
Af	148.78	0.05	0.32
Ag	1339.01	0.46	2.87
AGUA	139.73	0.14	0.30
ADIT. (SIKA FUME)	5.00	0.05	
AIRE	15.00	0.15	

Fuente: Propia

#### 4.1.2.1.1.2. Con 7.50% de finos (ACI 522R-10)

Tabla 42. Método ACI 522R-10 con 7.5% de finos

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLAS "7.5% FINOS"		
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO
C	452.37	0.14	1.00
Af	113.38	0.04	0.25
Ag	1398.41	0.48	3.09
AGUA	135.71	0.14	0.30
ADIT. (SIKA FUME)	5.00	0.05	
AIRE	15.00	0.15	

Fuente: Propia

#### 4.1.2.1.1.3. Con 5.00% de finos (ACI 522R-10)

Tabla 43. Método ACI 522R-10 con 5% de finos

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLAS "5% FINOS"		
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO
C	438.99	0.14	1.00
Af	76.79	0.03	0.17
Ag	1459.00	0.50	3.32

<b>AGUA</b>	131.70	0.13	0.30
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5.00	0.05	
<b>AIRE</b>	15.00	0.15	

Fuente: Propia

#### 4.1.2.1.1.4. Con 2.50% de finos (ACI 522R-10)

Tabla 44. Método ACI 522R-10 con 2.5% de finos

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DISEÑO DE MEZCLAS "7.5% FINOS"</b>		
	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>UNIT. SECO</b>
<b>C</b>	425.60	0.14	1.00
<b>A<sub>f</sub></b>	38.99	0.01	0.09
<b>A<sub>g</sub></b>	1520.79	0.52	3.57
<b>AGUA</b>	127.68	0.13	0.30
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5.00	0.05	
<b>AIRE</b>	15.00	0.15	

Fuente: Propia

#### 4.1.2.1.2. Cálculo Diseño de Mezclas (ACI)

##### 4.1.2.1.2.1. Con 10.00 de finos (ACI)

Características físicas de los agregados:

<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>AGREGADOS</b>	
<b>PROCEDENCIA:</b>	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>		in.		1/16"	3/4"
<b>P<sub>us</sub></b>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
<b>P<sub>uc</sub></b>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
<b>P<sub>e</sub></b>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
<b>% DE ABSORCIÓN</b>		%		6.58	1.12
<b>M<sub>f</sub></b>				2.92	7.12
<b>Ch</b>		%		0.03	0.01

<b>DATOS ADICIONALES</b>		
<b>D<sub>a</sub></b>	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
<b>F'c</b>	kg/cm <sup>2</sup>	210
<b>SLUMP</b>	in.	0" - 2"

PASOS para realizar el diseño de mezcla por el método de ACI, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida (f'c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

<b>F'C ESPECIFICADO</b>	<b>F'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<210	f <sub>c</sub> +70
210-350	f <sub>c</sub> +84
>350	f <sub>c</sub> +98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

- Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
- Selección del asentamiento = 0"– 2"
- Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m<sup>3</sup>, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

- Cálculo del contenido de aire

#### CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 2%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F'<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento es de 0.59

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 284.75 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 6.70 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.090 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.02 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.278 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.722 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 10 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0 .07216 m<sup>3</sup>

- Volumen absoluto de agregado grueso = 0 .6494 m<sup>3</sup>

10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 151.537 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1883.39 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 l/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 151.54 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1883.39 kg/m<sup>3</sup>

#### 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 151.58 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1883.58 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -9.92 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -20.91 L/m<sup>3</sup>



Teniendo un total de -30.84 l/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 198.84 l/m<sup>3</sup>

13. Representación de diseño – dosificación en peso.

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 198.84 l/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 151.58 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1883.58 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

14. Proporción en peso (Adimensional).

Cemento = 1

Agua = 29.68 l/bol

Agregado fino = 0.5323

Agregado grueso = 6.6149

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.2.2. Con 7.50 de finos (ACI)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de ACI, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida ( $f'c$ )

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

<b>F'C ESPECIFICADO</b>	<b>F'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>&lt;210</b>	$f'c+70$
<b>210-350</b>	$f'c+84$
<b>&gt;350</b>	$f'c+98$

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0''- 2''
4. Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m<sup>3</sup>, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

#### CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 2%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

<b>RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA</b>		
<b>F'<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento es de 0.59

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 284.75 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 6.70 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bol que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.090 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.02 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.278 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.722 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 7.5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0541 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6675 m<sup>3</sup>

10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 113.65 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1935.70 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 l/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 113.65 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1935.70 kg/m<sup>3</sup>

#### 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 113.69 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1935.90 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -7.45 l/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -21.49 l/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -28.93 l/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 196.93 l/m<sup>3</sup>

13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 196.93 l/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 113.69 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1935.90 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

14. Proporción en peso (Adimensional).

Cemento = 1

Agua = 29.39 L/bol

Agregado fino = 0.3993

Agregado grueso = 6.7987

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.2.3. Con 5.00 de finos (ACI)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de ACI, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedia requerida (f'c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

<b>F'C ESPECIFICADO</b>	<b>F'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>&lt;210</b>	f <sub>c</sub> +70
<b>210-350</b>	f <sub>c</sub> +84
<b>&gt;350</b>	f <sub>c</sub> +98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

- Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
- Selección del asentamiento = 0''- 2''
- Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

- Cálculo del contenido de aire

#### CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8''	3,0%
1/2''	2,5%
3/4''	2,0%
1''	1,5%
1 1/2''	1,0%
2''	0,5%
3''	0,3%
6''	0,2%

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 2%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F'<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento es de 0.59

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 284.75 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bolsa nos daría 6.70 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.090 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.02 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.278 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.722 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0361 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6855 m<sup>3</sup>

10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 75.77 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1988.02 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 75.77 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1988.02 kg/m<sup>3</sup>

#### 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 75.79 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1988.22 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -4.96 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -22.07 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -27.03 l/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 195.03 l/m<sup>3</sup>



13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 195.03 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 75.79 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1988.22 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

14. Proporción en peso (Adimensional).

Cemento = 1

Agua = 29.11 l/bol

Agregado fino = 0.2662

Agregado grueso = 6.9824

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.2.4. Con 2.50 de finos (ACI)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
Pus		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
Puc		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
Pe		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
Mf				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de ACI, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida ( $f'c$ )

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	$f'c+70$
210-350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

- Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
- Selección del asentamiento = 0"– 2"
- Cálculo de cantidad de agua

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

**CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO**

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 2%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

<b>F'<sub>cr</sub></b> <b>28 días</b>	<b>RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA</b>	
	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento es de 0.59

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 284.75 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 6.70 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.090 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.02 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.278 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.722 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 2.5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0180 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.7036 m<sup>3</sup>

#### 10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 37.88 kg
- Peso seco del agregado grueso = 2040.34 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 284.75 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 37.88 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 2040.34 kg/m<sup>3</sup>

#### 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 37.90 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado grueso = 2040.54 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -2.48 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -22.65 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de  $-25.13 \text{ L/m}^3$ , ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de  $= 193.13 \text{ L/m}^3$

13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento =  $284.75 \text{ kg/m}^3$

Agua =  $193.13 \text{ L/m}^3$

Agregado fino =  $37.90 \text{ kg/m}^3$

Agregado grueso =  $2040.54 \text{ kg/m}^3$

Aditivo =  $5 \text{ kg/m}^3$

14. Proporción en peso (Adimensional)

Cemento = 1

Agua =  $28.83 \text{ L/bol}$

Agregado fino = 0.1331

Agregado grueso = 7.1662

Aditivo =  $5 \text{ kg/m}^3$

4.1.2.1.3. Cálculo Diseño de Mezclas (Modulo de Finura)

4.1.2.1.3.1. Con 10.00 de finos (Modulo de Finura)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F <sup>°</sup> c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de módulo de finura, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida ( $f'c$ )

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	$f'c+70$
210-350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0"– 2"
4. Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6

1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

<b>RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA</b>		
<b>F<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Condiciones de exposición

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulces	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		300
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 357.45 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.41 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de un bol que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.113 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.331 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.669 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Cálculo del valor de M (Módulo de finura) y grado de incidencia del agregado fino y del agregado grueso.

TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO	Mf DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADO, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO POR METRO CÚBICO INDICADOS			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Usando la tabla, calculamos el valor de M, para lo cual interpolando tenemos un valor de 5.15

10. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 10 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0669 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6017m<sup>3</sup>

11. Pesos secos de los agregados



Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 140.39 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1744.85 kg

#### 12. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 140.39 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1744.85 kg/m<sup>3</sup>

#### 13. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 140.43 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1745.02 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -9.19 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -19.37 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -28.57 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 196.59 L/m<sup>3</sup>

14. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 196.57 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 140.43 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1745.02 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

15. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 23.37 L/bol

Agregado fino = 0.3929

Agregado grueso = 4.8819

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.3.2. Con 7.50 de finos (Modulo de Finura)

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
Pus		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
Puc		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
Pe		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
Mf				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de módulo de finura, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedia requerida (f'c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm2)
<210	f'c+70
210-350	f'c+84
>350	f'c+98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm2

- Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
- Selección del asentamiento = 0"– 2"
- Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m3, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

- Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

<b>RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA</b>		
<b>F<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

**CONDICIONES DE EXPOSICIÓN**

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulces	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		300
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 357.45 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bolsa nos daría 8.41 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.113 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.331 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.669 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Cálculo del valor de M (Módulo de finura) y grado de incidencia del agregado fino y del agregado grueso.

TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADO, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO POR METRO CÚBICO INDICADOS			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Usando la tabla, calculamos el valor de M, para lo cual interpolando tenemos un valor de 5.15

10. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 7.5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0501 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6184m<sup>3</sup>

11. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 105.29 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1793.32 kg

12. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 105.29 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1793.32 kg/m<sup>3</sup>

13. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 105.32 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1793.50 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -6.90 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -19.91 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -26.81 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 194.81 L/m<sup>3</sup>

14. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 194.81 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 105.32 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1793.50 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

15. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 23.16 L/bol

Agregado fino = 0.2947

Agregado grueso = 5.0175

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.3.3. Con 5.00 de finos (Modulo de Finura)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de módulo de finura, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedia requerida (f'c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	f'c+70
210-350	f'c+84
>350	f'c+98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

- Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
- Selección del asentamiento = 0"– 2"
- Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m<sup>3</sup>, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

- Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

- Cálculo de la relación agua/cemento



**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

**CONDICIONES DE EXPOSICIÓN**

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulces	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		300
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 357.45 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.41 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.113 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.331 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.669 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Cálculo del valor de M (Módulo de finura) y grado de incidencia del agregado fino y del agregado grueso.

TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADO, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO POR METRO CÚBICO INDICADOS			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Usando la tabla, calculamos el valor de M, para lo cual interpolando tenemos un valor de 5.15

10. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0334 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6351 m<sup>3</sup>

11. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 70.20 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1841.79 kg

12. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 70.20 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1841.79 kg/m<sup>3</sup>

### 13. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad= 0.03
- Peso húmedo de agregado fino= 70.22 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad= 0.01
- Peso húmedo de agregado fino= 1841.97 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -4.60 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -20.45 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -25.05 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 193.05 L/m<sup>3</sup>

### 14. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 193.05 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 70.22 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1841.97 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

15. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 22.95 L/bol

Agregado fino = 0.1964

Agregado grueso = 5.1531

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.3.4. Con 2.50 de finos (Modulo de Finura)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F' <sub>c</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de módulo de finura, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedia requerida (f'<sub>c</sub>)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F' <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	f <sub>c</sub> +70
210-350	f <sub>c</sub> +84
>350	f <sub>c</sub> +98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0" – 2"
4. Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 168 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 2%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F'<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Condiciones de exposición

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		
a) Expuesto a agua dulces	0.5	260 kg/cm <sup>2</sup>
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	300
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 357.45 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.41 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bol que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.113 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.331 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.669 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

9. Cálculo del valor de M (Módulo de finura) y grado de incidencia del agregado fino y del agregado grueso.

TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADO, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO POR METRO CÚBICO INDICADOS			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Usando la tabla, calculamos el valor de M, para lo cual interpolando tenemos un valor de 5.15

10. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 2.5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0167 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6518 m<sup>3</sup>

11. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 35.10 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1890.25 kg

12. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 35.01 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1890.25 kg/m<sup>3</sup>

### 13. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad= 0.03
- Peso húmedo de agregado fino= 35.11 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad= 0.01
- Peso húmedo de agregado fino= 1890.44 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -2.30 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -20.98 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -23.28 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 191.28 L/m<sup>3</sup>

### 14. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 191.28 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 35.11 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1890.44 kg/m<sup>3</sup>



Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

15. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 22.74 L/bol

Agregado fino = 0.0982

Agregado grueso = 5.2887

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.4. Cálculo Diseño de Mezclas (Walker)

4.1.2.1.4.1. Con 10.00 de finos (Walker)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de Walker, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedia requerida (f'c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tala mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	f'c+70
210-350	f'c+84
>350	f'c+98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0"– 2"
4. Cálculo de cantidad de agua

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua expresado en L/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles del agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	179	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 179 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F'<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Condiciones de exposición

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		
a) Expuesto a agua dulces	0.5	260 kg/cm <sup>2</sup>
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	300
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 380.85 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.96 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.121 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.179 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.350 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.650 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

#### 9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 10 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0650 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.5851 m<sup>3</sup>

#### 10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 136.52 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1696.75 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 179 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 136.52 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1696.75 kg/m<sup>3</sup>

#### 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 136.56 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad= 0.01
- Peso húmedo de agregado fino= 1696.92 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -8.94 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -18.84 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -27.78 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 206.78 L/m<sup>3</sup>

#### 13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 206.78 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 136.56 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1696.92 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 14. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 23.08 L/bol

Agregado fino = 0.3586

Agregado grueso = 4.4556

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2.1.4.2. Con 7.50 de finos (Walker)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
Pus		kg/m3		1580.74	1477.69
Puc		kg/m3		1678.83	1581.99
Pe		g/cm3	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
Mf				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm3)	1000
F'c	kg/cm2	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de Walker, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida ( $f'c$ )

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm2)
<210	$f'c+70$
210-350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0"– 2"
4. Cálculo de cantidad de agua

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua expresado en L/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles del agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	179	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 179 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

F <sub>cr</sub> 28 días	RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA Relación agua – cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Condiciones de exposición

Condiciones de exposición	Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulces	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		300
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325

Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300
---	------	-----

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

#### 7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 380.85 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.96 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg

#### 8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.121 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.179 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.350 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.650 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

#### 9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 7.5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0488 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6013m<sup>3</sup>

#### 10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 102.39 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1743.88 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla



Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 179 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 102.39 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1743.88 kg/m<sup>3</sup>

## 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 102.42 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1744.05 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -6.71 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -19.36 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -26.07 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 205.07 L/m<sup>3</sup>

## 13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 205.07 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 102.42 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1744.05 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

14. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 23.08 L/bol

Agregado fino = 0.2689

Agregado grueso = 4.5793

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

4.1.2.1.4.3. Con 5.00 de finos (Walker)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
M <sub>f</sub>				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de Walker, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida (f'c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	f'c+70
210-350	f'c+84
>350	f'c+98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0"– 2"
4. Cálculo de cantidad de agua

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua expresado en L/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles del agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	179	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 179 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A -10°C >	Exposición severa [-10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F'<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Condiciones de exposición

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulces	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		300
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b. Otros elementos-	0.5	
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 380.85 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.96 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Volumen del cemento = 0.121 m<sup>3</sup>

Volumen del agua = 0.179 m<sup>3</sup>

Volumen del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.350 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.650 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

#### 9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0325 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6176m<sup>3</sup>

#### 10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 68.26 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1791.01 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 179 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 68.26 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1791.01 kg/m<sup>3</sup>

#### 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad= 0.03
- Peso húmedo de agregado fino= 68.28 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad= 0.01
- Peso húmedo de agregado fino= 1791.19 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -4.47 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -19.88 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -24.35 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 203.35 L/m<sup>3</sup>

#### 13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 203.35 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 68.28 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1791.19 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 14. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 22.69 L/bol

Agregado fino = 0.1792

Agregado grueso = 4.7031

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2.1.4.4. Con 2.50 de finos (Walker)

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TMN		in.		1/16"	3/4"
Pus		kg/m <sup>3</sup>		1580.74	1477.69
Puc		kg/m <sup>3</sup>		1678.83	1581.99
Pe		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.1	2.9
% DE ABSORCIÓN		%		6.58	1.12
Mf				2.92	7.12
Ch		%		0.03	0.01

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F'c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de Walker, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida ( $f'c$ )

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	$f'c+70$
210-350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

2. Selección del tamaño máximo nominal = 3/4"
3. Selección del asentamiento = 0" - 2"
4. Cálculo de cantidad de agua

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua expresado en L/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles del agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	179	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Según la tabla mostrada la cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 179 Litros

5. Cálculo del contenido de aire

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire total, en %		
	Exposición suave [0°C A 4°C >	Exposición moderada [4°C A - 10°C >	Exposición severa [- 10°C A MENOS TEMPERATURA >
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 5%

6. Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

F' <sub>cr</sub> 28 días	Relación agua – cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Condiciones de exposición

Condiciones de exposición	Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano
<b>Concretos de baja permeabilidad.</b>		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulces	0.5	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloncales	0.45	
<b>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b>		300
a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b. Otros elementos-	0.5	



<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas.</b>	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento por resistencia tenemos un valor de es de 0.47 y usando la tabla de condiciones de exposición tenemos un valor de 0.50, entonces el método nos indica tomar el valor mínimo que es 0.47.

#### 7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y la cantidad de agua, obteniendo un resultado de 380.85 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bolsa nos daría 8.96 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de una bolsa que es igual a 42.5 kg)

#### 8. Cálculo del volumen absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Cantidad del cemento = 0.121 m<sup>3</sup>

Cantidad del agua = 0.179 m<sup>3</sup>

Cantidad del aire = 0.05 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un Cantidad de 0.350 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.650 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

#### 9. Volúmenes absolutos de los agregados

Usando 2.5 % de agregado fino, obtenemos:

- Volumen absoluto de agregado fino = 0.0163 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de agregado grueso = 0.6338 m<sup>3</sup>

#### 10. Pesos secos de los agregados

Para poder obtener estos valores se realiza la división entre el peso específico del agregado y su volumen del mismo.

- Peso seco del agregado fino = 64.13 kg
- Peso seco del agregado grueso = 1838.14 kg

#### 11. Valores de diseño de mezcla

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 179 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino seco = 34.13 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso seco = 1838.14 kg/m<sup>3</sup>

## 12. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W}{100} + 1 \right)$$

Agregado Fino:

- % de humedad = 0.03
- Peso húmedo de agregado fino = 34.14 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso:

- % de humedad = 0.01
- Peso húmedo de agregado fino = 1838.32 kg/m<sup>3</sup>

Seguidamente procedemos a calcular la humedad superficial de los agregados, que vendría a ser la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

- Humedad Superficial del agregado fino = -6.55
- Humedad Superficial del agregado grueso = -1.11

Seguidamente procedemos a calcular el aporte de humedad de los agregados, que vendría a ser la relación entre el peso húmedo y la humedad superficial de agregados.

- Aporte de humedad del agregado fino = -2.24 L/m<sup>3</sup>
- Aporte de humedad del agregado grueso = -20.41 L/m<sup>3</sup>

Teniendo un total de -22.64 L/m<sup>3</sup>, ahora le procedemos a sumar la cantidad de agua y esto nos da un resultado de = 201.64 L/m<sup>3</sup>

## 13. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 380.85 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 201.64 L/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 34.14 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 1838.33 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

14. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 22.50 L/bol

Agregado fino = 0.0896

Agregado grueso = 4.8269

Aditivo= 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2.1.5. Cálculo Diseño de Mezclas (Método Global)

##### 4.1.2.1.5.1. Granulometría Global

Características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS
PROCEDENCIA:	RÍO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	
TMN		in.		3/4"
P <sub>us</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1529.22
P <sub>uc</sub>		kg/m <sup>3</sup>		1630.41
P <sub>e</sub>		g/cm <sup>3</sup>	3.15	2.5
% DE ABSORCIÓN		%		3.85
M <sub>f</sub>		%		0.02

DATOS ADICIONALES		
Da	(kg/cm <sup>3</sup> )	1000
F <sup>'</sup> c	kg/cm <sup>2</sup>	210
SLUMP	in.	0" - 2"

Pasos para realizar el diseño de mezcla por el método de global, se sigue los siguientes pasos con las tablas brindadas por esta normativa.

1. Cálculo de la resistencia promedia requerida (f<sup>'</sup>c)

En la presente investigación la resistencia a la compresión es igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>

Usando la tabla mostrada

F'C ESPECIFICADO	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	f <sub>c</sub> +70
210-350	f <sub>c</sub> +84
>350	f <sub>c</sub> +98

Obtenemos una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>

- Cribado del tamaño máximo nominal = 3/4"
- Cribado del asentamiento = 0" – 2"
- Cálculo de cantidad de agua

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Según la tabla mostrada lo requerido de agua para poder efectuar el diseño de mezcla es de 168 Litros

- Cálculo del contenido de aire

#### CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Según la tabla mostrada la cantidad de aire que se usa es del 2%

- Cálculo de la relación agua/cemento

**RELACION AGUA – CEMENTO POR REISTENCIA**

<b>F<sub>cr</sub> 28 días</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>	<b>Concretos con aire incorporado</b>
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	.....
450	0,38	.....

Usando la tabla mostrada la relación agua-cemento tiene un valor de 0.47

7. Cálculo del factor cemento

Para poder obtener este valor se divide la relación agua-cemento y lo requerido de agua, obteniendo un resultado de 357.45 kg/m<sup>3</sup> y el valor en bols nos daría 8.41 bol/m<sup>3</sup> (este se obtiene dividiendo el peso de un bol que es igual a 42.5 kg)

8. Cálculo del Cantidad en m<sup>3</sup> absoluto del agregado

Para este cálculo se tiene los valores de los volúmenes siguientes:

Cantidad del cemento = 0.113 m<sup>3</sup>

Cantidad del agua = 0.168 m<sup>3</sup>

Cantidad del aire = 0.02 m<sup>3</sup>

Y sumando tenemos un volumen de 0.301 m<sup>3</sup>

Seguidamente restamos este volumen de la unidad, el cual nos da un valor de 0.7 m<sup>3</sup> (el cual es el valor del volumen absoluto del agregado)

Seguidamente obtenemos el peso de los agregados, multiplicando el peso específico por el volumen y tenemos un valor de 1749.3 kg.

9. Los datos obtenidos de diseño de mezcla son los siguientes:

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 168 L/m<sup>3</sup>

Agregados = 1479.3 kg

10. Corrección por humedad

Para calcular este valor, se aplica la fórmula mostrada:

$$\text{Peso Húmedo} = \left( \frac{\%W - \%Abs}{100} \right)$$

Peso húmedo de agregados es igual a -66.998 kg.

#### 11. Agua efectiva

Para calcular este valor restamos la cantidad de agua con el peso húmedo de agregados y obtenemos un valor de 234.99 litros

#### 12. Representación de diseño – proporción en peso.

Cemento = 357.45 kg/m<sup>3</sup>

Agua = 201.64 L/m<sup>3</sup>

Agregados = 1749.65 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo = 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 13. Proporción en peso.

Cemento = 1

Agua = 27.94 L/bol

Agregados = 4.89

Aditivo = 5 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2.2. Elaboración de testigos en laboratorio.

La elaboración correcta del concreto permeable requiere también una mezcla homogénea para cada diseño de este tipo de concreto, lo mostrado a continuación:

1. Se deberá realizar el cuarteo de muestra para obtener una muestra representativa.

*Figura 31. Método de cuarteo de agregado grueso*



*Fuente: Propia*

2. Pesado de agregado, agregado fino, agua y aditivo según el diseño propuesto, colocar a la carretilla concretera.

*Figura 32. Colocación de aditivo sika fume a la mezcla*



*Fuente: Propia*

3. Se procede al batido hasta obtener una muestra homogénea

*Figura 33. Proceso de batido para obtener una mezcla homogénea*



*Fuente: Propia*

4. Moldear en las briqueteras estandarizadas hasta su enrasado final

*Figura 34. Enrasado de muestra en el molde*



*Fuente: Propia*

5. Se cubre la muestra con manta de plástico a fin de evitar la pérdida de humedad.



Figura 35. Proceso de curado inicial



Fuente: Propia

6. Pasado las 24 horas, se desmolda la muestra de concreto y se sumerge en el agua durante 7, 14 y 28 días.

Figura 36. Curado de testigos permeables



Fuente: Propia

Figura 37. Desencofrado de testigos con 2.5, 5, 7.5 y 10% de material fino



*Fuente: Propia*

Nota: El mismo procedimiento se realizó para la elaboración de 4 vigas de sección transversal de 15 cm \* 15 cm \* 60 cm y 4 probetas de medidas 7.62 cm de diámetro \* 15 cm de altura para obtener datos de módulo de rotura y permeabilidad respectivamente.

#### 4.1.2.2.1. Asentamiento del Concreto Permeable (ASTM C143)

Se realizó para estimar la consistencia del concreto permeable, este es importante para conocer la humedad de la mezcla ya que a más húmeda sea la mezcla, es mayor el asentamiento de esta. La norma menciona que el asentamiento oscila entre ½” a 2”, pero ello puede variar debido a la trabajabilidad que se desea emplear, lo que es posible mediante aditivos, se consideró el 5% de aditivo para todos los diseños de mezcla.

*Figura 38. Asentamiento de concreto permeable*



Fuente: Propia

Tabla 45. Resultados de asentamiento

DISEÑO	VALOR (Pulg)
2.5% de finos	1"
5% de finos	1"
7.5% de finos	1"
10% de finos	1"

Fuente: Propia

#### 4.1.2.3. % de Vacíos de Concreto Permeable (Principio de Arquímedes)

Se llevó a cabo un procedimiento para determinar la cantidad de espacios vacíos que se estableció en cada diseño de mezcla teórico, buscando que fuera igual o cercano. Para lograr esto, se sumergió el diseño de mezcla en un recipiente completamente lleno de agua, y se midieron su área y volumen. De esta manera, se pudo controlar y calcular el volumen de los espacios vacíos propuestos.

Figura 39. Cálculo de contenido de vacíos



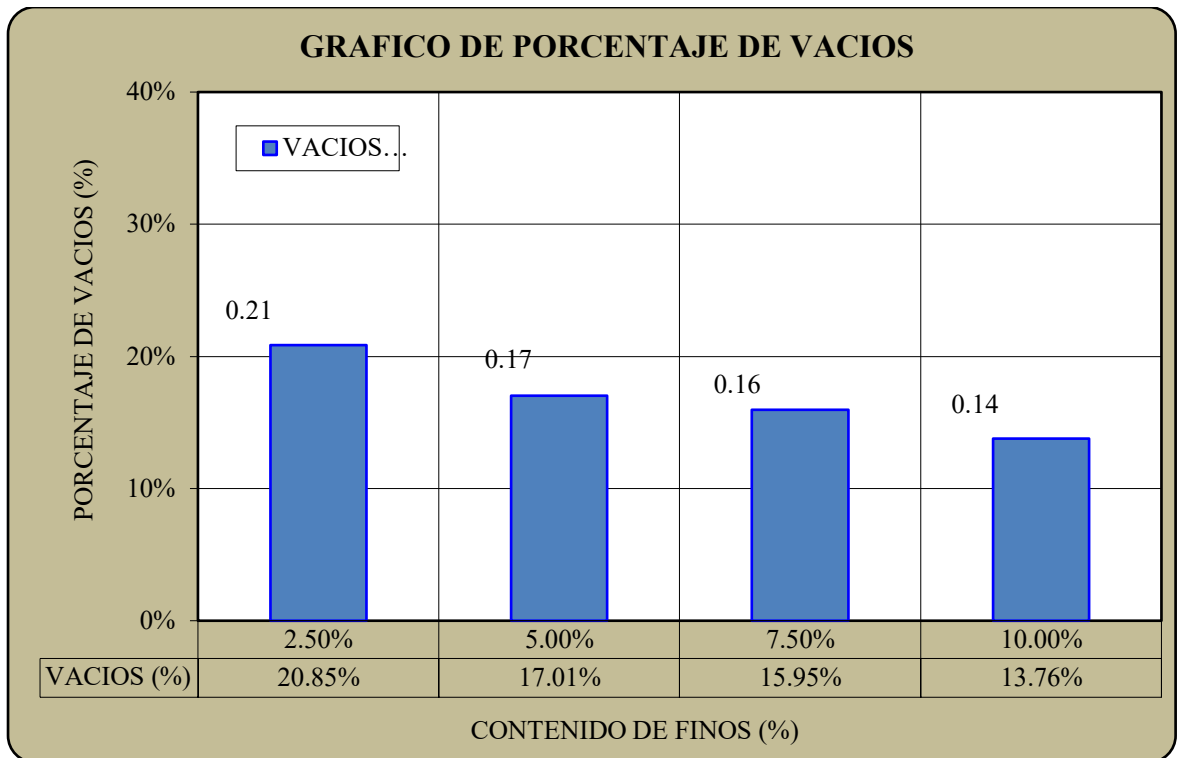
Fuente: Propia

Tabla 46. Resultados de % de Vacíos

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	VACÍOS (%)	20.85%	17.01%	15.95%	13.76%

Fuente: Propia

Figura 40. Gráfico de % de vacíos hallados



*Fuente: Propia*

Claramente, se demuestran que el contenido de vacíos se acerca al diseño de mezcla propuesto, además se sabe que mientras menor sea la cantidad de agregado fino mayor será el % de vacíos, el cual también cumple con la normativa en mención

Tabla 47. *Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 2.5 % de finos*

Porcentaje de vacíos	Análisis estadístico			
	Datos (%)	Promedio (%)	De (%)	Cv (%)
1	20	20.667	3.06	14.78
2	24			
3	18			

*Fuente: Propia*

Tabla 48. *Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 5 % de finos*

Porcentaje de vacíos	Análisis estadístico			
	Datos (%)	Promedio (%)	De (%)	Cv (%)
1	16	17	2.65	15.56
2	20			
3	15			

*Fuente: Propia*

Tabla 49. Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 7.5 % de finos

Porcentaje de vacíos	Análisis estadístico			
	Datos (%)	Promedio (%)	De (%)	Cv (%)
1	10	15.667	5.51	35.15
2	21			
3	16			

Fuente: Propia

Tabla 50. Análisis estadístico del porcentaje de vacíos – concreto permeable, con 10 % de finos

Porcentaje de vacíos	Análisis estadístico			
	Datos (%)	Promedio (%)	De (%)	Cv (%)
1	15	14	1	7.14
2	14			
3	13			

Fuente: Propia

#### 4.1.2.4. Propiedades mecánicas del concreto endurecido

Se llevaron a cabo pruebas mecánicas, como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la permeabilidad, para evaluar el diseño de la mezcla, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por ACI 522R-10. Estas pruebas se realizaron con el propósito de crear muestras de concreto permeable correspondientes a cada diseño de mezcla.

A continuación, se muestra los agregados gruesos utilizados compuesto de piedra chancada de 3/4'' a N° 4 cuyas aberturas de la malla son de 19.05 mm a 4.76 mm.

##### 4.1.2.4.1. Resistencia a la Compresión Simple (NTP 339.034)

Se sometieron las 26 muestras a pruebas de compresión, con dimensiones de 15.80 cm de diámetro por 30.40 cm de altura y 14.90 cm de diámetro por 30.50 cm de altura. Estas pruebas se llevaron a cabo a los 7, 14 y 28 días de edad de las muestras, utilizando una máquina eléctrica de ensayos de compresión. Para cada diseño, se utilizaron 3 muestras con diferentes proporciones de agregado fino: 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10%, correspondientes a las edades mencionadas.

Este número de testigos se ha optado para obtener que resistencia alcanzada con el pasar del tiempo hasta los 28 días.

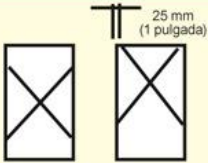
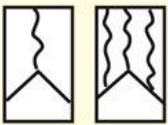




*Figura 41. Rotura de briqueta*



Fuente: Propia

Durante el proceso de rotura (Figura 42) a los 7 días de edad se aplicó carga constante hasta lograr la fractura donde se presentaron modelos de fractura tipo 2 (Conos bien formados en un extremo y fisuras verticales) y posteriormente en la rotura de briquetas a los 28 días de edad se presentaron fracturas de tipo 4 (Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos), tal como se menciona en la figura 43, obteniendo el resumen de la resistencia máxima alcanzada en la tabla 53.

Figura 42. Esquema de modelos de fractura típicos

 <p><b>Tipo 1</b> Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25 mm (1 pulgada)</p>	 <p><b>Tipo 2</b> Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo</p>	 <p><b>Tipo 3</b> Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados</p>	 <p><b>Tipo 4</b> Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1</p>	 <p><b>Tipo 5</b> Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)</p>	 <p><b>Tipo 6</b> Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo</p>
--	--	---	--	--	--

Fuente: (ASTM C 39 2017)(39)

Tabla 51. Resultados de  $f'_c$  a los 7 días

Nº	TIPO	FECHA	EDAD	FECHA	LECTURA	ÁREA	RESIST.	$f'_c$	RESIST.
----	------	-------	------	-------	---------	------	---------	--------	---------

	ESTRUCTURA	MOLDEO	(días)	ROTURA	DIAL (KN)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.5% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	81	184.09	44.88	210.00	21.37
02	CONCRETO PERMEABLE (5.0% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	122	182.78	68.08	210.00	32.42
03	CONCRETO PERMEABLE (7.5% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	148	181.23	83.30	210.00	39.67
04	CONCRETO PERMEABLE (10% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	189	181.26	106.35	210.00	50.65

Fuente: Propia

Tabla 52. Resultados de  $f'c$  a los 14 días

N°	TIPO	FECHA	EDAD	FECHA	LECTURA	ÁREA	RESIST.	$f'c$	RESIST.
	ESTRUCTURA	MOLDEO	(días)	ROTURA	DIAL (KN)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.5% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	178	184.09	98.63	210.00	46.96
02	CONCRETO PERMEABLE (5.0% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	216	182.78	120.54	210.00	57.40
03	CONCRETO PERMEABLE (7.5% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	256	181.23	144.08	210.00	68.61
04	CONCRETO PERMEABLE (10% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	294	181.26	165.44	210.00	78.78

Fuente: Propia

Tabla 53. Resultados de  $f'c$  a los 28 días

N°	TIPO	FECHA	EDAD	FECHA	LECTURA	ÁREA	RESIST.	$f'c$	RESIST.
	ESTRUCTURA	MOLDEO	(días)	ROTURA	DIAL (KN)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.5% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	235	171.52	139.75	210.00	66.55
02	CONCRETO PERMEABLE (5.0% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	290	170.28	173.71	210.00	82.72
03	CONCRETO PERMEABLE (7.5% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	326	172.37	192.91	210.00	91.86
04	CONCRETO PERMEABLE (10% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	352	170.31	210.82	210.00	100.39

Fuente: Propia

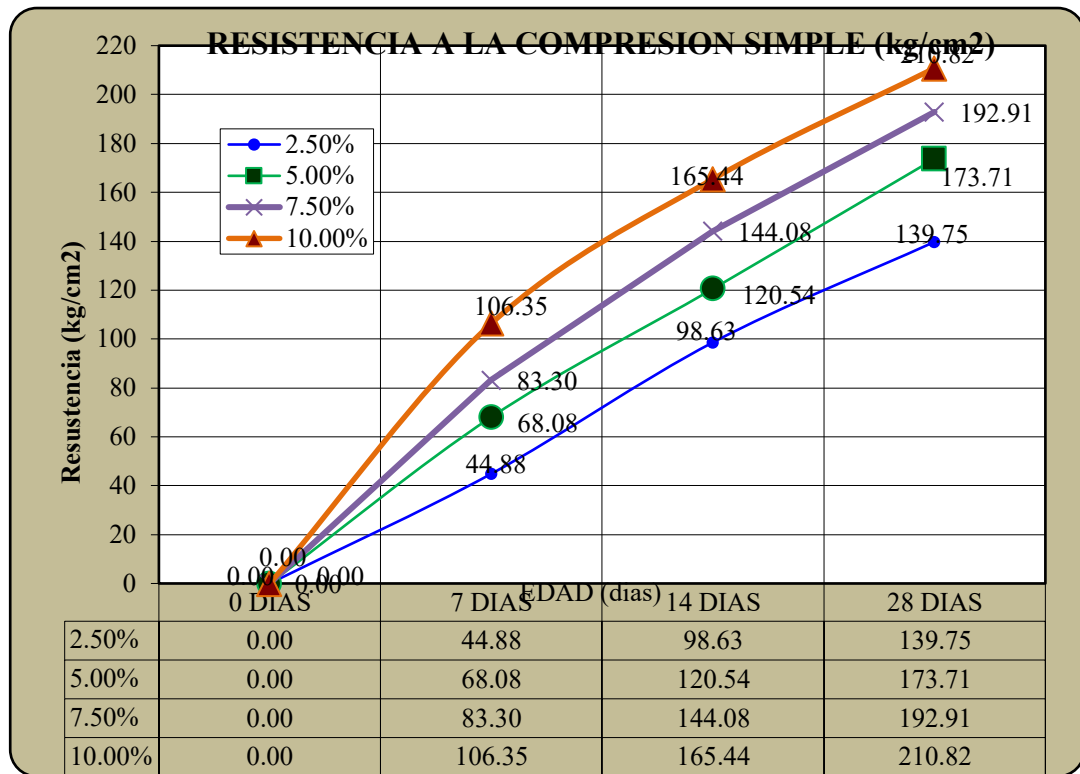
Tabla 54. Resumen de resultados de  $f'c$  a los 7,14 y 28 días

PROBETAS DE CONCRETO PERMEABLE					
CONTENIDO DE FINOS		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
N°	EDAD	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )

	0 DÍAS	0.00	0.00	0.00	0.00
1	7 DÍAS	44.88	68.08	83.30	106.35
2	14 DÍAS	98.63	120.54	144.08	165.44
3	28 DÍAS	139.75	173.71	192.91	210.82

Fuente: Propia

Figura 43. Gráfico comparativo de  $f'_c$



Fuente: Propia

#### 4.1.2.4.2. Resistencia a la Flexión (ACI 522R-10)

También denominado Módulo de Rotura, se realiza con las vigas de sección transversal 15 cm \* 15 cm Los ensayos se realizaron a los 28 días con el equipo de carga por flexión para ensayos de concreto. Para cada diseño se ha utilizado 4 vigas. Los resultados del ensayo de compresión se muestran en la tabla 55.

Tabla 55. Resultados de  $M_r$  a los 28 días

	IDENTIFICACIÓN DEL TESTIGO	FECHA MOLDEO	EDAD (días)	FECHA ROTURA	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	$M_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	CONCRETO PERMEABLE (2.50% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1066.40	45.00	15.00	15.03	14.16
02	CONCRETO PERMEABLE (5.00% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1280.00	45.00	15.01	15.02	17.01
03	CONCRETO PERMEABLE (7.50% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1509.00	45.00	15.00	15.01	20.09
04	CONCRETO PERMEABLE (10.00% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1781.50	45.00	15.02	15.01	23.69

Fuente: Propia

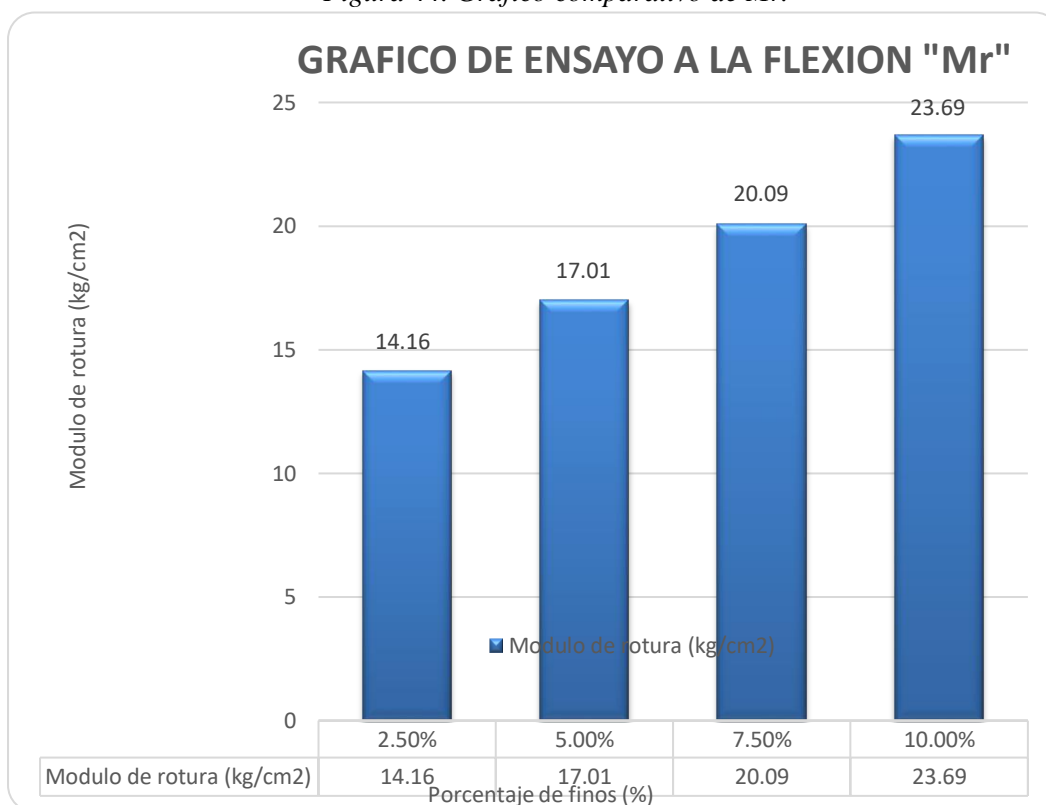


Tabla 56. Resumen de resultados de Mr.

