



Universidad Científica del Perú - UCP

Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000310, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO DE TESIS

**“GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL
CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS
COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021”.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR (es):

BACH. PRADO ESPINO, ROSSANA CAROL.

BACH. ROMERO RENGIFO, HELEN DE LOS ÁNGELES.

ASESOR (es):

ING. RIOS VARGAS, CALEB

San Juan Bautista – Maynas – Loreto – Perú

2021

DEDICATORIA

Dedicado con amor a mi madre Victoria Lucila Espino Mendoza.

Bach. Ing. Rossana Carol Prado Espino

A mi madre Patricia Rengifo por ser la principal razón y motivación para culminar mi carrera profesional, gracias por tu apoyo incondicional.

A mi padre Jorge Romero por ser el pilar de la familia, por sus consejos y enseñanzas, por brindarme su apoyo y su confianza en el proceso de elaboración de esta tesis.

A mi pareja Kirk Tedk, por acompañarme en este camino llamado vida, por apoyarme y motivarme a lograr mis metas trazadas.

En general a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de este reto para mí.

Bach. Ing. Helen Romero Rengifo

Dedicamos esta investigación al Ing. Mario Amador Vela Rodríguez, quien ya no está con nosotros; pero, sus enseñanzas y ejemplo de honestidad y dedicación perduran en sus alumnos.

Honor y Gloria, Maestro.

**Bach. Ing. Rossana Carol Prado Espino y Helen de los Ángeles
Romero Rengifo**

AGRADECIMIENTO

Deseamos brindar un agradecimiento especial a las siguientes personas e instituciones que estuvieron con nosotros en el proceso de esta tesis:

A nuestro asesor: Ing. Ríos Vargas Caleb, quien nos orientó y nos incentivó a continuar en esta línea de investigación.

Al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú por brindarnos la oportunidad de realizar los ensayos necesarios para lograr los objetivos propuestos en la tesis, dando un especial reconocimiento al Tco. Karol Cisowski, quien dedico parte de su tiempo en brindarnos apoyo en la elaboración de las pruebas y diseños en el proceso de investigación.

Al Ing. Cleiver Delgado Pérez y la empresa SIKA PERÚ SAC por su interés y contribución a la investigación mediante la donación del aditivo SikaPlast-740 PE. De igual manera, agradecemos al Ing. Paolo Delgado López, quien nos brindó generosamente parte de sus conocimientos en el área investigada, así como nos facilitó la obtención del agregado grueso utilizado en esta investigación.

A los miembros del jurado evaluador por tomarse el tiempo y dedicación en impulsar la investigación siendo sus observaciones y

opiniones, escalones que nos hicieron avanzar hasta la culminación de este proyecto.

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

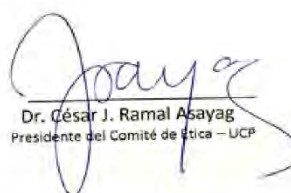
La Tesis titulada:

**"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO
PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA
CIUDAD DE IQUITOS – 2021"**

De los alumnos: **PRADO ESPINO ROSSANA CAROL Y ROMERO RENGIFO
HELEN DE LOS ÁNGELES**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó
satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje
de **13% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 9 de junio del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

CJRA/ri-a
169-2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_INGENIERÍA_2021_TESIS_ROSSANAPRADO_V1.pdf
(D108181258)
Submitted: 6/7/2021 7:44:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 13 %

Sources included in the report:

UCP_INGENIERIA_2019_TSP_TATIANAPEREZ_VF.docx (D54945616)
UCP_2021_CIENCIASEINGENIERIA_TSP_LARRYMARIN_MIGUELRIOS_V1.pdf (D106913798)
UCP_INGENIERÍA_CIVIL_2021_TESIS_DARLINSAAVEDRA_JAVIERPAZ_V1.pdf (D93542473)
UCP_INGENIERÍA_2019_TSP_KIARATUANAMA_VF.pdf (D56628668)
UCP_INGENIERIA_2019_TESIS_GUERRAYANGULO_VF.pdf (D59016096)
2. trabajo de suficiencia aditivo plastificante.docx (D55302553)
<https://core.ac.uk/download/pdf/250104114.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/198120475.pdf>
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1137/1/T026_44206117_T.pdf
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11040/COLLANTES%20DELGADO%2C%20Jordy%20Alexis%3B%20ESLAVA%20URBINA%2C%20Diego%20Alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12351/Perez%20Gordillo%20Johan%20Joe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1099/TESIS%20FINAL%2017-05-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625617/EsquerreG_M.pdf?sequence=4&isAllowed=y
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/559/A5%20Capitulo%202%20Dise%C3%B1o%20De%20Mezclas.pdf?sequence=5>
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626313/BENDEZU_UJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y
<https://1library.co/document/q2em9x6q-evaluacion-comportamiento-permeable-aplicacion-pavimentos-fabricado-agregados-tacllan.html>