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	14.16	17.01	20.09	23.69

Fuente: Propia

Figura 44. Gráfico comparativo de Mr.



Fuente: Propia

La ACI 522R-10 indica que para un concreto permeable proporcionado con agregado grueso de ¾” a 3/8” se obtiene una resistencia a la tracción de 3 MPa. Se procedió de convertir tales resultados para verificar si se encuentra dentro o cerca de lo establecido detallados en la tabla 57.

Tabla 57. Conversión de resultados de kg/cm<sup>2</sup> a MPa “Mr”

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	14.16	17.01	20.09	23.69
2	Módulo de rotura (MPa)	1.39	1.67	1.97	2.32

Fuente: Propia

Por otro lado, el ACI 363 indica que para un tráfico  $\leq 5,000,000.00$  la resistencia mínima a flexotracción del concreto "Mr" es de 40 kg/cm<sup>2</sup> a los días de edad mostrados en la tabla 57. Para ello se realizó el método de interpolación y se obtuvo Mr = 33 kg/cm<sup>2</sup> para una resistencia a la compresión equivalente a  $f'c=210.00$

kg/cm<sup>2</sup>. Entonces se determina que existe una diferencia a lo establecido en el presente reglamento.

Tabla 58. Valores recomendados de Mr según rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: ACI 363

#### 4.1.2.4.3. Permeabilidad (ASTM D5856-15)

El ensayo actual se llevó a cabo utilizando un dispositivo conocido como permeámetro, en el cual se crearon cuatro muestras, cada una con una altura de 15.00 cm y un diámetro de 7.62 cm, correspondientes a los distintos diseños propuestos. Previamente, se construyó este ensayo incorporando todas las capas del pavimento propuesto y una válvula de paso para permitir la evacuación hacia un contenedor milimétrico. Se simuló las alturas promedio de acumulación de agua debido a las lluvias en las áreas urbanas propuestas, y se llenó el sistema con agua semiturbia, ya que se sabe que la escorrentía conllevará material fino. Luego, se midió el tiempo necesario para que el agua se evacuara completamente al último contenedor. Posteriormente, estos datos se introdujeron en la fórmula de Darcy para determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto hidráulico permeable.

Figura 45. Muestras para ensayo de permeabilidad



Fuente: Propia

Figura 46. Toma de temperatura del agua



Fuente: Propia

Figura 47. Procedimiento del ensayo de permeabilidad



Fuente: Propia

Tabla 59. Características de la Muestra con 2.5% de finos

ÍTEM	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	UNID MED	DATOS
1	Peso húmedo inicial de la muestra	g	1163.00
2	Diámetro	cm	7.61
3	Altura de la muestra	cm	15.00
4	Carga hidráulica	cm	108.00
5	Área de la muestra	cm <sup>2</sup>	45.50
6	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	346.50
7	Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	3.40
8	Método de prueba		carga constante

Fuente: Propia

Tabla 60. Resultado del ensayo de Permeabilidad con 2.5% de finos

RESULTADOS DE ENSAYO						
N° DE PRUEBA	TIEMPO (s)	VOL. DE AGUA MED (cm <sup>3</sup> )	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	RT	K(cm/s)	K20(cm/s)
1	6.35	1000	15.4	1.1252	0.48049	0.54067
2	6.58	1000	15.4	1.1252	0.46370	0.52177
3	6.48	1000	15.4	1.1252	0.47085	0.52982
<b>PROMEDIO</b>						0.53075

Fuente: Propia

Tabla 61. Resultado del ensayo de Permeabilidad con 5% de finos

RESULTADOS DE ENSAYO						
N° DE PRUEBA	TIEMPO (s)	VOL. DE AGUA MED (cm <sup>3</sup> )	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	RT	K(cm/s)	K20(cm/s)
1	7.47	1000	15.4	1.1252	0.41062	0.46204
2	7.55	1000	15.4	1.1252	0.40626	0.45714
3	7.39	1000	15.4	1.1252	0.41506	0.46704
<b>PROMEDIO</b>						0.46207

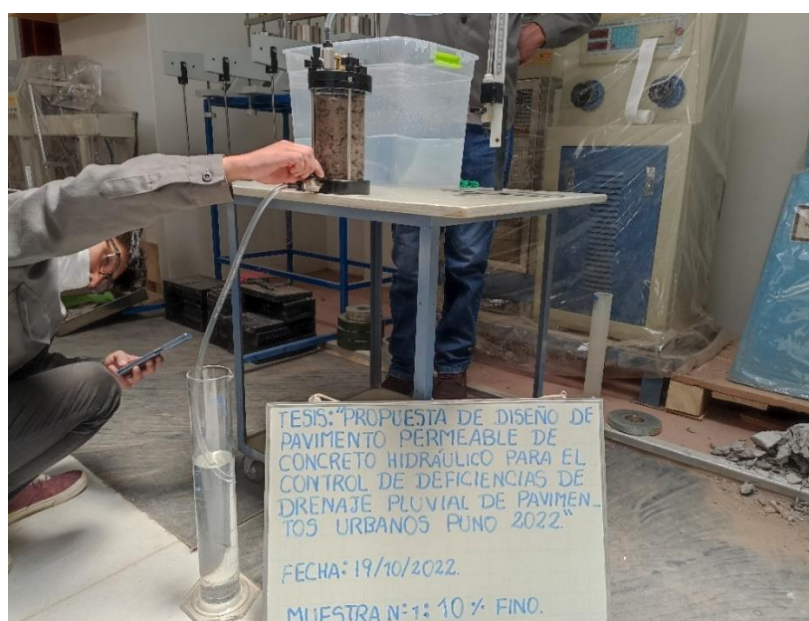
Fuente: Propia

Tabla 62. Resultado del ensayo de Permeabilidad con 7.5% de finos

RESULTADOS DE ENSAYO						
N° DE PRUEBA	TIEMPO (s)	VOL. DE AGUA MED (cm <sup>3</sup> )	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	RT	K(cm/s)	K20(cm/s)
1	9.12	1000	15.4	1.1252	0.34591	0.38923
2	9.24	1000	15.4	1.1252	0.34142	0.38418
3	9.44	1000	15.4	1.1252	0.33419	0.37604
<b>PROMEDIO</b>						0.38315

Fuente: Propia

Figura 48. Control de tiempo de filtración



Fuente: Propia

Tabla 63. Resultado del ensayo de Permeabilidad con 10% de finos

N° DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO					
	TIEMPO (s)	VOL. DE AGUA MED (cm <sup>3</sup> )	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	RT	K(cm/s)	K20(cm/s)
1	9.12	1000	15.4	1.1252	0.26995	0.30375
2	9.24	1000	15.4	1.1252	0.25473	0.28663
3	9.44	1000	15.4	1.1252	0.24765	0.27866
<b>PROMEDIO</b>						0.28968

Fuente: Propia

Se calculará el coeficiente “K” bajo la siguiente formula:

$$K = \frac{V * L}{h * A * t}$$

Donde:

*K* = Coeficiente de permeabilidad

*V* = Volumen de agua recolectada en la salida

*L* = Longitud de la muestra

*H* = Diferencia del nivel (Carga hidraulica)

*A* = Area transversal de la muestra

*t* = Tiempo del ensayo

*Rt* = Factor de correccion por temperatura del agua

*K20* = Coeficiente corregido a T de 20

Tabla 64. Resumen de prueba calculado mediante el permeámetro en cm/s

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	<i>K</i> <sub>20</sub>	UNID. MED.
1	2.5% de finos	0.530755286	cm/s
2	5.0% de finos	0.462077510	cm/s
3	7.5% de finos	0.383154118	cm/s
4	10.0% de finos	0.289686108	cm/s

Fuente: Propia

Luego de haber utilizado el permeámetro y control del tiempo hasta llenar la probeta con 1 litro. La normativa ACI 522R-10 indica que la permeabilidad debe ser estar en un rango de 0.001 cm/s a 10 cm/s y equivalente a 36 l/m<sup>2</sup>/s para obtener una excelente tasa de filtración. Se procedió a convertir los resultados de cm/s a l/m<sup>2</sup>/s que se muestran en la tabla 65.

Tabla 65. Resumen de resultado de permeabilidad en l/m<sup>2</sup>/s

Ítem	DESCRIPCIÓN	<i>k</i> <sub>20</sub>	<i>L</i>	<i>h</i>	Tasa de filtración
		(cm/s)	(cm)	(cm)	(l/m <sup>2</sup> /s)
1	Concreto permeable (2.5% F)	0.530755286	15.00	108.00	38.21
2	Concreto permeable (5.0% F)	0.46207751	15.00	108.00	33.27

3	Concreto permeable (7.5% F)	0.383154118	15.00	108.00	27.59
4	Concreto permeable (10.0% F)	0.289686108	15.00	108.00	20.86

Fuente: Propia

De los datos obtenidos, los 4 diferentes especímenes obtuvieron la permeabilidad deseada.

Tabla 66. Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable  
(2.5 % de finos)

Permeabilidad con 2.5 % de agregado fino	Análisis estadístico			
	Datos (cm/s)	X (cm/s)	De (cm/s)	Cv (%)
1	0.541	0.531	0.01	1.8
2	0.522			
3	0.53			

Fuente: Propia

Tabla 67. Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable  
(5 % de finos)

Permeabilidad con 5 % de agregado fino	Análisis estadístico			
	Datos (cm/s)	X (cm/s)	De (cm/s)	Cv (%)
1	0.462	0.462	0.01	1.08
2	0.457			
3	0.467			

Fuente: Propia

Tabla 68. Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable  
(7.5 % de finos)

Permeabilidad con 7.5 % de agregado fino	Análisis estadístico			
	Datos (cm/s)	X (cm/s)	De (cm/s)	Cv (%)
1	0.389	0.383	0.01	1.71
2	0.384			
3	0.376			

Fuente: Propia

Tabla 69. Análisis estadístico de permeabilidad – concreto permeable  
(10 % de finos)

Permeabilidad con 10 % de agregado fino	Análisis estadístico			
	Datos (cm/s)	X (cm/s)	De (cm/s)	Cv (%)
1	0.304	0.29	0.01	4.4
2	0.287			
3	0.279			

Fuente: Propia

#### 4.1.3. Del Objetivo Especifico N°3

*Determinar la influencia de la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.*

Para determinar la influencia del geotextil no tejido inicialmente se determinó los espesores del paquete estructural del pavimento permeable de concreto hidráulico.

Recordemos que principalmente nos basamos en la ACI 522R-10, este reglamento especifica definiciones, aplicaciones, materiales, propiedades, diseño de mezcla, construcción, y mantenimiento del pavimento permeable de concreto hidráulico; el cual, es un instrumento fundamental que nos menciona parámetros de proporciones de material para este diseño.

Entonces, se realizó un prototipo de a escala cumpliendo los espesores del diseño calculado, como se muestra la siguiente imagen

*Figura 49. Prototipo a escala de estructuración del pavimento*



*Fuente: Propia*

El geotextil utilizado tuvo un comportamiento adecuado durante la prueba de permeabilidad y separación de capas entre la subbase y la subrasante.

##### 4.1.3.1. Diseño de Estructura de Pavimento de Concreto Permeable

Según el método (Aashto-93 1993):

El diseño del pavimento rígido implica evaluar diversos elementos tales como el flujo vehicular, la gestión del agua, las condiciones climáticas, las características del terreno, la capacidad de soporte, el nivel óptimo de calidad y el nivel de seguridad requerido en relación a la relevancia de la vía. Estos factores son indispensables para prever de manera precisa el rendimiento fiable de una estructura de pavimento y prevenir que el deterioro del mismo llegue

a niveles críticos a lo largo de su período de utilización. Asimismo, es posible incorporar ideas adicionales para mejorar tanto el diseño como la durabilidad del pavimento.

#### 4.1.3.1.1. Diseño de Losa de Concreto Permeable

### CALCULO DEL EJE EQUIVALENTE (EE) PARA PAVIMENTO RÍGIDO (MÉTODO AASHTO-93)

### RESUMEN DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR (MÉTODO AASTHO)

Sent.	VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER			TRAILER			TOTAL		
	Autos	Pick up	C. Rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S12S2	2S3	3S13S2	>=3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
TOTAL	904	1175	2025	1093	837	39	757	285	0	0								7115
%	12.71%	16.51%	28.46%	15.36%	11.76%	0.55%	10.64%	4.01%	0.00%	0.00%								100.0%
IMD	129.143	167.857	289.286	156.143	119.571	5.57143	108.143	40.7143	0	0								1016.43
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
IMD	129.143	167.857	289.286	156.143	119.571	5.57143	108.143	40.7143	0	0								1016.43
IMD	129	168	289	156	120	6	108	41	0	0								1017

Datos:

#### 1. Período de Diseño “T”

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Área urbana con una gran afluencia de tráfico vehicular.	30 – 50 años
Área interurbana con una alta circulación de vehículos.	20 – 50 años
Vía pavimentada con un flujo vehicular reducido.	15 – 25 años
Vía revestida con un tránsito vehicular bajo.	10 – 20 años

$$T = 20 \text{ años}$$

#### 2. Índices de serviciabilidad “ΔPSI”

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL	
TIPO DE VÍA	P <sub>o</sub>
Pavimento rígido	4.5
Pavimento flexible	4.2

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL	
TIPO DE VÍA	P <sub>t</sub>
Expresas	3
Arteriales	2.5
Colectoras	2.25
Locales y establecimientos	2

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.50 - 2.00$$

$$\Delta PSI = 2.50$$

#### 3. Factor de distribución por dirección “D”



N° de Carriles ambas direcciones	LD 10
2	0.5
4	0.45
6 o mas	0.4

$$D = 0.50$$

4. Factor de distribución por carril

N° de Carriles en cada sentido	% de W18 en el carril de diseño
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 o más	50 – 75

Para  $L = 0.50$ ;  $W18 = 90\%$

Entonces el resumen de datos, a continuación:

$$T = 20 \text{ años}$$

$$Pt = 2 \text{ seviciabilidad final}$$

$$D = 0.5 \text{ factor de direccion ida y vuelta}$$

$$L = 0.5 \text{ un carril en cada sentido}$$

Para el cálculo de ESAL, se tiene:

$$\log \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.62 \log(18 + 1) - 4.62 \log(L_x - L_2) + 3.28 \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$Fec = - \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$G_t = \log \frac{4.5 - P_t}{4.5 - 1.5}$$

$$\beta_x = 1 + \frac{3.63(L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46}(L_2)^{3.52}}$$

Donde:

$W_{tx}$  = # aplicaciones de carga definida al final del tiempo  $t$

$W_{t18}$  = # aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo  $t$

El factor de crecimiento, esta definido por:

$$G * Y = \frac{(1 + r)^y - 1}{r}$$

Tipo de Vehiculo	VEHICULOS LIGEROS						BUS						CAMIONES UNITARIOS						SEMITRAILER											
	Autos		Pick up		C. Rural		2E		3E		4E		251/252		253		351/352		>=353											
	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	centr.	post.	delant.	post.	delant.	centr.	post.										
CARGA	1	1	1.2	1.5	1.5	2	3	7	7	11	7	16	7	11	7	18	7	23	7	11	18	7	11	25	7	18	7	18	25	
Lx (Kibs)	2.2050	2.2050	2.6471	3.3089	3.3089	4.4118	6.6177	15.441	15.441	24.265	15.441	35.294	15.441	24.265	15.441	39.706	15.441	50.736	15.441	24.265	39.706	15.441	24.265	55.148	15.441	39.706	39.706	15.441	39.706	55.148
no	129	129	168	168	289	289	156	156	120	120	6	6	108	108	41	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
r%	0.045	0.045	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.045	0.045	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
Gt	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	
L2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Bx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
log(Wtx/Wt)	3.5704	3.5704	3.3117	2.9771	2.9771	2.5198	1.8338	0.2902	0.2902	-0.572	0.2902	-0.366	0.2902	-0.572	0.2902	-0.59	0.2902	-0.521	0.2902	-0.572	-0.59	0.2902	-0.572	-0.59	0.2902	-0.59	-0.59	0.2902	-0.59	
G = Wt/Wtx	0.0003	0.0003	0.0005	0.0011	0.0011	0.003	0.0147	0.5126	0.5126	3.7307	0.5126	2.3215	0.5126	3.7307	0.5126	3.8914	0.5126	3.3169	0.5126	3.7307	3.8914	0.5126	3.7307	4.779	0.5126	3.8914	3.8914	0.5126	3.8914	4.779
ESAL	31.371	31.371	29.778	29.778	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	31.371	31.371	29.778	29.778	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870	26.870
ESAL PARCIAL	99.313	99.313	222.73	481.22	746.99	2140.9	9608.1	19607.2	15082.4	1E+06	7541.2	34153	135742	987916	60164	456728	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL			205.470	15					1.290	202.94			1.640	549.52					0.00											

EE= 3.136.222.61

## DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

### 1. Confiabilidad “R”

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD “R”	
	Suburbanas	Rurales
Autopista regional	85 – 99.9	80 – 99.9
Troncales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	50 – 80

$$R = 80\%$$

### 2. De normal “Zr”

DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	Zr	So
50	0	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.32
91	-1.34	0.31
92	-1.405	0.31
93	-1.476	0.3
94	-1.555	0.3
95	-1.645	0.3
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.09	0.29
99.99	-3.75	0.29

$$Zr = -0.841$$

### 3. Error estándar combinado “So”

TIPO	So
Pavimento rígido	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.35
En sobrecapas	0.4

$$So = 0.32$$

## DETERMINACIÓN DEL MODULO DE REACCIÓN EFECTIVO DE LA SUBRASANTE

### 1) Metodo mecanistico

Ecuacion Guia Mecanica Empirica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64}; \quad CBR = 78\% \dots \dots \dots \text{Subbase}$$

$$MR = 41527.085Psi \cong 286.54MPa$$

Ecuacion de Kentucky

$$MR = 1910 (CBR)^{0.68}; \quad \text{Regresion exponencial}$$

$$MR = 36953.68Psi \cong 254.98MPa$$

$$MR = -7.5 (CBR)^2 + 800CBR + 1820; \quad \text{Regresion polinomica}$$

$$MR = 20150Psi \cong 139.04MPa$$

*Se elige el menor MR = 139.04MPa*

Ecuacion Guia Mecanica Empirica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64}; \quad CBR = 13.80\% \dots \dots \dots \text{Suelo de fundacion}$$

$$MR = 13706.088Psi \cong 94.57MPa$$

Ecuacion de After Van Til

$$MR = 5490 (CBR)^{0.30}; \quad \text{Regresion exponencial}$$

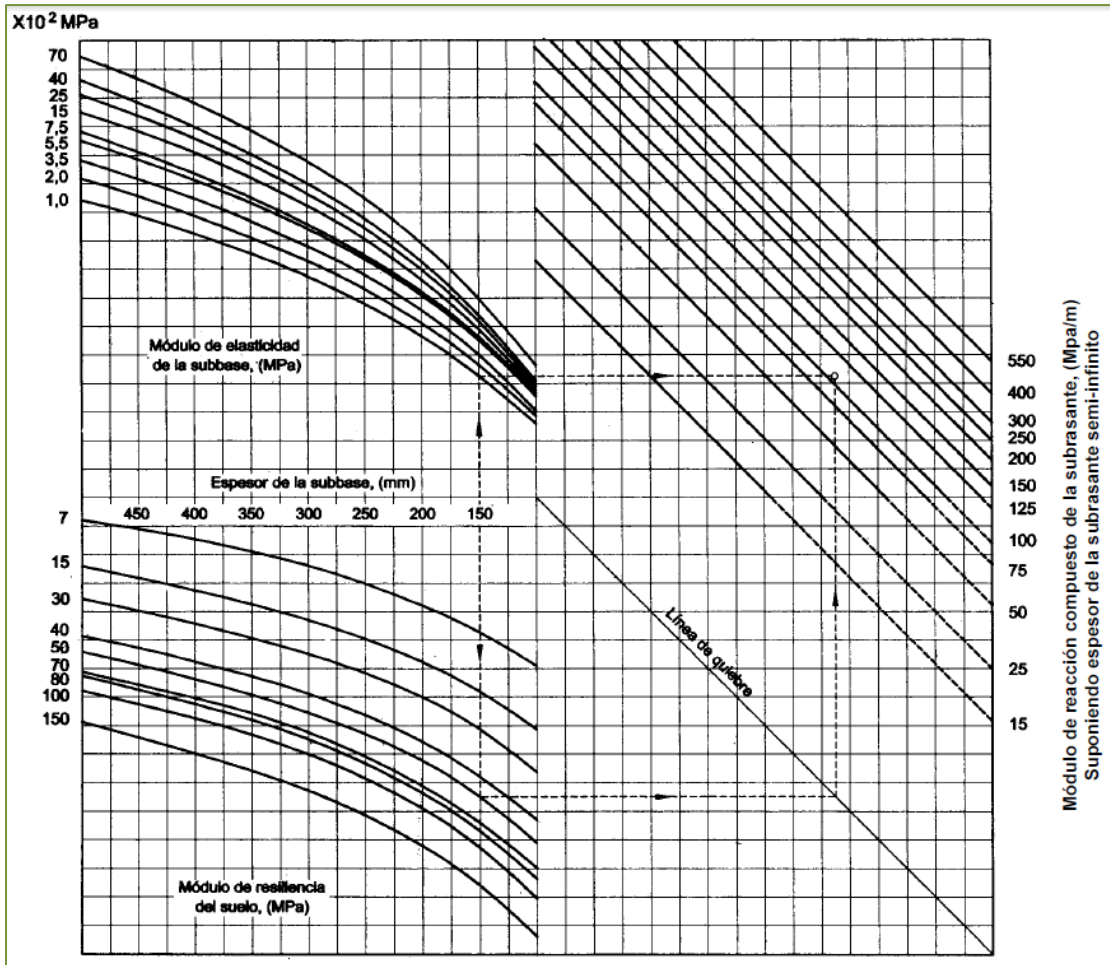
$$MR = 12065.243Psi \cong 83.25MPa$$

*Se elige el menor MR = 83.25MPa*

En el siguiente monograma determinamos:

- El espesor de la capa inferior se estima a partir de datos preliminares.
- Obtener el módulo de resiliente y el módulo de elasticidad del suelo base y sustrato, respectivamente.
- Dibujar líneas para poder obtener el módulo de reacción.

MONOGRAMA PARA DETERMINAR EL MODULO DE REACCIÓN COMPUESTO DE LA  
SUBRASANTE, SUPONIENDO



2) Método AASHTO

DE LA SUBBASE

$$CBR = 78\%$$

$$K = 2.55 + 52.5 \log CBR ; \quad Si CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08(\log CBR)^{4.34} ; \quad Si CBR > 10$$

$$K = 190.55 \text{ MPa/m}$$

DEL SUELO DE FUNDACIÓN

$$CBR = 13.80\%$$

$$K = 2.55 + 52.5 \log CBR ; \quad Si CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08(\log CBR)^{4.34} ; \quad Si CBR > 10$$

$$K = 62.03 \text{ MPa/m}$$

$$\text{Modulo de reaccion compuesto de la subrasante } K = 78.10 \text{ MPa/m}$$

DETERMINACIÓN DE LA PERDIDA DE SERVICIABILIDAD

1. Perdida de serviciabilidad

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL	
Tipo de Vía	Po
Pavimentos rígidos	4.5
Pavimentos flexibles	4.2

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL	
Tipo de Vía	Pt
Caminos muy importantes	2.5
Caminos de tránsito menor	2

$$\Delta PSI = 2.5$$

2. Drenaje “Cd”

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

CALIDAD DEL DRENAJE	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.1
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1
Mediano	1.15- 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.9
Malo	1.10-1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.8
Muy malo	1.00-0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.7

$$C_d = 0.90$$

3. Coeficiente de transmisión de carga “J”

Tipo de Berma	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
	SI (Con pasadores)	NO (Sin pasadores)	SI (Con pasadores)	NO (Sin pasadores)
Valor J	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

$$J = 3.80$$

4. Módulo de elasticidad del concreto

$$Ec = 57000\sqrt{f'c}$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)

$$Ec = 57000\sqrt{210}$$

$$E_c = 3115170 \text{psi} \cong 21494.7 \text{Mpa}$$

5. Módulo de rotura del concreto

$$S'c = 8 - 10\sqrt{f'c}$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm2)

$$S'c = 8 - 10\sqrt{210}$$

$$S'c = 546.5 \text{psi} \cong 3.77 \text{Mpa}$$

#### DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PAVIMENTO POR LA FORMULA AASHTO

Para el método de diseño AASHTO la fórmula de diseño es:

$$\log_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log_{10} \left( \frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left( \frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right)$$

Datos:

<b>G</b>	<b>78.1</b>	<b>MPa/m</b>
<b>E<sub>c</sub></b>	21495	MPa
<b>M<sub>r</sub></b>	3.77	MPa
<b>J</b>	3.8	
<b>C<sub>a</sub></b>	0.9	
<b>S<sub>o</sub></b>	0.32	
<b>Z<sub>r</sub></b>	-0.841	
<b>R</b>	80%	
<b>P<sub>t</sub></b>	2	
<b>ΔPSI</b>	2.5	
<b>EE</b>	3.136x10 <sup>6</sup>	
<b>D</b>	?	

Reemplazando datos, se obtiene:

$$D = 23.7 \text{ mm. (Espesor calculado por el método AASHTO)}$$

#### 4.1.3.1.2. Diseño de Subbase

Para calcular el espesor de la subbase, utilizaremos la Norma Técnica CE. 010 - Pavimentos Urbanos (Tabla 70) donde indica que el CBR obtenido deberá ser mayor igual al 30%. Para esta investigación se obtuvo un CBR de 78.00%, en cual cumple con lo estipulado en la presente norma.

Tabla 70. Requisitos mínimos para pavimento rígido

Elemento		Tipo de Pavimento		
		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm <sup>2</sup> (3,4 MPa)	f <sub>c</sub> ≥ 380 Kg/cm <sup>2</sup> (38 MPa)

Notas: \* N.A.: No aplicable; \*\* N.R.: No Recomendable; \*\*\* 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.

Fuente: Norma Técnica CE. 010 - Pavimentos Urbanos

También, la Guía de Diseño Chileno de 1996 “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos” indica que la Subbase granular debe tener un espesor mínimo de 15.0 cm, detallados en la tabla 71. Entonces, se propone que el espesor de la subbase será de 20 cm para obtener una mejor capacidad de drenar el agua por esta capa compuesto por agregados de tamices 1 ½” a N° 8 (Grava).

Tabla 71. Espesor mínimo para subbase

ÍTEM	CAPAS	ESPEJOR MÍNIMO	UNID MED
1	CAPA DE RODADO	.	.
1.1	Para pasajes o solo peatones	4.00	cm
1.2	Calles de bajo transito	5.00	cm
2	<b>SUBBASE</b>	<b>15.00</b>	<b>cm</b>
3	SUBRASANTE	12.5 a 22.5	cm

*Fuente: (Dirección de y Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997)*

#### 4.1.3.1.3. Geotextil No Tejido

Se optó por este material porque lo recomienda la (Dirección de y Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997).

Este objetivo desea determinar en qué medida influirá la presencia de agua turbia en el comportamiento del geotextil como estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico. En respuesta a este objetivo se realizó un prototipo a escala empleando el geotextil no tejido de material sintético compuesto por fibras cortas sintéticas de 1” a 4” de largo de filamentos continuos. A continuación, se puso a prueba tal material, el cual se recargó una carga continua de agua simulando las precipitaciones pluviales de la ciudad de Juliaca mostradas en la figura 51, el cual cumple con la principal función de separar las capas y retener el material fino que se causara por desgaste y otros factores durante el tiempo de serviciabilidad de este pavimento permeable

*Figura 50. Prueba de carga constante de agua durante 2 horas*



*Fuente: Propia*



#### 4.1.3.1.4. Diseño de Subrasante

Para el cálculo del espesor de esta capa se tomó como referencia la tabla que indica la Norma Técnica CE. 010 - Pavimentos Urbanos

Tabla 72. Requisitos mínimos para subrasante

Elemento \ Tipo de Pavimento	Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		

Fuente: Norma Técnica CE. 010 - Pavimentos Urbanos

Cabe destacar que, también existe otra normativa importante (Dirección de y Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997) en el cual recomienda el espesor mínimo mostrado a continuación:

Tabla 73. Espesor mínimo de subrasante

CBR Subrasante	Espesor mínimo, cm.
menos de 6	no usar pavimento poroso
6 a 9	22,5
10 a 14	17,5
15 ó más	12,5

Fuente: (Dirección de y Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997)

El CBR obtenido del terreno natural para la C-1 (E: 378516; N:8290019) fue de 14.8% y de la C-2 (E: 379146; N:8287239) fue de 13.8%. Entonces, en función al CBR se asume y propone que el espesor de la subrasante será de 17.5 cm compuesto por material pedraplén de diámetro no mayor a 4”.

#### 4.1.3.1.5. Procedimiento de precipitaciones pluviales en Juliaca

La ciudad de Juliaca se caracteriza por ser subtropical semiárido de montañas, con un período lluvioso de diciembre a marzo y un período seco de mayo a septiembre y está localizada en la cuenca del río Coata. En el presente año 2022 las precipitaciones ascendieron a 7.25 milímetros promedio dado en el mes de enero; por lo tanto, se describe como una lluvia de intensidad moderada sin riesgo. En el mes menos lluvioso (julio) ascienden a 0.31 mm y el mes más lluvioso (enero) ascienden. Aquí están las precipitaciones según SENAMHI.

Tabla 74. Resumen de datos meteorológicos 2010-2022

<b>DATOS ESTACIÓN METEOROLÓGICA SENAHMI - CABANILLAS</b>														
<b>Estación:</b>		<b>Cabanillas</b>			<b>Coordenadas UTM</b>				<b>Latitud:</b>		<b>-70.14</b>		<b>Altitud:</b>	<b>3830 msnm</b>
<b>Depto.:</b>		<b>Puno</b>							<b>Longitud:</b>		<b>-15.43</b>			
<b>Año</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Máximo</b>	
2010	4.86	4.48	2.15	0.95	0.31	0.00	0.02	0.00	0.08	0.68	1.19	5.90	5.90	Dic
2011	2.58	6.52	4.32	1.38	0.05	0.00	0.16	0.14	1.07	0.96	2.54	7.71	7.71	Dic
2012	5.33	7.45	5.32	1.66	0.00	0.00	0.00	0.09	0.11	0.52	1.55	6.15	7.45	Feb
2013	5.77	6.09	1.71	0.36	0.25	0.30	0.25	0.16	0.27	1.62	1.74	4.43	6.09	Feb
2014	4.61	-99.90	1.72	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.88	1.97	2.49	4.61	Ene
2015	5.37	3.46	3.28	2.33	0.16	0.00	0.00	0.00	0.47	0.75	1.66	4.85	5.37	Ene
2016	2.24	5.70	2.52	0.10	1.00	0.00	0.00	0.03	0.32	0.71	1.63	1.96	5.70	Feb
2017	2.30	3.31	4.80	0.24	0.44	0.02	0.31	0.50	1.33	1.03	0.14	4.23	4.80	Mar
2018	3.09	5.81	1.69	0.29	0.52	0.13	0.07	0.00	0.72	1.35	4.52	1.81	5.81	Feb
2019	5.40	-0.20	1.79	0.78	0.00	0.02	0.10	0.00	0.15	0.52	1.98	1.33	5.40	Ene
2020	2.80	4.34	4.85	0.95	0.12	0.00	0.00	0.00	0.44	0.82	0.40	4.01	4.85	Mar
2021	2.95	7.80	0.94	0.51	0.35	0.00	0.00	0.13	0.00	0.59	1.89	2.81	7.80	Feb
2022	7.25	2.96	5.87	1.21	0.20	0.00	0.00	.	.	.	.	.	7.25	Ene

Fuente: Datos Hidrológicos de SENAMHI - Estación Juliaca (1980-2022) en mm

Consulta: 29/08/2022

Tabla 75. Clasificación de lluvia según intensidad en mm.

<b>INTENSIDAD</b>	<b>ACUMULACIÓN</b>
<b>DÉBIL</b>	entre 0,1 y 2 mm/h
<b>MODERADO</b>	entre 2,1 y 15 mm/h
<b>FUERTE</b>	entre 15,1 y 30 mm/h
<b>MUY FUERTE</b>	entre 30,1 y 60 mm/h
<b>TORRENCIAL</b>	más de 60 mm/h

Fuente: El tiempo.es

Tabla 76. Aviso por precoipitacion acumulada

<b>Sin Riesgo</b>	
<b>Riesgo</b>	15 mm/hora 20 mm/hora costa mediterránea
<b>Riesgo importante</b>	30 mm/hora 40 mm/hora costa mediterránea
<b>Riesgo Extremo</b>	60 mm/hora 90 mm/hora costa mediterránea

Fuente: El tiempo.es

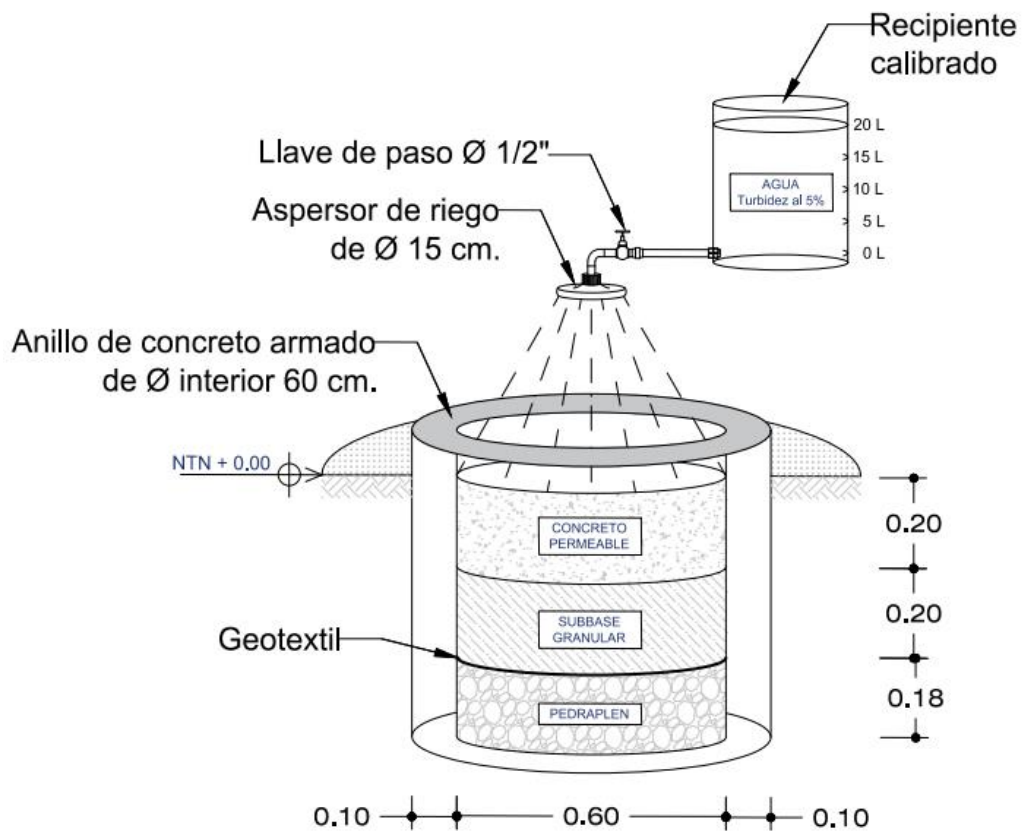
Se sabe que, la lluvia se origina a partir de las nubes compuestas por agua condensada; toda precipitación pluvial o lluvia se caracteriza por una cantidad, duración e intensidad. Es decir, hay una cantidad o masa de agua que cae y lo hace en un periodo de tiempo determinado (duración). Esto se

medida en milímetros (mm) que alcanzaría la lámina de agua en una superficie horizontal de 1m<sup>2</sup> si el agua no se escurriera. Es decir, qué altura en milímetros alcanzaría el agua en una superficie de 1 m<sup>2</sup> o su equivalente en litros por metro cuadrado (l/m<sup>2</sup>). La frecuencia es cada cuánto tiempo ocurre una lluvia de igual duración y altura o cantidad.

El prototipo es elaboración propia, a escala real respecto a su estructura, es como sigue:

- a. Primeramente, se excava un hoyo circular de 0.80m de diámetro y 0.60m de profundidad, y en el interior se coloca un anillo de concreto armado, cuyo diámetro interior es de 0.60m, y se aplica pintura impermeabilizante Sika top 1 en toda la pared interior del anillo de concreto.
- b. Seguidamente, se coloca una capa de pedraplén para el mejoramiento de la subrasante con un espesor de 0.20m y se compacta con ayuda de un compactador tipo canguro.
- c. Luego, se extiende el geotextil de diámetro 0.60m.
- d. Asimismo, sobre el geotextil se coloca la capa de subbase granular de 0.15m de espesor y se compacta con la compactadora tipo canguro.
- e. Finalmente, sobre la subbase se coloca concreto permeable según el diseño de mezcla con 10% de finos porque este cumple con las propiedades mecánicas.
- f. Para la prueba del sistema, se vierte sobre la superficie libre del pavimento un volumen de 20 litros de agua, con un 5% de sólidos en suspensión, repitiendo tres veces este procedimiento, tal como se muestra en la imagen siguiente.

*Figura 51. Detalle de prototipo a escala*



Fuente: Propia

Ahora, principalmente se desea saber cuál es el comportamiento del geotextil no tejido en presencia de agua turbia, se realizó una simulación con un volumen de 20 litros de agua y 5% de sólidos en suspensión (tres veces). Luego se visualizó que este material cumple con su función de separar la subbase y la subrasante logrando un comportamiento y serviciabilidad favorable. Caso contrario, de no aplicarse este el geotextil no tejido entre la subbase y la subrasante provocaría la libre fluidez de materiales finos. En consecuencia, la pronta obstrucción y colmataciones de los poros interconectados impermeabilizando la subrasante.

#### 4.1.4. Del Objetivo Especifico N°4

*Conocer la influencia del tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.*

El estudio se realizó para el departamento de Puno y provincia de San Román, el cual se ubica en diferentes zonas donde acontece anualmente esta problemática de represamiento de precipitaciones pluviales, se tomó 2 muestras representativas del Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019) y el Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239) con áreas de 1.00m \* 1.00m \* 1.50m de profundidad tal

como menciona el manual de carreteras MTC. Se realizó los siguientes ensayos para la obtención de clasificación de suelo.

*Figura 52. Método de cuarteo en de la C-2*



*Fuente: Propia*

#### 4.1.4.1. Propiedades de las muestras extraídas

Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio para conocer la clasificación del terreno natural debido a que mediante este estrato se evacuará una parte precipitaciones pluviales y la otra mediante cunetas, canales existentes

##### 4.1.4.1.1. Contenido de Humedad (ASTM D-2216 y MTC E 108)

C-1: Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).

Es importante determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra representativa del material extraído, para ello se consideró 2 pruebas y obtener un promedio; para la prueba 1 se pesó recipiente más muestra húmeda saturada superficialmente seca (Tabla 77) y en condición seca. Luego, se determina el volumen de cada prueba para conocer la masa del agua desplazada por el agregado. Conocidas las masas y su volumen se calculan las densidades real y neta y la absorción de agua en función de los valores obtenidos en las diferentes condiciones.

Figura 53. Secado de muestras de suelo para determinar el % de humedad



Fuente: Propia

Tabla 77. Contenido de Humedad de la C-1

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)</b>			
<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>N°</b>	<b>01</b>	<b>02</b>
<b>PESO RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA</b>	g	604.45	582.40
<b>PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA</b>	g	543.70	527.80
<b>PESO DEL RECIPIENTE</b>	g	293.00	301.00
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA</b>	g	311.45	281.40
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	g	250.70	226.80
<b>PESO DEL AGUA</b>	g	60.75	54.60
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	24.23%	24.07%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	<b>24.15%</b>	

Fuente: Propia

Tabla 78. Análisis estadístico del contenido de humedad en la calicata 01, Jr. Lima esq. Jr. Huayna Cápac

<b>Contenido de humedad del agregado</b>	<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Datos (%)</b>	<b>X (%)</b>	<b>De (%)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	24.23	24.15	0.11	0.47
<b>2</b>	24.07			

Fuente: Propia

C-2: Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

Tabla 79. Contenido de Humedad de la C-2

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)</b>			
<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>N°</b>	<b>01</b>	<b>02</b>
<b>PR + MH</b>	g	403.20	462.70
<b>PR + MS</b>	g	382.35	429.00
<b>PR</b>	g	301.50	298.60
<b>PMH</b>	g	101.70	164.10
<b>PMS</b>	g	80.85	130.40
<b>PA</b>	g	20.85	33.70
<b>CH</b>	%	25.79%	25.84%
<b>HP</b>	%	<b>25.82%</b>	

Fuente: Propia

El porcentaje de humedad promedio de la Calicata N° 1 y N° 2 es de 24.15% y 25.82% respectivamente.

Tabla 80. Análisis estadístico del contenido de humedad en la calicata

02, Jr. Huancané esq. Jr. Tupac Amaru.

<b>Análisis estadístico</b>				
<b>Ch del agregado</b>	<b>Datos (%)</b>	<b>X (%)</b>	<b>De (%)</b>	<b>Cv (%)</b>
<b>1</b>	25.79	25.815	0.04	0.14
<b>2</b>	25.84			

Fuente: Propia

#### 4.1.4.1.2. Limite Liquido (MTC E 110)

C-1: Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).

También llamado índice de plasticidad, es el contenido de humedad entre los estados de consistencia plástico y semilíquido desarrollando una ranura de dimensiones normales se cierre, sin resbalar en su apoyo, al someterla a un impacto de 25 golpes bien definidos con el instrumento de cuchara de Casagrande.

Figura 54. Realizando el conteo de 25 golpes en la cuchara de

Casagrande



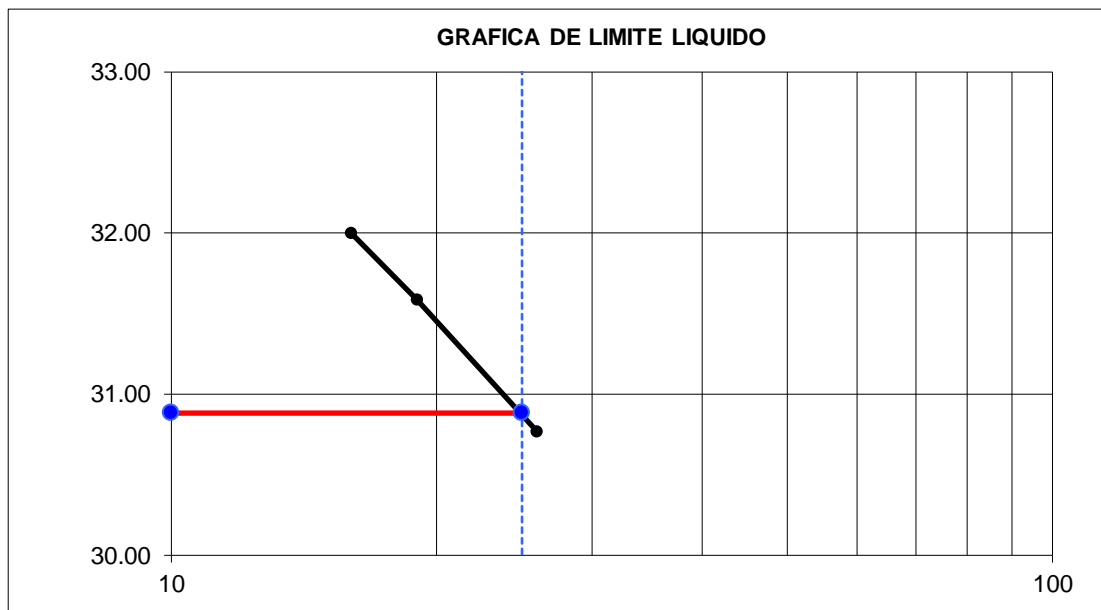
Fuente: Propia

Tabla 81. Limite liquido de la C-1

<b>LIMITE LIQUIDO</b>				
<b>Nro. de Tarro</b>		22	21	18
<b>T. + Suelo Húmedo g</b>		21.80	23.69	22.40
<b>T. + Suelo Seco g</b>		20.20	21.70	20.80
<b>Agua g</b>		1.60	1.99	1.60
<b>Peso del Tarro g</b>		15.00	15.40	15.80
<b>Suelo Seco g</b>		5.20	6.30	5.00
<b>% de Humedad</b>		30.77	31.59	32.00
<b>Nro. de Golpes</b>		26	19	16

Fuente: Propia

Figura 55. Representación para el cálculo de limite liquido





Fuente: Propia

Luego para determinar el límite líquido con un solo punto dentro de ciertos intervalos de números de golpes (20 a 30 únicamente) consiste en emplear la fórmula siguiente:

$$LL = W_N \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} = 30.88\%$$

Donde:

$LL$  = Límite Líquido %

$N$  = # de golpes requeridos para cerrar la ranura para el cont. de humedad %

$W_N$  = Contenido de humedad del suelo

C-2: Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

Figura 56. Determinación de constantes físicas en laboratorio



Fuente: Propia

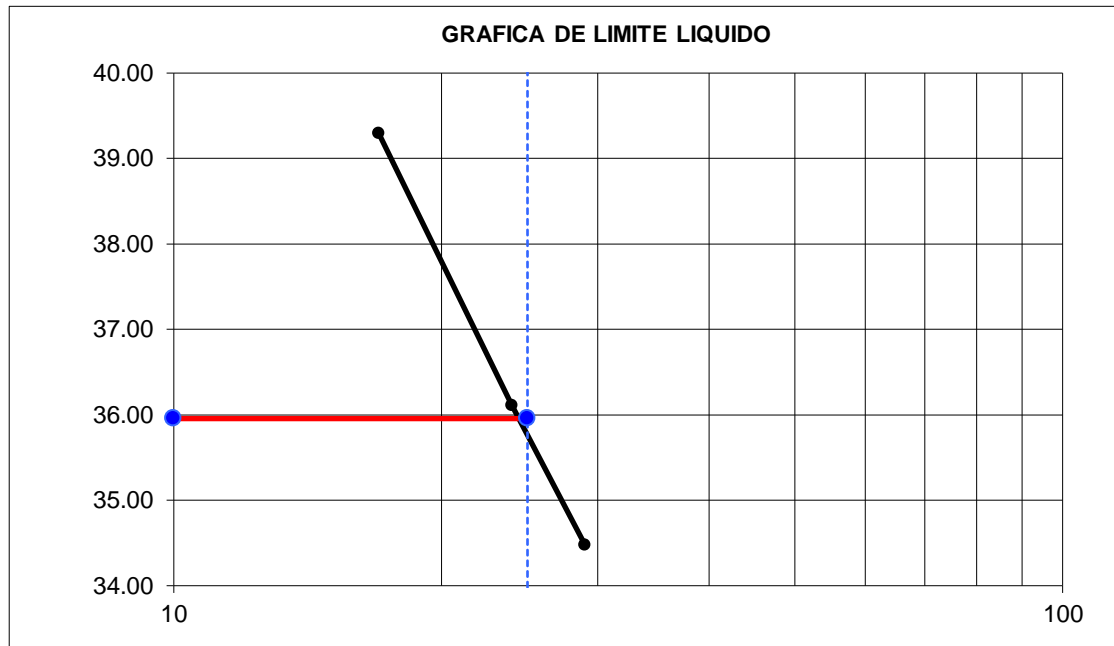
Se realizó bajo el mismo procedimiento, obteniendo los resultados siguientes.

Tabla 82. Límite líquido de la C-2

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
<b>Nro. de Tarro</b>		08	01	16
<b>T. + Suelo Húmedo</b>	<b>g</b>	18.80	20.10	19.23
<b>T. + Suelo Seco</b>	<b>g</b>	17.80	18.80	18.00
<b>Agua</b>	<b>g</b>	1.00	1.30	1.23
<b>Peso del Tarro</b>	<b>g</b>	14.90	15.20	14.87
<b>Suelo Seco</b>	<b>g</b>	2.90	3.60	3.13
<b>% de Humedad</b>		34.48	36.11	39.30
<b>Nro. de Golpes</b>		29	24	17

Fuente: Propia

Figura 57. Representación para el cálculo de limite liquido



Fuente: Propia

Figura 58. Ranurando en el centro de la muestra



Fuente: Propia

$$LL = W_N \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} = 35.96\%$$

#### 4.1.4.1.3. Límite Plástico (MTC E 111)

C-1: Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).

Este ensayo nos ayudó a conocer el contenido de humedad entre los estados de consistencia plástico semisólido. La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se llama "Índice de plasticidad", y mide el intervalo de contenido de agua en el cual el suelo es plástico.

Tabla 83. Límite plástico de la C-1

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
<b>Nro. de Tarro</b>	09	20
<b>T. + Suelo Húmedo g</b>	17.30	18.39
<b>T. + Suelo Seco g</b>	16.80	17.80
<b>Agua g</b>	0.50	0.59
<b>Peso del Tarro g</b>	14.80	15.30
<b>Suelo Seco g</b>	2.00	2.50
<b>% de Humedad</b>	25.00	23.60

Fuente: Propia

Figura 59. Realizando el rodado del cilindro con los dedos



Fuente: Propia

El límite plástico de cálculo bajo la fórmula siguiente:

$$\text{Limite Plastico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100 = 24.30\%$$

Para hallar el índice de plasticidad, lo siguiente:

$$IP = LL - LP = 6.58\%$$

Donde:

*IP* = Índice de Plasticidad %

*LL* = Límite Líquido %

*LP* = Límite Plástico %

C-2: Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

Se realizó bajo el mismo procedimiento que la Calicata anterior, obteniendo los resultados siguientes.

Tabla 84. Límite líquido de la C-2

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
<b>Nro. de Tarro</b>	40	46
<b>T. + Suelo Húmedo g</b>	19.68	19.66
<b>T. + Suelo Seco g</b>	18.60	18.60
<b>Agua g</b>	1.08	1.06
<b>Peso del Tarro g</b>	14.60	14.60
<b>Suelo Seco g</b>	4.00	4.00
<b>% de Humedad</b>	27.00	26.50

Fuente: Propia

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100 = 26.75\%$$

Para hallar el índice de plasticidad, lo siguiente:

$$IP = LL - LP = 9.21\%$$

#### 4.1.4.1.4. Proctor Modificado (MTC E 115-200 y ASTM D-1557)

En esta prueba, primero se preparará un molde con un diámetro de 15.2 cm, utilizando material fino, el cual se compactará en 5 capas con 25 golpes cada una, siguiendo el método "A". Luego, se procederá a compactar el suelo previamente extraído y evaluado en el laboratorio para determinar la relación entre el Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco del suelo, lo cual se representa en la curva de compactación de la figura 64, utilizando un molde específico.

C-1: Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).

Figura 60. Enrasado de la muestra en el molde Proctor



*Fuente: Propia*

*Figura 61. Prueba de Proctor Modificado*



*Fuente: Propia*

*Figura 62. Pesaje de molde más muestra húmeda (Proctor Modificado).*



*Fuente: Propia*

*Tabla 85. Resultados de Densidad de Suelo Seco de la C-1*

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Sh+C	g	241.50	234.90	262.40	217.50	196.20	262.20	178.30	232.80
Pss+C	g	208.00	203.25	220.50	185.00	163.90	215.80	148.20	189.80
Pa	g	33.50	31.65	41.90	32.50	32.30	46.40	30.10	43.00
Pc	g	49.80	50.16	51.00	52.40	53.60	51.90	52.00	51.50
Pss	g	158.20	153.09	169.50	132.60	110.30	163.90	96.20	138.30
% de H	%	21.18%	20.67%	24.72%	24.51%	29.3%	28.31%	31.29%	31.09%
Ph	%	20.92%		24.61%		28.80%		31.19%	
Dss	%	<b>1.516</b>		<b>1.562</b>		<b>1.468</b>		<b>1.368</b>	

Fuente: Propia

Ecuación N° 01: Calculamos la densidad húmeda

$$\rho_m = 1000 * \frac{(M_t - M_{md})}{V} = 1.833 \text{ g/cm}^3 \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (g/cm3)

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (g)

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (g)

$V$  = Volumen del molde de compactación (cm3)

Ecuación N° 02: Hallamos la densidad seca

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}} = 1.564 \text{ g/cm}^3 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (g/cm3)

$W$  = Contenido de agua (%)

Ecuación N° 03: Hallamos el contenido de agua para una saturación completa

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} * 100 = 24.00\% \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

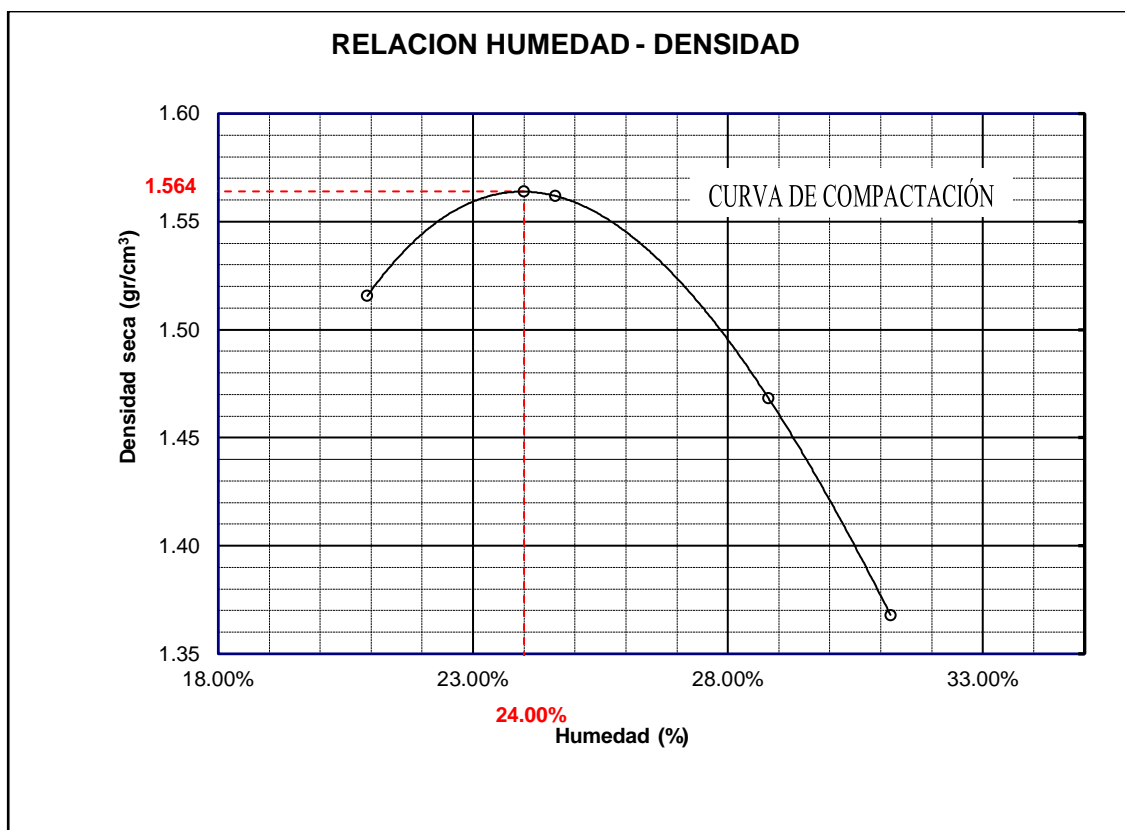
$W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%)

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua (g)

$\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo (g)

$G_s$  = Gravedad específica del suelo (g/cm2/s)

Figura 63. Gráfico de curva de compactación de la C-1



*Fuente: Propia*

C-2: Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

Tabla 86. Resultados de densidad de suelo seco de C-2

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	g	228.65	234.40	232.13	235.15	265.66	246.40	231.65	229.60
Peso del Suelo Seco + Capsula	g	207.55	212.25	201.93	204.90	216.96	202.17	182.35	181.50
Peso del Agua	g	21.10	22.15	30.20	30.25	48.70	44.23	49.30	48.10
Peso de la Capsula	g	52.30	48.22	50.03	49.25	57.26	55.89	51.95	54.41
Peso del Suelo Seco	g	155.25	164.03	151.90	155.65	159.70	146.28	130.40	127.09
% de Humedad	%	13.59%	13.50%	19.88%	19.43%	30.5%	30.24%	37.81%	37.85%
Promedio de Humedad	%	13.55%		19.66%		30.37%		37.83%	
Densidad del Suelo Seco	%	<b>1.363</b>		<b>1.500</b>		<b>1.497</b>		<b>1.296</b>	

*Fuente: Propia*

Ecuación N° 01: Calculamos la densidad húmeda

$$\rho_m = 1000 * \frac{(M_t - M_{md})}{V} = 1.548 \text{ g/cm}^3 \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (g/cm3)

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (g)

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (g)

$V$  = Volumen del molde de compactación (cm3)

Ecuación N° 02: Hallamos la densidad seca.

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}} = 1.539 \text{ g/cm}^3 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (g/cm<sup>3</sup>)

W = Contenido de agua (%)

Ecuación N° 03: Hallamos el contenido de agua para una saturación completa

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} * 100 = 25.00\% \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

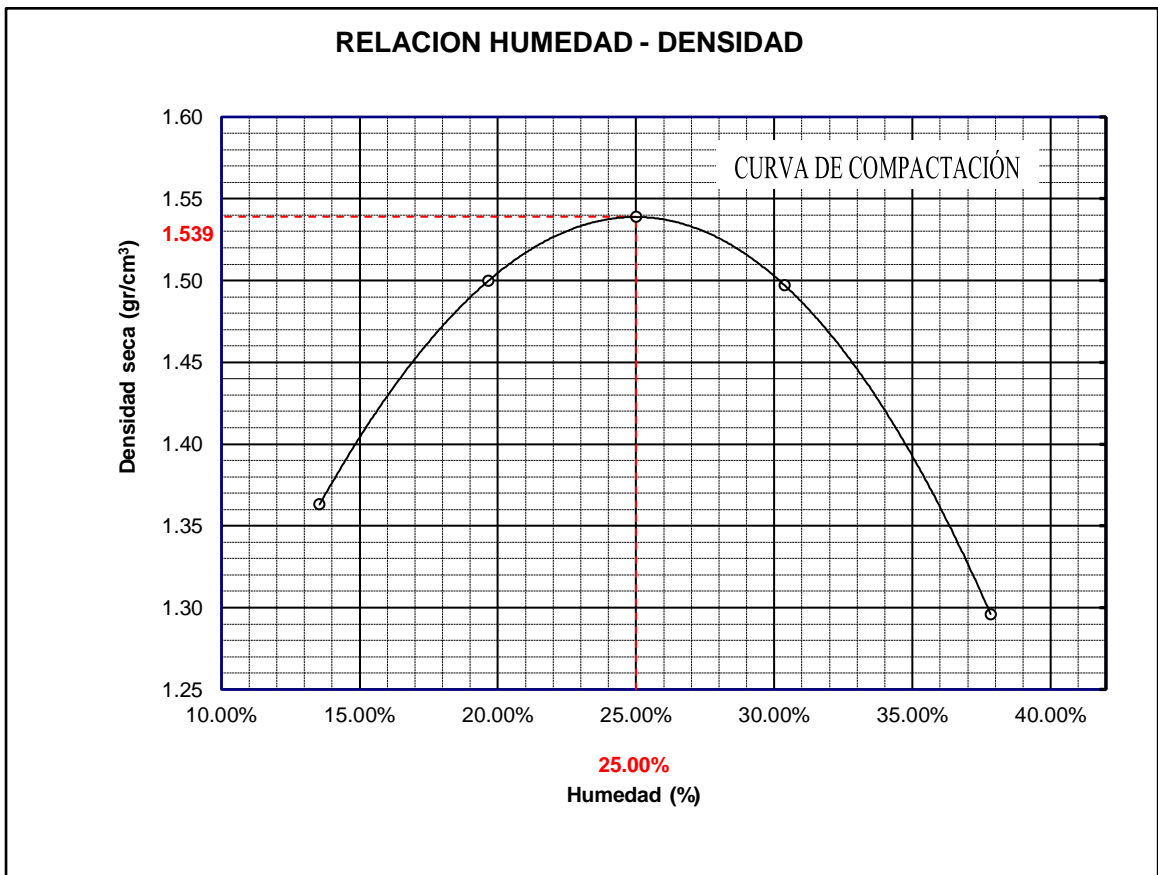
$W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%)

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua (g)

$\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo (g)

$G_s$  = Gravedad específica del suelo (g/cm<sup>2</sup>/s)

Figura 64. Gráfico de curva de compactación de la C-2



Fuente: Propia



#### 4.1.4.1.5. Valor Relativo Soporte CBR (AASHTO T-193, ASTM D-1883 y MTC E132)

lleva a cabo el ensayo en muestras de suelo previamente preparadas en el laboratorio, bajo condiciones específicas de humedad y densidad que han sido calculadas previamente. Para este estudio, se prepararon tres especímenes que se moldearon siguiendo la densidad máxima seca y la humedad óptima obtenidas mediante el Proctor modificado para ambas calicatas. El primer espécimen se moldeó en 5 capas con 12 golpes por capa, el segundo en 5 capas con 26 golpes por capa y el tercero en 5 capas con 56 golpes por capa. Se extrajo una muestra de cada espécimen para determinar el contenido de humedad. Este procedimiento se repitió para ambas calicatas, con el fin de obtener un índice confiable de la relación de soporte, el CBR, que permitirá evaluar la resistencia de los suelos en cuestión.

C-1: Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).

*Figura 65. Lectura de CBR controlando tiempo C-1*



*Fuente: Propia*

Tabla 87. Resultados del ensayo CBR de la C-1

<b>ENSAYO PRELIMINAR DEL PROCTOR</b>				
<b>Técnica de compactación</b>		D		
<b>Densidad máxima en estado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.56		
<b>Contenido de humedad óptimo (%)</b>		24.00		
<b>95% de la densidad máxima en estado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.49		
<b>90% de la densidad máxima en estado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES</b>				
<b>MOLDE N°</b>		6	9	11
<b>N° DE CAPAS</b>		5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>		56	25	12
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.57	1.50	1.46
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>		24.2	22.9	24.3
<b>C.B.R. %</b>	<b>0.1":</b>	15.9	9.0	5.6
<b>C.B.R. %</b>	<b>0.2":</b>			
<b>RESULTADOS</b>				
<b>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"</b>		14.8	0.2":	
<b>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"</b>		7.6	0.2":	
<b>C.B.R. al 90% de M.D.S. (%) 0.1"</b>		0.0	0.2":	

Fuente: Propia

Para hallar la humedad de compactación, el tanto por ciento de agua que hay que añadir bajo la siguiente formula:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} * 100 = 24.00\%$$

Donde:

$H$  = Humedad prefijada (%)

$\gamma_w$  = Humedad natural (g)

Para calcular el porcentaje de expansión utilizaremos la siguiente formula:

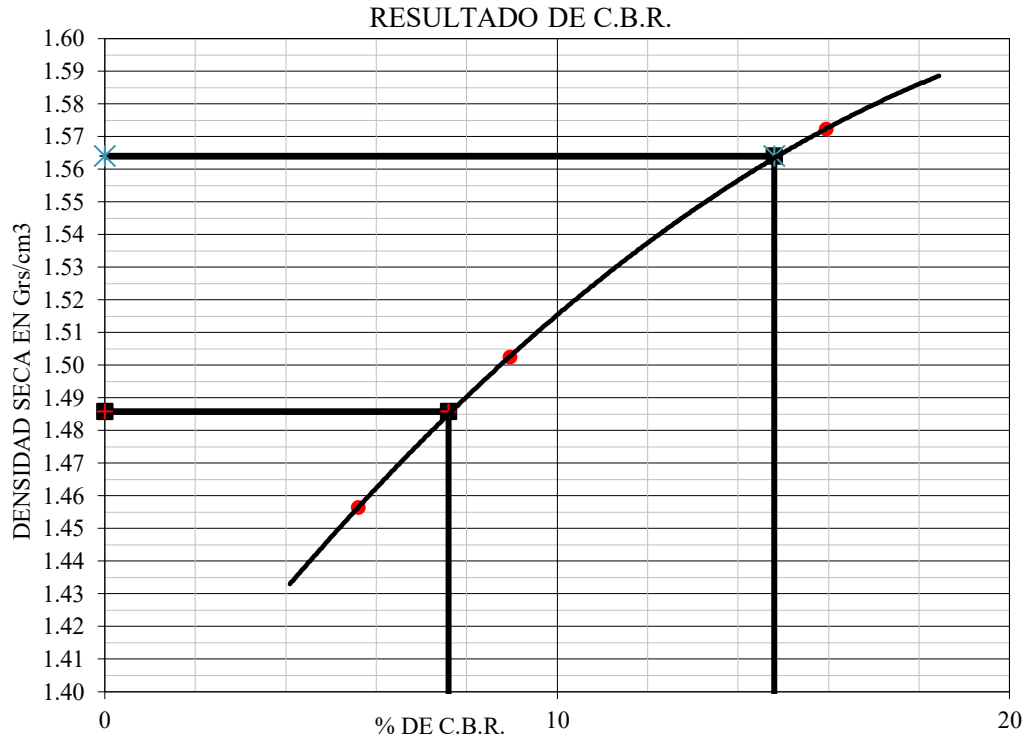
$$\% \text{ de expansion} = \frac{L2 - L1}{127} * 100 = 0.86\%$$

Donde:

$L1$  = Lectura inicial en mm.

$L2$  = Lectura inicial en mm.

Figura 66. Gráfico de CBR en C-1



*Fuente: Propia*

El CBR final al 100% de la densidad máxima seca se obtuvo 14.80%.

C-2: Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

*Tabla 88. Resultados del Ensayo CBR de la C-2*

<b>ENSAYO PRELIMINAR DEL PROCTOR</b>			
<b>Técnica de compactación</b>		D	
<b>Densidad máxima en estado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.54	
<b>Contenido de humedad óptimo (%)</b>		25.00	
<b>95% de la densidad máxima en estado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.46	
<b>90% de la densidad máxima en estado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>			
<b>COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES</b>			
<b>MOLDE N°</b>	2	5	8
<b>N° DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	12
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.54	1.49	1.45
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	25.0	25.1	25.0
<b>C.B.R. %</b>	14.0	8.6	5.0
<b>C.B.R. %</b>	0.2":		
<b>RESULTADOS</b>			
<b>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"</b>	13.8	0.2":	
<b>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"</b>	6.0	0.2":	
<b>C.B.R. al 90% de M.D.S. (%) 0.1"</b>	0.0	0.2":	

*Fuente: Propia*

Para hallar la humedad de compactación, el tanto por ciento de agua que hay que añadir bajo la siguiente formula:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} * 100 = 25.00\%$$

Donde:

$H$  = Humedad prefijada (%)

$\gamma_w$  = Humedad natural (g)

Para calcular el porcentaje de expansión utilizaremos la siguiente formula:

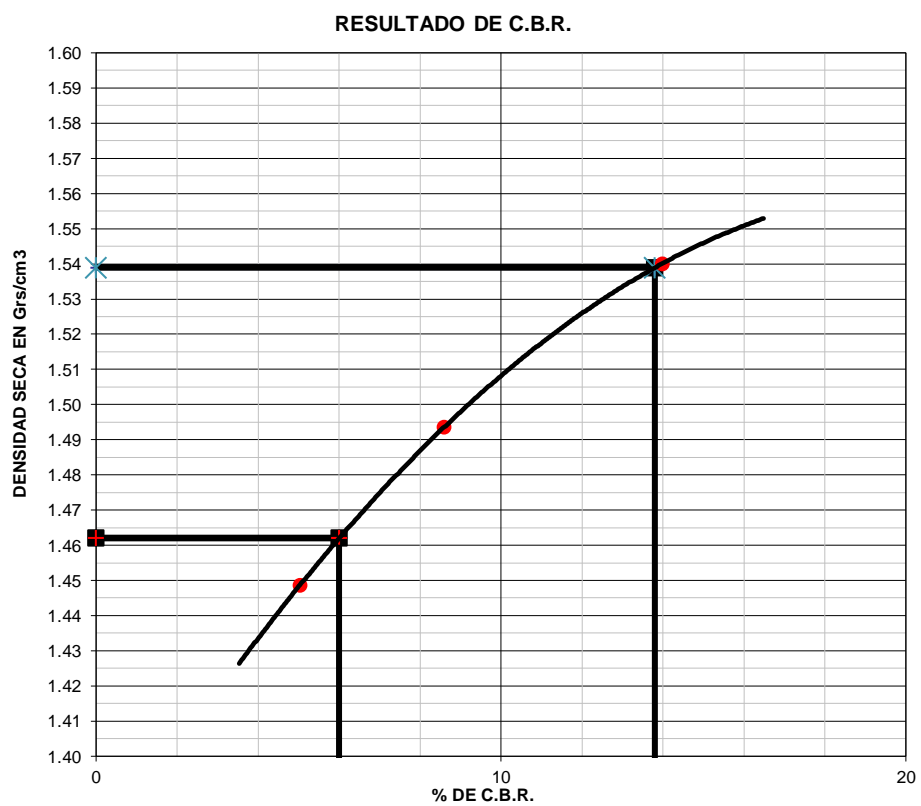
$$\% \text{ de expansion} = \frac{L2 - L1}{127} * 100 = 1.14\%$$

Donde:

$L1$  = Lectura inicial en mm.

$L2$  = Lectura inicial en mm.

Figura 67. Gráfico de CBR en C-2



Fuente: Propia

Mediante el equipo de CBR, es fundamental para el diseño del paquete estructural del pavimento. El CBR final al 100% de la densidad máxima seca se obtuvo 13.80%.

#### 4.1.4.1.6. Clasificación de suelos (ASTM D422, AASHTO T88 y SUCS)

C-1: Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).

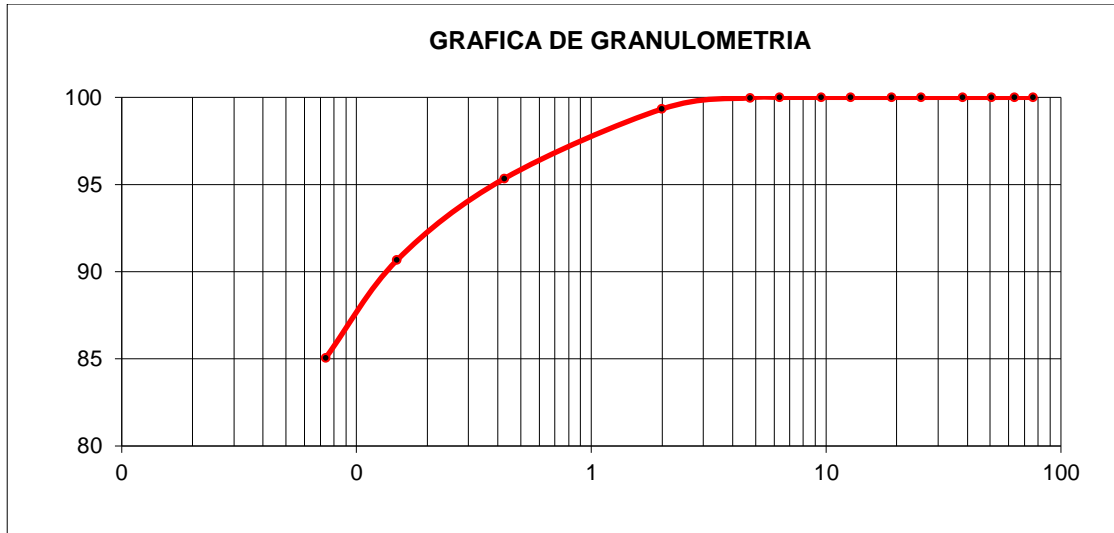
Se extrajo una muestra representativa obtenido por el método de cuarteo. De tal manera, veremos a que clasificación de suelo pertenece. En la Tabla 89 se demuestra el análisis granulométrico del agregado grueso y posteriormente los resultados obtenidos.

Tabla 89. Análisis granulométrico real de la C-1

N° DE MALLAS EN SERIE	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RET.	% RET. PARCIAL	% RETEN. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200			0.000	100.00
2 1/2"	63.500		0.000	0.000	100.00
2"	50.800		0.000	0.000	100.00
1 1/2"	38.100		0.000	0.000	100.00
1"	25.400		0.000	0.000	100.00
3/4"	19.050		0.000	0.000	100.00
1/2"	12.700		0.000	0.000	100.00
3/8"	9.525		0.000	0.000	100.00
1/4"	6.350		0.000	0.000	100.00
N° 4	4.760	0.20	0.022	0.022	99.98
N° 6	3.360		0.000	0.022	99.98
N° 8	2.380		0.000	0.022	99.98
N° 10	2.000	6.00	0.645	0.667	99.33
N° 16	1.190		0.000	0.667	99.33
N° 20	0.840		0.000	0.667	99.33
N° 30	0.590		0.000	0.667	99.33
N° 40	0.426	37.10	3.991	4.658	95.34
N° 50	0.297		0.000	4.658	95.34
N° 80	0.177	32.90	3.539	8.197	91.80
N° 100	0.149	10.50	1.130	9.327	90.67
N° 200	0.074	52.10	5.605	14.931	85.07
-200		790.80	85.069	100.000	-

Fuente: Propia

Figura 68. Curva granulométrica del suelo de la C-1



*Fuente: Propia*

Según el índice de plasticidad y la curva granulométrica obtenida, se clasifica como suelo tipo ML según SUCS y A-4 (8) según AASHTO.

C-2: Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

Se extrajo una muestra representativa inicial de 1,251.96 g obtenido por el método de cuarteo. De tal manera, veremos a que clasificación de suelo pertenece. En la Tabla 90 se demuestra el análisis granulométrico del agregado grueso y posteriormente los resultados obtenidos.

*Figura 69. Tamizaje de la muestra para conocer la granulometría y clasificación de la C-2*



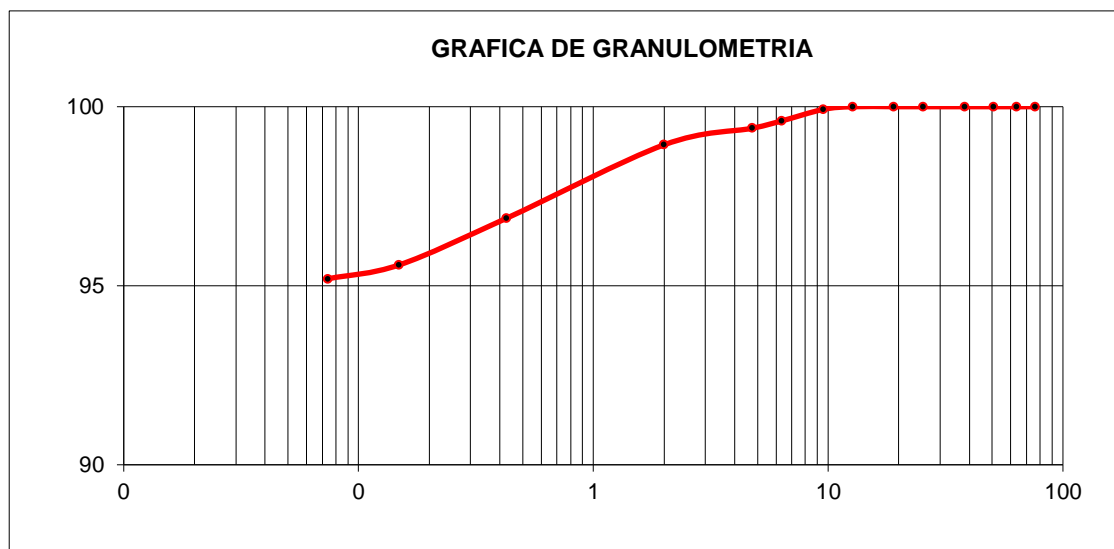
*Fuente: Propia*

Tabla 90. Análisis granulométrico real de la C-2

Nº DE MALLAS EN SERIE	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN. ACUMUL	% QUE PASA
3"	76.200			0.000	100.00
2 1/2"	63.500		0.000	0.000	100.00
2"	50.800		0.000	0.000	100.00
1 1/2"	38.100		0.000	0.000	100.00
1"	25.400		0.000	0.000	100.00
3/4"	19.050		0.000	0.000	100.00
1/2"	12.700		0.000	0.000	100.00
3/8"	9.525	1.00	0.076	0.076	99.92
1/4"	6.350	4.20	0.319	0.395	99.60
Nº 4	4.760	2.70	0.205	0.601	99.40
Nº 6	3.360		0.000	0.601	99.40
Nº 8	2.380		0.000	0.601	99.40
Nº 10	2.000	6.10	0.464	1.065	98.94
Nº 16	1.190		0.000	1.065	98.94
Nº 20	0.840	12.00	0.912	1.977	98.02
Nº 30	0.590		0.000	1.977	98.02
Nº 40	0.426	15.00	1.141	3.117	96.88
Nº 50	0.297	6.40	0.487	3.604	96.40
Nº 80	0.177	9.00	0.684	4.288	95.71
Nº 100	0.149	1.70	0.129	4.418	95.58
Nº 200	0.074	5.10	0.388	4.805	95.19
-200		1251.96	95.195	100.000	-

Fuente: Propia

Figura 70. Curva granulométrica del suelo de la C-2



Fuente: Propia

El terreno natural de la C-2 es de tipo A-4 (8) según la metodología AASHTO y ML según SUCS.

Ambas calicatas se obtuvieron la clasificación ML= Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas limosas o arcillosas con ligera plasticidad.

## 4.2. Discusión de resultados

### 4.2.1. Del Objetivo Especifico N°1

*Determinar los parámetros que deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.*

Se realizaron y evaluaron diferentes ensayos a los agregados (Piedra chancada y agregado fino) que nos ayudaron a obtener resultados para prever un buen diseño de mezclas

Se obtuvo las siguientes propiedades físicas de los agregados:

✓ Análisis granulométrico

Se sabe que el módulo de finura debe estar entre 2,2 y 3,2, obteniendo un módulo de finura de 2,92; significa que la muestra está dentro de los parámetros dados en las normas de ASTM C33 y C33M.

✓ Peso Unitario Suelto

Esta prueba va de 1,4 a 1,6 kg/m<sup>3</sup> según NTP 400.017. Ahora bien, se ha obtenido una masa unitaria promedio de 1477,69 kg/m<sup>3</sup> de agregado grueso y 1580,74 kg/m<sup>3</sup> de agregado fino, y posteriormente se ha demostrado que cumple con los parámetros especificados definidos de acuerdo con la norma ASTM C-29 y puede ser utilizado en la siguiente fase. diseño mixto.

✓ Peso Unitario Seco Compactado

La norma NTP 400.017 recomienda que los pesos unitarios de compactación oscilen entre 1,6 y 1,9 kg/m<sup>3</sup>, pesos unitarios de compactación medios de 1.581,99 kg/m<sup>3</sup> para el agregado grueso y de 1.678,83 kg/m<sup>3</sup> para el agregado fino. Comparado con los resultados obtenidos si se siguen los parámetros de la norma, excluyendo los agregados gruesos (roca triturada), notamos que la diferencia para el valor más bajo especificado por la norma es muy pequeña, por eso se toma siempre que la adición sea aceptada.

✓ Humedad



De los agregados gruesos se obtiene un contenido de humedad promedio de 1.19% y en comparación con los agregados finos un contenido de humedad de 2.52%, dato importante para el diseño de mezclas estándar según ACI 522R - 10.

✓ **Peso específico.**

Del árido fino se obtienen 2,10 g/cm<sup>3</sup> y del árido grueso 2,95 g/cm.

✓ **Porcentaje de absorción**

De los agregados finos se obtuvo un 6,58% y un 1,12% de los agregados gruesos, es decir,

✓ **Equivalente de arena**

La norma NTP 339.146.200 indica que el % de arena equivalente debe ser por lo menos 45%. Se obtuvo una relación de arena promedio equivalente al 83%, este dato demuestra que el agregado fino utilizado es deseable y que la cantidad de resina fina y polvo indeseable se mantiene al mínimo. Se obtuvo las siguientes propiedades mecánicas de los agregados:

✓ **Abrasión Los Ángeles**

La NTP 400.019.2002 menciona que la resistencia mecánica al desgaste del agregado grueso no debe ser mayor que 50%. Se obtuvo el porcentaje de pérdida por desgaste de 25.95% de la piedra chancada que será utilizado como agregado grueso, entonces se comprueba que el material utilizado será óptimo para el diseño de mezclas.

Las fórmulas y las tablas desarrolladas están en función a las normativas codificadas, se evaluó las principales propiedades físicas y mecánicas obtenidas en laboratorio necesarios para la elaboración de diseño de mezcla, se logró cumplir con los estándares de calidad principalmente para conocer los datos que exige la ACI 522R – 10 sabiendo que la piedra chancada se comportará como agregado grueso proveniente de la Cantera de Cabanillas y el agregado fino proveniente de la cantera Isla.

Las investigaciones realizadas por (Aguirre Herrera 2021)(34), (Anderson 2021)(16) utilizaron agregado grueso (canto rodado de cantera de río) que cumplen con lo establecido en la ACI 522R-10 y la norma C.E 010 – Pavimentos Urbanos, utilizando el huso 67 (tamaño de 3/4”), con un diámetro de 4.75 mm hasta 19 mm para agregado grueso y obteniendo un MF = 3.25 correspondiente al agregado fino y por otra parte seleccionó los tamices (tamaño de 3/4”), es decir, el mismo huso respectivamente. También, (Davila Hurtado 2021) empleó piedra chancada obteniendo aun mejores

propiedades mecánicas de los tamices 3/8'' a 3/4'' en su mayoría. Así como en esta investigación se utilizó el huso 67 y se realizaron estudios de cantera donde se optó por piedra chancada proveniente de la Cantera de Cabanillas debido a su buen comportamiento mecánico a comparación del agregado grueso convencional y el agregado fino proveniente de la Cantera Isla descritos líneas arriba.