Instances where selected sources appear:

110

ACTA DE SUSTENTACIÓN



"Año de la Universalización de la Salud"

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°150-2019-UCP-FCEI de fecha 27 de marzo de 2019 y modificada con Resolución Decanal N°229-2020-UCP-FCEI, Resolución Decanal N°070-2021-UCP-FCEI y con Resolución Decanal N°134-2021-UCP-FCEI, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Félix Wong Ramírez, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Carol Begoña García Langer, M.Sc. | Miembro |

Como Asesores: **Ing. Caleb Ríos Vargas, M.Sc.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 16.00 horas del día 16 de julio del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaría Académica del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS - 2021"**.

Presentado por los sustentantes:

**ROSSANA CAROL PRADO ESPINO
Y
HELEN DE LOS ANGELES ROMERO RENGIFO**

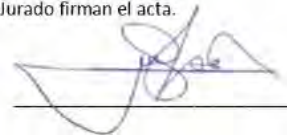
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**.

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**.

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

 _____ Miembro	 _____ Presidente	 _____ Miembro
---	--	--

Contáctanos:

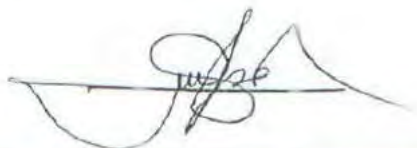
Iquitos – Perú
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 - 58 5638 / 42 - 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

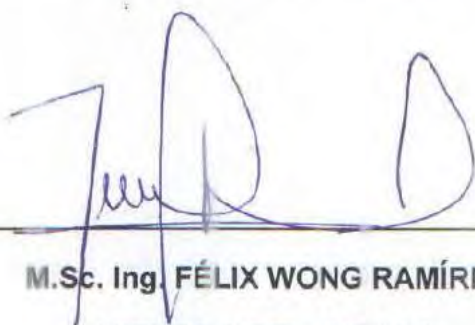
APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 16 de julio del 2021 a las 4:00 p.m.



M.Sc. Ing. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA

PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. FÉLIX WONG RAMÍREZ

MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. CAROL BEGOÑA GARCÍA LANGER

MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS

ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ACTA DE SUSTENTACIÓN	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	9
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE GRÁFICOS	15
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	20
.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
.1.1. Historia	20
.1.2. Antecedente Internacional	22
.1.3. Antecedente Nacional	27
.2. Bases teóricas	35
.2.1. Concreto Permeable	35
.2.2. Definición	35
.2.3. Aplicaciones	36
.2.4. Ventajas y Desventajas	37
.3. Diseño de Mezclas	41
.3.1. Materiales	41
.3.2. Criterios de diseño de mezclas	46
.3.3. Propiedades	51
.4. Vías locales y pavimentos especiales	64
.4.1. Vías urbanas – vías locales	64
.4.2. Pavimentos especiales	64
.4.3. Requisitos según los tipos de pavimentos	64
.5. Definición de términos básicos	68
.5.1. Concreto Permeable	68
.5.2. Resistencia a la Compresión	68
.5.3. Resistencia a la Flexión	68

.5.4. Permeabilidad e Infiltración	69
.5.5. Aditivo.....	69
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	70
2.1. Descripción del Problema	70
2.2. Formulación del problema	73
2.2.1. Problema general	73
2.2.2. Problemas específicos	73
2.3. Objetivos.....	73
2.3.1. Objetivo general	73
2.3.2. Objetivos específicos.....	73
2.4. Hipótesis	74
2.4.1. Hipótesis general.....	74
2.5. Variables:.....	74
2.5.1. Identificación de las variables.	74
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.	75
2.5.3. Operacionalización de las variables.....	75
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	76
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	76
3.1.1. Tipo de investigación	76
3.1.2. Diseño de investigación	76
3.2. Población y muestra	77
3.2.1. Población	77
3.2.2. Muestra	77
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	78
3.3.1. Técnicas de recolección de Datos.....	78
3.3.2. Instrumentos de recolección de Datos.....	78
3.3.3. Procedimientos de recolección de Datos	79
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	83
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	84
4.1. Características físicas de los agregados.....	84
4.2. Diseños Preliminares.....	96
4.3. Propiedades del concreto fresco y endurecido	103
4.3.1. Consistencia.....	103
4.4.1. Resistencia a la compresión.....	104