#### 4.2.2. Del Objetivo Especifico N°2

*Hallar la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.*

En el presente objetivo, se desea saber el diseño óptimo para la losa de concreto permeable, se evaluará los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto endurecido como la resistencia a los esfuerzos y la permeabilidad

Primero: Se calculo el diseño de mezclas de concreto permeable

##### ✓ Cálculo Diseño de Mezclas patrón

El procedimiento para el cálculo del diseño de mezclas patrón fue según indica en el ejemplo final de la normativa ACI 522R-10, a diferencia que en esta investigación varía el agregado fino en volumen (Huso 67) de 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0% respectivamente. A ello se le adicione el 5.0% de aditivo sika fume en volumen, obteniendo los resultados en la tabla siguiente

*Tabla 91. Resumen de proporción de materiales*

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLAS "2.5% finos"			DISEÑO DE MEZCLAS "5% finos"			DISEÑO DE MEZCLAS "7.5 finos"			DISEÑO DE MEZCLAS "10% finos"		
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT. SECO
<b>C</b>	425.60	0.14	1.00	438.99	0.14	1.00	452.37	0.14	1.00	465.76	0.15	1.00
<b>Af</b>	38.99	0.01	0.09	76.79	0.03	0.17	113.38	0.04	0.25	148.78	0.05	0.32
<b>Ag</b>	1520.79	0.52	3.57	1459.00	0.50	3.32	1398.41	0.48	3.09	1339.01	0.46	2.87
<b>AGUA</b>	127.68	0.13	0.30	131.70	0.13	0.30	135.71	0.14	0.30	139.73	0.14	0.30
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5.00	0.05	-	5.00	0.05	-	5.00	0.05	-	5.00	0.05	-
<b>AIRE</b>	15.00	0.15	-	15.00	0.15	-	15.00	0.15	-	15.00	0.15	-

*Fuente: Propia*

- ✓ Comparación de resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (ACI, Módulo de Finura y Walker), para un porcentaje de agregado fino del 10%, en la comparación entre el método de ACI y Módulo de finura tuvieron una diferencia mayor en la cantidad de agua la mayor variación fue de 7.94 l/m<sup>3</sup>, en la cantidad de agregado fino la mayor variación fue de 15.02 kg/m<sup>3</sup> y en la cantidad de agregado grueso la mayor variación fue de 186.66 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 92. Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (10 % de agregado fino)

DESCRIPCIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )			Diseño Unitario seco		
	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura
<b>C</b>	284.75	380.85	357.45	1	1	1
<b>Af</b>	198.84 L/m <sup>3</sup>	206.78 L/m <sup>3</sup>	196.57 L/m <sup>3</sup>	29.68	23.08	23.37
<b>Ag</b>	151.58	136.56	140.43	0.5323	0.3586	0.3929
<b>AGUA</b>	1883.58	1696.92	1745.02	6.6149	4.4556	4.8819
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5	5	5			

Fuente: Propia

- ✓ Comparación de resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (ACI, Módulo de Finura y Walker), para un porcentaje de agregado fino del 7.5%, en la comparación entre el método de ACI y Módulo de finura tuvieron una diferencia mayor en la cantidad de agua la mayor variación fue de 10.26 L/m<sup>3</sup>, en la cantidad de agregado fino la mayor variación fue de 11.27 kg/m<sup>3</sup> y en la cantidad de agregado grueso la mayor variación fue de 191.85 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 93. Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (7.5 % de agregado fino)

DESCRIPCIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )			Diseño Unitario seco		
	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura
<b>C</b>	284.75	380.85	357.45	1	1	1
<b>Af</b>	196.93 L/m <sup>3</sup>	205.07 L/m <sup>3</sup>	194.81 L/m <sup>3</sup>	29.39	23.08	23.16
<b>Ag</b>	113.69	102.42	105.32	0.3993	0.2689	0.2947
<b>AGUA</b>	1935.9	1744.05	1793.5	6.7987	4.5793	5.0175
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5	5	5			

Fuente: Propia

- ✓ Comparación de resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (ACI, Módulo de Finura y Walker), para un porcentaje de agregado fino del 5%, en la comparación entre el método de ACI y Módulo de finura tuvieron una diferencia mayor en la cantidad de agua la mayor variación fue de 8.32 L/m<sup>3</sup>, en la cantidad de agregado fino la mayor variación fue de 7.51 kg/m<sup>3</sup> y en la cantidad de agregado grueso la mayor variación fue de 197.03 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 94. Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (5 % de agregado fino).

DESCRIPCIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )			Diseño Unitario seco		
	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura
<i>C</i>	284.75	380.85	357.45	1	1	1
<i>Af</i>	195.03 L/m <sup>3</sup>	203.35 L/m <sup>3</sup>	193.05 L/m <sup>3</sup>	29.11	22.69	22.95
<i>Ag</i>	75.79	68.28	70.22	0.2662	0.1792	0.1964
<b>AGUA</b>	1988.22	1791.19	1841.97	6.9824	4.7031	5.1531
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5	5	5			

Fuente: Propia

- ✓ Comparación de resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (ACI, Módulo de Finura y Walker), para un porcentaje de agregado fino del 2.5%, en la comparación entre el método de ACI y Módulo de finura tuvieron una diferencia mayor en la cantidad de agua la mayor variación fue de 10.36 L/m<sup>3</sup>, en la cantidad de agregado fino la mayor variación fue de 3.76 kg/m<sup>3</sup> y en la cantidad de agregado grueso la mayor variación fue de 202.21 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 95. Comparación de los resultados de los 3 métodos de diseño de mezcla (2.5 % de agregado fino)

DESCRIPCIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )			Diseño Unitario seco		
	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura	Método ACI	Método Walker	Método de Módulo de Finura
<i>C</i>	284.75	380.85	357.45	1	1	1
<i>Af</i>	193.13 L/m <sup>3</sup>	201.64 L/m <sup>3</sup>	191.28 L/m <sup>3</sup>	28.83	22.5	22.74
<i>Ag</i>	37.9	34.14	35.11	0.1331	0.0896	0.0982
<b>AGUA</b>	2040.54	1838.33	1890.44	7.1662	4.8269	5.2887
<b>ADIT. (SIKA FUME)</b>	5	5	5			

Fuente: Propia

- ✓ Resultados del diseño de mezcla método global

Tabla 96. Método global

DESCRIPCIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )	
	Método global	Diseño Unitario seco
<i>C</i>	357.45	1
<b>AGUA</b>	201.64 L/m <sup>3</sup>	27.94
<b>AGREGADOS</b>	1749.65	4.89
<b>ADITIVO</b>	5	

Fuente: Propia

- ✓ Elaboración de testigos, vigas y probetas de concreto permeable  
Se elaboro 24 testigos para exponerlas a las fuerzas de compresión simple a los 7,14 y 28 días de edad, durante el proceso de elaboración en concreto permeable fresco se desarrolló la Prueba de asentamiento donde el valor calculado en todas

las briquetas fue de 1". Lo que significa que los especímenes estuvieron con cantidad mínima de agua, ello para mejorar sus propiedades mecánicas.

✓ % de Vacíos hallados de los testigos

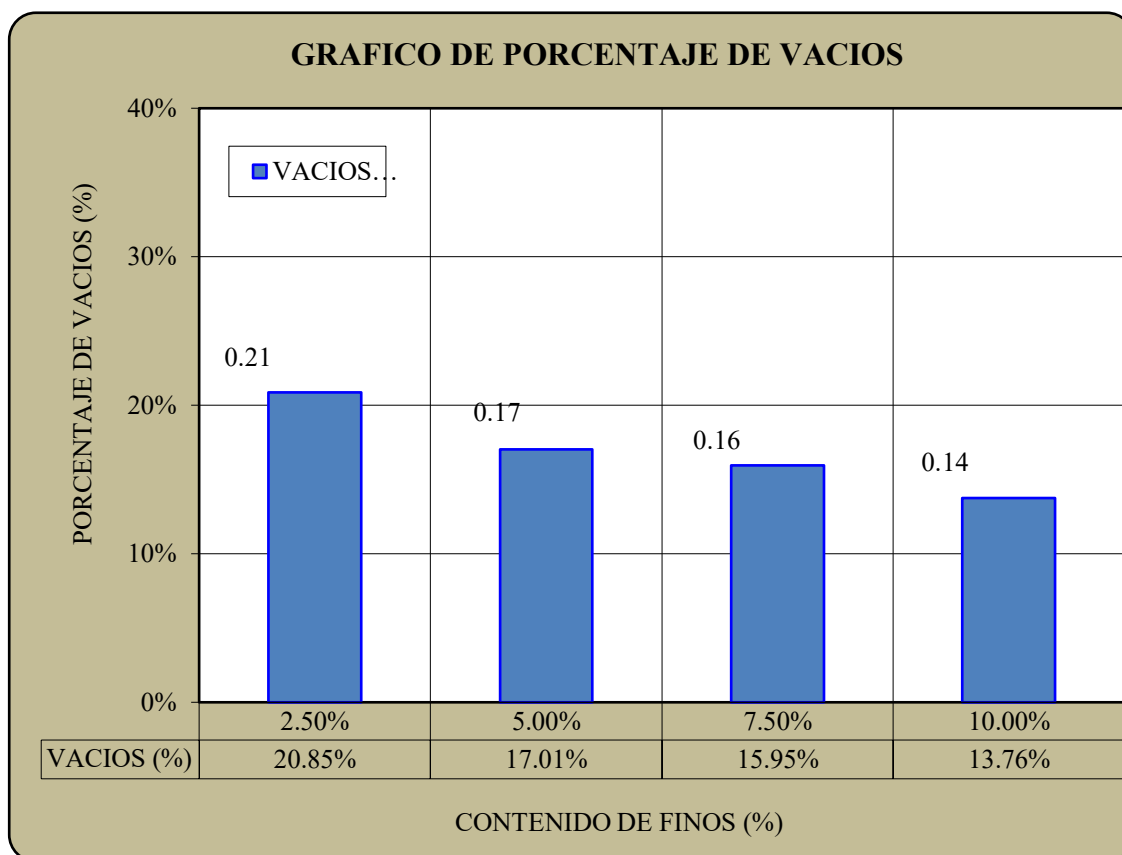
La ACI 522R – 10 menciona que el contenido de vacíos debe ser  $\geq$  al 15% en volumen para que exista una percolación significativa e interconexión de los poros para permitir una tasa de filtración rápida. En el diseño de mezclas patrón se planteó 15% de vacíos para todos los testigos. En los resultados se demuestra que ciertamente el contenido de vacíos se acerca al diseño de mezcla patrón propuesto, además se sabe que mientras menor sea la cantidad de agregado fino mayor será del % de vacíos, el cual también cumple con la normativa en mención, graficados en la figura 71.

Tabla 97. Resultados de % de Vacíos

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	VACÍOS (%)	20.85%	17.01%	15.95%	13.76%

Fuente: Propia

Figura 71. Gráfico de % de vacíos real de las probetas



Fuente: Propia

✓ Propiedades mecánicas del concreto permeable

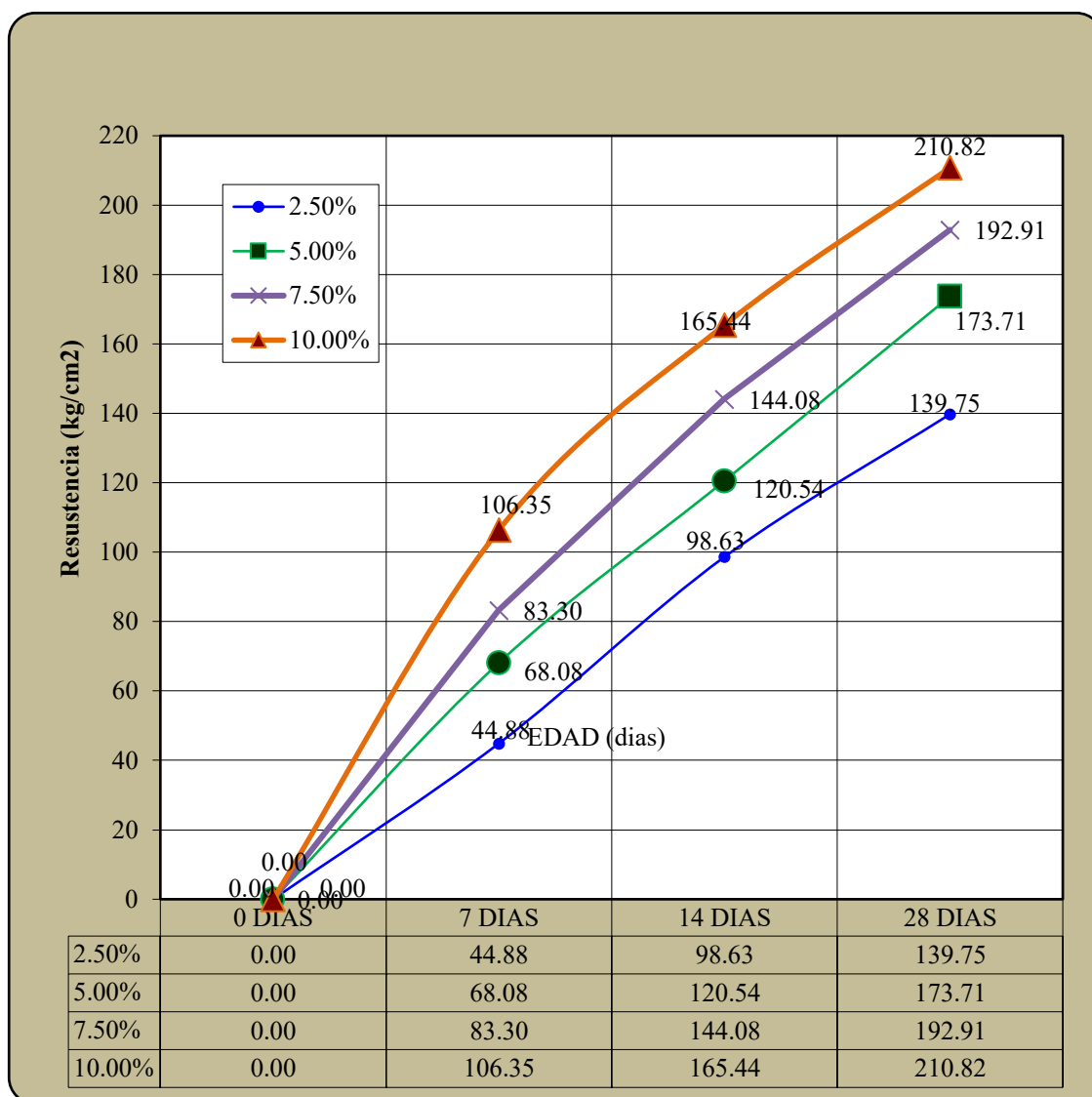
a)  $f_c$

Tabla 98. Resultados de  $f_c$  a los 7,14 y 28 días de edad

PROBETAS DE CONCRETO PERMEABLE					
CONTENIDO DE FINOS		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
N°	EDAD	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
	0 DÍAS	0.00	0.00	0.00	0.00
1	7 DÍAS	44.88	68.08	83.30	106.35
2	14 DÍAS	98.63	120.54	144.08	165.44
3	28 DÍAS	139.75	173.71	192.91	210.82

Fuente: Propia

Figura 72. Gráfico comparativo de  $f_c$  a los 7,14 y 28 días de edad



Fuente: Propia

La norma técnica, CE.010 Pavimentos urbanos, menciona que los pavimentos elaborados de concreto de cemento portland debe cumplir con una resistencia a la compresión  $f_c \geq 175 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 99. Resistencia a compresión mínima de concreto de cemento portland

Elemento		Tipo de Pavimento	
		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar	
		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 40 mm)	
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*	
	Concreto de cemento Portland	$f_c \geq 175 \text{ Kg/cm}^2$ (17,5 MPa)	
	Adoquines	$f_c \geq 320 \text{ Kg/cm}^2$ (32 MPa)	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: (CE.010 Pavimentos Urbanos 2016)

Por otro lado, el mismo reglamento indica que un pavimento de tipo I compuesto por adoquines ( $e=40\text{mm}$ ) para pavimentos de uso peatonal, debe alcanzar la resistencia mínima de 28 MPa, tal como indica la tabla 100.

Tabla 100. Resistencia a la compresión minina establecida

TIPO	ESPEJOR (mm)	PROMEDIO* (MPa)	MINIMO* (MPa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	$\geq 80$	55	50

Fuente: (Anderson 2021)(16)

Se prosigue a convertir los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 28 días de edad, detallados en la tabla siguiente.

Tabla 101.  $F'c$  a los 28 días en MPa.

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	139.75	173.71	192.91	210.82
2	Resistencia a la compresión (Mpa)	13.72	17.05	18.92	20.65

Fuente: Propia

Entonces, la norma C.E 010 – Pavimentos Urbanos indica que, es requisito mínimo de resistencia a la compresión de 175 kg/cm<sup>2</sup> para pavimentos especiales (aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías). Sin embargo, se debe tener en cuenta que al tránsito de los vehículos al encontrar zonas más rígidas que otras podrían fallar las losas de concreto permeable. Por lo que, se considerará apropiado solo el espécimen que tiene el 10.0% en volumen de agregado fino, el cual equivalente a 148.78 kg/m<sup>3</sup> (465.76 de cemento, 1339.01 de agregado grueso, 139.73 de agua, 5.00 de sika fume, todas en kg/m<sup>3</sup>) alcanzó la resistencia de 210.82 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, el cual cumple con los parámetros que indica la normativa de diseño de pavimentos urbanos y AASHTO – 93.

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	139.75	173.71	192.91	210.82
2	Resistencia a la compresión (MPa)	13.72	17.05	18.92	20.65

b) Mr

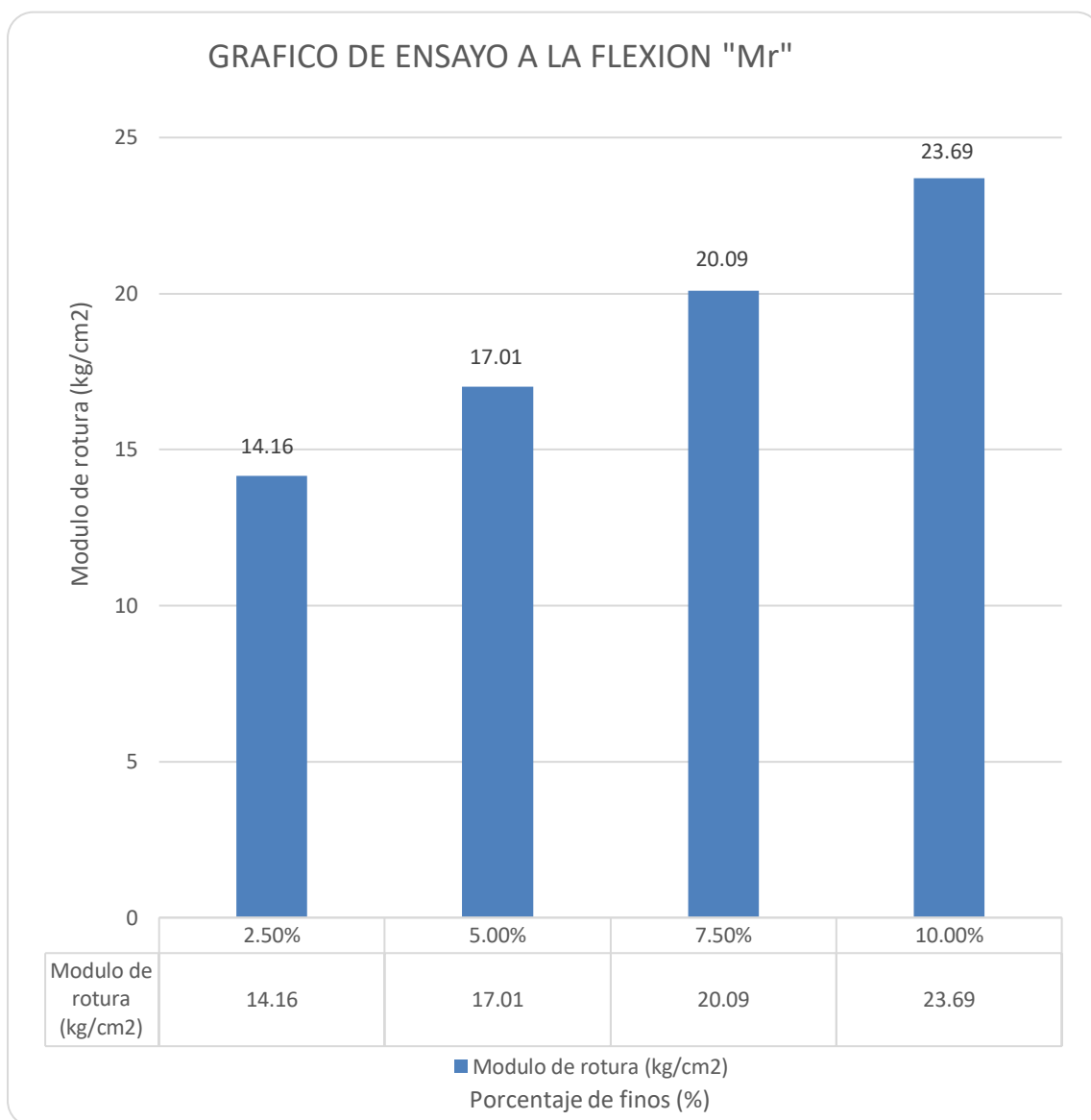
Tabla 102. Resumen de resultados de Mr.

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	14.16	17.01	20.09	23.69

Fuente: Propia



Tabla 103. Gráfico de Mr. obtenidos.



*Fuente: Propia*

La ACI 522R-10 indica que se obtiene una resistencia a la tracción de 3 MPa para un concreto permeable. También, la ACI 363 establece que para una resistencia a la compresión equivalente a  $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$  se tiene la resistencia mínima a flexotracción del concreto "Mr" por interpolación de  $33 \text{ kg/cm}^2$  (rango de tráfico  $\leq 5,000,000.00$ ). De los cuales se determina que la viga que contiene 10.00% de agregado fino en volumen con edad de 28 días, es el que se aproxima y tiene una ligera diferencia a lo establecido a diferencia de las demás vigas expuestas, concluyendo la misma interpretación según ambos reglamentos representados en la tabla 104.

Tabla 104. Resumen de resultados en kg/cm<sup>2</sup> y MPa "Mr"

N°	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE FINOS			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	14.16	17.01	20.09	23.69
2	Módulo de rotura (MPa)	1.39	1.67	1.97	2.32

Fuente: Propia

c) Permeabilidad “K”

De la tabla 104, se interpreta que el espécimen que contiene 2.5% de agregado fino en volumen es el que alcanzo mayor tasa de filtración de 0.531 cm/s. Asimismo la ACI 522R – 10 menciona que, para tener una permeabilidad debe ser igual a 36 l/m<sup>2</sup>/s. Entonces, se procedió a convertir las unidades de cm/s a l/m<sup>2</sup>/s para ser evaluadas y se lectura en la tabla 106.

Tabla 105. Resumen de prueba calculado mediante el permeámetro en cm/s

N°	DESCRIPCIÓN	PERMEABILIDAD			
		2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
1	Coefficiente de permeabilidad "k" (cm/s)	0.53075529	0.46207751	0.38315412	0.28968611

Fuente: Propia

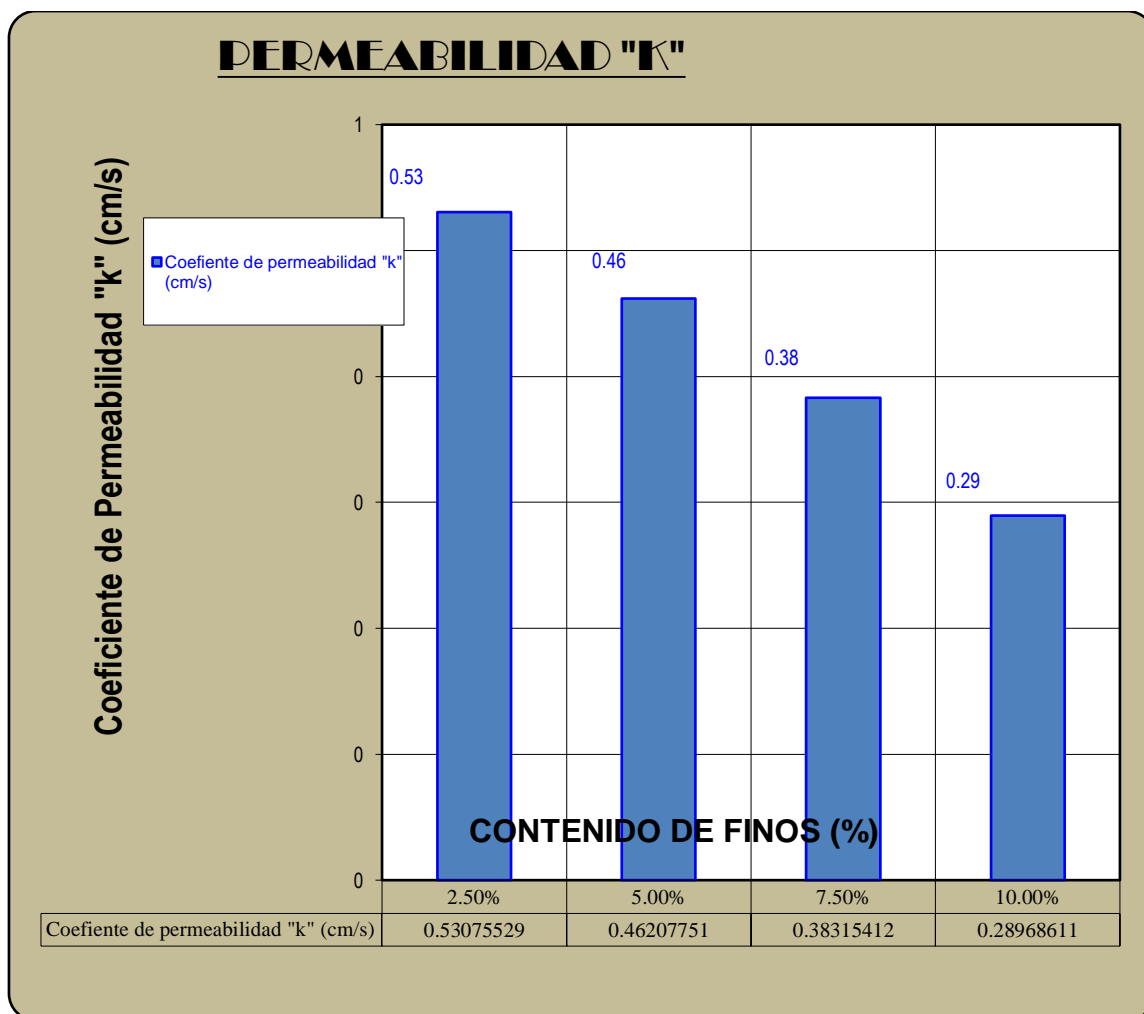
Tabla 106. Resumen de resultado de permeabilidad en l/m<sup>2</sup>/s

Ítem	DESCRIPCIÓN	$k_{20}$	$L$	$h$	Tasa de filtración
		(cm/s)	(cm)	(cm)	(l/m <sup>2</sup> /s)
1	Concreto permeable (2.5% F)	0.530755286	15.00	108.00	38.21
2	Concreto permeable (5.0% F)	0.46207751	15.00	108.00	33.27
3	Concreto permeable (7.5% F)	0.383154118	15.00	108.00	27.59
4	Concreto permeable (10.0% F)	0.289686108	15.00	108.00	20.86

Fuente: Propia

De la tabla anterior obtenida indica que el espécimen con 2.5% y 5.0% de agregado fino en volumen obtuvieron mayor permeabilidad de 38.21 l/m<sup>2</sup>/s y 33.27 l/m<sup>2</sup>/s respectivamente. Recordemos que, para tener una permeabilidad eficiente debe ser igual a 36 l/m<sup>2</sup>/s. Entonces, los dos primeros especímenes desarrollaron una tasa de filtración eficiente. Por otro lado, los dos últimos especímenes obtuvieron una permeabilidad buena porque se encuentra dentro de los valores que estipula el ACI.

Figura 73. Gráfico comparativo de permeabilidad en cm/s



*Fuente: Propia*

Finalmente, interpretando la resistencia a los esfuerzos obtenidos y la permeabilidad en relación al % de vacíos se determina que, el espécimen con “10.00% de agregado fino” en volumen alcanzó cumplir estas propiedades eficientemente mostrada en la tabla 107.

*Tabla 107. Proporción eficiente con dosificación de 10% de finos en volumen*

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA CON 7.5 % DE FINOS
	m <sup>3</sup>
CEMENTO	0.15
AGREGADO FINO	0.05
AGREGADO GRUESO	0.46
AGUA	0.14
ADITIVO (SIKA FUME)	0.05
AIRE	0.15

*Fuente: Propia*

Asimismo, el espécimen con “7.5% de agregado fino” en volumen alcanzó cumplir parcialmente las propiedades, debido que, su resistencia a la compresión a los 28

días de edad fue de 192.90 kg/cm<sup>2</sup>, el cual tiene una diferencia mínima al valor deseado. Cabe destacar que, en cuanto a la permeabilidad se aproxima aún más al valor establecido en la normativa. Por ello, se determina como una dosificación regular, detallados en la tabla 108.

Tabla 108. *Proporción eficiente con dosificación de 7.5% de finos en volumen*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DISEÑO DE MEZCLA CON 7.5 % DE FINOS</b>
	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>CEMENTO</b>	0.14
<b>AGREGADO FINO</b>	0.04
<b>AGREGADO GRUESO</b>	0.48
<b>AGUA</b>	0.14
<b>ADITIVO (SIKA FUME)</b>	0.05
<b>AIRE</b>	0.15

*Fuente: Propia*

La investigación realizada por (Davila Hurtado 2021) Inicialmente, se logró una resistencia a la compresión de 206 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón sin utilizar aditivos, empleando el tamiz de 3/8". Luego, se incorporó el aditivo Sika fume en una proporción del 7% respecto al peso del cemento y, con la adición de piedras de 3/8", se alcanzó una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, una resistencia a la flexión de 34.50 kg/cm<sup>2</sup> y una permeabilidad de 0.141m/s. En otra instancia, (Carmen 2022) Para la determinación de las propiedades del concreto, se aplicó el huso 67 de la ACI 522R-10, que resultó en una resistencia a la compresión de 194.20 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días sin adición de aditivos. En cuanto a la resistencia a la flexión, se logró alcanzar únicamente 22.32 kg/cm<sup>2</sup>, y la permeabilidad se estableció en 0.071 m/s. En la etapa final, se tomaron en consideración las especificaciones técnicas para el concreto y se procedió con.

(SikaPeru 2021) Al implementar una adición mínima del 7% de aditivo Sika fume, se pudo alcanzar una resistencia a la compresión superior a 210.00 kg/cm<sup>2</sup>, lo que demuestra una relación coherente con los datos obtenidos en esta investigación. No obstante, es relevante destacar que se observó una pequeña variación en los resultados del parámetro "Mr" con respecto a lo establecido en la norma ACI 522R-10. Del Objetivo Especifico N°3

*Determinar la influencia de la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.*

En el presente objetivo, se desea saber el grado de influencia de agua turbia en el proceso de filtración por el geotextil no tejido y por todo el paquete estructural. La ciudad de

Juliaca se diferencia de otras debido a su constante cambio climático, por lo que, en el proceso de escorrentía llevara con ella el material fino que se presente en la superficie del pavimento. En consecuencia, se formará agua turbia, lo que posteriormente colmataría las pequeñas aberturas del geotextil no tejido.

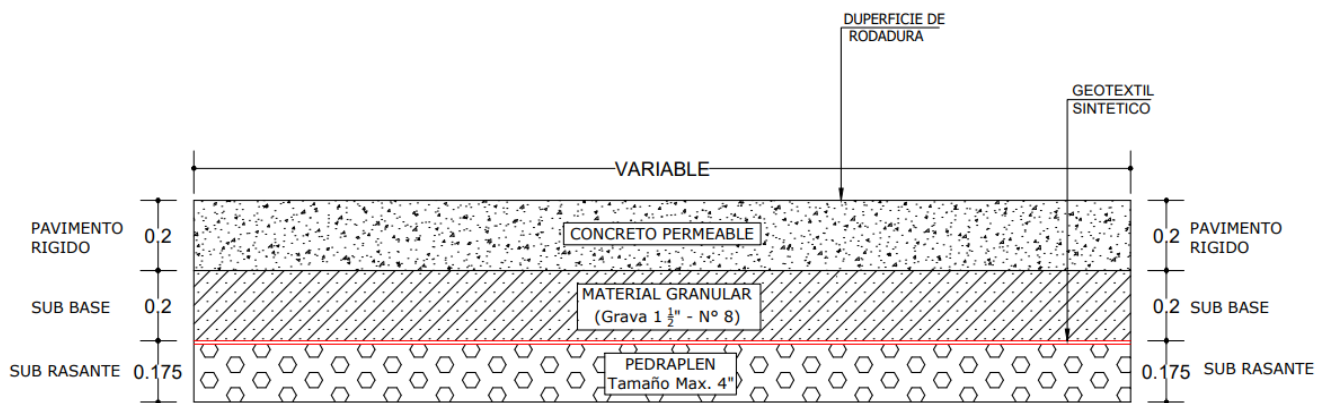
Para ello en la presentación de resultados se detalla los espesores del diseño de pavimento propuesto, a continuación:

Tabla 109. Propuesta de diseño de PPCH

ÍTEM	ELEMENTOS	ESESOR	UNID MED	COMPOSICIÓN
1	Losa de concreto permeable	20.00	cm	AG=3/4" a 3/8" y AF= de 2.5% a 10%
2	Subbase granular	20.00	cm	Grava de 1 1/2" a N° 8
3	Geotextil no tejido	90.00	cm2	filamentos interconectados de 1" a 4"
4	Subrasante	17.50	cm	Pedraplén tam máx. de 4"

Fuente; Propia

Figura 74. Propuesta de diseño de pavimento permeable



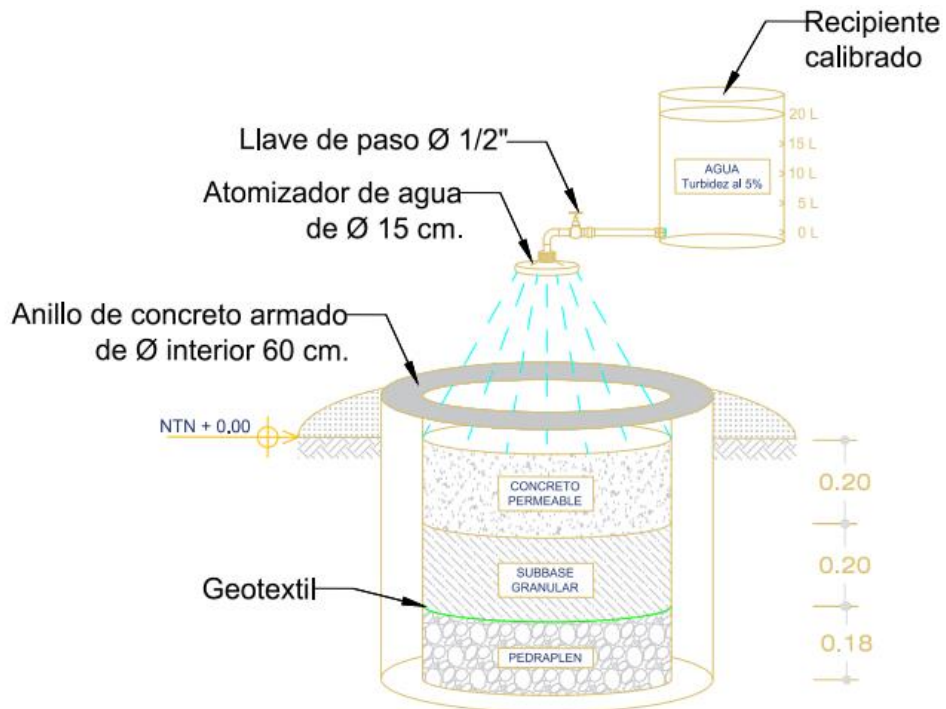
Fuente: Propia

En nuestro país no existe normativa para solucionar la acumulación de aguas de lluvia en sectores urbanos, debido a ello se utilizó la normativa Chilena (Dirección de y Investigaciones Científicas y Tecnológicas. DICTUC 1997)

Un geotextil se define como una capa que cumple la función de prevenir el desplazamiento de materiales finos del subsuelo al subsuelo. Es posible emplear un filtro geotextil o un filtro granular, ambos con el mismo diseño que el filtro granular previo. Se sugiere utilizar geotextiles hechos de materiales sintéticos no tejidos con una permeabilidad de al menos 10 veces la del soporte para las placas filtrantes. En casos en que la estructura no sea concebida como permeable, este filtro será sustituido por una membrana impermeable. Es esencial asegurar que la elección y diseño del geotextil se ajusten de manera adecuada a las características y necesidades del proyecto. Por este motivo se utilizó un geotextil no tejido con apertura aparente media de 0,125 (120) mm ASTM D4751, con permeabilidad de  $38 \cdot 10^2$  cm/s, caudal de 5043 l/min/m<sup>2</sup> y espesor de 2,0 mm que se muestra en el anexo 1. Luego de la prueba de sistema con un volumen

de 20 litros de agua y 5% de sólidos en suspensión por tres veces sobre el prototipo elaborado a escala real respecto a su estructura diseñada (Figura 75)

Figura 75. Funcionamiento del prototipo a escala real



Fuente: Propia

Finalmente, se puede afirmar que la aplicación del geotextil no tejido de material sintético con filamentos interconectados es indispensable y se comprueba que su comportamiento es favorable ya que se realizó un prototipo a escala real y posteriormente una simulación de lluvia (20 litros + 5% de sólidos = Agua turbia en suspensión) por diez veces, donde visualizó que hay diminuta variación de tiempo entre la primera y última prueba, interpretándose que no existe colmatación luego de haber filtrado un total de 200 litros de agua turbia por el geotextil no tejido.

El investigador (Haba 2012) utiliza el Geotextil filtrante para separar la Subbase de gravas compactadas y arena silíceas ya que sin este material disminuiría la capacidad de filtración llenando los espacios vacíos de agregado fino. Por otro lado, (Vela Tafur y Cruz Goñas 2019) proponen el geotextil no tejido con el mismo fin debido al cambio de diámetro del material empleado, además que se encuentra estipulado en el método de diseño Aashto-93. Asimismo, se conoce al distrito de Juliaca como "Ciudad de los Vientos" ya que, en consecuencia, la escorrentía llevará consigo material fino que se encuentre en su curso; es por ello que se optó por conocer la influencia de la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico, realizada la simulación mencionada con 5% de sólidos, se denota que no afecta el proceso de filtración. Sin embargo, se recomienda realizar próximas

investigaciones con mayor cantidad de sólidos y por mayor tiempo para obtener mejores resultados.

#### 4.2.3. Del Objetivo Especifico N°4

*Conocer la influencia del tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.*

Con el propósito de alcanzar este objetivo, se recolectaron muestras representativas de las áreas seleccionadas para la implementación del pavimento permeable de concreto hidráulico. El análisis de estas muestras tenía como objetivo principal determinar la clasificación del suelo, el contenido de humedad y la capacidad de soporte, información crucial para realizar los cálculos estructurales necesarios para el pavimento de concreto hidráulico sin pasadores, tal como se describe en el OE 2. Las muestras extraídas de las calicatas fueron posteriormente llevadas al laboratorio de Mecánica de Suelos para su análisis detallado.

- a) Calicata (C-1): Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac (E: 378516; N:8290019).
- b) Calicata (C-2): Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru (E: 379146; N:8287239)

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos obtenidos:

##### ✓ Contenido de Humedad

Se obtuvo un contenido de humedad promedio de 24.15% respecto a la C-1 y 25.82% respecto a la C-2. Se interpreta que ambas calicatas tienen la humedad parecida.

##### ✓ Limite Liquido

Se realizó el procedimiento dado por el MTC E 110. Ahora, la muestra obtenida de la C-1 tiene un límite líquido de 30.88% y de la C-2 se obtuvo un valor de 35.96%, importante para posteriormente conocer a que clasificación de suelo pertenece y también conocer el índice de plasticidad de terreno natural. Así mismo, según el límite líquido obtenido, menor a 50% corrobora la clasificación de suelo CL (Arcillas inorgánicas de plasticidad media a baja).

##### ✓ Limite Plástico

Se realizó bajo el procedimiento de la normativa MTC E 111. Para la C-1 se obtuvo un límite plástico de 24.30% y para la C-2 se obtuvo 26.75%. Luego, se halló de índice plasticidad mediante la diferencia numérica entre el LL y LP, resultando 6.58% para la C-1 y 9.21% para la C-2. Se sabe que, cuanto mayor es % de índice de plasticidad significa que el suelo requerirá mayor cantidad de humedad para su

cambio de estado semisólido a condición de líquido; quiere decir que el suelo de la C-2 es relativamente más estable que la C-1.

✓ Proctor Modificado

Se realizó según el procedimiento y las fórmulas estipuladas en el MTC E 115. Mediante el ensayo de Proctor Modificado se obtiene la densidad máxima seca del suelo de la C-1 es de 1.564 g/cm<sup>3</sup> y el de la C-2 es de 1.539 g/cm<sup>3</sup>. Los datos obtenidos a un contenido de humedad óptimo de 24.00% y 25.00% respectivamente. Importante para la realización de la evaluación de la compactación del suelo.

✓ CBR

Se realizó según el procedimiento y las fórmulas estipuladas en el MTC E 132, se obtuvo un porcentaje de expansión de 0.86% en la C-1 y 1.14% de expansión en la C-2. Asimismo, se obtuvieron los valores de CBR al 100% de su densidad máxima seca al 14.8% y 13.8% respectivamente. Ambas calicatas superan el 10% de CBR, lo que es favorable para el diseño de pavimento.

✓ Clasificación de Suelos

Se desarrolló mediante la normativa ASTM D422, se obtuvo para la C-1 y C-2 un tipo de suelo ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas limosas o arcillosas con ligera plasticidad) según la metodología SUCS. Asimismo, se obtuvo el mismo resultado de A-4(8) (Suelos Limosos) en ambas calicatas según AASHTO tratándose de un terreno de fundación regular.

(Haba 2012) muestra la tabla 110, para conocer la permeabilidad del suelo según el tipo de suelo obtenido, se sabe que nuestro tipo de suelo es limo arcilloso (tipo de suelo C), con permeabilidad es de 0.13 cm/s, el cual es aceptable según lo que menciona en la ACI 522R-10 (10 cm/s); se interpreta que no generará perjuicios en el proceso de filtración de agua al terreno natural sin alterar el ciclo del agua.

Tabla 110. Permeabilidad según tipo de suelo natural

TIPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	PERMEABILIDAD HIDRÁULICA (cm/s)	FACTOR ESPECÍFICO DE RECARGA
A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con gran capacidad de infiltración, (gravas y arenas)	>1,14	0,38 – 0,40
B	Capacidad moderada de infiltración, (arenas margosas)	0,76 - 0,38	0,26 – 0,25
C	Capacidad reducida y lenta de infiltración, (limos y arcillas margosas)	0,38 – 0,13	0,13 – 0,10
D	Gran potencial de escorrentía. Suelos con tasas de infiltración muy lentas. Muy poco permeables, (arcillas)	0,13 - 0	0,017 - 0

Fuente: (Haba 2012)(10)



La investigación realizada por (Anderson 2021)(16) realizó diferentes pruebas de laboratorio para obtener un tipo de suelo natural limo arcilloso, el cual coincide con la presente investigación. También, el tesista (Sandoval Chambi 2021) Se llevó a cabo un estudio en la ciudad de Juliaca, donde se identificó un tipo de suelo limo arcilloso. Se destaca la importancia de este tipo de suelo debido a sus ventajas estructurales y ecológicas, que son las siguientes: a) Su capacidad para mantener el ciclo del agua al permitir la infiltración hacia las aguas subterráneas, lo cual contribuye a mantener el equilibrio hidrológico; b) La reducción del escurrimiento de las aguas pluviales gracias a su permeabilidad, evitando así el exceso de acumulación en la superficie; c) La prevención de la contaminación de las aguas pluviales al evitar su mezcla con aguas residuales, evitando la contaminación cruzada. Estas características beneficiosas se logran evitando la acumulación de aguas de lluvia en los sistemas de drenaje. En consecuencia, se confirma que el tipo de suelo natural ejerce una influencia determinante en el diseño de pavimentos permeables de concreto hidráulico, ya que el coeficiente de permeabilidad es específico para cada tipo de suelo. De esta forma, el concreto permeable puede ser implementado de manera adecuada según las características del suelo en cuestión. (Aguirre Herrera 2021)(34).

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

##### **5.1.1. Objetivo Especifico N°1**

- En relación al agregado, se utilizó el tamaño de partícula denominado huso #67, que corresponde a una granulometría de 3/4" a N° 4. Esta elección se basa en el cumplimiento de los requisitos de los agregados en términos de propiedades físicas y mecánicas. El uso de este tamaño de agregado garantiza una uniformidad en el concreto permeable una vez que se ha endurecido, lo que lo hace adecuado para soportar el tráfico vehicular y permitir la filtración deseada de las precipitaciones pluviales a través del pavimento.
- La resistencia a la abrasión del agregado grueso resulta favorable ya que se obtuvo un porcentaje de pérdida por desgaste de 25.95 % perteneciente a la cantera Cabanillas.

##### **5.1.2. Objetivo Especifico N°2**

- El haber empleado "10% de agregado fino" con adición de 5% de aditivo sika fume en volumen logró obtener un mejor comportamiento del concreto respecto a la resistencia a los esfuerzos. Así mismo, cumple con la permeabilidad deseada.

- Por otro lado, el diseño de mezclas con “7.5% de agregado fino” en volumen se evalúa como una proporción de dosificación regular ya que su resistencia a la compresión a los 28 días de edad fue 192.90 kg/cm<sup>2</sup>, el cual tiene una mínima diferencia al valor deseado; pero la permeabilidad es aún mayor en comparación a la dosificación con 10% de agregado fino.
- El sistema planteado cumple con los parámetros que demanda la norma ACI 522R – 10, siguiendo el procedimiento para su respectiva dosificación tal como se describe en la tabla 111.

*Tabla 111. Cuadro comparativo entre la normativa y el diseño propuesto*

<b>PARÁMETROS ACI 522R-10</b>	<b>PROPUESTA DE DISEÑO</b>
<b>Agregado grueso ¾” a 3/8” (19.05mm – 9.53mm)</b>	Agregado grueso ¾” a 3/8” (19.05mm – 9.53mm)
<b>Aditivos</b>	Sika fume 5%
<b>Relación agua/ cemento (0.26-0.45)</b>	Relación a/c patrón = 0.30
<b>Contenido de vacío (nulo inferior al 15%)</b>	Contenido de vacío de 13.76% a 15.95%
<b>Resistencia a la Compresión min 210 Kg/cm<sup>2</sup> (ASTM C39)</b>	Resistencia a la Compresión alcanzada 210.48 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la flexión (3 MPa)</b>	Resistencia a la flexión alcanzada 2.32 MPa.
<b>Permeabilidad (0.001 cm/s a 10 cm/s)</b>	Permeabilidad superior a 0.29 cm/s

*Fuente: Propia*

- El sistema planteado cumple con los parámetros que demanda la norma ACI 522R – 10
- Las variaciones máximas que hubo respecto entre los métodos de diseño de mezcla (ACI, Módulo de finura y Walker) respecto a la cantidad de agua, cantidad de agregado fino y agregado grueso fueron de 10.26 L/m<sup>3</sup> (porcentaje de 7.5 % de finos), 15.02 kg/m<sup>3</sup> (porcentaje de 10 % de finos) y 202.21 kg/m<sup>3</sup> (porcentaje de 2.5 % de finos) respectivamente, y en todas los porcentajes de agregados fino (10,7.5,5 y 2.5 ), los datos de cantidad de agregado fino y grueso se tuvo como valores mínimos al método de Walker, pero a la vez teniendo este mismo los mayores datos en la cantidad de agua. Se interpreta que, la ACI 522R – 10 es indispensable para el diseño de mezclas ya que, indica el huso 8 y 67 con porcentajes de agregado fino.

### 5.1.3. Objetivo Especifico N°3

- Para determinar si la presencia de agua turbia influye o no en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico, se desarrolló una simulación a escala 1/100 de toda la estructura sobre el suelo natural detallado en el objetivo N° 4, del cual se concluye que, al emplear geotextil no tejido sintético de un tamaño de abertura promedio aparente de 0.125 (120) mm, con una permeabilidad de 38 \* 10<sup>2</sup> cm/s, una tasa de flujo de 5043 l/min/m<sup>2</sup> y espesor de 2.0 mm no existe

colmatación ya que hubo una diminuta variación de tiempo entre la primera y décima prueba, filtrando un total de 200 litros de agua + 5% de sólidos en suspensión obteniendo un comportamiento favorable.

- Por otro lado, el geotextil no tejido es indispensable para la separación de la subbase y la subrasante a fin de mantener los espacios vacíos para una filtración continua

#### 5.1.4. Objetivo Especifico N°4

- Para conocer la influencia del tipo de suelo, se desarrolló pruebas de laboratorio a las 2 muestras extraídas de las calicatas donde se obtuvo un tipo de suelo ML (limo de baja compresibilidad – más de la mitad del material pasa por la malla número 200) en ambos resultados, en conclusión, será medianamente bueno para el funcionamiento de la estructura del pavimento diseñado, lo que además favorece en la permeabilidad la filtración del agua ya que su permeabilidad es de 0.13 cm/s, pero en comparación a un suelo CL (arcilla de baja compresibilidad) sería más tedioso ya que este se esponjaría.

## 5.2. Recomendaciones

- Para una mejor operatividad del concreto permeable se recomienda la limpieza permanente de la superficie de rodadura a fin de evitar la colmatación con material fino.
- Se recomienda, extraer mayor número de muestras para saber la clasificación de suelo del terreno natural, sobre el cual descansara el paquete estructural diseñado a fin de aumentar la vida útil del pavimento y evaluar mejor su comportamiento frente a las altas precipitaciones pluviales y al tráfico vehicular.
- Se sugiere la implementación de un Manual de diseño para SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) en Perú, similar al existente en Chile la cual debe estar en función de las características que presenta cada departamento, debido que el Perú es un país con cambios climáticos bruscos debido a la presencia de costa, sierra y selva.
- Es recomendable utilizar programas hidrológicos para trazar las cuencas, ya que esto permite obtener una mayor precisión tanto en el área de la cuenca en sí como en las áreas que contribuyen a ella.
- Se sugiere llevar a cabo los diseños utilizando una relación agua/cemento (a/c) de 0.30 (Tipo IP) y un porcentaje de vacíos de 15% a 20%. Estos parámetros de diseño se consideran óptimos para lograr resultados que exhiban altas resistencias tanto a la compresión como a la flexión, así como una permeabilidad adecuada.
- Realizar investigaciones de nivel experimental en función al volumen total de la muestra, es decir; modificando las cantidades de cemento, aditivo y agregados para así lograr tener mezclas más económicas sin alterar la permeabilidad.

- Mayor investigación respecto a los aditivos para así mejorar las propiedades mecánicas de la losa de concreto permeable y a los cambios climáticos del lugar donde se requiera emplear.
- Se recomienda realizar un estudio minucioso sobre los colectores existentes en las avenidas donde se requiera aplicar este pavimento permeable planteado para mayor exactitud de la tasa de filtración y esorrentía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **DIARIO LA RAZÓN, R., 2022.** Inundación en Pakistán deja 800 muertos y millones de afectados - La Razón. 23/08/2022 [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://larazon.pe/inundacion-en-pakistan-deja-800-muertos-y-millones-de-afectados/>.
2. **IQBAL, A., RAHMAN, M.M. y BEECHAM, S., 2022.** Permeable Pavements for Flood Control in Australia: Spatial Analysis of Pavement Design Considering Rainfall and Soil Data. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 4970 [en línea], vol. 14, no. 9, pp. 4970. [Consulta: 18 julio 2022]. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/SU14094970. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/4970/htm>.
3. **CARMEN, A.M., 2022.** Concreto permeable para el control de aguas pluviales en vías urbanas en la ciudad de Abancay, 2019. 2022 [en línea]. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1080>.
4. **EL COMERCIO, 2018.** Lluvias y granizada inundaron las calles de juliaca. 2018 [en línea]. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.bing.com/images/search?q=centro+comercial+n+02+inundado+juliaca&qsn=&form=QBIR&sp=-1&pq=centro+comercial+n+02+inundado+juliaca&sc=0-38&cvid=6AF1455DDC69477D91E1B955366D6D1E&ghsh=0&ghacc=0&first=1&tsc=ImageHoverTitle>.
5. **PERUANO, E., 2021. RESOLUCION MINISTERIAL N° 126-2021-VIVIENDA -** Norma Legal Diario Oficial El Peruano. 24 de Abril de 2021 [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2021/04/24/1947021-1/1947021-1.htm>.
6. **REBOLLEDO CAMARGO, S., 2021.** Evaluación de la viabilidad de implementación de las estructuras de pavimentos permeables, como alternativa de drenaje urbano para el control de escorrentías en la ciudad de Villavicencio. 2021 [en línea]. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/42521>.
7. **OSCAR, I.P., 2013.** El concreto permeable: uso y estándares - CORE Reader. *Diciembre del 2013* [en línea]. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/234020140>.
8. **ESTEBAN, A.B.L.N. y R.A.J., 2021.** Evaluación teórica, aplicaciones y proceso constructivo del Concreto Permeable para ser implementado como capa de rodadura en una vía. *Universidad Militar de Nueva Granada* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38006>.
9. **RIVERA VITOVIZ CARLOS EDUARDO, 2020.** Concreto Permeable como Sistema Alternativo del Pavimento Convencional. *Universidad Antonio Nariño* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <http://186.28.225.13/handle/123456789/2121>.

10. **HABA, E.G., 2012.** Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación en climas mediterráneos. [en línea], [Consulta: 21 julio 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/15383>.
11. **CORDOVA QUEREVALÚ, H.M. y GARCIA GARCIA, J.H., 2021.** Diseño de pavimento permeable como alternativa de drenaje pluvial en la Av. Circunvalación Km. 0+000 - Km. 1+500, Veintiséis de Octubre, Piura, Piura 2021. *Universidad Cesar Vallejo* [en línea]. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87123>.
12. **DAVILA HURTADO, K., 2021.** Propuesta de pavimento permeable de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  incorporando Sika Fume en las propiedades físico mecánico del concreto, Juliaca, 2021. *2021* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/>.
13. **GUILLERMO, P.A.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. *Universidad Continental* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9778>.
14. **VELA TAFUR, E. y CRUZ GOÑAS, L., 2019.** Pavimentos permeables como sistema alternativo para el drenaje urbano en la localidad de Molinopampa, Amazonas, 2018. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM* [en línea], vol. 1, pp. 1-178. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2071>.
15. **TRUJILLO, L.D.N.R., 2018.** Determinación de la permeabilidad y resistencia de un concreto permeable con 10%, 15% y 20% de relación de vacíos - CORE. *2018* [en línea]. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/display/231101721>.
16. **ANDERSON, L.A.R. y L.T., 2021.** Determinacion y evaluacion del concreto permeable en pavimentos de los ambientes de la Universidad Nacional de Ucayali. *2021* [en línea]. [Consulta: 6 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5035>.
17. **CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, 2016.** CE.010 Pavimentos Urbanos DS N° 010-2010 -. *31 de mayo de 2016* [en línea]. [Consulta: 21 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619679-ce-010-pavimentos-urbanos-ds-n-010-2010>.
18. **SANDOVAL CHAMBI, A.N., 2021.** Análisis de diseños de concreto permeable como Alternativa en la construcción de pavimentos Rígidos empleando agregados de La ciudad de Juliaca - 2019. *Alicia - Acceso Libre a Información Científica para la Innovación* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 1-142. [Consulta: 5 octubre 2022]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT\\_d4b07f8dfe42e24756181a105de9c3](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_d4b07f8dfe42e24756181a105de9c3)

dd/Description.

19. **GUZMÁN CAMACHO, C.L., 2016.** Concreto permeable, ventajas y desventajas de su uso en vías urbanas de bajo tránsito, en comparación con el concreto hidráulico convencional como solución a los problemas de inundaciones en zonas aledañas al humedal de Jaboque, localidad de Engativá. *12/12/2016* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15662>.
20. **QUISPE, C.E.F. y CALCINA, I.A.P., 2015.** Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos F'c 175 kg/cm<sup>2</sup> en la Ciudad de Puno. *2015* [en línea]. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/2230>.
21. **ACI 522 R - 10. 2010** [en línea], 2010. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/488188638/ACI-522-R-10>.
22. **ACI 522R-10, 2010.** 522R-10: Report on Pervious Concrete. *03/01/2010* [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/51663557>.
23. **CÁCERES SILUPU, F.G. y CHIRA CHÁVEZ, M.E., 2021.** Evaluación del mejor diseño de mezclas utilizando métodos ACI, Fuller y módulo de fineza en un concreto F'c 210 y 280 KG/CM<sup>2</sup>. *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87122>.
24. **DÍAZ TAPIA, R., 2023.** Comparación de la Resistencia al Diseñar Concretos f'c=210 y 280 Kg/cm<sup>2</sup> con los Métodos ACI, Walker y Módulo de Fineza con Agregados de la Cantera La Victoria de la Ciudad de Chiclayo. *Universidad Nacional de Cajamarca* [en línea], [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5566>.
25. **COTRINA, J., 2017.** Agregado fino y grueso . *Ingenium* [en línea], vol. 02, no. 01. [Consulta: 24 marzo 2023]. DOI 10.18259/ING.2017003. Disponible en: <https://docplayer.es/82673972-Metodo-del-agregado-global-para-el-diseno-de-mezclas-de-concreto.html>.
26. **SIKAPERU, 2021.** SikaFume® | Adiciones para concreto. [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-concreto/aditivos-concreto-premezclado/adiciones-concreto/sikafume.html>.
27. **AASHTO-93, 1993.** CAPITULO I MÉTODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS 1.1 RESUMEN. [en línea], vol. 1, pp. 1-26. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf).
28. **DIRECCIÓN DE y INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS.**

- DICTUC, 1997.** Técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos : guía de diseño. 2019 [en línea]. [Consulta: 5 noviembre 2022]. Disponible en: <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/3721>.
29. **MORALES, C.Z., 2010.** GEOTEXTILES SUBDRENAJE Y BIOINGENIERÍA. 2010 [en línea], vol. 1, pp. 01-28. [Consulta: 1 septiembre 2022]. Disponible en: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51308366/Geotextiles-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1662050288&Signature=GrkhJ9fcs-ZzeuiTbjKBwedvdM-VeSL4DgxzFNivNOUoQfknCjXwu4Hlh8-k5bmBEL69GgJbkWc~yqXogzI~9tGELy-11R7e1PBfrnq6xtlQ4ZIwHnS4PUnyr7iijPT-texNQypaYy~e3xPi>.
30. **LOPEZ, L., GALLARDO, A. y HUAROTO, E., 2021.** Reduction of deflections at the pavement base through the combined use of Non-Woven Geotextiles and Macadam Base. 2021 7th Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias en Ingenieria, CONITI 2021 - Conference Proceedings, DOI 10.1109/CONITI53815.2021.9619746.
31. **TEXDELTA, 2021.** Tipos de geotextiles y composición. [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://texdelta.com/blog/tipos-de-geotextiles-y-composicion/>.
32. **WAVIN, A., 2017.** Geotextil No Tejido - Amanco Geosinteticos. 2017 [en línea]. [Consulta: 1 septiembre 2022]. Disponible en: <https://amancowavingeosinteticos.com/geotextil-no-tejido/>.
33. **GEOACE, 2022.** Geotextil: Tejido y no tejido | GEOACE. 25/06/2022 [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.geoaceperu.com/blog/diferencias-geotextil-tejido-y-no-tejido/>.
34. **AGUIRRE HERRERA, B.A., 2021.** Propuesta de utilización de pavimento de concreto permeable para reducir el efecto de precipitaciones intensas en las calles de Alfonso Ugarte y Miguel Grau, ubicadas en el departamento de Tumbes. 05/02/2021 [en línea]. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655019>.
35. **OS.060, N.M. de V., 2016.** (20) NORMA OS.060 | Jorge Luis Almora León - Academia.edu. 08 de junio del 2016 [en línea]. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33794794/NORMA\\_OS\\_060](https://www.academia.edu/33794794/NORMA_OS_060).
36. **HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., 2014b.** Metodología de la Investigación. Sexta edicion [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/29927112/HERNÁNDEZ\\_SAMPIERI\\_R\\_2010\\_Metodología\\_de\\_la\\_Investigación](https://www.academia.edu/29927112/HERNÁNDEZ_SAMPIERI_R_2010_Metodología_de_la_Investigación).
37. **VENTURA-LEÓN, J.L., 2017.** ¿Población o muestra? *Rev Cubana Salud Pública vol.43 no.4 Ciudad de La Habana oct.-dic. 2017* [en línea]. [Consulta: 21 julio 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0864-34662017000400014&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0864-34662017000400014&script=sci_arttext&tlng=en).



38. **HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., 2014a.** Capítulo 8 Selección de la muestra. [en línea], vol. 6 edición, pp. 634. [Consulta: 22 julio 2022]. DOI <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24762w/4/Selecciondelamuestra.pdf>. Disponible en: [www.elosopanda.com](http://www.elosopanda.com).
39. **ASTM C 39, 2017.** Método de prueba estándar astm c39: resistencia a la compresión de cilindros de hormigón - Humanidades 2023. [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2023]. Disponible en: <https://es.fusedlearning.com/astm-standard-test-method-c39>.

## ANEXOS

### *Acrónimos*

*PPCH: Pavimento Permeable de Concreto Hidráulico.*

*ACI: American Concrete Institute en español Instituto Americano del Concreto.*

*AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials en español Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.*

*ASTM: American Society for Testing and Materials en español Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.*

*MF: Modulo de fineza*

Anexo 01. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente</b>	Control de Deficiencias de Drenaje Pluvial	Es un valor numérico que mediante la estructura o diseño tenga la propiedad de infiltración para reducir la escorrentía del agua procedente de la precipitación natural	Permeabilidad	m/s	Razón o proporcional
			Velocidad de infiltración de agua	m/s	
			ACI 522R-10	global	
<b>Variable Dependiente</b>	Pavimento permeable de concreto hidráulico	Es una estructura compuesta por una capa superior de concreto permeable lo que facilita la capacidad de infiltración y evitan el represamiento de la acumulación de precipitaciones pluviales	% de vacíos	%	Razón o proporcional
			Resistencia a la Compresión	kg/cm <sup>2</sup>	
			Resistencia a la flexión	kg/cm <sup>2</sup>	

Anexo 02. Matriz de Consistencia

**Título de la Investigación:** Propuesta de Diseño de Pavimento Permeable de Concreto Hidráulico para el Control de Deficiencias de Drenaje Pluvial en Pavimentos Urbanos Puno 2022

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODOS	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
PG1: ¿En qué medida el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico podría mejorar el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca?	OG.1: Determinar si el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico podría mejorar el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.	HG.1: La propuesta de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico mejorará el control de deficiencias de drenaje pluvial en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.	VD= Propiedades físicas y mecánicas del pavimento permeable de concreto hidráulico.	Permeabilidad  Velocidad de infiltración de agua  ACI 522R-10	m/s  m/s  Global	<b>Enfoque</b>  Cuantitativo (Medición numérica)  <b>Tipo de Investigación</b>  Aplicada	<b>Población:</b>  Pavimento rígido en las vías urbanas de la provincia de San Román, departamento de Puno.  <b>Muestra:</b>  Centro comercial N° 2	<b>TÉCNICAS:</b>  Ensayos de laboratorio.  Muestreo de terreno de fundación. (Guías y formatos)  Apunte y fotografías  Pruebas estandarizadas
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b>	VI=					

<p>PE1.: ¿Qué parámetros deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas?</p> <p>PE2.: ¿Cuál será la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca?</p> <p>PE3.: ¿En qué medida influirá la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico?</p> <p>PE4.: ¿De qué forma influirá el tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca?</p>	<p>OE1.: Determinar los parámetros que deberá cumplir los agregados para el diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.</p> <p>OE2.: Hallar la proporción adecuada de materiales para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.</p> <p>OE3.: Determinar la influencia de la presencia de agua turbia en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.</p> <p>OE4.: Conocer la influencia del tipo de suelo natural en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>HE1. Los agregados cumplen con los parámetros de diseño de pavimento permeable de concreto hidráulico según especificaciones normadas.</p> <p>HE2.: La proporción de materiales es adecuada para la dosificación de diseño de concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.</p> <p>HE3.: La presencia de agua turbia influye en el proceso de filtración por la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico.</p> <p>HE4.: El estado actual del tipo de suelo natural influye en el funcionamiento de la estructura del pavimento permeable de concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>1. Granulometría del agregado.</p> <p>2. Geotextil</p> <p>3. Pedraplén.</p>	<p>% de vacíos</p> <p>Resistencia a la Compresión</p> <p>Resistencia a la flexión (Kg/cm2)</p>	<p>%</p> <p>kg/cm2</p> <p>kg/cm2</p>	<p><b>Nivel:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño:</b> Cuasiexperimental.</p>	<p>(Calicata 1 en el Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac) y el mercado Tupac Amaru (Calicata 2 en el Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru).</p>	<p><b>ENSAYOS DE LABORATORIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de mezclas</li> <li>• Prueba de resistencia a la compresión simple</li> <li>• Equivalente de arena</li> <li>• Abrasión Los Ángeles</li> <li>• Prueba de permeabilidad</li> <li>• CBR</li> <li>• Densidad natural</li> <li>• Proctor modificado</li> <li>• Análisis granulométrico</li> <li>• Limite líquido</li> <li>• Limite plástico</li> <li>• Clasificación SUCS</li> </ul>
--	--	---	--	--	--------------------------------------	---	---	---

*Anexo 03. Especificaciones Técnicas*  
***Geotextil No Tejido***

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Resistencia a la Tensión													
Método Grab	ASTM D4632	N (lb)	450 (101)	540 (121)	580 (130)	750 (169)	830 (187)	1080 (243)	1255 (283)	1410 (320)	1720 (391)	510 (115)	600 (135)
Elongación		%	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50
Método CBR													
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D6241	kN (lb)	1.2 (270)	1.6 (360)	1.7 (382)	2.1 (472)	2.4 (540)	3.1 (697)	3.4 (764)	4.1 (922)	5.4 (1214)		
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	190 (43)	220 (49)	240 (54)	290 (65)	315 (71)	380 (86)	420 (94)	540 (123)	600 (136)	210 (47)	250 (56)
PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm (Tamiz)	0.180 (80)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.125 (120)	0.125 (120)	0.090 (170)	0.090 (170)	0.090 (170)	0.090 (170)		
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	46x 10 <sup>-2</sup>	42x 10 <sup>-2</sup>	38 x 10 <sup>-2</sup>	38 x 10 <sup>-2</sup>	35 x 10 <sup>-2</sup>	28 x 10 <sup>-2</sup>	26 x 10 <sup>-2</sup>	22 x 10 <sup>-2</sup>	15 x 10 <sup>-2</sup>		
Permitividad	ASTM D4491	s <sup>-1</sup>	2.9	2.5	2.2	1.9	1.8	1.2	1.1	0.7	0.5		
Tasa de Flujo	ASTM D4491	l/min/m <sup>2</sup>	8109	6620	6120	5043	4890	3440	3160	2284	2060		
Retención de Asfalto	ASTM D6140	l/m <sup>2</sup>										1.0	1.0
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Espesor	ASTM D5199	mm	1.6	1.7	1.7	2.0	2.0	2.3	2.4	3.1	3.2	1.5	1.7
Resistencia UV @ 500 hr	ASTM D4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
Punto de Fusión	ASTM D276	°C										150	150
Rollo Ancho	Medido	m	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.8	3.8
Rollo Largo	Medido	m	160	150	130	120	120	130	120	100	80	180	150
Rollo Área	Calculado	m <sup>2</sup>	560 • 608 • 640	525 • 570 • 600	455 • 494 • 520	420 • 456 • 480	420 • 456 • 480	455 • 494 • 520	420 • 456 • 480	350 • 380 • 400	280 • 304 • 320	684	570
FUNCIÓN DEL GEOTEXTIL			NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Filtración			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Drenaje			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Protección			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Separación						✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Estabilización								✓	✓	✓	✓		
Repavimentación												✓	✓

Fuente: (Wavin 2017)

*Especificaciones Técnicas de Sika Fume*



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# SikaFume®

Adición mineral - Microsilíce

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de silíce.

### USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requirieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de silíce forma un enlace químico con la cal libre (CaOH<sub>2</sub>). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

- Alta estabilidad del hormigón fresco.
  - Mayor durabilidad.
  - Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.
  - Mayores resistencias finales.
  - Mayor resistencia a la abrasión.
  - Mayor estanqueidad en el concreto endurecido.
  - Reducción a la penetración de cloruros.
- SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

### CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
<b>Vida Útil</b>	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	Almacenamiento en un ambiente seco.
<b>Apariencia / Color</b>	polvo gris o crema
<b>Specific gravity</b>	Peso específico: 2.200 kg/m <sup>3</sup>

### INFORMACIÓN TÉCNICA

**Guía de Vaciado de Concreto** Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-

**Hoja De Datos Del Producto**  
SikaFume®

Marzo 2022, Versión 01.03  
02149303000000079



ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.

Cuando se usa Sikafume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.

Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.

---

**Compatibilidad**

Compatible con todos los productos Sika.

---

**Condiciones de Curado**

---

**INFORMACIÓN DE APLICACIÓN**

---

**Dosificación Recomendada**

5 - 10% en peso de cemento.

---

**NOTAS**

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

**ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD**

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

**INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN****MEZCLADO**

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

**RESTRICCIONES LOCALES**

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

**NOTAS LEGALES**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

**Sika Perú**  
Habilitación Industrial  
ELUCURMO M.Z. "B" Lote 6  
Lurín, Lima  
Tel. (5 11) 6 18-6060

**Hoja De Datos Del Producto**  
Sikafume®  
Marzo 2022, Versión 01.03  
02140303.10000000.19

Sikafume-es-PE (03-2022)-1-3.pdf



## ALMACENAMIENTO

Mantener en sitio fresco y bajo techo, conservando el producto en el envase original bien cerrado.

**Sika® Fume** no es afectado por congelamiento.

## TIEMPO DE VIDA UTIL

Como se indica en el envase.

## PRESENTACION

- Saco 25 kg (envase hidrosoluble)

## DATOS TECNICOS

**DENSIDAD** 2.10 a 2.25 kg/dm<sup>3</sup>

**NORMA** ■ ASTM C1240

## APLICACION

### CONSUMO

**Sika® Fume** se utiliza habitualmente en dosis comprendidas entre 2% y 10% con relación al peso del cemento. Para obtener el mejor resultado siempre aplicar en conjunto con Sikament® o Visco Crete®.

La dosis exacta debe determinarse mediante ensayos previos con los materiales a utilizar en obra.

## METODO DE APLICACION

Agregar el producto a la mezcladora junto con el cemento y mezclar un mínimo de 90 segundos.

La cantidad de agua debe ser ajustada según la dosis de **Sika® Fume**, la dosis de super-plastificante y la consistencia final requerida.

## NOTAS SOBRE APLICACION

- El horrión con **Sika® Fume** debe ser manipulado y colocado en la misma forma que un horrión convencional.
- Debe observarse cuidadosamente la buena práctica de horriónado y aplicar un método apropiado de curado inmediatamente después de la colocación.

## LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS

Una vez utilizados los equipos se los lava con agua limpia hasta que esta salga clara del atomizador.

## NOTAS

Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias que escapan de nuestro control.

## RESTRICCIONES LOCALES

Ha de tenerse en cuenta que como resultado de las legislaciones locales específicas, la ejecución de presente producto puede variar de país a país.

Consulte la Ficha Técnica y Hoja de Seguridad local más reciente previo a cualquier uso. Disponibles en la compañía Sika Local y/o en su respectiva página web.

### HOJA TECNICA

Sika® Fume  
09-09-19, VERSION 5  
Document ID 1140301000000000

### SIKA BOLIVIA S.A.

Línea Central: 800-42-9090 <http://boliviasika.com>

Anexo 04. Instrumentos de recolección de datos

<b>DATOS ESTACIÓN METEOROLÓGICA SENAHMI - CABANILLAS</b>														
<b>Estación:</b>	Cabanillas				<b>Coordenadas UTM</b>				Latitud:	-70.14	Altitud:	3830 msnm		
<b>Depto.:</b>	Puno								Longitud:	-15.43				
<b>Año</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Máximo</b>	
<b>1980</b>	1.96	2.92	5.43	0.27	0.16	0.00	0.06	1.05	1.29	1.67	1.93	1.49	5.43	Marzo
<b>1981</b>	4.11	5.31	5.20	1.60	0.00	0.00	0.03	0.72	0.33	0.60	1.22	1.18	5.31	Febrero
<b>1982</b>	3.35	4.14	3.62	1.25	0.23	0.03	0.08	0.24	1.67	1.79	1.18	0.74	4.14	Febrero
<b>1983</b>	0.84	1.39	0.56	0.27	0.19	0.09	0.00	0.10	0.30	0.48	1.02	2.23	2.23	Diciembre
<b>1984</b>	7.32	8.18	4.06	1.12	0.69	0.00	0.10	0.29	0.25	1.34	2.98	-26.70	8.18	Febrero
<b>1985</b>	3.73	6.45	3.08	3.26	0.19	0.73	0.00	0.10	1.05	1.23	3.33	4.60	6.45	Febrero
<b>1986</b>	4.23	8.36	5.44	3.01	0.04	0.00	0.35	0.05	0.87	0.21	1.05	4.49	8.36	Febrero
<b>1987</b>	5.08	2.83	1.76	0.32	0.00	0.03	0.25	0.05	0.30	0.89	3.72	2.28	5.08	Enero
<b>1988</b>	8.83	3.21	5.11	2.24	0.56	0.00	0.00	0.00	0.73	1.81	0.00	4.61	8.83	Enero
<b>1989</b>	6.29	1.89	2.96	2.95	0.00	0.05	0.00	0.15	0.20	0.11	1.33	1.97	6.29	Enero
<b>1990</b>	5.56	0.84	1.59	0.45	0.08	1.14	0.00	0.32	0.03	3.64	4.33	3.29	5.56	Enero
<b>1991</b>	3.43	5.15	3.82	2.34	0.19	1.19	0.00	0.00	0.21	0.45	1.02	1.98	5.15	Febrero
<b>1992</b>	3.45	2.59	0.92	0.28	0.00	0.09	0.07	1.00	0.00	1.53	0.91	2.09	3.45	Enero
<b>1993</b>	4.75	2.41	3.11	2.32	0.10	0.00	0.00	0.85	0.32	3.66	2.77	3.79	4.75	Enero
<b>1994</b>	4.32	3.76	5.23	3.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.46	1.71	3.16	5.23	Marzo
<b>1995</b>	4.06	2.52	3.23	0.17	0.00	0.00	0.00	0.01	0.55	0.32	1.09	1.78	4.06	Enero
<b>1996</b>	6.65	3.54	1.85	1.26	0.06	0.00	0.06	0.57	0.34	0.46	1.93	5.34	6.65	Enero
<b>1997</b>	5.11	8.67	5.16	2.50	0.12	0.00	0.00	0.72	1.55	1.23	3.44	2.85	8.67	Febrero

<b>1998</b>	4.90	6.00	3.56	0.56	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	1.54	2.05	1.38	6.00	Febrero
<b>1999</b>	3.09	4.23	3.62	3.48	0.17	0.00	0.06	0.06	0.73	3.35	0.10	3.07	4.23	Febrero
<b>2000</b>	4.34	7.65	4.30	1.06	0.02	0.00	0.00	0.22	0.53	3.82	0.45	3.56	7.65	Febrero
<b>2001</b>	8.84	8.02	2.52	2.13	0.37	0.03	0.01	0.54	0.72	2.30	1.23	1.70	8.84	Enero
<b>2002</b>	3.02	5.96	5.18	4.19	0.93	0.21	0.52	0.74	0.29	3.75	2.60	3.40	5.96	Febrero
<b>2003</b>	7.01	3.30	3.76	0.74	0.35	0.09	0.00	0.03	0.56	0.45	2.27	4.39	7.01	Enero
<b>2004</b>	6.23	3.45	2.63	1.14	0.27	0.02	0.25	0.59	0.43	0.09	1.02	1.88	6.23	Enero
<b>2005</b>	2.43	9.49	2.71	1.66	0.00	0.00	0.00	0.02	0.19	0.99	2.35	2.58	9.49	Febrero
<b>2006</b>	7.43	3.83	4.29	1.66	0.00	0.02	0.00	0.09	1.47	1.23	2.01	2.23	7.43	Enero
<b>2007</b>	2.20	3.76	8.66	2.25	0.08	0.00	0.03	0.00	2.51	1.31	3.25	2.64	8.66	Marzo
<b>2008</b>	8.60	2.57	2.10	0.21	0.00	0.01	0.00	0.02	0.06	1.13	2.34	4.95	8.60	Enero
<b>2009</b>	2.86	4.28	3.59	0.82	0.00	0.00	0.05	0.02	0.05	0.92	5.09	2.94	5.09	Noviembre
<b>2010</b>	4.86	4.48	2.15	0.95	0.31	0.00	0.02	0.00	0.08	0.68	1.19	5.90	5.90	Diciembre
<b>2011</b>	2.58	6.52	4.32	1.38	0.05	0.00	0.16	0.14	1.07	0.96	2.54	7.71	7.71	Diciembre
<b>2012</b>	5.33	7.45	5.32	1.66	0.00	0.00	0.00	0.09	0.11	0.52	1.55	6.15	7.45	Febrero
<b>2013</b>	5.77	6.09	1.71	0.36	0.25	0.30	0.25	0.16	0.27	1.62	1.74	4.43	6.09	Febrero
<b>2014</b>	4.61	-99.90	1.72	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.88	1.97	2.49	4.61	Enero
<b>2015</b>	5.37	3.46	3.28	2.33	0.16	0.00	0.00	0.00	0.47	0.75	1.66	4.85	5.37	Enero
<b>2016</b>	2.24	5.70	2.52	0.10	1.00	0.00	0.00	0.03	0.32	0.71	1.63	1.96	5.70	Febrero
<b>2017</b>	2.30	3.31	4.80	0.24	0.44	0.02	0.31	0.50	1.33	1.03	0.14	4.23	4.80	Marzo
<b>2018</b>	3.09	5.81	1.69	0.29	0.52	0.13	0.07	0.00	0.72	1.35	4.52	1.81	5.81	Febrero
<b>2019</b>	5.40	-0.20	1.79	0.78	0.00	0.02	0.10	0.00	0.15	0.52	1.98	1.33	5.40	Enero
<b>2020</b>	2.80	4.34	4.85	0.95	0.12	0.00	0.00	0.00	0.44	0.82	0.40	4.01	4.85	Marzo
<b>2021</b>	2.95	7.80	0.94	0.51	0.35	0.00	0.00	0.13	0.00	0.59	1.89	2.81	7.80	Febrero

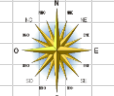
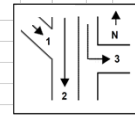
2022	7.25	2.96	5.87	1.21	0.20	0.00	0.00	.	.	.	.	.	7.25	Enero
------	------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	------	-------

Fuente: Datos Hidrológicos de SENAMHI - Estación Juliaca (1980-2022) en mm





















Consulta: 29/08/2022

Estudio de tráfico

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA																																																							
INTERSECCION:		Jr. Lima / Jr. Huayna Capac / Jr. Huascar																																																					
AFORADOR:		Pacco Apaza Alexander																																																					
FECHA:		06/08/2020						DIA:						Lunes																																									
HORA DE INICIO:		05:00.00. a.m.						HORA FINAL:						12.00.00 .pm.																																									
SENTIDO:																																																							
HORA	AUTO O STATION WAGON	CAMIONETAS						MICRO O BUS MEDIANO						BUS						CAMION						SEMITRAYLER						TRAYLER						VEHICULO MENOR						PEATONES											
		PICK UP O PANEL			RURAL Combi			2E			>=3E			2E			3E			>=4E			2S1/2S2		2S3		3S1/3S2		>=3S3		2T2		2T3		3T2		>=3T3		Mobtraxi			Mots lineal					No Mobtrizado			Tricidos y bicicletas					
DIAGRA. VEH.		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	5:00-6:00	5	0	0	0	0	13	0	0	8	9	0	8	2	0	0	4	6	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	6:00-7:00	0	0	0	4	8	7	0	5	11	0	5	4	0	2	0	0	9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	7:00-8:00	0	0	0	5	9	0	7	4	0	9	10	0	2	6	0	2	0	5	8	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	8:00-9:00	0	0	0	6	9	0	5	6	0	5	7	0	2	2	0	0	0	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	9:00-10:00	0	0	0	3	9	0	8	13	0	0	0	0	0	5	0	3	0	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10:00-11:00	8	8	0	4	2	0	7	20	0	1	11	0	5	8	0	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	11:00-12:00	8	9	0	2	3	0	8	4	0	1	4	0	4	4	0	4	0	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	12:00-13:00	7	8	0	3	5	0	12	19	0	2	5	0	4	1	0	0	0	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13:00-14:00	8	8	0	4	6	0	7	14	0	1	0	0	4	12	0	6	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	14:00-15:00	8	9	0	2	4	0	5	4	0	1	2	0	1	8	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	15:00-16:00	7	8	0	3	5	0	10	12	0	2	0	0	4	6	0	0	0	7	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	16:00-17:00	8	8	0	4	2	0	5	12	0	1	0	0	5	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	17:00-18:00	8	9	0	2	3	0	6	10	0	1	4	0	5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	18:00-19:00	3	7	0	5	4	0	8	7	0	2	3	0	2	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	19:00-20:00	8	8	0	4	2	0	7	14	0	1	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	20:00-21:00	8	9	0	2	5	0	6	6	0	1	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	21:00-22:00	3	7	0	2	4	0	7	11	0	2	3	0	2	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18	22:00-23:00	8	8	0	4	8	0	6	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19	23:00-24:00	8	9	0	2	3	0	5	5	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Parcial	105	115	0	61	91	0	140	180	0	45	73	0	55	58	0	2	34	0	18	74	0	32	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1130	Total	220			152			320			118			113			92			79			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0					
	%	19.47%			13.45%			28.32%			10.44%			10.00%			3.19%			8.14%			6.99%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%					