4.4.3. Resistencia a la flexión.....	114
4.5. Comparación de diseños	117
4.6. Permeabilidad	120
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
5.1. Discusión de resultados	126
5.2. Conclusiones	130
5.3. Recomendaciones	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	133
ANEXOS.....	137
ANEXO N° 01: Matriz De Consistencia	138
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	140
ANEXO N° 02: Registro de Ensayos en Laboratorio	141
ANEXO N° 03: Ficha técnica del Aditivo SikaPlast-740 PE.....	175
ANEXO N° 04: Sección Transversal de Propuesta de Pavimento Permeable	178
ANEXO N° 06: Certificados de Calibración	193

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Usos granulométricos para poder realizar los diseños de mezclas.....	43
Tabla 2: Rangos típicos de las proporciones de materiales en el concreto permeable.	46
Tabla 3: Valores efectivos de b/bo.....	49
Tabla 4: Requisitos mínimos según tipos de pavimentos.	65
Tabla 5: Tipos de pavimentos especiales.....	67
Tabla 6: Operacionalización de las Variables	75
Tabla 7: Normativa ASTM para Ensayos.....	82
Tabla 8: Análisis Granulométrico por Tamizado - Agregado Grueso (3/4")	84
Tabla 9: Análisis Granulométrico por Tamizado - Agregado Grueso (1/2")	85
<i>Tabla 10: Análisis Granulométrico - Agregado Grueso (3/4"+1/2",proporción 1-1)</i>	<i>86</i>
Tabla 11: Análisis Granulométrico - Agregado Fino (Arena Blanca).....	87
<i>Tabla 12: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso - 3/4"</i>	<i>89</i>
Tabla 13: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – 1/2".....	89
Tabla 14: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – 3/4" y 1/2"; proporciones 1-1.	90
Tabla 15: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Fino - Arena Blanca	90
Tabla 16: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso - 3/4".	91
Tabla 17: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – 1/2".	92
Tabla 18: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – 3/4"+1/2", proporción 1-1.	92
Tabla 19: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Fino - Arena Blanca.....	93
Tabla 20: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino – Arena Blanca. (ASTM C – 128).....	94
Tabla 21: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado Grueso 3/4". (ASTM C – 127).....	94
Tabla 22: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado Grueso 1/2". (ASTM C – 127).....	95
Tabla 23: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso – 3/4" + 1/2", en proporción 1-1. (ASTM C – 127).....	95
Tabla 24: Diseños Elaborados en Orden Cronológico	102
Tabla 25: Asentamiento de Diseños	103
Tabla 26: Densidad de Diseños	103

Tabla 27: Tabla de Resumen de Ensayo de Compresión N°01	104
<i>Tabla 28: resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 7 días</i>	105
<i>Tabla 29: Resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 14 días</i>	106
Tabla 30: Resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 21 días	107
Tabla 31: Resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 28 días	108
Tabla 32: Tabla de Resumen de Ensayos de Compresión N°02	109
Tabla 33: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 7 días	110
Tabla 34: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 14 días	111
Tabla 35: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 21 días	112
Tabla 36: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 28 días	113
Tabla 37: Resistencia a la Flexión Diseño N°01: 28 Días	114
Tabla 38: Resistencia a la Flexión Diseño N°02: 28 Días	116
Tabla 39: Promedio de Resistencia a la Compresión	117
Tabla 40: Promedio de Resistencia a la Compresión	118
<i>Tabla 41: Comparación de Promedio de Resistencia a la Compresión</i> .	119
Tabla 42: Resultados Ensayo De Permeabilidad	120
<i>Tabla 43: Resultados Ensayo De Permeabilidad</i>	121
Tabla 44: Comparación de Infiltración Promedio	122
Tabla 45: Efecto del uso del aditivo Sika Plast 740 - PE	123
Tabla 46: Precio Unitario por m3 de Concreto Permeable - $f_c'=210$ kg/cm2	123
Tabla 47: Precio Unitario por m3 de Concreto Permeable - $f_c'=175$ kg/cm2	124
Tabla 48: Precio Unitario por m3 de Concreto Cemento - Arena - $f_c'=210$ kg/cm2	124
Tabla 49: Precio Unitario por m3 de Concreto Cemento - Arena - $f_c'=175$ kg/cm2	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Textura de una muestra de concreto permeable.	35
Figura 2: Aplicaciones del concreto permeable. a) Pavimento ligero b) Estacionamiento	37
Figura 3: Principales usos del concreto permeable: a).Vialidades con tráfico. b) Andadores y c) Estacionamientos.....	38
Figura 4: Acumulación de finos y material vegetal.....	40
Figura 5: Muestras de concreto permeable con diferentes cantidades de agua: (a) con poca agua, b) adecuada cantidad de agua, c) con demasiada agua.....	48
Figura 6: Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado No. 8 (3/8")......	50
Figura 7: Relación entre el contenido de aire y la relación agua/cemento para el concreto permeable.	54
Figura 8: Estructura interna de un concreto permeable	55
Figura 9: Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión.	57
Figura 10: Relación entre la resistencia a compresión a 28 días y el contenido de aire para agregado de 3/8" y 3/4".	57
Figura 11: Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a flexión para el concreto.	60
Figura 12: Relación entre la resistencia a flexión y el contenido de aire con agregados de 3/8" y 3/4"......	60
Figura 13: Relación entre la resistencia a flexión y la resistencia a compresión para el concreto permeable.....	61
Figura 14: Relación entre la filtración y el contenido de aire para el concreto permeable.....	62
Figura 15: Configuración de prueba para medir la conductividad hidráulica.	63
Figura 16: Relación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión para concretos convencionales	66
Figura 17: Puntos de Zonas de Comercialización de Agregados Gruesos en Iquitos (Vista Satelital)	80
Figura 18: Zonas de desembarco de Agregados Gruesos. (Vista Satelital)	80
Figura 19: Zonas Marcadas de Comercialización de Agregados Gruesos en la zona de Masusa Punchana.....	81
Figura 20: Lugar de Comercialización en la Zona de San Juan- Anita Cabrera. (Vista Satelital).....	81
Figura 21: Punto de Compra del Agregado Grueso y ruta hasta la UCP (Vista Satelital).....	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1: Curva Granulométrica Agregado Grueso (3/4").....	85
Gráfica 2: Curva Granulométrica Agregado Grueso (1/2").....	86
Gráfica 3: Curva Granulométrica Agregado Grueso (3/4"+1/2", proporción 1-1)	87
Gráfica 4: Curva Granulométrica Agregado Fino (Arena Blanca)	88
Gráfica 5: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 7 Días	105
Gráfica 6: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 14 Días	106
Gráfica 7: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 21 Días:	107
Gráfica 8: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 28 Días	108
Gráfica 9: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 7 Días	110
Gráfica 10: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 14 Días	111
Gráfica 11: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 21 Días	112
Gráfica 12: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 28 Días	113
Gráfica 13: Resistencia a la Flexión Diseño N°01: 28 Días	115
Gráfica 14: Resistencia a la Flexión Diseño N°02: 28 Días	116
Gráfica 15: Promedio de Resistencia Diseño 01.....	117
Gráfica 16: Promedio de Resistencia Diseño 02.....	118
Gráfica 17: Comparación de Resistencia de Diseño Promedio	119
Gráfica 18: Tiempo de Infiltración de Diseño 01	120
Gráfica 19: Tiempo de Infiltración de Diseño 02	121
Gráfica 20: Comparación de Tiempo de Infiltración Promedio de Diseños	122

RESUMEN

Los objetivos de la presente investigación buscan determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregado de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y arena de módulo de fineza, basado en los parámetros de las normas NTE CE – 010 Pavimentos Urbanos y ACI 522R. La investigación es del tipo descriptiva, en cuanto a los agregados y experimental por el uso en diferentes proporciones del aditivo superplastificante Sika Plast 740 - PE en la elaboración de la mezcla, que permitió el equilibrio en la mezcla con una capacidad permeable dentro de los parámetros y una resistencia a la compresión superior a 175 kg/cm²

Como resultado de esta investigación, se mostró que en el caso del Diseño N° 01, se obtuvo como resistencia a la compresión promedio 223Kg/cm² y una permeabilidad de 514.61 lts/min/m²; en el caso del Diseño N°02, la resistencia a la compresión promedio alcanzada fue 181 Kg/cm², con una permeabilidad de 677.02 lts/min/m².