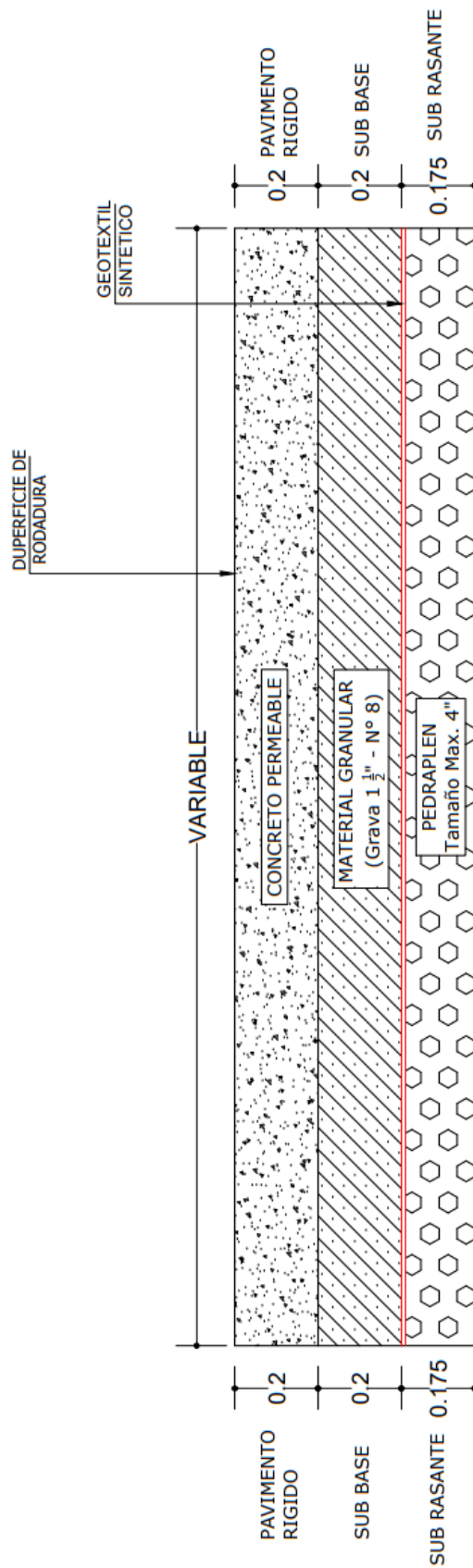


Croquis intersección y movimiento

RESUMEN TOTAL																								
HORA	AUTO O STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO O BUS MEDIANO	BUS			CAMION				SEMITRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR			PEATONES
		PICK UP O PANEL	RURAL Combi			2E	>=3E	2E	3E	>=4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Mozbrizado		No Mozbrizado			
DIAGRA VEH.																								
TOTAL	904	1175	2025	1093	837	39	757	285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278	204	108	348			
IMD	129.14	167.86	289.29	156.14	119.57	5.57	108.14	40.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.71	29.14	15.43	49.71			
7115	%	12.71%	16.51%	28.46%	15.36%	11.76%	0.55%	10.64%	4.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%							

Anexo 05. Constancia de validación de instrumentos de recolección de datos

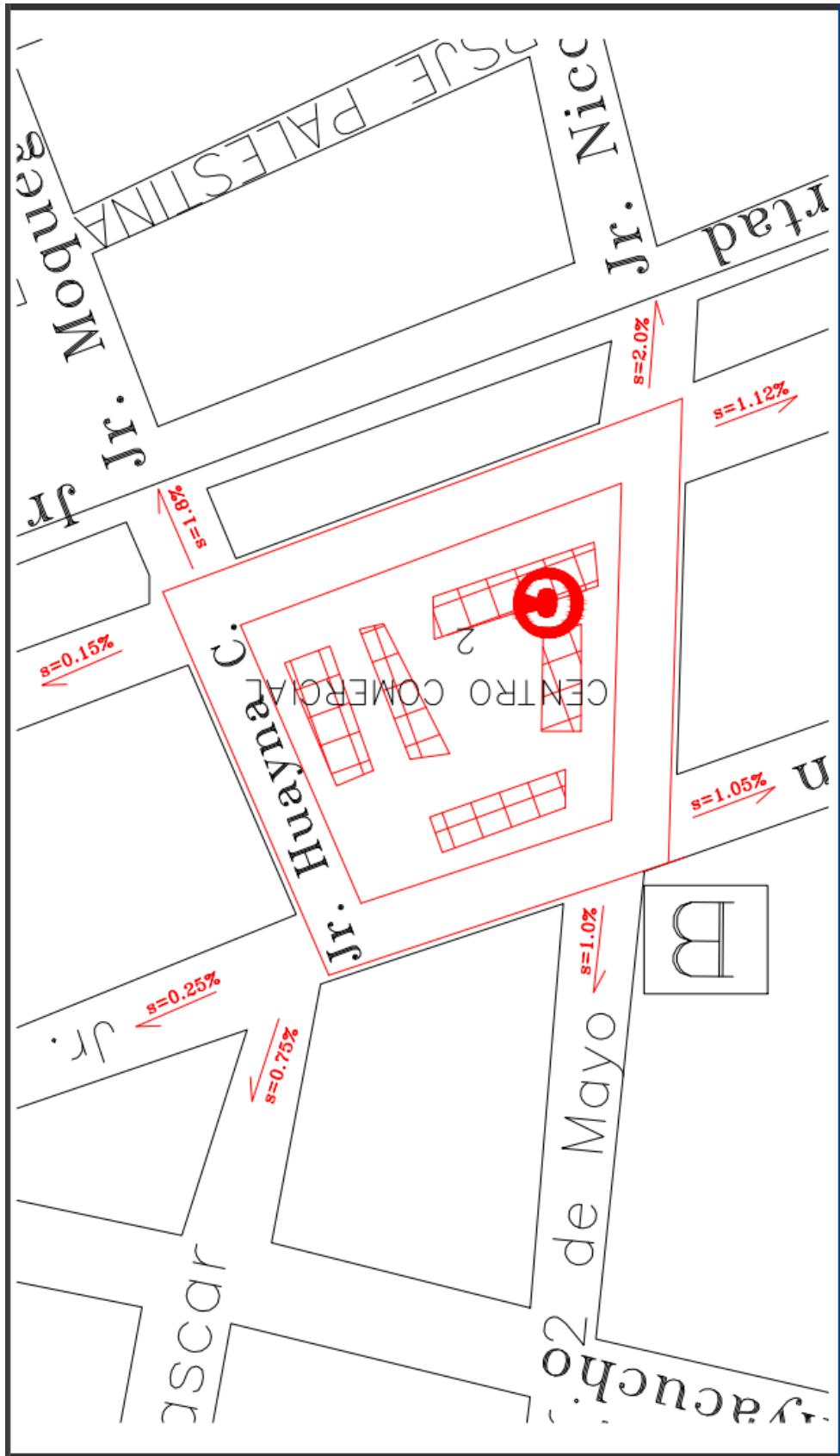
Propuesta de diseño



**ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

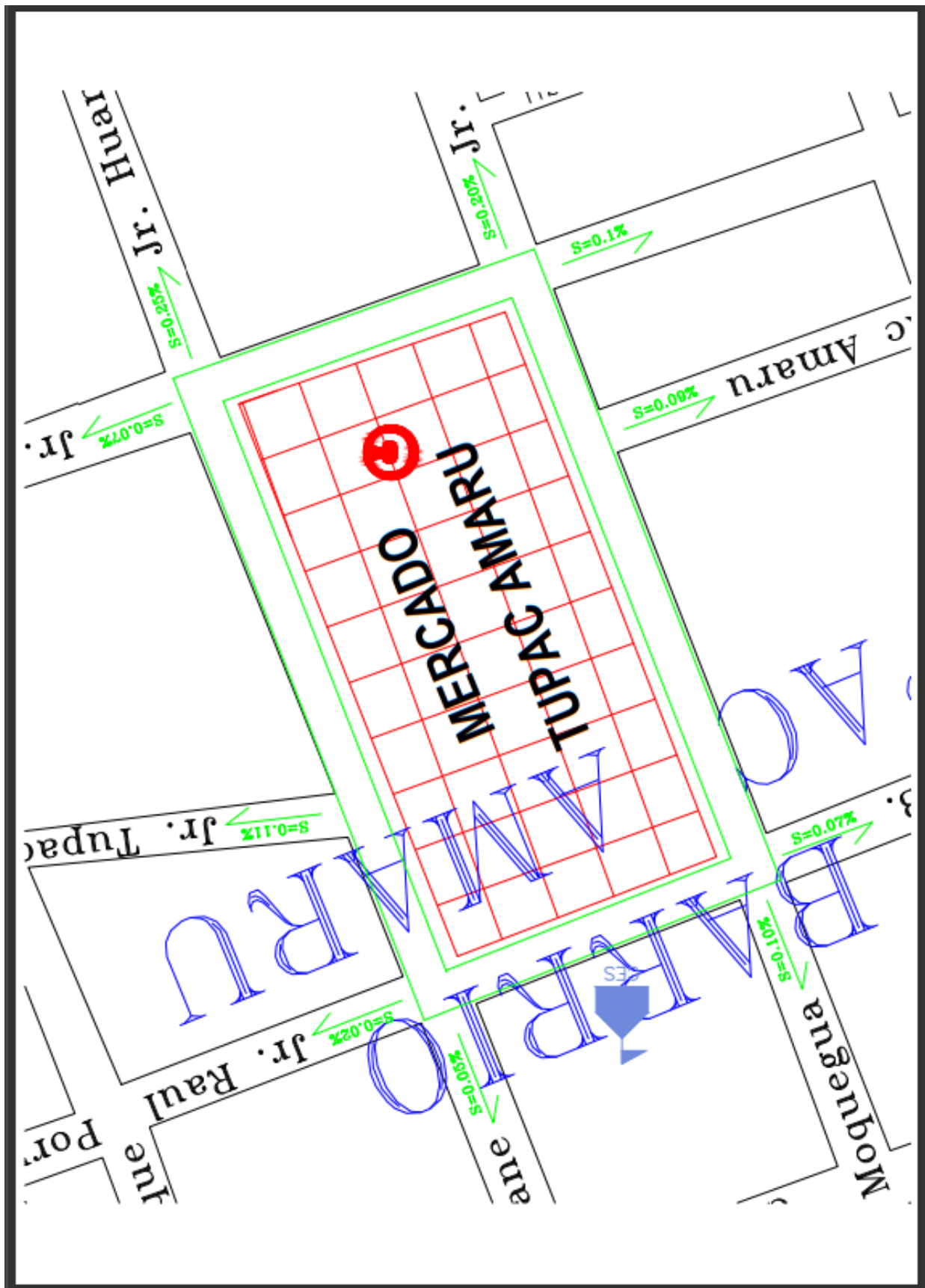
ESC. 1/20

*Planos de niveles en las áreas planteadas*



*Detalle de áreas propuestas a intervenir mediante pavimento permeable de concreto hidráulico (Centro Comercial N° 2)*





*Detalle de áreas propuestas a intervenir mediante pavimento permeable de concreto hidráulico (Mercado Tupac Amaru)*

*Anexo 07. Panel Fotográfico*

***Procedimiento para los Ensayos de Laboratorio.***



*Apertura de calicata N°01 en el Jr. Lima esquina con Jr. Huayna Cápac y recojo de muestra a 1.20 metros de profundidad.*

*Coordenadas E: 378516; N:8290019*



*Apertura de calicata N°02 en el Jr. Huancané esquina con Jr. Tupac Amaru y recojo de muestra a 1.20 metros de profundidad.*

*Coordenadas E: 379146; N:8287239*



*Pesado de matraz mas muestra completamente saturada*



*Prueba de peso específico del agregado grueso*



*Proceso de tamizado de los agregados*

+



*Lectura del molde con el equipo CBR.*



*Prueba de tomizado de la piedra chancada*



*Diseño de mezclas con 7.5% de gregado fino*



*Moldeado de diseño de mezclas con 10% de finos en 3 probetas*



*Vaciado de concreto permeable con 10% de agregado fino*



*Desencofrado de muestras para la prueba de permeabilidad*



*Prueba de permeabilidad con 10% de agregado fino*



*Prueba de permeabilidad con el equipo denominado permeámetro*

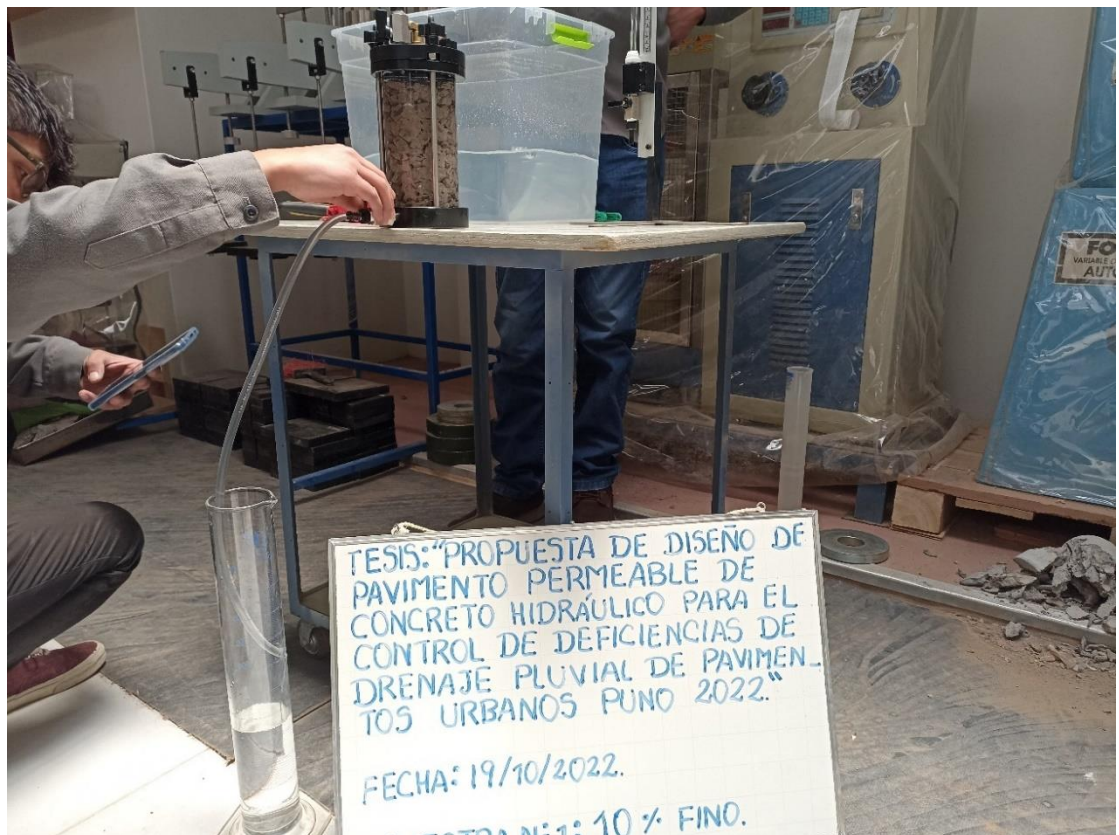


*Prueba de permeabilidad con 5% de agregado fino*





*Prueba de permeabilidad con carga constante de agua*



*Control de tiempo de segundos durante la prueba de permeabilidad hasta alcanzar 1 litro.*



*Pesado de la muestra saturada con 2.5% de agregado fino*



*Prueba de influencia del geotextil no tejido en el prototipo elaborado.*





**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-386400

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO**  
 (ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107)

**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"

**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO

**CANTERA** : CABANILLAS

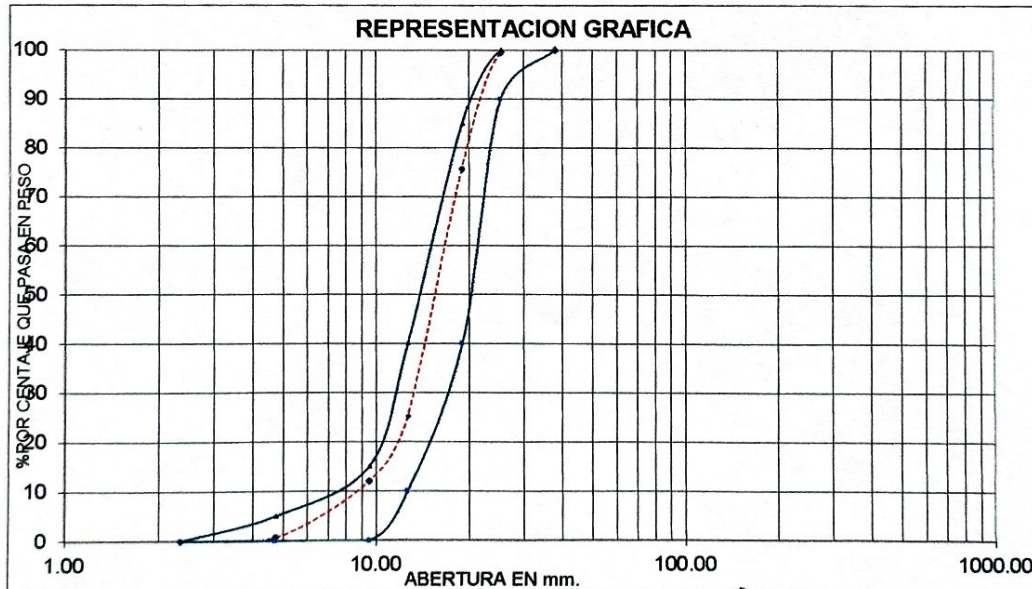
**MUESTRA** : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2022

**OPERADOR** : Y.R.A.C.

**RESPONSABLE** : Ing. N.C.S.

TAMICES ASTM	Abertura mm.	PESO RET.	% RET. PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES HUSO 67	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76.20								
2 1/2"	63.50				100.0				
2"	50.80		0.0	0.0	100.0		PESO INICIAL :	5,718.0	gr
1 1/2"	38.10	0.00	0.0	0.0	100.0	100			
1"	25.40	29.80	0.5	0.5	99.5	90 - 100			
3/4"	19.05	1,360.90	23.8	24.3	75.7	40 - 85			
1/2"	12.70	2,887.00	50.5	74.8	25.2	10 - 40	<b>Constantes Físicas</b>		
3/8"	9.53	756.50	13.2	88.0	12.0	0 - 15	L.L. :	NP	%
1/4"	6.35	541.40	9.5	97.51	2.5		L.P. :	NP	%
Nº 4	4.75	103.50	1.8	99.3	0.68	0 - 5	I.P. :	NP	%
Nº 8	2.36	38.90	0.7	100.0	0.0		<b>CLASIFICACION</b>		
Nº 10	2.00	5,718.00					AASHTO		
Nº 16	1.18						SUCS		
Nº 20	0.85								
Nº 30	0.60						Peso Especifico		
Nº 40	0.42						Absorción		
Nº 60	0.25						Modulo de Fineza		
Nº 80	0.18						Humedad		
Nº 100	0.15								
Nº 200	0.08						% GRAVA		
BAND	0.00						% ARENA		
TOTAL							% FINOS		
% PERDIDA									



OBSEVACIONES :

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. *[Signature]* Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*[Signature]*

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

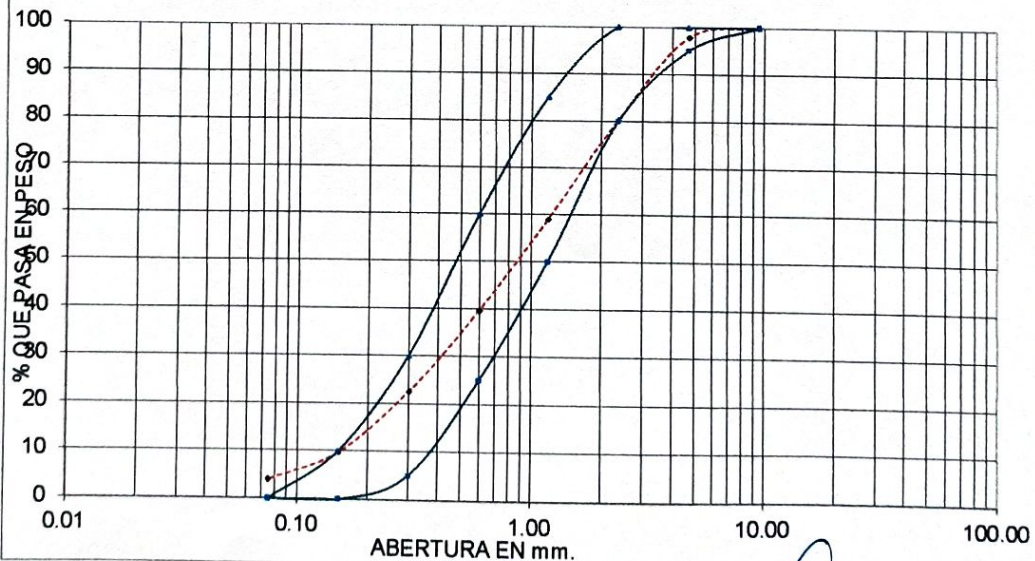
**ANALISIS GRANULOMÉTRICO**

(ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107)

**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
**CANTERA** : ISLA  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO (ARENA)  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2022  
**OPERADOR** : Y.R.A.C.  
**RESPONSABLE** : Ing. N.C.S.

TAMICES ASTM	Abertura m.m.	PESO RET.	% RET. PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM C33	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76.20								
2 1/2"	63.50								
2"	50.80						PESO INICIAL	1,976.0	gr
1 1/2"	38.10								
1"	25.40								
3/4"	19.05								
1/2"	12.70						<b>LIMITE DE CONSISTENCIA</b>		
3/8"	9.53				100	100	L.L. :	NP	%
1/4"	6.35	0.00					L.P. :	NP	%
Nº 4	4.75	42.90	2.2	2.2	97.8	95 - 100	I.P. :	NP	%
Nº 8	2.36	348.60	17.6	19.8	80.2	80 - 95	<b>CLASIFICACION</b>		
Nº 10	2.00	0.00	0.0	19.8	80.2		AASHTO		
Nº 16	1.18	421.00	21.3	41.1	58.9	50 - 85	SUCS		
Nº 20	0.85						Modulo de Fineza	2.92	
Nº 30	0.60	382.80	19.4	60.5	39.5	25 - 60	Peso Especifico		
Nº 40	0.42	0.00	0.0	60.5	39.5		Absorcion		
Nº 50	0.30	338.50	17.1	77.6	22.4	5 - 30	Humedad		
Nº 80	0.18								
Nº 100	0.15	251.30	12.7	90.3	9.7	0 - 10			
Nº 200	0.08	113.10	5.7	96.1	3.9	0	% GRAVA	2.2	
BAND	0.00	77.80	3.9	100.0	0.0		% ARENA	93.89	
TOTAL			100.0				% FINOS	3.9	
% PERDIDA									

**REPRESENTACION GRAFICA**



**OBSEVACIONES :**

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 Ing. *Nestor Cruz Saraza*  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Ruly Huacoto Collanqui*  
 Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS - ASTM C-29**

PROYECTO	TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"		
UBICACIÓN	DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO	FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2022
SOLICITANTE	BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO	OPERADOR	: Y.R.A.C.
CANTERA	ISLA - CABANILLAS	RESPONSABLE:	Ing. N.C.S.

**AGREGADO FINO (ARENA)**

PESO UNITARIO SUELTO				
N° DE PRUEBAS	N°	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	9,642.80	9,638.40	9,676.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	3,317.70	3,313.30	3,350.90
VOLUMEN DEL MOLDE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	1,576.18	1,574.09	1,591.95
PESO UNITARIO PROMEDIO	kg/m <sup>3</sup>	1,580.74		

PESO UNITARIO COMPACTO				
N° DE PRUEBAS	N°	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	9,856.70	9,870.90	9,849.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	3,531.60	3,545.80	3,523.90
VOLUMEN DEL MOLDE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	1,677.80	1,684.55	1,674.14
PESO UNITARIO PROMEDIO	kg/m <sup>3</sup>	1,678.83		

**AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)**

PESO UNITARIO SUELTO				
N° DE PRUEBAS	N°	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	9,440.50	9,468.60	9,397.40
PESO DEL MOLDE	gr.	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	3,115.40	3,143.50	3,072.30
VOLUMEN DEL MOLDE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	1,480.07	1,493.42	1,459.59
PESO UNITARIO PROMEDIO	kg/m <sup>3</sup>	1,477.69		

PESO UNITARIO COMPACTO				
N° DE PRUEBAS	N°	01	02	03
PESO MOLDE + MUESTRA.	gr.	9,651.30	9,655.80	9,658.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6,325.10	6,325.10	6,325.10
PESO DE LA MUESTRA.	gr.	3,326.20	3,330.70	3,332.90
VOLUMEN DEL MOLDE.	cm <sup>3</sup>	2,104.90	2,104.90	2,104.90
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	1,580.22	1,582.36	1,583.40
PESO UNITARIO PROMEDIO	kg/m <sup>3</sup>	1,581.99		

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
R.M. C.I.P. N° 112801



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

**CONTENIDO DE HUMEDAD - MTC E 108**

<b>PROYECTO</b>	TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"		
<b>UBICACIÓN</b>	DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO	<b>FECHA</b>	: SEPTIEMBRE DEL 2022
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO	<b>OPERADOR</b>	: Y.R.A.C.
<b>CANTERA</b>	ISLA - CABANILLAS	<b>RESPONSABLE:</b>	Ing. N.C.S.

**AGREGADO FINO (ARENA)**

N° DE PRUEBAS	N°	01	02
PESO RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA	gr.	224.40	233.60
PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	223.50	231.90
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	185.30	168.60
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	39.10	65.00
PESO MUESTRA SECA	gr.	38.20	63.30
PESO DEL AGUA	gr.	0.90	1.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.36%	2.69%
HUMEDAD PROMEDIO	%	<b>2.52%</b>	

**AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)**

N° DE PRUEBAS	N°	01	02
PESO RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA	gr.	453.60	424.20
PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	450.20	420.80
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	165.00	172.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	288.60	252.20
PESO MUESTRA SECA	gr.	285.20	248.80
PESO DEL AGUA	gr.	3.40	3.40
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.19%	1.37%
HUMEDAD PROMEDIO	%	<b>1.28%</b>	

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

  
Ruly Huacoto Collanqu  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112801



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**

**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"

**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO

**CANTERA** : ISLA

**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

**AGREGADO FINO (ARENA) ASTM C-128**

DESCRIPCION	UNIDAD	N° DE PRUEBAS	
		01	02
A) Peso material saturado superficialmente seca (en el	gr.	528.8	525.9
B) Peso frasco + H2O gr.	gr.	464.0	465.3
C) Peso frasco + H2O + A gr.	gr.	992.8	991.2
D) Peso material + H2O en el frasco gr.	gr.	724.8	722.4
E) Volumen de masa + volumen de vacios =C-D	cm <sup>3</sup>	268.0	268.8
F) Peso material seco gr.	gr.	496.0	493.6
G) Volumen de masa = E-(A-F)	cm <sup>3</sup>	235.2	236.5
P.E. Bulk (base seca) = F/E	gr/cm <sup>3</sup>	1.85	1.84
P.E. Bulk (base saturada) = A/E	gr/cm <sup>3</sup>	1.97	1.96
P.E. Aparente (base seca) = F/G	gr/cm <sup>3</sup>	2.11	2.09
% de Absorción = ((A-F)/F)X100	%	6.61	6.54
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.10</b>	<b>ABSORCION (%)</b>	<b>6.58</b>

**CANTERA** : RIO PUMACHANCA

**AGREGADO GRUESO (GRAVA) ASTM C-127**

DESCRIPCION	UNIDAD	N° DE PRUEBAS	
		01	02
A PESO MAT. SAT. SUP. SECA (AIRE)	gr.	998.00	1025.80
B PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA)	gr.	647.00	676.60
C VOL. DE MASA +VOL. DE VACIOS = A-B	cm <sup>3</sup>	351.00	349.20
D PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr.	986.90	1014.40
E VOLUMEN DE MASA =C-(A-D)	cm <sup>3</sup>	339.90	337.80
P.E. BULK (base seca)=D/C	gr/cm <sup>3</sup>	2.81	2.90
P.E. BULK (base saturada)=A/C	gr/cm <sup>3</sup>	2.84	2.94
P.E. APARENTE (base seca)=D/E	gr/cm <sup>3</sup>	2.90	3.00
% DE ABSORCION = ((A-D)/D)*100	%	1.12	1.12
% DE POROSIDAD = ((A-D)/E)*100	%	3.27	3.37
<b>PESO ESPECIFICO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.95</b>	<b>ABSORCION (%)</b>	<b>1.12</b>

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

*Inga Nestor Cruz Saraza*  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Rully Huacoto Collanqui*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804





**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

## EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E-114

<b>PROYECTO</b>	: TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO
<b>MUESTRA</b>	: CANTERA RIO ISLA
<b>MATERIAL</b>	: AGREGADO FINO
<b>FECHA</b>	: SEPTIEMBRE DEL 2022

MUESTRA N°		1	2	3	4
A	HORA ENTRADA A SATURACION	15:30:00 p.m.	15:38:00 p.m.	15:45:00 p.m.	15:52:00 p.m.
2	SALIDA SATURACION: (A + 10')	15:40:00 p.m.	15:48:00 p.m.	15:55:00 p.m.	16:02:00 p.m.
B	HORA ENTRADA A DECANTACION	15:42:00 p.m.	15:50:00 p.m.	15:57:00 p.m.	16:04:00 p.m.
4	SALIDA DECANTACION (B + 20')	16:02:00 p.m.	16:10:00 p.m.	16:17:00 p.m.	16:24:00 p.m.
5	ALTURA MATERIAL FINO (pulg.)	5.0	4.9	5.1	5.0
6	ALTURA ARENA (pulg.)	4.1	4.2	4.1	4.2
7	EQUIV. ARENA (6/5 x 100) (%)	82.0	85.7	80.4	84.0
8	PROMEDIO DE EQUIV. ARENA (%)	83.0			

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

  
Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 11280'



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

## ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

ASTM C 535

**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO

**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO

**MUESTRA** : PIEDRA CHANCADA

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2022

**HECHO POR** : Y.R.A.C.

**RESPONSABLE** : N.C.S.

TAMICES ASTM		PESO RETENIDO DE LOS AGREGADOS	
PASANTE	RETENIDO	1000 Revoluciones	500 Revoluciones
		GRADUACION "E"	GRADUACION "A"
3"	2 1/2"		
2 1/2"	2"		
2"	1 1/2"		
1 1/2"	1"		1,254.00
1"	3/4"		1,250.40
3/4"	1/2"		1,240.30
1/2"	3/8"		1,250.20
3/8"	1/4"		
1/4"	N° 04		
N° 04	N° 08		
Peso Inicial			4,994.90
Retenido en la Malla N° 12			3,698.70
Pasante la Malla N° 12			1,296.20
% de Pérdida			25.95%
PERDIDA PROMEDIO (%)			25.95%
<b>ESFERAS</b>		Peso (gr.): 5.004	Cantidad: 12
OBSERVACIONES:			
RESISTENCIA AL DESGASTE = 74.05%			
PORCENTAJE DE PERDIDA = 25.95%			

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

*Ing. Nestor Cruz Sosa*  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Ruly Huacoto Collanqui*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804





GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE  
7.5% FINOS**

ACI 522R-10

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
UBICACION : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
FECHA : SEPTIEMBRE  
SOLICITANTE : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
OPERADOR : Y.R.A.C.  
CANTERA : ISLA CABANILLAS  
RESPONSABLE : Ing. N.C.S.

**CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS**

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		pulg.		1/16"	3/4"
PESO UNITARIO SUELTO		kg/m <sup>3</sup>		1,580.74	1,477.69
PESO UNITARIO COMPACTO		kg/m <sup>3</sup>		1,678.83	1,581.99
PESO ESPECIFICO		kg/m <sup>3</sup>	3150.00	2097.97	2903.50
ABSORCION		%		6.58	1.12
MODULO DE FINURA				2.92	7.12
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		0.03	0.01

**DATOS ADICIONALES**

DENSIDAD AGUA	SLUMP	RELACION	ADITIVO	VACIOS	FINOS	b/bo (HUSO 67)
(kg/m <sup>3</sup> )	pulg.	a/c	(%)	(%)	(%)	ASTM C33/C33M
1000	0"-2"	0.30	5.00	15.00	7.50	0.945

**DOSIFICACION EN PESO**

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT.SECCO
CEMENTO	452.37	0.1436	1.00
AGREGADO FINO	113.38	0.0391	0.25
AGREGADO GRUESO	1398.41	0.4816	3.09
AGUA	135.71	0.1357	0.30
ADITIVO (SIKA FUNE)	5.00	0.0500	
AIRE	15.00	0.1500	

0.570678

OBSERVACION : EL DISEÑO DE MEZCLA ES, SOLO TEORICO, REQUIERE SU COMPROBACION A LOS 7 Y 14 DIAS, PARA SU CORRECCION CORRESPONDIENTES.

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE  
5.0% FINOS**

ACI 522R-10

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
SOLICITANTE : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
CANTERA : ISLA CABANILLAS  
FECHA : SEPTIEMBRE  
OPERADOR : Y.R.A.C.  
RESPONSABLE : Ing. N.C.S.

**CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS**

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		pulg.		1/16"	3/4"
PESO UNITARIO SUELTO		kg/m <sup>3</sup>		1,580.74	1,477.69
PESO UNITARIO COMPACTO		kg/m <sup>3</sup>		1,678.83	1,581.99
PESO ESPECIFICO		kg/m <sup>3</sup>	3150.00	2097.97	2903.50
ABSORCION		%		6.58	1.12
MODULO DE FINURA				2.92	7.12
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		0.03	0.01

**DATOS ADICIONALES**

DENSIDAD AGUA	SLUMP	RELACION	ADITIVO	VACIOS	FINOS	b/bo (HUSO 67)
(kg/m <sup>3</sup> )	pulg.	a/c	(%)	(%)	(%)	ASTM C33/C33M
1000	0"-2"	0.30	5.00	15.00	5.00	0.960

**DOSIFICACION EN PESO**

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT.SECO
CEMENTO	438.99	0.1394	1.00
AGREGADO FINO	76.79	0.0264	0.17
AGREGADO GRUESO	1459.00	0.5025	3.32
AGUA	131.70	0.1317	0.30
ADITIVO (SIKA FUNE)	5.00	0.0500	
AIRE	15.00	0.1500	

0.578943

OBSERVACION : EL DISEÑO DE MEZCLA ES, SOLO TEORICO, REQUIERE SU COMPROBACION A LOS 7 Y 14 DIAS, PARA SU CORRECCION CORRESPONDIENTES.

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-306400

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE  
2.5% FINOS**

ACI 522R-10

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
SOLICITANTE : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
CANTERA : ISLA CABANILLAS  
FECHA : SEPTIEMBRE  
OPERADOR : Y.R.A.C.  
RESPONSABLE : Ing. N.C.S.

**CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS**

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO ISLA - CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		pulg.		1/16"	3/4"
PESO UNITARIO SUELTO		kg/m <sup>3</sup>		1,580.74	1,477.69
PESO UNITARIO COMPACTO		kg/m <sup>3</sup>		1,678.83	1,581.99
PESO ESPECIFICO		kg/m <sup>3</sup>	3150.00	2097.97	2903.50
ABSORCION		%		6.58	1.12
MODULO DE FINURA				2.92	7.12
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		0.03	0.01

**DATOS ADICIONALES**

DENSIDAD AGUA	SLUMP	RELACION	ADITIVO	VACIOS	FINOS	b/bo (HUSO 67)
(kg/m <sup>3</sup> )	pulg.	a/c	(%)	(%)	(%)	ASTM C33/C33M
1000	0"-2"	0.30	5.00	15.00	2.50	0.975

**DOSIFICACION EN PESO**

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO
	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	UNIT.SECO
CEMENTO	425.60	0.1351	1.00
AGREGADO FINO	38.99	0.0134	0.09
AGREGADO GRUESO	1520.79	0.5238	3.57
AGUA	127.68	0.1277	0.30
ADITIVO (SIKA FUNE)	5.00	0.0500	
AIRE	15.00	0.1500	

**OBSERVACION :** EL DISEÑO DE MEZCLA ES, SOLO TEORICO, REQUIERE SU COMPROBACION A LOS 7 Y 14 DIAS, PARA SU CORRECCION CORRESPONDIENTES.

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
*Inga Nestor Cruz Saraza*  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Ruly Huacoto Collanqui*  
Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS  
SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**

(ASTM C-78, MTC E-709)

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
SOLICITANTE : FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
MUESTRA : PRISMA DE CONCRETO PERMEABLE 60cmX15cmX15cm

OPERADOR : Y.R.A.C.  
RESPONSABLE : Ing N.C.S.

Nº	IDENTIFICACION DEL TESTIGO	FECHA MOLDEO	EDAD (dias)	FECHA ROTURA	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	Mr (kg/cm²)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.50% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1066.40	45.00	15.00	15.03	14.16
02	CONCRETO PERMEABLE (5.00% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1280.00	45.00	15.01	15.02	17.01
03	CONCRETO PERMEABLE (7.50% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1509.00	45.00	15.00	15.01	20.09
04	CONCRETO PERMEABLE (10.00% FINOS)	03/10/2022	28	31/10/2022	1781.50	45.00	15.02	15.01	23.69
***	*****	*****	***	*****	****	****	****	****	***

$$Mr = PL/bh^2$$

Donde:

Mr: Modulo de rotura, en kg/cm²

P: Carga maxima de rotura en kg

L: Luz libre entre apoyos, en cm

b: Ancho promedio de la viga en la seccion de falla, en cm.

h: Altura promedio de la viga en la seccion de falla, en cm.

OBSERVACIONES :

PROBETAS IDENTIFICADAS Y REALIZADAS EN PRESENCIA DEL SOLICITANTE.

LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE.

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

## PORCENTAJE DE VACIOS

PROYECTO : TESIS PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022\*  
 SOLICITANTE : FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
 UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
 MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE

OPERADOR : Y.R.A.C.  
 RESPONSABLE : Ing N.C.S.

N°	CONTENIDO DE FINOS	PROBETA 01			PROBETA 02			PROBETA 03			PROMEDIO				
		VOL. APAR. (cm3)	VOL. REAL (cm3)	VOLUMEN VACIOS (%)	VOL. APAR. (cm3)	VOL. REAL (cm3)	VOLUMEN VACIOS (%)	VOL. APAR. (cm3)	VOL. REAL (cm3)	VOLUMEN VACIOS (%)	VOLUMEN VACIOS (cm3)	VOLUMEN VACIOS (%)			
01	CONCRETO PERMEABLE (2.50% FINOS)	5287.18	4205.01	1082.17	20%	5248.42	4010.93	1237.49	24%	5318.17	4334.39	983.78	18%	1101.15	21%
02	CONCRETO PERMEABLE (5.00% FINOS)	5319.11	4463.78	855.33	16%	5319.11	4269.70	1049.41	20%	5266.09	4463.78	802.31	15%	902.35	17%
03	CONCRETO PERMEABLE (7.50% FINOS)	5414.58	4851.93	562.64	10%	5266.09	4140.32	1125.78	21%	5319.11	4463.78	855.33	16%	847.92	16%
04	CONCRETO PERMEABLE (10.00% FINOS)	5319.11	4528.47	790.64	15%	5319.11	4593.16	725.94	14%	5266.09	4593.16	672.93	13%	729.84	14%
***	*****	*****	****	***	*****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	***

**OBSERVACIONES :** PROBETAS IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE, PARA LOS ENSAYOS SE REFRENTO CON CAPPING, PRUEBA REALIZADA EN PRESENCIA DEL SOLICITANTE.  
 LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE.

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
 Ing. Pastor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804





GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO**

(ASTM C39-39M, MTC E-704)

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
SOLICITANTE : FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE

OPERADOR : Y.R.A.C.  
RESPONSABLE : Ing. N.C.S.  
f c = (kg/cm<sup>2</sup>) : 210

1KN =101.978 kg-f

Nº	TIPO ESTRUCTURA	FECHA MOLDEO	EDAD (dias)	FECHA ROTURA	LECTURA DIAL (KN)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.50% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	81	184.09	44.88	210.00	21.37
02	CONCRETO PERMEABLE (5.00% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	122	182.78	68.08	210.00	32.42
03	CONCRETO PERMEABLE (7.50% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	148	181.23	83.30	210.00	39.67
04	CONCRETO PERMEABLE (10.00% FINOS)	19/08/2022	7	26/08/2022	189	181.26	106.35	210.00	50.65
***	*****	*****	***	*****	*****	*****	*****	*****	***

OBSERVACIONES : PROBETAS IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE. PARA LOS ENSAYOS SE REFRENTO CON CAPPING, PRUEBA REALIZADA EN PRESENCIA DEL SOLICITANTE  
LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO**  
(ASTM C39-39M, MTC E-704)

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
SOLICITANTE : FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE

OPERADOR : Y.R.A.C.  
RESPONSABLE : Ing. N.C.S.  
f'c = (kg/cm<sup>2</sup>) : 210

1KN = 101.978 kg-f

Nº	TIPO ESTRUCTURA	FECHA MOLDEO	EDAD (dias)	FECHA ROTURA	LECTURA DIAL (KN)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.50% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	178	184.09	98.63	210.00	46.96
02	CONCRETO PERMEABLE (5.00% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	216	182.78	120.54	210.00	57.40
03	CONCRETO PERMEABLE (7.50% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	256	181.23	144.08	210.00	68.61
04	CONCRETO PERMEABLE (10.00% FINOS)	19/08/2022	14	02/09/2022	294	181.26	165.44	210.00	78.78
***	*****	*****	***	*****	****	****	****	****	***

**OBSERVACIONES :** PROBETAS IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE, PARA LOS ENSAYOS SE REFRENTO CON CAPPING, PRUEBA REALIZADA EN PRESENCIA DEL SOLICITANTE.  
LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE.