PALABRAS CLAVE: Concreto permeable, resistencia a la compresión, infiltración, porosidad, permeabilidad.

ABSTRACT

The objectives of this research seek to determine the degree of permeability and structural resistance of permeable concrete made with aggregate of $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " and sand fineness module , based on the parameters of the NTE CE - 010 Urban Paving and ACI 522R standards. The research is of the descriptive type, in terms of the aggregates and experimental by the use in different proportions of the superplasticizer additive Sika Plast 740 - PE in the elaboration of the mixture, which reached the balance in the mixture with a permeable capacity within the parameters and a compressive strength greater than 175 kg / cm².

As a result of this investigation, it was shown that in the case of Design No. 01, the average compressive strength was 223Kg / cm² and a permeability of 514.61 lts / min / m²; In the case of Design No. 02, the average compressive strength achieved was 181 Kg / cm², with a permeability of 677.02 lts / min / m².

KEY WORDS: Permeable concrete, resistance to compression, infiltration, porosity, permeability.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un pueblo es sinónimo de crecimiento económico. A su vez, la población que vive a los alrededores busca ubicarse lo más cerca posible de la ciudad que le brinda mejores oportunidades de salir adelante, creando nuevos asentamientos humanos, que en un futuro se convertirán en nuevos distritos, o pasarán a ser parte de los ya existentes. Como política de desarrollo es imprescindible cubrir las necesidades básicas de esta población, entre ellas, se debe unir estos asentamientos humanos, comunidades y pequeños pueblos, con la ciudad, a través del mejoramiento de las vías de acceso existente o la creación de nuevas vías de acceso, que pueden ser carreteras, avenidas, calles u otras.

En la selva baja del Perú, el clima es uno de los factores que afecta en demasía la construcción de diversas infraestructuras, entre ellas las vías de acceso como carreteras, por ejemplo. Sin embargo, aun siendo una realidad latente, que estamos expuestos a una gran cantidad de precipitaciones durante el año, no se ha implementado muchas opciones para contrarrestar este fenómeno o mantener una convivencia eco amigable entre la infraestructura creada y el medio ambiente.

Una de las tecnologías que presenta esa característica y puede ser usada en pavimentos es la del concreto permeable, y es ese uno de los motivos que impulsaron iniciar esta investigación; en la cual buscamos diseñar un concreto, que además de mantener su capacidad de permeabilidad al máximo, pueda estar dentro de los parámetros indicados en la norma CE – 010 Pavimentos Urbanos y las normas ACI 522R.

Este estudio presenta cinco capítulos, los cuales presentan la información producto de la investigación en el siguiente orden: En el capítulo I se muestra todo lo relacionado al marco teórico y los antecedentes de este estudio, haciendo énfasis en las propiedades mecánicas del concreto permeable y las normas bajo las cuales se puede evaluar las mismas. En el capítulo II se muestra la problemática que se busca solucionar con el uso de esta tecnología, aun considerada

innovadora en nuestro país, así como la hipótesis de estudio y la identificación de variables. El capítulo III, se enfoca en la metodología del estudio, como se desarrollara la investigación y que instrumentos se utilizara para procesar los resultados de los mismos. Durante el capítulo IV se presentan los resultados de la investigación, los cuales están organizados en cuadros y contienen gráficas complementarias. Finalmente, en el capítulo V, se presentan las discusiones propias de este tipo de trabajos, en la cual se compara los resultados obtenidos con los antecedentes mostrados en el marco teórico, así mismo, se dan las conclusiones y recomendaciones del caso.