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
.....  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

.....  
Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Ren. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf 51-366400

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO**

(ASTM C39-39M, MTC E-704)

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
SOLICITANTE : FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE

OPERADOR : Y.R.A.C.  
RESPONSABLE : Ing N.C.S.  
Fe = (kg/cm<sup>2</sup>) : 210

1KN = 101.976 kg-f

Nº	TIPO ESTRUCTURA	FECHA MOLDEO	EDAD (días)	FECHA ROTURA	LECTURA DIAL (KN)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (%)
01	CONCRETO PERMEABLE (2.50% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	235	171.52	139.75	210.00	66.55
02	CONCRETO PERMEABLE (5.00% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	290	170.28	173.71	210.00	82.72
03	CONCRETO PERMEABLE (7.50% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	326	172.37	192.91	210.00	91.86
04	CONCRETO PERMEABLE (10.00% FINOS)	19/08/2022	28	16/09/2022	352	170.31	210.82	210.00	100.39
***	*****	*****	***	*****	****	****	****	****	***

**OBSERVACIONES :** PROBETAS IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE. PARA LOS ENSAYOS SE REFRENTO CON CAPPING. PRUEBA REALIZADA EN PRESENCIA DEL SOLICITANTE LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(ASTM D-2216, MTC E-108)

**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"

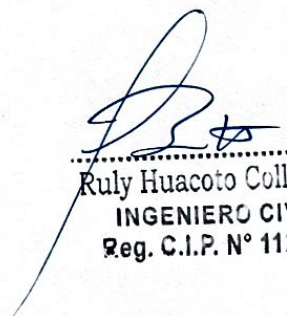
**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO      **FECHA** : SEPTIEMBRE

**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO      **OPERADOR** : Y.R.A.C.

**MUESTRA** : CALICATA 01 - Jr. Lima esq. Jr. Huayna Capac      **RESPONSABLE:** Ing. N.C.S.

DESCRIPCION	UNIDAD	01	02
PESO RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA	gr.	604.45	582.40
PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	543.70	527.80
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	293.00	301.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	311.45	281.40
PESO MUESTRA SECA	gr.	250.70	226.80
PESO DEL AGUA	gr.	60.75	54.60
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	24.23%	24.07%
HUMEDAD PROMEDIO	%	24.15%	

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

  
Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400


**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(ASTM D-2216, MTC E-108)

<b>PROYECTO</b>	: TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO	<b>FECHA</b>	: SEPTIEMBRE
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO	<b>OPERADOR</b>	: Y.R.A.C.
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 02 - Jr. Huancane esq. Jr. Tupac Amaru	<b>RESPONSABLE:</b>	Ing. N.C.S.

DESCRIPCION	UNIDAD	01	02
PESO RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA	gr.	403.20	462.70
PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	382.35	429.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	301.50	298.60
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	101.70	164.10
PESO MUESTRA SECA	gr.	80.85	130.40
PESO DEL AGUA	gr.	20.85	33.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	25.79%	25.84%
HUMEDAD PROMEDIO	%	<b>25.82%</b>	

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

  
Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

## ENSAYOS DE CONSTANTES FISICOS

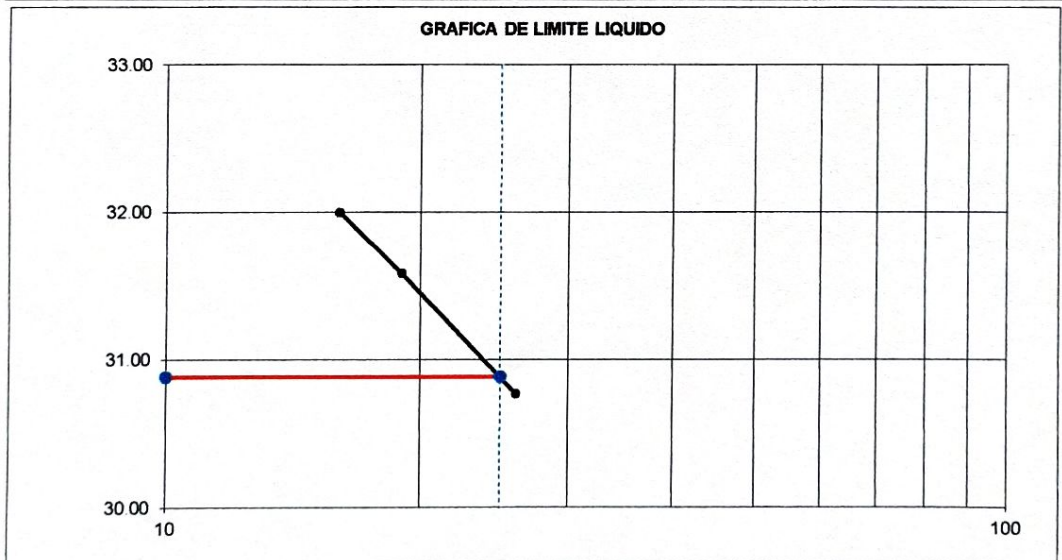
(ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107)

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
SOLICITANTE : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
MUESTRA : CALICATA 01 - Jr. Lima esq. Jr. Huayna Capac  
RESPONSABLE : Ing. N.C.S.  
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2022

LIMITE LIQUIDO				
Nro. de Tarro		22	21	18
T. + Suelo Húmedo	gr.	21.80	23.69	22.40
T. + Suelo Seco	gr.	20.20	21.70	20.80
Agua	gr.	1.60	1.99	1.60
Peso del Tarro	gr.	15.00	15.40	15.80
Suelo Seco	gr.	5.20	6.30	5.00
% de Humedad		30.77	31.59	32.00
Nro. de Golpes		26	19	16

LIMITE PLASTICO				
Nro. de Tarro		09	20	
T. + Suelo Húmedo	gr.	17.30	18.39	
T. + Suelo Seco	gr.	16.80	17.80	
Agua	gr.	0.50	0.59	
Peso del Tarro	gr.	14.80	15.30	
Suelo Seco	gr.	2.00	2.50	
% de Humedad		25.00	23.60	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO		
L.L. = 30.88 %	L.P. = 24.30 %	I.P. = 6.58 %



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



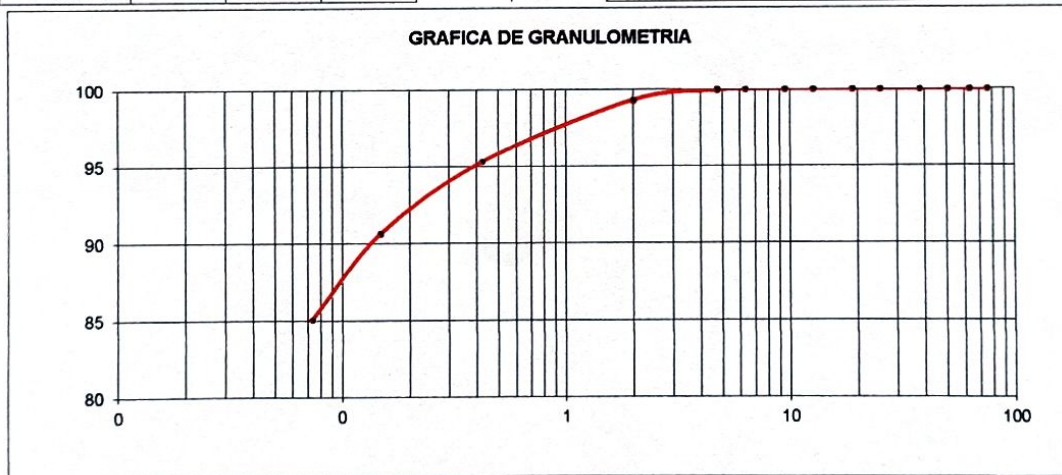
**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**ANALISIS GRANULOMETRICO**  
 (ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107)

**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
**MUESTRA** : CALICATA 01 - Jr. Lima esq. Jr. Huayna Capac

**RESPONSABLE** : Ing. N.C.S.  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2022

PROCEDENCIA DEL MATERIAL : 0							RESULTADOS DE ENSAYOS	
N° DE MALLAS EN SERIE AMERICANA	ABERTURA DE MALLAS	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		
3"	76.200			0.000	100.00		<b>Peso Inicial</b> :	0,929.60 Gr.
2 1/2"	63.500		0.000	0.000	100.00		<b>Limite Liquido</b> :	30.88%
2"	50.800		0.000	0.000	100.00		<b>Limite Plastico</b> :	24.30%
1 1/2"	38.100		0.000	0.000	100.00		<b>Indice Plastico</b> :	6.58%
1"	25.400		0.000	0.000	100.00		<b>CLASIFICACION</b>	
3/4"	19.050		0.000	0.000	100.00		<b>AASHTO</b> :	A-4 ( 8 )
1/2"	12.700		0.000	0.000	100.00		<b>SUCS</b> :	ML
3/8"	9.525		0.000	0.000	100.00		<b>Hum. Natural</b> :	24.15%
1/4"	6.350		0.000	0.000	100.00		<b>Dens. Proctor.</b> :	
N° 4	4.760	0.20	0.022	0.022	99.98		<b>Cont.H.Optima</b> :	
N° 6	3.360		0.000	0.022	99.98		<b>C.B.R. Al 100%</b> :	
N° 8	2.380		0.000	0.022	99.98		<b>C.B.R. Al 95%</b> :	
N° 10	2.000	6.00	0.645	0.667	99.33		<b>EQUIV.ARENA.</b> :	
N° 16	1.190		0.000	0.667	99.33		<b>ABR. ANGELES.</b> :	
N° 20	0.840		0.000	0.667	99.33		<b>Observaciones</b> :	
N° 30	0.590		0.000	0.667	99.33			
N° 40	0.426	37.10	3.991	4.658	95.34			
N° 50	0.297		0.000	4.658	95.34			
N° 80	0.177	32.90	3.539	8.197	91.80			
N° 100	0.149	10.50	1.130	9.327	90.67			
N° 200	0.074	52.10	5.605	14.931	85.07			
-200		790.80	85.069	100.000	-			



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 Ing. Nestor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Ren. C.I.P. N° 112804



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

## ENSAYOS DE CONSTANTES FISICOS

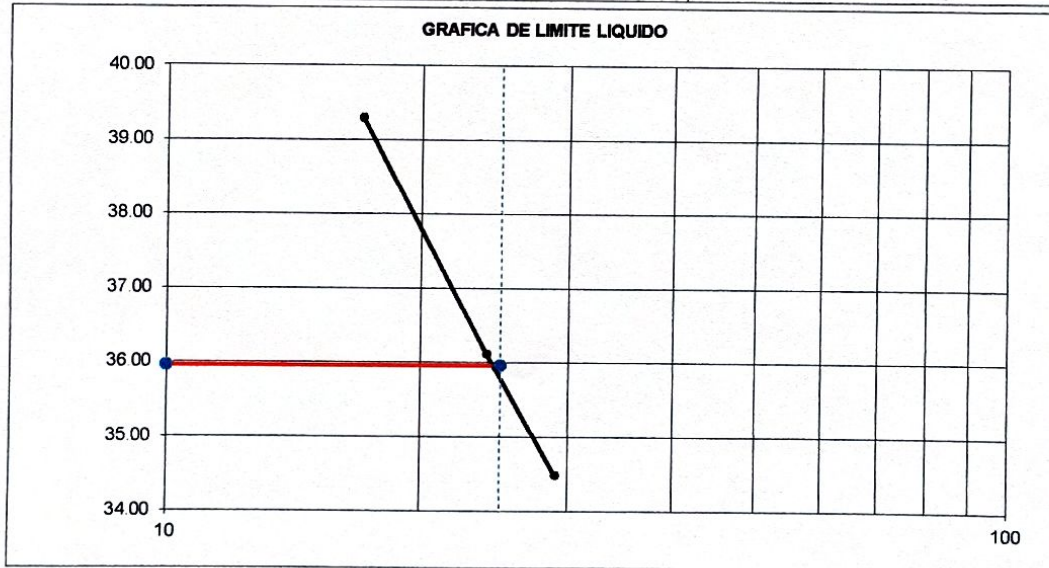
(ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107)

PROYECTO : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
 UBICACIÓN : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
 SOLICITANTE : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
 MUESTRA : CALICATA 02 - Jr. Huancane esq. Jr. Tupac Amaru  
 RESPONSABLE : Ing. N.C.S.  
 FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2022

LIMITE LIQUIDO				
Nro. de Tarro		08	01	16
T. + Suelo Húmedo	gr.	18.80	20.10	19.23
T. + Suelo Seco	gr.	17.80	18.80	18.00
Agua	gr.	1.00	1.30	1.23
Peso del Tarro	gr.	14.90	15.20	14.87
Suelo Seco	gr.	2.90	3.60	3.13
% de Humedad		34.48	36.11	39.30
Nro. de Golpes		29	24	17

LIMITE PLASTICO				
Nro. de Tarro		40	46	
T. + Suelo Húmedo	gr.	19.68	19.66	
T. + Suelo Seco	gr.	18.60	18.60	
Agua	gr.	1.08	1.06	
Peso del Tarro	gr.	14.60	14.60	
Suelo Seco	gr.	4.00	4.00	
% de Humedad		27.00	26.50	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO		
L.L. = 35.96 %	L.P. = 26.75 %	I.P. = 9.21 %



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 Ing. Nestor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804





**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

(ASTM D422, AASHTO T88, MTC E-107)

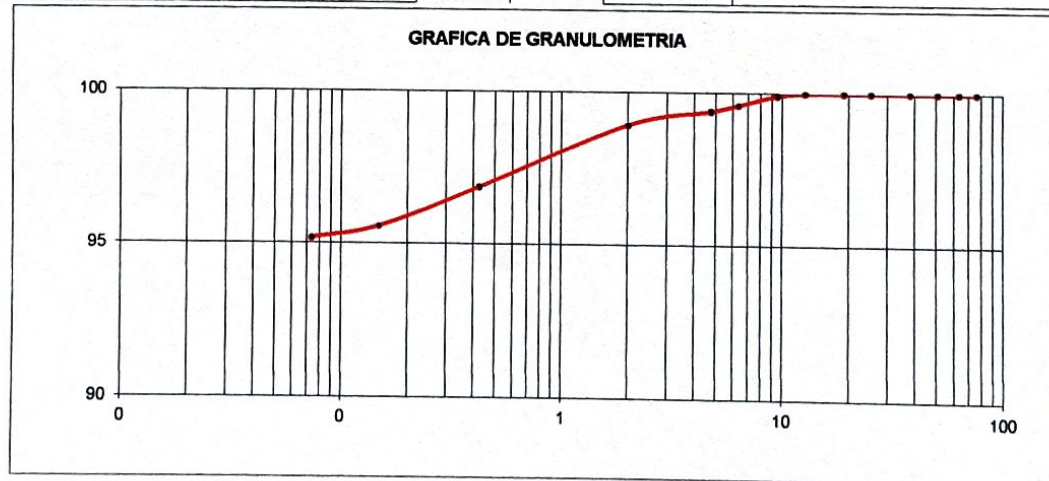
**PROYECTO** : TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"  
**UBICACIÓN** : DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO  
**SOLICITANTE** : BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO  
**MUESTRA** : CALICATA 02 - Jr. Huancane esq. Jr. Tupac Amaru

**RESPONSABLE** : Ing. N.C.S.  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2022

PROCEDENCIA DEL MATERIAL :							0
N° DE MALLAS EN SERIE ZANJA	ABERTURA DE MALLAS	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
3"	76.200			0.000	100.00		
2 1/2"	63.500		0.000	0.000	100.00		
2"	50.800		0.000	0.000	100.00		
1 1/2"	38.100		0.000	0.000	100.00		
1"	25.400		0.000	0.000	100.00		
3/4"	19.050		0.000	0.000	100.00		
1/2"	12.700		0.000	0.000	100.00		
3/8"	9.525	1.00	0.076	0.076	99.92		
1/4"	6.350	4.20	0.319	0.395	99.60		
N° 4	4.760	2.70	0.205	0.601	99.40		
N° 6	3.360		0.000	0.601	99.40		
N° 8	2.380		0.000	0.601	99.40		
N° 10	2.000	6.10	0.464	1.065	98.94		
N° 16	1.190		0.000	1.065	98.94		
N° 20	0.840	12.00	0.912	1.977	98.02		
N° 30	0.590		0.000	1.977	98.02		
N° 40	0.426	15.00	1.141	3.117	96.88		
N° 50	0.297	6.40	0.487	3.604	96.40		
N° 80	0.177	9.00	0.684	4.288	95.71		
N° 100	0.149	1.70	0.129	4.418	95.58		
N° 200	0.074	5.10	0.388	4.805	95.19		
-200		1251.96	95.195	100.000	-		

RESULTADOS DE ENSAYOS	
Peso Inicial	: 1,315.16 Gr.
Limite Liquido	: 35.98%
Limite Plastico	: 26.75%
Indice Plastico	: 9.21%
CLASIFICACION	
AASHTO	: A-4 ( 8 )
SUCS	: ML
Hum. Natural	: 25.82%
Dens. Proctor	:
Cont.H.Optima	:
C.B.R. Al 100%	:
C.B.R. Al 95%	:
EQUIV.ARENA.	:
ABR. ANGELES.	:
Observaciones	:



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Nestor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

ASTM D-1557 MTC E 115-200

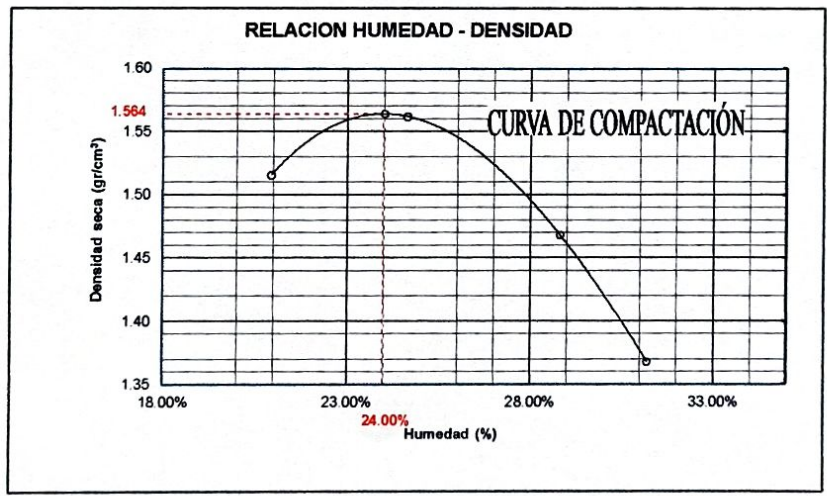
<b>PROYECTO</b>	: TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"		
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO		
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 01 - Jr. Lima esq. Jr. Huayma Capac	<b>FECHA</b>	: SEPTIEMBRE DEL 2022

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2105.00 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10182.3	10421.4	10305.1	10102.2
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6324.3	6324.3	6324.3	6324.3
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	3858	4097.1	3980.8	3777.9
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.833	1.946	1.891	1.795

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	241.50	234.90	262.40	217.50	196.20	262.20	178.30	232.80
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	208.00	203.25	220.50	185.00	163.90	215.80	148.20	189.80
<b>Peso del Agua</b>	gr.	33.50	31.65	41.90	32.50	32.30	46.40	30.10	43.00
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	49.80	50.16	51.00	52.40	53.60	51.90	52.00	51.50
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	158.20	153.09	169.50	132.80	110.30	163.90	98.20	138.30
<b>% de Humedad</b>	%	21.18%	20.67%	24.72%	24.51%	29.3%	28.31%	31.29%	31.09%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	20.92%		24.61%		28.80%		31.19%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.516		1.562		1.468		1.368	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.564 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 24.00 %



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 Ing. Nestor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

**ASTM D-1557 MTC E 115-200**

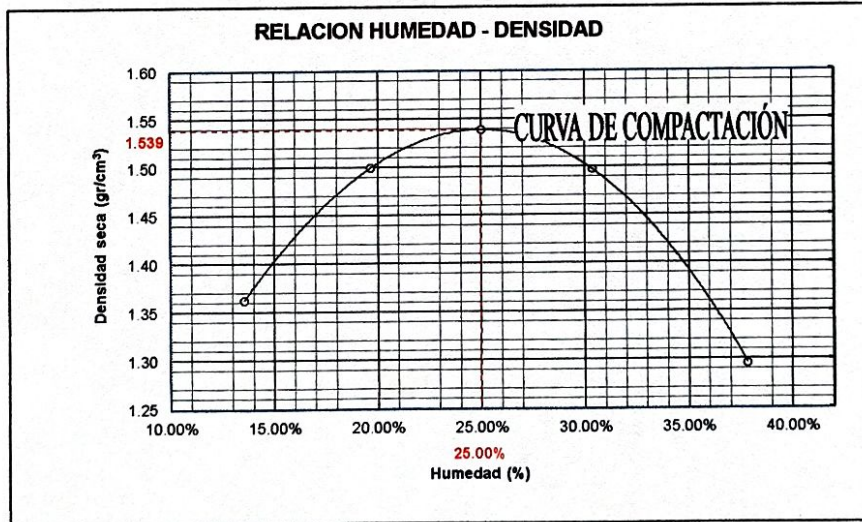
<b>PROYECTO</b>	: TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"		
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO		
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 02 - Jr. Huancane esq. Jr. Tupac Amaru	<b>FECHA</b>	: SEPTIEMBRE DEL 2022

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2105.00 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	9582.3	10102.3	10432.9	10084.6
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6324.3	6324.3	6324.3	6324.3
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	3258	3778	4108.6	3760.3
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.548	1.795	1.952	1.786

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	228.65	234.40	232.13	235.15	265.66	246.40	231.85	229.60
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	207.55	212.25	201.93	204.90	216.96	202.17	182.35	181.50
<b>Peso del Agua</b>	gr.	21.10	22.15	30.20	30.25	48.70	44.23	49.30	48.10
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	52.30	48.22	50.03	49.25	57.28	55.89	51.95	54.41
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	155.25	184.03	151.90	155.65	159.70	146.28	130.40	127.09
<b>% de Humedad</b>	%	13.59%	13.50%	19.88%	19.43%	30.5%	30.24%	37.81%	37.85%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	13.55%		19.66%		30.37%		37.83%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.363		1.500		1.497		1.296	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.539 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 25.00 %



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

*Ingeniero*  
 Ing. Nestor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Ingeniero*  
 Rully Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 112804

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

MTC E 139 - 2000

**PROYECTO**

TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUMAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"

**SOLICITANTE**

BACH FANNY MAYA SUCASACA CHINO

**UBICACIÓN**

: DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO

**MUESTRA**

: CALICATA 01

**Método de compactación**

T-190 "D"

**Máxima Densidad Seca (gr/cc)**

1.564

**Óptimo Contenido de Humedad (%)**

24.00%

**CBR 100% MDS**

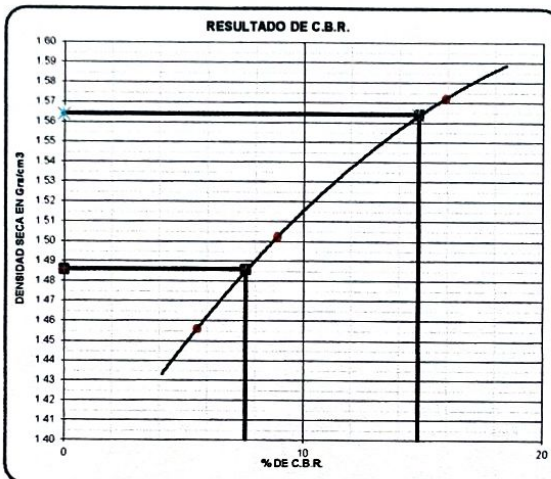
14.8%

**CBR 95% MDS**

7.6%

**CBR 90% MDS**

0.2%



**ENSAYO PRELIMINAR DEL PROCTOR**

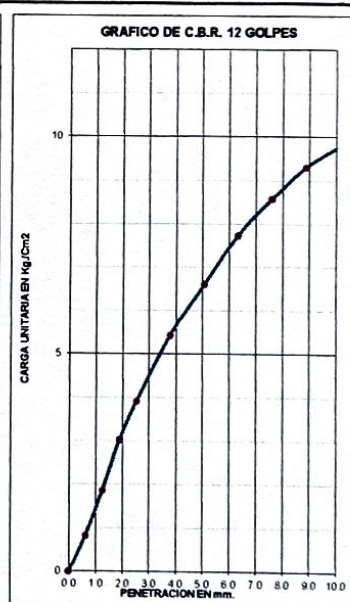
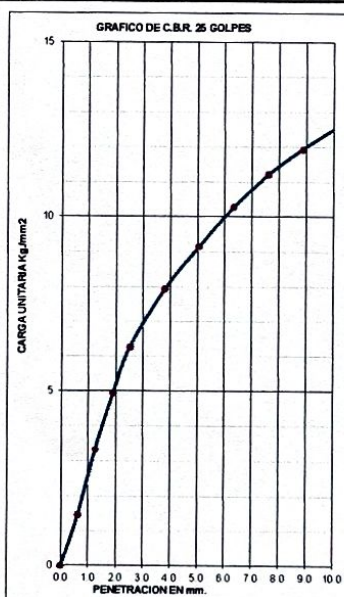
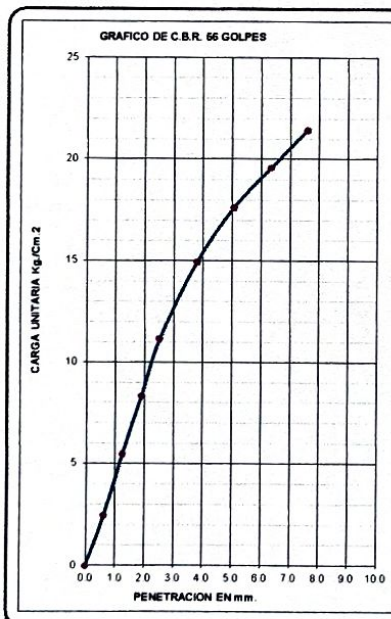
METODO DE COMPACTACION	D
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.56
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.00
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.49
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	

**COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES**

MOLDE N°	6	9	11
N° DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.57	1.50	1.46
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.2	22.9	24.3
C B R %	0.1"	15.9	9.0
C B R %	0.2"		5.6

**RESULTADOS**

C B R al 100% de MDS (%)	0.1"	14.8	0.2"
C B R al 95% de MDS (%)	0.1"	7.6	0.2"
C B R al 90% de MDS (%)	0.1"		0.2"



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Dn. C.I.P. N° 112804



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)  
 NYC E 139 - 2000

PROYECTO	TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO HERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"	FECHA	SEPTIEMBRE
SOLICITANTE	BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO	RESPONSABLE	Ing. N.C.S.
UBICACION	DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO		
MUESTRA	CALICATA 01		

COMPACTACIÓN

MOLDE N°	6				9				11			
	N° DE CAPAS				N° DE CAPAS				N° DE CAPAS			
COND. DE LA MUEST.	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADA		SIN SATURAR		SATURADO	
	PESO MOLDE + SUELO H.	13,241.40		13,393.00		13,152.60		13,479.90		12,997.80		13,317.80
PESO DEL MOLDE	7,004.30		7,004.30		7,142.20		7,142.20		7,148.20		7,148.20	
PESO DEL SUELO HUM.	6,237.10		6,388.70		6,010.40		6,337.70		5,849.60		6,169.60	
VOLUMEN DEL SUELO	3,193.88		3,193.88		3,254.22		3,254.22		3,229.97		3,229.97	
DENSIDAD HUMEDA	1.95		2.00		1.85		1.95		1.81		1.91	
DENSIDAD SECA	1.57		1.49		1.50		1.49		1.46		1.44	
TARRO N°	11	2	12	4	15	13	22	10	33	27	9	41
TARRO + SUELO HUM.	262.60	254.30	154.90	202.30	251.80	218.95	241.00	258.86	212.90	299.64	222.20	270.80
TARRO + SUELO SECO	220.70	216.00	129.70	164.20	217.20	186.79	197.60	209.91	180.90	228.65	179.90	217.20
AGUA	41.90	38.30	25.20	38.10	34.60	32.16	43.40	48.95	32.00	40.99	42.30	53.80
PESO DEL TARRO	52.50	53.00	56.30	51.55	53.20	56.78	51.80	52.00	54.00	54.10	52.60	52.40
PESO DEL SUELO SECO	168.20	163.00	73.40	112.65	164.00	130.01	145.80	157.91	128.90	174.55	127.30	164.80
% DE HUMEDAD	24.91	23.50	34.33	33.82	21.10	24.74	29.77	31.00	25.22	23.48	33.23	32.52
% DE HUM. PROMEDIO	24.20		34.08		22.92		30.38		24.35		32.88	

EXPANSION = 0.86 %

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL (mm)	EXPANSION		DIAL (mm)	EXPANSION		DIAL (mm)	EXPANSION	
				(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%
12-09-22	09:20	00:00	0.37	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
13-09-22	09:21	24:00	0.98	0.59	0.51	0.52	0.26	0.24	0.62	0.47	0.41
14-09-22	09:20	48:00	1.25	0.88	0.76	0.96	0.72	0.62	0.86	0.71	0.61
15-09-22	09:22	72:00	1.68	1.31	1.12	1.05	0.81	0.68	1.02	0.67	0.75

PENETRACION

PENET. Mm	CARGA SLUMP	MOLDE N° 6				MOLDE N° 9				MOLDE N° 11			
		N° DE GOLPES / CAPA		56		N° DE GOLPES / CAPA		25		N° DE GOLPES / CAPA		12	
		CARGA Kg.	CORRECCION Kglm2	CORRECCION Kglm2	%	CARGA Kg.	CORRECCION Kglm2	CORRECCION Kglm2	%	CARGA Kg.	CORRECCION Kglm2	CORRECCION Kglm2	%
0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.630		50	2.45	2.45		30	1.47	1.47		17	0.83	0.83	
1.270		112	5.48	5.48		68	3.33	3.33		38	1.86	1.86	
1.910		170	8.32	8.32		101	4.94	4.94		62	3.03	3.03	
2.540	70	228	11.16	11.16	15.0%	128	6.27	6.27	9.0%	80	3.92	3.92	5.6%
3.810		305	14.93	14.93		162	7.93	7.93		111	5.43	5.43	
5.080	105	380	17.62	17.62		187	9.15	9.15		135	6.61	6.61	
6.350		400	19.58	19.58		210	10.28	10.28		158	7.73	7.73	
7.620	133	438	21.44	21.44		229	11.21	11.21		175	8.57	8.57	
8.890		456	22.32	22.32		244	11.94	11.94		190	9.30	9.30	
10.160	181	481	22.56	22.56		257	12.58	12.58		200	9.79	9.79	

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

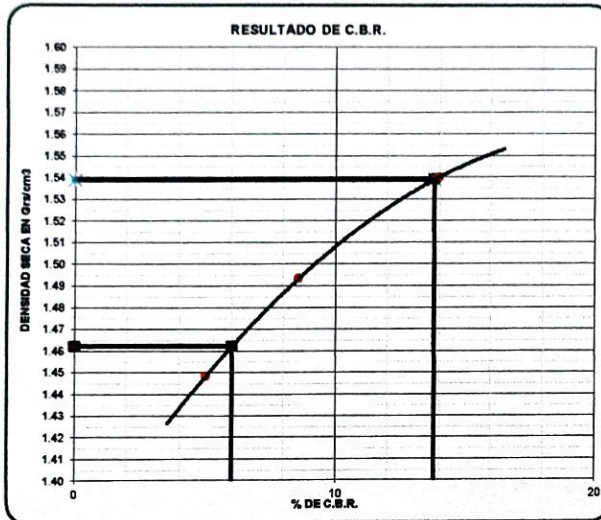
Ing. Nestor Cruz Saraza  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ruly Huacoto Collanqui  
 INGENIERO CIVIL  
 C.O.P. N° 112804

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)  
MTC E 139 - 2000

<b>PROYECTO</b>	TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"	<b>Método de compactación</b>	T-190 "D"
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO	<b>Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.539
<b>UBICACIÓN</b>	DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO	<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	25.00%
<b>MUESTRA</b>	CALICATA 02	<b>CBR 100% MDS</b>	13.8%
		<b>CBR 95% MDS</b>	6.0%
		<b>CBR 90% MDS</b>	



**ENSAYO PRELIMINAR DEL PROCTOR**

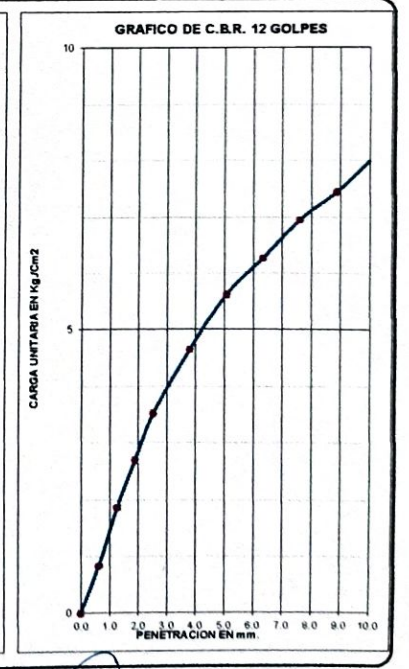
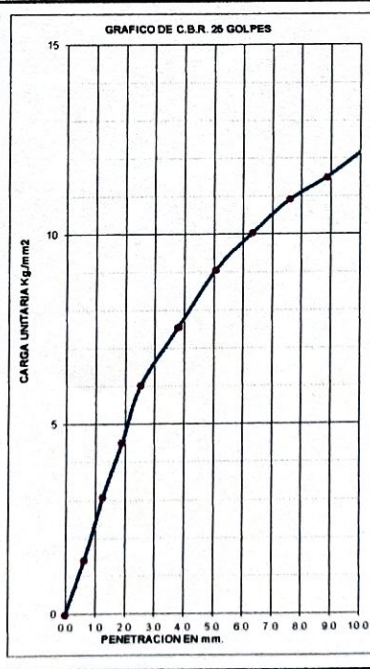
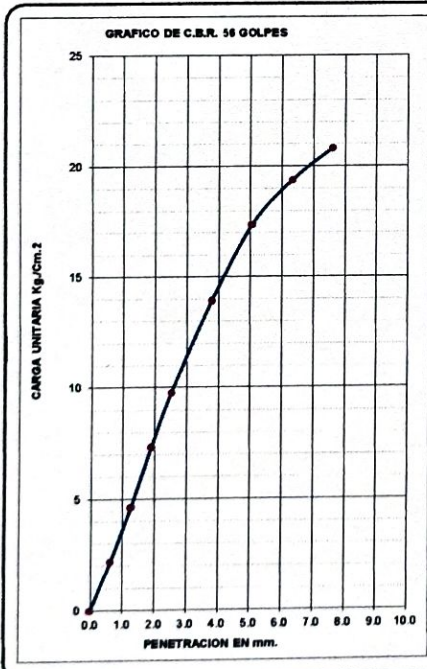
METODO DE COMPACTACION	D
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.54
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.00
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.46
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	

**COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES**

MOLDE N°	2	5	8
N° DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.49	1.45
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.0	25.1	25.0
C.B.R. %	0.1*	14.0	8.6
C.B.R. %	0.2*		5.0

**RESULTADOS**

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1*	13.8	0.2*
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1*	6.0	0.2*
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1*		0.2*



GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
*Nestor Cruz Saraza*  
Ing. Nestor Cruz Saraza  
JEFE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Ruly Huacoto Collanqui*  
Ruly Huacoto Collanqui  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 112804



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
 SUBGERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Jr. Carabaya N° 351 Puno - Telf. 51-366400

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1583)  
 NYC E.139 - 2000

<b>PROYECTO</b>	TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRAULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL EN PAVIMENTOS URBANOS, PUNO 2022"	<b>FECHA</b>	SEPTIEMBRE
<b>SOLICITANTE</b>	BACH. FANNY MAYA SUCASACA CHINO	<b>RESPONSABLE</b>	Ing. N.C.S.
<b>UBICACIÓN</b>	DIST. JULIACA - PROV. SAN ROMAN - DPTO. PUNO		
<b>MUESTRA</b>	CALICATA 02		

**COMPACTACIÓN**

MOLDE N°	2				5				8							
	N° DE CAPAS				N° DE CAPAS				N° DE CAPAS							
N° DE GOLPES / CAPA	56				25				12							
COND. DE LA MUEST.	SIN SATURAR				SATURADO				SIN SATURAR				SATURADO			
PESO MOLDE + SUELO H.	13,346.80				13,486.70				13,062.30				13,392.50			
PESO DEL MOLDE	7,126.70				7,126.70				7,096.50				7,096.50			
PESO DEL SUELO HUM.	6,220.10				6,360.00				5,965.80				6,296.00			
VOLUMEN DEL SUELO	3,229.97				3,229.97				3,193.68				3,193.68			
DENSIDAD HUMEDA	1.93				1.97				1.87				1.97			
DENSIDAD SECA	1.54				1.51				1.49				1.45			
TARRO N°	7	25	14	30	3	21	6	29	16	31	36	17				
TARRO + SUELO HUM.	265.70	245.10	280.40	243.30	272.50	248.80	253.90	240.40	262.20	271.00	248.60	260.80				
TARRO + SUELO SECO	223.20	206.50	228.70	197.90	228.20	210.10	200.50	192.30	220.50	227.80	195.40	201.00				
AGUA	42.50	38.60	51.70	45.40	44.30	38.70	53.40	48.10	41.70	43.20	53.20	59.80				
PESO DEL TARRO	54.20	51.70	55.00	54.40	51.70	55.50	52.90	56.70	54.00	54.10	56.20	42.80				
PESO DEL SUELO SECO	169.00	154.80	173.70	143.50	176.50	154.60	147.60	135.60	166.50	173.70	139.20	158.20				
% DE HUMEDAD	25.15	24.94	29.76	31.64	25.10	25.03	36.18	35.47	25.05	24.87	38.22	37.80				
% DE HUM. PROMEDIO	25.04				30.70				25.07				35.83			
													24.96			
													38.01			

**EXPANSION = 1.14 %**

FECHA	HORA	TEMPO	DIAL (mm.)	EXPANSION		DIAL (mm.)	EXPANSION		DIAL (mm.)	EXPANSION	
				(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%
12-09-22	09:10	00:00	0.13	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
13-09-22	09:11	24:00	1.05	0.92	0.79	0.05	0.45	0.38	0.56	0.38	0.33
14-09-22	09:15	48:00	1.52	1.39	1.19	1.12	0.92	0.79	0.98	0.80	0.69
15-09-22	09:18	72:00	1.95	1.82	1.56	1.40	1.20	1.03	1.15	0.97	0.84

**PENETRACIÓN**

PENET. Mm	CARGA SLUMP	MOLDE N° 2				MOLDE N° 5				MOLDE N° 8			
		N° DE GOLPES / CAPA				N° DE GOLPES / CAPA				N° DE GOLPES / CAPA			
		CARGA Kg.	CORRECCION Kg/cm2			CARGA Kg.	CORRECCION Kg/cm2			CARGA Kg.	CORRECCION Kg/cm2		
0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.630		45	2.20	2.20		29	1.42	1.42		17	0.83	0.83	
1.270		95	4.65	4.65		63	3.08	3.08		38	1.86	1.86	
1.910		150	7.34	7.34		92	4.50	4.50		55	2.69	2.69	
2.540	70	200	9.79	9.79	14.0%	123	6.02	6.02	8.6%	72	3.52	3.52	
3.810		285	13.95	13.95		154	7.54	7.54		95	4.65	4.65	
5.080	105	355	17.38	17.38		185	9.06	9.06		115	5.63	5.63	
6.350		396	19.38	19.38		205	10.03	10.03		128	6.27	6.27	
7.620	133	425	20.80	20.80		223	10.92	10.92		142	6.95	6.95	
8.890		440	21.54	21.54		235	11.50	11.50		152	7.44	7.44	
10.160	181	455	22.27	22.27		250	12.24	12.24		165	8.08	8.08	

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

*Ing. Nestor Cruz Saraza*  
 JEFE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

*Ruly Huacoto Collanqui*  
 INGENIERO CIVIL  
 2ºº. C.I.P. N° 112804

## INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD)

<b>PROYECTO</b>	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL DE PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022"
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. FANNY MAYA SUCASACA CHINO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMAN - DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: AGREGADO GRUESO CABANILLAS + AGREGADO FINO RIO ISLA
<b>MUESTRA</b>	: CONCRETO PERMEABLE
<b>ADICIONAMIENTO</b>	: 2.5% DE FINO
<b>DISEÑO</b>	: F'c=210 kg/cm2
<b>FECHA</b> : 19 DE OCTUBRE DEL 2022	
<b>OPERADOR</b> : PERSONAL DE LABORATORIO	

### PERMEABILIDAD MÉTODO DE PARED RÍGIDA: RIGID WALL ASTM D5856-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS
1)	PESO HUMEDO INICIAL DE LA MUESTRA (g)	1163.0
2)	DIAMETRO (cm)	7.613
3)	ALTURA DE LA MUESTRA (cm)	15.00
4)	CARGA HIDRAULICA (cm)	108.00
5)	AREA DE LA MUESTRA (cm <sup>2</sup> )	45.5
6)	VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	346.5
7)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	3.4
8)	METODO DE PRUEBA	CARGA CONSTANTE

N° DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO					
	Tiempo (S)	Volumen de agua medido (cm <sup>3</sup> )	Temperatura del agua (°C)	R <sub>T</sub>	K (cm/s)	K <sub>20</sub> (cm/s)
1	6.35	1000	15.4	1.1252	0.4804979	0.540670486
2	6.58	1000	15.4	1.1252	0.4637024	0.52177167
3	6.48	1000	15.4	1.1252	0.4708583	0.529823702
PROMEDIO					0.530755286	

**FORMULA**

$$k = \frac{VL}{hAt}$$

**DONDE:**

- K= Coeficiente de permeabilidad
- V= Volumen de agua recolectada en la salida
- L= Longitud de la muestra
- H= Diferencia de nivel (carga hidraulica)
- A= Area transversal de la muestra
- t= tiempo de ensayo
- R<sub>T</sub>= factor de correccion por temperatura del agua
- K<sub>20</sub>=coeficiente corregido a T de 20°

**GRAFICO:**



**Observaciones :**

- Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
- Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

MegaLaboratorio del Sur S.R.L.  
RUC: 2044873176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS

MegaLaboratorio del Sur S.R.L.  
RUC: 2044873176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT  
INGENIERO CIVIL CIP N° 12614



## INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD)

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL DE PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022
SOLICITANTE	: Bach. FANNY MAYA SUCASACA CHINO
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMAN - DEPARTAMENTO DE PUNO
CANtera	: AGREGADO GRUESO CABANILLAS + AGREGADO FINO RIO ISLA
MUESTRA	: CONCRETO PERMEABLE
ADICIONAMIENTO	: 5% DE FINO
DISEÑO	: F'c=210 kg/cm2
FECHA : 19 DE OCTUBRE DEL 2022	
OPERADOR : PERSONAL DE LABORATORIO	

### PERMEABILIDAD MÉTODO DE PARED RÍGIDA: RIGID WALL ASTM D5856-15

	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS
1)	PESO HUMEDO INICIAL DE LA MUESTRA (g)	1161.0
2)	DIAMETRO (cm)	7.593
3)	ALTURA DE LA MUESTRA (cm)	15.0
4)	CARGA HIDRAULICA (cm)	108.0
5)	AREA DE LA MUESTRA (cm <sup>2</sup> )	45.3
6)	VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	343.8
7)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	3.4
8)	METODO DE PRUEBA	CARGA CONSTANTE

N° DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO					
	Tiempo (S)	Volumen de agua medido (cm <sup>3</sup> )	Temperatura del agua (°C)	R <sub>T</sub>	K (cm/s)	K <sub>20</sub> (cm/s)
1	7.47	1000	15.4	1.1252	0.4106204	0.462042178
2	7.55	1000	15.4	1.1252	0.4062694	0.457146366
3	7.39	1000	15.4	1.1252	0.4150655	0.467043987
PROMEDIO					0.46207751	

**FORMULA**

$$k = \frac{VL}{hAt}$$

**DONDE:**

- K= Coeficiente de permeabilidad
- V= Volumen de agua recolectada en la salida
- L= Longitud de la muestra
- H= Diferencia de nivel (carga hidraulica)
- A= Area transversal de la muestra
- t= tiempo de ensayo
- R<sub>T</sub>= factor de correccion por temperatura del agua
- K<sub>20</sub>=coeficiente corregido a T de 20°

**GRAFICO:**



**Observaciones :**

- Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
- Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS  
TECNICO DE LABORATORIO



WALTER MACHACA ZAMA  
INGENIERO CIVIL CIP Nº 1261  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

## INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD)

**PROYECTO** : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL DE PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : Bach. FANNY MAYA SUCASACA CHINO

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMAN - DEPARTAMENTO DE PUNO

**CANTERA** : AGREGADO GRUESO CABANILLAS + AGREGADO FINO RIO ISLA

**MUESTRA** : CONCRETO PERMEABLE

**ADICIONAMIENTO** : 7.5% DE FINO

**DISEÑO** : F'c=210 kg/cm2

**FECHA** : 19 DE OCTUBRE DEL 2022  
**OPERADOR** : PERSONAL DE LABORATORIO

### PERMEABILIDAD MÉTODO DE PARED RÍGIDA: RIGID WALL ASTM D5856-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS
1)	PESO HUMEDO INICIAL DE LA MUESTRA	(g) 1223.0
2)	DIAMETRO	(cm) 7.487
3)	ALTURA DE LA MUESTRA	(cm) 15.0
4)	CARGA HIDRAULICA	(cm) 108.0
5)	AREA DE LA MUESTRA	(cm <sup>2</sup> ) 44.0
6)	VOLUMEN DE LA MUESTRA	(cm <sup>3</sup> ) 329.6
7)	DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup> 3.7
8)	METODO DE PRUEBA	CARGA CONSTANTE

N° DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO					
	Tiempo (S)	Volumen de agua medido (cm <sup>3</sup> )	Temperatura del agua (°C)	R <sub>T</sub>	K (cm/s)	K <sub>20</sub> (cm/s)
1	9.12	1000	15.4	1.1252	0.3459181	0.389237289
2	9.24	1000	15.4	1.1252	0.3414257	0.384182259
3	9.44	1000	15.4	1.1252	0.3341921	0.376042805
PROMEDIO					0.383154118	

**FORMULA**

$$k = \frac{V L}{h A t}$$

**DONDE:**

- K= Coeficiente de permeabilidad
- V= Volumen de agua recolectada en la salida
- L= Longitud de la muestra
- H= Diferencia de nivel (carga hidraulica)
- A= Area transversal de la muestra
- t= tiempo de ensayo
- R<sub>T</sub>= factor de correccion por temperatura del agua
- K<sub>20</sub>=coeficiente corregido a T de 20°

**GRAFICO:**



**Observaciones :**

- Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
- Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.  
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUNIZ VARGAS  
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.  
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHAGA ZAMA  
INGENIERO CIVIL CIP. N° 12614  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

## INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD)

<b>PROYECTO</b>	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE DEFICIENCIAS DE DRENAJE PLUVIAL DE PAVIMENTOS URBANOS PUNO 2022
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. FANNY MAYA SUCASACA CHINO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMAN - DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: AGREGADO GRUESO CABANILLAS + AGREGADO FINO RIO ISLA
<b>MUESTRA</b>	: CONCRETO PERMEABLE
<b>ADICIONAMIENTO</b>	: 10% DE FINO
<b>DISEÑO</b>	: F'c=210 kg/cm2
<b>FECHA</b> : 19 DE OCTUBRE DEL 2022	
<b>OPERADOR</b> : PERSONAL DE LABORATORIO	

### PERMEABILIDAD MÉTODO DE PARED RÍGIDA: RIGID WALL ASTM D5856-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS
1)	PESO HUMEDO INICIAL DE LA MUESTRA	(g) 1209.0
2)	DIAMETRO	(cm) 7.531
3)	ALTURA DE LA MUESTRA	(cm) 15.0
4)	CARGA HIDRAULICA	(cm) 108.0
5)	AREA DE LA MUESTRA	(cm <sup>2</sup> ) 44.5
6)	VOLUMEN DE LA MUESTRA	(cm <sup>3</sup> ) 335.5
7)	DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup> 3.6
8)	METODO DE PRUEBA	CARGA CONSTANTE

N° DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO					
	Tiempo (S)	Volumen de agua medido (cm <sup>3</sup> )	Temperatura del agua (°C)	R <sub>T</sub>	K (cm/s)	K <sub>20</sub> (cm/s)
1	11.55	1000	15.4	1.1252	0.269952	0.303757979
2	12.24	1000	15.4	1.1252	0.2547341	0.286634367
3	12.59	1000	15.4	1.1252	0.2476526	0.278665977
PROMEDIO					0.289686108	

**FORMULA**

$$k = \frac{V L}{h A t}$$

**DONDE:**

- K= Coeficiente de permeabilidad
- V= Volumen de agua recolectada en la salida
- L= Longitud de la muestra
- H= Diferencia de nivel (carga hidraulica)
- A= Area transversal de la muestra
- t= tiempo de ensayo
- R<sub>T</sub>= factor de correccion por temperatura del agua
- K<sub>20</sub>=coeficiente corregido a T de 20°

**GRAFICO:**



**Observaciones :**

- Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
- Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.  
RUC: 20448773176

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.  
**ALEX DAVID MUMIZ YARGAS**  
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.  
RUC: 20448773176

MEGA LABORATORIO DEL SUR S.R.L.  
**WALTER MACHACA ZAMA**  
INGENIERO CIVIL CIP. N° 1261-  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



# Product Certification

## This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3634-01

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM D 2134

PRODUCT DESCRIPTION: PERMEAMETER, CONSTANT/FALLING HEAD, 3.0 IN (76.0 MM)

MODELO: LA-3634-01



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required, was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance, repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s); which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



# FORNEY

WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148  
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408  
email - sales@forneyonline.com



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LL-015-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>03293-2022</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO</b>
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>VERNIER (PIE DE REY)</b>
<b>Alcance de indicación</b>	<b>0 mm a 200 mm / 0 pulg. a 8 pulg.</b>
<b>División de Escala / Resolución</b>	<b>0.01 mm / 0.001 pulg.</b>
<b>Marca</b>	<b>INSIZE</b>
<b>Modelo</b>	<b>1108-200W</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>2308161122 (*)</b>
<b>Procedencia</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Tipo de indicación</b>	<b>DIGITAL</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2022-09-01</b>

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

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

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


Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión  
**2022-09-05**

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LL-015-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

### 8. Condiciones Ambientales

	mínima	máxima
Temperatura	13.2 °C	14.5 °C
Humedad Relativa	35 %	35 %

### 9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	BLOQUES PATRON DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-C-053-2022
METROK	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Se grabó en el instrumento.
- El instrumento presenta errores menores a los errores máximos permisibles.





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LL-015-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL PIE DE REY			MAXIMO ERROR ENCONTRADO (± μm)	ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS (± μm)
	EXTERIOR (mm)	INTERIOR (mm)	PROFUNDIDAD (mm)		
10.000	10.000	10.000	10.000	0	20
20.000	20.004	20.003	20.000	4	20
40.000	40.004	40.000	40.000	4	20
80.000	80.002	80.003	80.000	3	20
100.000	100.002	100.000	100.010	10	20
150.000	150.002	150.000	150.000	2	20
200.000	200.004	200.000	200.010	10	30

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN : 3.7 μm ; para k=2

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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







**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	03293-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	6000 g
División de escala (d)	0.1 g
Div. de verificación (e)	0.1 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	SPJ6001
Número de Serie	7130520240
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-09-01

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-09-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello

PERUTEST S.A.C.



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutesl.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutesl.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.6 °C	14.6 °C
Humedad Relativa	35%	35%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0938-001-22
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-9008-001-22
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.

PERUTEST S.A.C.  
LABORATORIO  
PERÚ

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

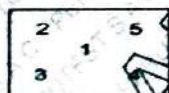
#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 3,000 g			Carga L2 = 6,000 g			
	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	
1	3000.0	50	0	6000.0	50	0	
2	3000.0	60	10	6000.0	40	10	
3	3000.0	60	10	6000.0	40	10	
4	3000.0	50	9	5999.9	20	-70	
5	3000.0	50	0	6000.0	60	-10	
6	3000.0	60	-10	6000.0	50	0	
7	3000.1	80	70	6000.0	60	-10	
8	3000.1	90	60	6000.0	50	0	
9	3000.0	50	0	5999.9	30	-80	
10	2999.9	20	-70	6000.0	50	0	
Diferencia Máxima			140	Diferencia Máxima			90
Error Máximo Permissible			300.0	Error Máximo Permissible			300.0

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	12.8 °C	12.8 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>					
	Carga Mínima*	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1	1.0	1.0	50	0	2000.0	2000.0	50	0	0	
2		1.0	50	0		2000.0	60	-10	-10	
3		1.0	40	10		2000.0	40	10	0	
4		1.0	50	0		2000.0	50	0	0	
5		1.0	50	0		1999.9	30	-80	-80	
* Valor entre 0 y 10e					Error máximo permisible					300.0

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	12.8 °C	12.8 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1.0	1.0	50	0						
2.0	2.0	40	10	10	2.0	40	10	10	100
100.0	100.0	60	-10	-10	100.0	50	0	0	100
300.0	300.0	50	0	0	300.0	60	-10	-10	100
500.0	500.0	40	10	10	500.0	50	0	0	200
1000.0	1000.0	50	0	0	1000.0	60	-10	-10	200
2000.0	2000.0	60	-10	-10	2000.0	40	10	10	300
3000.0	3000.0	50	0	0	3000.0	50	0	0	300
4000.0	4000.1	80	70	70	4000.0	40	10	10	300
5000.0	5000.1	80	70	70	5000.0	60	-10	-10	300
6000.0	6000.1	90	60	60	6000.1	80	70	70	300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.003712 \text{ g}^2 + 0.00000000015 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000113 R$$



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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

Fin del documento



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LTF - 010 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 1 de 2

1. Expediente	03293-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento de medición	CONTADOR DE TIEMPO (CRONOMETRO)
Marca	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Intervalo de indicación	0 h a 10 h
Resolución	0,01 s
Identificación	LTF-010
Procedencia	CHINA
Tipo de indicación	DIGITAL
5. Fecha de Calibración	2022-09-01
6. Lugar de calibración	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-09-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LTF - 010 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 2 de 2

### 7. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT's -003 Rev. 05 "Procedimiento de Calibración de Contadores de Tiempo".

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	13.5 °C	13.54C
Presión Atmosférica	35 %	36 %

### 9. Patrones de referencia

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	CRONOMETRO DIGITAL	1ATI-0089-2022

### 10. Resultados

TIEMPO DE ENSAYO			INDICACION DEL INSTRUMENTO			ERROR ENCONTRADO	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICION
h	min	s	h	min	s	s	s
0	15	0,35	0	15	0,27	-0,08	0,02
0	30	0,43	0	30	0,00	-0,43	0,02
1	0	0,52	1	0	0,00	-0,52	0,02



FIN DE DOCUMENTO



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
**Metrología**

**Laboratorio de Longitud y Angulo**

# Certificado de Calibración

## LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



Página 1 de 7

Expediente **1047038**

Solicitante **CALIBRATEC SAC**

Dirección **Av. Chillón Lote. 50 B Urb.  
Chacaracero - Comas - Lima**

Instrumento de Medición **BLOQUES PATRON DE LONGITUD**

Longitud Nominal **1 mm a 100 mm**

Grado **0 ( \* )**

Marca **INSIZE ( \* )**

Modelo **4100-32 ( \* )**

Número de Serie **140099 ( \* )**

Cantidad **11**

Material **ACERO**

Fecha de Calibración **2022-07-04**

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

Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver <http://www.bipm.org>).

*This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <http://www.bipm.org>).*

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

Responsable del área

Responsable del laboratorio



 Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA Leonardo FAU 20690263018 soft Fecha: 2022-07-06 18:52:16

 Firmado digitalmente por CANO URIBE Daniel Adolfo FAU 20690263018 soft Fecha: 2022-07-06 13:13:36

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

**Instituto Nacional de Calidad - INACAL**  
Dirección de Metrología.  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

# Certificado de Calibración

## LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 2 de 7

### Método de Calibración

Determinación de la desviación a la longitud nominal y la variación de longitud, por el método de comparación, utilizando bloques patrón de longitud de mejor grado y un comparador de bloques patrón.

Se tomó como referencia la Norma ISO 3650:1998

### Lugar de Calibración

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

### Condiciones Ambientales

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

### Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de Referencia del Centro Español de Metrología (CEM)	Bloques patrón de longitud LA 01 010 Grado K	210468001/M1 2022-01-13
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Comparador de bloques patrón LA 05 019 con incertidumbre del orden de 0,032 µm	INACAL DM/LLA-303-2022 2022-06-07

### Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.

(\*) Datos dados en la caja que los contiene.





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

# Certificado de Calibración

## LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 3 de 7

### Resultados de Medición

Longitud Nominal (mm)	Número de Serie	CARA IZQUIERDA / CARA SIN MARCAR						CARA DERECHA / CARA MARCADA						DESNG
		AR	LR	R	SR	C	AD	AR	LR	R	SR	C	AD	
1	146299			X		X	NO			X			NO	NO
2	147782			X			NO			X		X	NO	NO
3	142411			X			NO			X			NO	NO
4	146863			X			NO			X			NO	NO
5	149402			X			NO			X			NO	NO
6	143587		X				SI		X				SI	NO
7	147130		X				SI		X			X	NO	NO
8	140420		X				SI		X				NO	NO
9	146827			X			SI			X			SI	NO
10	144104			X			SI			X			SI	NO
20	148861			X			NO			X		X	NO	NO

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

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

**Laboratorio de Longitud y Angulo**

# Certificado de Calibración

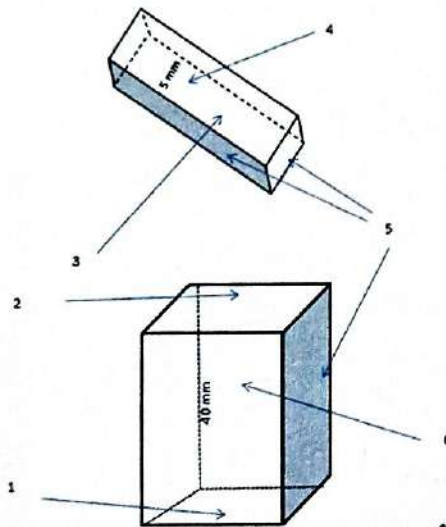
## LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



Página 4 de 7

### Denominación de las caras de los bloques patrón de longitud



a) para longitudes  $l_n < 6$  mm

b) para longitudes nominales  $l_n \geq 6$  mm

#### Leyenda

- 1 cara de medición izquierda
- 2 cara de medición derecha
- 3 cara de medida sin marcar
- 4 cara de medida marcada
- 5 cara laterales
- 6 cara lateral marcada

Considerar las clasificaciones siguientes:

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



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

**Laboratorio de Longitud y Angulo**

# Certificado de Calibración

## LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.  
Página 5 de 7

LONGITUD NOMINAL $l_n$ (mm)	NÚMERO DE SERIE DEL BLOQUE PATRÓN DE LONGITUD	DESVIACIÓN A LA LONGITUD NOMINAL $(l_c - l_n)$ ( $\mu m$ )	LONGITUD CENTRAL MEDIDA $(l_c)$ (mm)	VARIACIÓN DE LONGITUD $(v = l_{max} - l_{min})$ ( $\mu m$ )	GRADO 0	
					MÁXIMA DESVIACIÓN DE LONGITUD PERMITIDA EN CUALQUIER PUNTO RESPECTO A LA LONGITUD NOMINAL $(\pm l_e)$ ( $\mu m$ )	ERROR MÁXIMO PERMITIDO DE LA VARIACIÓN DE LONGITUD $(\pm l_v)$ ( $\mu m$ )
1	146299	0,04	1,00004	0,03	0,12	0,10
2	147782	0,06	2,00006	0,04	0,12	0,10
3	142411	0,10	3,00010	0,07	0,12	0,10
4	146863	-0,03	3,99997	0,03	0,12	0,10
5	149402	0,01	5,00001	0,06	0,12	0,10
6	143587	0,03	6,00003	0,07	0,12	0,10
7	147130	-0,01	6,99999	0,04	0,12	0,10
8	140420	0,03	8,00003	0,06	0,12	0,10
9	146827	-0,03	8,99997	0,06	0,12	0,10
10	144104	-0,05	9,99995	0,08	0,12	0,10
20	148861	-0,01	19,99999	0,06	0,14	0,10

MEGALABORATORIO DEL SUR





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

## Certificado de Calibración

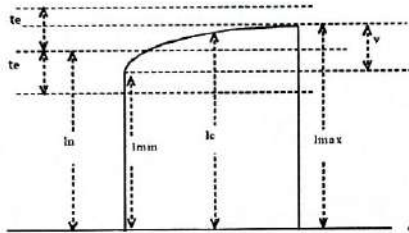
### LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



Página 6 de 7

Determinación de la desviación a la longitud nominal y la variación de longitud del bloque patrón de longitud



Incertidumbre expandida de medición:

$$U = \sqrt{(91 \text{ nm})^2 + (1,14 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2}$$

L : Longitud nominal expresado en milímetros.

Nota 1:

El coeficiente de dilatación térmica del bloque patrón de longitud grado K es  $(10,8 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , dato dado por el fabricante.

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

Nota 2:

Solo la CMC es para la longitud central el cual se encuentra publicada en el Apéndice C de la base de datos del BIPM, respaldada por el Acuerdo Reconocimiento Mútuo CIPM MRA.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

# Certificado de Calibración

## LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC - MRA)



### Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 7 de 7

#### Incertidumbre

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

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

#### Recalibración

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

#### DIRECCION DE METROLOGIA

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

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

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

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

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

#### LABORATORIO DE LONGITUD Y ANGULO - LLA

Diversos servicios del Laboratorio de Longitud y Angulo cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures BIPM en el siguiente link

[http://www.bipm.org/exalead\\_kcdb/exa\\_kcdb.jsp?](http://www.bipm.org/exalead_kcdb/exa_kcdb.jsp?_cf=+12386644032181527139&C=eJyLz2FizWOIL8ti8HZ2cYp3LChizUvJrHBmiM8vKMnMzyimMIQzq1MTI5IzQAKJBQwGDP)

[\\_cf=+12386644032181527139&C=eJyLz2FizWOIL8ti8HZ2cYp3LChizUvJrHBmiM8vKMnMzyimMIQzq1MTI5IzQAKJBQwGDPESuSBPAZdsZChILSplIM\\*ILHFzcdhMDIqAAAUGRu6&p=AppC](http://www.bipm.org/exalead_kcdb/exa_kcdb.jsp?_cf=+12386644032181527139&C=eJyLz2FizWOIL8ti8HZ2cYp3LChizUvJrHBmiM8vKMnMzyimMIQzq1MTI5IzQAKJBQwGDPESuSBPAZdsZChILSplIM*ILHFzcdhMDIqAAAUGRu6&p=AppC). Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ATI-0089-2022

Expediente N° 1A04485  
Página de 2

Fecha de emisión : 2022-06-17

1. **Solicitante** : CALIBRATEC S.A.C.
2. **Dirección** : Av. Chillón Lote. 50B Urb. Chacaracero - Comas - Lima
3. **Instrumento** : CONTADOR DE TIEMPO  
(CRONÓMETRO)
- Marca / Fabricante** : ANYTIME
- Modelo** : ZSD-013
- Serie** : No indica
- Procedencia** : No indica
- Código de identificación** : PTF-002 (\*)
- Intervalo de indicación** : 0 h a 10 h
- Resolución** : 0,01 ; 0,1 (\*\*)
- Tipo de indicación** : Digital
- Ubicación** : No indica
4. **Lugar de calibración** : Laboratorio de Electricidad, Tiempo y Frecuencia de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : 2022 - 06 - 16
6. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa, según el PC - MT's - 003 Rev. 05 "Procedimiento de Calibración de Contadores de Tiempo" de METROIL S.A.C.

7. **Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código / Serie	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
122502111	Cronómetro digital con incertidumbre del orden 0,1 µs/s	LTF-C-008-2021 / INACAL-DM

8. **Condiciones de calibración**

Temperatura ambiental : Inicial : 21,2 °C Final : 21,4 °C  
Humedad relativa : Inicial : 55,1 %H.R. Final : 55,3 %H.R.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

JOSE M. CHAVEZ VALIENTE  
Laboratorio de Calibración



### 9. Resultados

TIEMPO DE ENSAYO			INDICACIÓN DEL INSTRUMENTO			ERROR ENCONTRADO	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN
h	min	s	h	min	s	s	s
0	15	0,04	0	15	0,00	-0,04	0,02
0	30	0,05	0	30	0,01	-0,04	0,02
1	0	0,00	0	59	59,95	-0,05	0,02

### 10. Observaciones.

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación " CALIBRADO " y con identificación 1AMA-06338-22
- Las incertidumbres de medición expandidas reportadas son las incertidumbres de medición estándares multiplicadas por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- (\*\*) La resolución del instrumento para el alcance de ( 0 min 0,00 s a 59 min 59,99 s ) es de 0,01 s y para el alcance de ( 1 h 0 min 0 s a 9 h 59 m 59 s ) es de 1 s.

FIN DEL DOCUMENTO



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1AT-1704-2022

Expediente N° 1A04485  
Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2022-06-17

1. **Solicitante** : CALIBRATEC S.A.C.
2. **Dirección** : Av. Chillón Lote 50B Urb. Chacra Cerro - Comas - Lima - Lima
3. **Instrumento calibrado** : MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (TERMOHIGRÓMETRO)
  - Marca / Fabricante : BOECO
  - Identificación : LT-004 (\*)
  - Serie : 170719424
  - Modelo : HTC-8
  - Intervalo de indicación : IN: -50 °C a 70 °C / OUT: -50 °C a 70 °C  
10 % H.R. a 99 % H.R.
  - Resolución : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C  
1 % H.R.
  - Procedencia : Alemania
  - Ubicación : No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2022-06-16 al 2022-06-17
6. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 00 "Procedimiento para Calibración de Medidores de Humedad y/o Temperatura" de METROIL S.A.C.
7. **Trazabilidad**  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento/ Patrón	Certificado de Calibración
IT-479	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,7 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-051-2022 / INACAL - DM
IT-480	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,5 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-052-2022 / INACAL - DM
IT-481	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,5 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-048-2022 / INACAL - DM
IT-595	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,06 °C	1AT-0197-2022 / METROIL S.A.C.
IT-896	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,06 °C	1AT-0198-2022 / METROIL S.A.C.




LUIS D. CAJAVILCA CUTIMANCO  
Laboratorio de Calibración



Certificado de Calibración N° 1AT-170-0022  
Página 2 de 2



### 8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 19,8 °C Final : 21,8 °C  
Humedad relativa : Inicial : 60,4 % H.R. Final : 68,6 % H.R.

### 9. Resultados

#### PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
14,8	0,2	15,0	0,3
21,7	0,3	22,0	0,3
29,5	0,5	30,0	0,3

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

#### PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
37	-2,0	35,0	2,8
58	2,0	60,0	2,8
91	-1,0	90,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

### 10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta adhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° 1AMA-07133-22.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO



# Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número  
Number

CCP-0938-001



**Cliente:**  
*Customer* CALIBRATEC S.A.C.

**Dirección:**  
*Address* AV. CHILLON LOTE. 50B URB.  
CHACRACERRO LIMA-LIMA-  
COMAS

**Objeto:**  
*Item* JUEGO DE PESAS F1  


**Marca<sup>(1)</sup>:**  
*Manufacturer* NO ESPECIFICA

**Modelo<sup>(1)</sup>:**  
*Model* NO ESPECIFICA

**No. de Serie:**  
*Serial Number* 63531

**Identificación<sup>(1)</sup>:**  
*Identification* NO ESPECIFICA

**Ubicación del Objeto<sup>(1)</sup>:**  
*Item Location* NO ESPECIFICA

**Fecha de Recepción:**  
*Date of Receipt* 2022-08-08

**Fecha de Calibración:**  
*Calibration Date* 2022-08-08

**Próxima Fecha de Calibración:**  
*Due Date* -

**Técnico Responsable:**  
*Responsible Technician* Ronald Arias

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

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

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

**Persona que Autoriza / Fecha de Emisión:**  
*Person authorizing / Date of Issue* Ing. Savino Pineda / 2022-08-16

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ  
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC  
Fecha: 2022-08-16 17:53:55

# Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número  
Number

CCP-0938-00



Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

*This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.*

*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

## Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k$ , que para una distribución  $t$  (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

*The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor  $k$ , which for a  $t$  (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%*

## Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación ID Number	Nombre Name	Marca Manufacturer	Modelo Model	No. de Serie Serial Number	Vence Cal. Due Date	Nº Certificado Nº Certificate
ELET.106	COMPARADOR DE MASAS	SARTORIUS	MCM2004	33602063	2023-01-17	CC-0006-045-22
ELET.170	COMPARADOR DE MASA	SARTORIUS	MCM40K3	36501245	2023-01-17	CC-0006-050-22
EL.PC.032	JUEGO DE PESAS E1	HAFNER	9.XEHR-820	1880116	2025-03-17	115795
EL.PC.068	PESA DE 5 kg	HAFNER	CLASE E1	4030518	2025-03-16	115796
EL.PT.466	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	150322677	2022-09-06	CC-4170-001-21
EL.PT.740	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	170500256	2023-06-22	CC-2880-016-22



# Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número  
Number

CCP-0938-00



## Calibración

Calibration

Lugar de Calibración:

Calibration Site

Laboratorio De Masa Y Volumen (Elicrom)

Método de Calibración:

Calibration Method

Comparación directa con Masas Patrón e Instrumento de Pesaje (Sustitución Abba)

Documento de Referencia:

Reference Document

CEM ME-025:2020 (Edición Digital 1)

Procedimiento de Calibración:

Calibration Procedure

PEC.EL.17

Condiciones Ambientales:

Environmental Conditions

Temperatura del Aire 20,2 °C ± 0,2 °C

Air Temperature

Humedad Relativa del Aire 49,0 %hr ± 0,4 %hr

Air Relative Humidity

Presión Atmosférica 1011 hPa ± 0 hPa

Atmospheric Pressure

Densidad del Aire 1,2012 kg/m³ ± 0,0015 kg/m³

Air Density

## Observaciones

Observations

<sup>(1)</sup> Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

<sup>(1)</sup> Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

## Características del Ítem de Calibración

Calibration Item Characteristics

Intervalo de Medida Measurement Range	Clase Class	Forma Shape	Material Material
1 kg - 5 kg	F1	Cilindrico de Botón	Acero Inoxidable

## Declaración de Trazabilidad Metroológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Alemania) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany) or other National Metrology Institutes (NMIs).

# Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número  
Number

CCP-0938-00



## Resultados de la Calibración

Calibration Results

Número de Serie o Identificación <i>Serial Number or ID</i>	Valor de Masa Convencional <i>Conventional Mass Value</i>	Incertidumbre (U) (k=2) <i>Uncertainty (U) (k=2)</i>	Clase de Exactitud <i>Accuracy Class</i>	$\frac{emp}{U}$ <i>emp</i>	Cumplimiento <i>Compliance</i>
	$m_c$	[ +/- mg ]		[ +/- mg ]	
1	1 kg +3,4 mg	1,6	F1	5	Cumple
2*	2 kg -3,2 mg	3,0	F1	10	Cumple
2	2 kg -2,7 mg	3,0	F1	10	Cumple
5	5 kg -3,6 mg	8,0	F1	25	Cumple

## Notas

Notes

- El valor de masa convencional de la pesa corresponde a la masa de la pesa asumiendo una densidad de 8000 kg/m<sup>3</sup> en una densidad de aire de 1,2 kg/m<sup>3</sup> de acuerdo con el Documento Internacional No. 28 de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML-D28), edición 2004.

- La densidad del aire fue calculada con la fórmula CIPM-2007, versión exponencial simplificada.

- Las propiedades magnéticas no han sido determinadas, lo cual pudo haber afectado a la validez de los resultados.

- A falta de información, la densidad de la(s) pesa(s) y su incertidumbre fueron obtenidas a partir de la tabla B.7 (Método F2) de la OIML R 111-1:2004.

- El error convencional de la masa (o desviación del valor nominal) se muestra con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- The conventional mass value of the weight correspond to the mass of the weight assuming a density of 8000 kg/m<sup>3</sup> at an air density of 1.2 kg/m<sup>3</sup> in accordance with International Document No. 28 of the International Organization of Legal Metrology (OIML-D28), edition 2004.

- Air density was calculated with the CIPM-2007 formula, simplified exponential version

- Magnetic properties have not been determined, which could have affected the validity of results

- Due to lack of information, the density of weight(s) and its uncertainty were obtained from table B.7 (Method F2) of OIML R 111-1:2004.

- The conventional error of the mass (or deviation from the nominal value) is shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see 7.2.6 of the GUM).

## Información sobre Declaración de Conformidad

Information about Statement of Conformity

Regla de Decisión (Aceptación Simple): El ítem de calibración se acepta como conforme con el requisito especificado de emp (error máximo permitido) si la suma del valor absoluto del error convencional (diferencia de masa convencional)  $e_{cm}$  con la incertidumbre expandida de medición  $U$  es menor o igual al error máximo permitido (emp):  $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

Nota: El error máximo permitido (emp) está dado en el Apartado 5 (Tabla 1) de la OIML R 111-1:2004 y se muestra en la tabla de resultados.

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CUMPLE con el requisito especificado de error máximo permitido (emp).

Decision Rule (Simple Acceptance): The calibration item is accepted as conforming to the specified requirement of emp (maximum permissible error) if the sum of the absolute value of the conventional error (conventional mass difference)  $e_{cm}$  with the expanded uncertainty of measurement  $U$  is less than or equal to the maximum permissible error (emp):  $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

Note: The maximum permissible error (mp) is given in Section 5 (Table 1) of OIML R 111-1:2004 and is shown in the results table.

Statement of Conformity: According to the results reported in this certificate, the calibration item MEETS the specified requirement of maximum permissible error (mpe).



## Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0908-001



**Cliente:**  
*Customer* CALIBRATEC S.A.C.

**Dirección:**  
*Address* AV. CHILLON LOTE. 50B URB.  
CHACRACERRO LIMA - LIMA -  
COMAS

**Objeto:**  
*Item* JUEGO DE PESAS F1  


**Marca<sup>(1)</sup>:**  
*Manufacturer* NO ESPECIFICA

**Modelo:**  
*Model* SS

**No. de Serie<sup>(1)</sup>:**  
*Serial Number* NO ESPECIFICA

**Identificación:**  
*Identification* LM-002

**Ubicación del Objeto<sup>(1)</sup>:**  
*Item Location* NO ESPECIFICA

**Fecha de Recepción:**  
*Date of Receipt* 2022-07-30

**Fecha de Calibración:**  
*Calibration Date* 2022-07-30

**Próxima Fecha de Calibración:**  
*Due Date* -

**Técnico Responsable:**  
*Responsible Technician* Ronald Arias

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

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

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

**Persona que Autoriza / Fecha de Emisión:** - Ing. Savino Pineda / 2022-08-04  
*Person authorizing / Date of Issue*

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ  
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC  
Fecha: 2022-08-04 11:27:23



## Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número  
Number

CCP-0908-00



Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

### Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k$ , que para una distribución  $t$  (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor  $k$ , which for a  $t$  (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

### Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación ID Number	Nombre Name	Marca Manufacturer	Modelo Model	No. de Serie Serial Number	Vence Cal. Due Date	N° Certificado N° Certificate
EL.ET.105	COMPARADOR DE MASAS	SARTORIUS	MCM106	33602062	2023-01-17	CC-0006-043-22
EL.ET.106	COMPARADOR DE MASAS	SARTORIUS	MCM2004	33602063	2023-01-17	CC-0006-045-22
EL.PC.032	JUEGO DE PESAS E1	HAFNER	9.XEHR-820	1880116	2025-03-17	115795
EL.PT.466	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	150322677	2022-09-06	CC-4170-001-21
EL.PT.710	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	170500256	2023-06-22	CC-2880-016-22



## Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0908-00



### Calibración

Calibration

Lugar de Calibración:

Calibration Site

Laboratorio De Masa Y Volumen (Elicrom)

Método de Calibración:

Calibration Method

Comparación directa con Masas Patrón e Instrumento de Pesaje (Sustitución Abba)

Documento de Referencia:

Reference Document

CEM ME-025:2020 (Edición Digital 1)

Procedimiento de Calibración:

Calibration Procedure

PEC.EL.17

Condiciones Ambientales:

Environmental Conditions

Temperatura del Aire 20,3 °C ± 0,2 °C

Air Temperature

Humedad Relativa del Aire 50,1 %hr ± 1,1 %hr

Air Relative Humidity

Presión Atmosférica 1011 hPa ± 0 hPa

Atmospheric Pressure

Densidad del Aire 1,2009 kg/m<sup>3</sup> ± 0,0023 kg/m<sup>3</sup>

Air Density

### Observaciones

Observations

<sup>(1)</sup> Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

<sup>(1)</sup> Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

Las pesas marcadas con asterisco (\*) hacen referencia a las pesas con el mismo valor nominal y sirve para diferenciar una de otra.

### Características del Ítem de Calibración

Calibration Item Characteristics

Intervalo de Medida	Clase	Forma	Material
Measurement Range	Class	Shape	Material
1 mg - 500 mg	F1	Placa	Acero Inoxidable
10 <sup>-5</sup> mg	F1	Cilindrico de Botón	Acero Inoxidable

### Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Alemania) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany) or other National Metrology Institutes (NMIs).





# Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número  
 Number

CCP-0908-00



## Resultados de la Calibración

Calibration Results

Número de Serie o Identificación <i>Serial Number or ID</i>	Valor de Masa Convencional <i>Conventional Mass Value</i>	Incertidumbre (U) (k=2) <i>Uncertainty (U) (k=2)</i>	Clase de Exactitud <i>Accuracy Class</i>	$\frac{emp}{m_p}$ <i>emp</i>	Cumplimiento <i>Compliance</i>
	$m_c$	[ +/- mg ]		[ +/- mg ]	
1	1 mg +0,0007 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
2*	2 mg -0,0001 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
2	2 mg +0,0029 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
5	5 mg +0,0002 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
10	10 mg +0,0046 mg	0,0080	F1	0,025	Cumple
20*	20 mg +0,002 mg	0,010	F1	0,030	Cumple
20	20 mg +0,000 mg	0,010	F1	0,030	Cumple
50	50 mg +0,001 mg	0,012	F1	0,040	Cumple
100	100 mg +0,001 mg	0,016	F1	0,050	Cumple
200*	200 mg +0,000 mg	0,020	F1	0,060	Cumple
200	200 mg +0,003 mg	0,020	F1	0,060	Cumple
500	500 mg +0,006 mg	0,025	F1	0,080	Cumple
1	1 g +0,004 mg	0,030	F1	0,10	Cumple
2*	2 g +0,007 mg	0,040	F1	0,12	Cumple
2	2 g +0,003 mg	0,040	F1	0,12	Cumple
5	5 g +0,010 mg	0,050	F1	0,16	Cumple
10	10 g +0,009 mg	0,060	F1	0,20	Cumple
20*	20 g +0,024 mg	0,080	F1	0,25	Cumple
20	20 g +0,026 mg	0,080	F1	0,25	Cumple
50	50 g +0,03 mg	0,10	F1	0,30	Cumple
100	100 g +0,04 mg	0,16	F1	0,50	Cumple
200*	200 g +0,15 mg	0,30	F1	1,0	Cumple
200	200 g +0,20 mg	0,30	F1	1,0	Cumple
500	500 g +0,73 mg	0,80	F1	2,5	Cumple
1	1 kg +3,4 mg	1,6	F1	5,0	Cumple

## Notas

Notes

- La densidad del aire fue calculada con la fórmula CIPM-2007, versión exponencial simplificada.
- Las propiedades magnéticas no han sido determinadas, lo cual pudo haber afectado a la validez de los resultados.
- A falta de información, la densidad de la(s) pesa(s) y su incertidumbre fueron obtenidas a partir de la tabla B.7 (Método F2) de la OIML R 111-1:2004.
- El error convencional de la masa (o desviación del valor nominal) se muestra con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- Air density was calculated with the CIPM-2007 formula, simplified exponential version.
- Magnetic properties have not been determined, which could have affected the validity of results.
- Due to lack of information, the density of weight(s) and its uncertainty were obtained from table B.7 (Method F2) of OIML R 111-1:2004.
- The conventional error of the mass (or deviation from the nominal value) is shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see 7.2.6 of the GUM).



## Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0908-001



### Información sobre Declaración de Conformidad

Information about Statement of Conformity

**Regla de Decisión (Aceptación Simple):** El ítem de calibración se acepta como conforme con el requisito especificado de  $emp$  (error máximo permitido) si la suma del valor absoluto del error convencional (diferencia de masa convencional)  $e_{cm}$  con la incertidumbre expandida de medición  $U$  es menor o igual al error máximo permitido ( $emp$ ):  $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

**Nota:** El error máximo permitido ( $emp$ ) está dado en el Apartado 5 (Tabla 1) de la OIML R 111-1:2004 y se muestra en la tabla de resultados.

**Declaración de Conformidad:** De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CUMPLE con el requisito especificado de error máximo permitido ( $emp$ ).

**Decision Rule (Simple Acceptance):** The calibration item is accepted as conforming to the specified requirement of  $emp$  (maximum permissible error) if the sum of the absolute value of the conventional error (conventional mass difference)  $e_{cm}$  with the expanded uncertainty of measurement  $U$  is less than or equal to the maximum permissible error ( $emp$ ):  $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

**Note:** The maximum permissible error ( $mp$ ) is given in Section 5 (Table 1) of OIML R 111-1:2004 and is shown in the results table.

**Statement of Conformity:** According to the results reported in this certificate, the calibration item MEETS the specified requirement of maximum permissible error ( $mpe$ ).

FO.PEC.17-05 Rev. 09