Para finalizar este trabajo se han incluido las referencias bibliográficas utilizadas, así como los anexos (matriz de consistencias del estudio, fotografías, resultados de laboratorio y certificados de calibración de los equipos utilizados), que corroboran y complementan el desarrollo de este trabajo.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

.1.1. Historia

“El concreto permeable se ha utilizado en la construcción de edificios desde al menos mediados del siglo XIX (Francis 1965). A lo largo de este capítulo, el término "concreto permeable" se utiliza para describir el material, pero en las referencias e históricamente, puede haber sido descrito como concreto sin finos o concreto graduado por huecos. Los países europeos han utilizado hormigón permeable en diferentes modos: muros de carga moldeados en el lugar en casas de uno y varios pisos y, en algunos casos, en edificios de gran altura, paneles prefabricados y bloques curados al vapor. En 1852, el concreto permeable se utilizó por primera vez en la construcción de dos casas en el Reino Unido (Reino Unido). Este hormigón constaba únicamente de grava gruesa y cemento. No se menciona nuevamente en la literatura publicada hasta 1923, cuando se construyó un grupo de 50 casas de dos pisos con agregado de Clinker en Edimburgo, Escocia. A finales de la década de 1930, la Scottish Special Housing Association Limited adoptó el uso del concreto permeable para la construcción residencial. En 1942, el concreto permeable se había utilizado para construir más de 900 casas” (1).

“De 1939 a 1945, el caos de la Segunda Guerra Mundial dejó a casi toda Europa con grandes necesidades de vivienda, lo que alentó el desarrollo de métodos de construcción de edificios nuevos o no utilizados anteriormente. Cabe destacar que entre ellos se encontraba el concreto permeable (Malhotra 1969). El concreto permeable usaba menos cemento por unidad de volumen de hormigón en comparación con el hormigón convencional, y el material era ventajoso donde la mano de obra era escasa o cara. A lo largo de los años, el sistema de concreto permeable contribuyó sustancialmente a la producción de nuevas casas en el Reino Unido, Alemania, Holanda, Francia, Bélgica, Escocia, España, Hungría, Venezuela, África Occidental, Oriente Medio, Australia y Rusia. Alemania

utilizó este sistema porque la eliminación de grandes cantidades de escombros de ladrillos fue un problema después de la guerra, lo que llevó a investigar las propiedades del concreto permeable. En otros lugares, la demanda sin precedentes de ladrillos y la consiguiente incapacidad de la industria de fabricación de ladrillos para proporcionar un suministro adecuado, llevaron a la adopción de concreto permeable como material de construcción. De manera similar, en Escocia, entre 1945 y 1956, muchas casas se construyeron con concreto permeable. Esto se debió principalmente a la presencia de suministros ilimitados de agregados duros y la ausencia de buenos ladrillos de revestimiento. El primer uso informado de concreto permeable en Australia fue ya en 1946” (1).

“Antes de la Segunda Guerra Mundial, la producción de concreto permeable se limitaba a las casas de dos pisos. Sin embargo, después de 1946, el concreto permeable se utilizó para una gama mucho más amplia de aplicaciones. Se especificó como material para elementos portantes en edificios de hasta 10 pisos de altura (Francis 1965)” (1).

“El concreto permeable se utilizó ampliamente para edificios industriales, públicos y domésticos en áreas al norte del Círculo Polar Ártico porque los materiales de construcción tradicionales demostraron ser impracticables. Ejemplos de estos inconvenientes incluyen los altos costos de transporte del ladrillo, los peligros de incendio de la madera y las malas propiedades de aislamiento térmico del concreto simple (Malhotra 1976)” (1).

“Aunque el concreto permeable se ha utilizado en Europa y Australia durante los últimos 60 años, su uso como material de construcción en América del Norte ha sido extremadamente limitado. Una razón de este uso limitado es que, después de la Segunda Guerra Mundial, América del Norte no experimentó tanta escasez de materiales como Europa” (1).

“En Canadá, el primer uso reportado de concreto permeable fue en 1960. El concreto permeable se usó en la construcción de algunas casas en Toronto y de manera no estructural en un edificio federal en Ottawa” (1).

.1.2. Antecedente Internacional

El término “El Concreto Permeable”, es utilizado para definir “un material compuesto por cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino y agua” (1), muchos autores como Francisco Játiva (2) justifican su investigación, en este campo, indicando que el concreto permeable es un material de bajo costo y eco amigable, es decir que permite un equilibrio entre el desarrollo y el cuidado ambiental, haciendo de este material una alternativa a las losas de rodadura actuales, en especial a los pavimentos rígidos, por las que están compuestas un gran número de vías de transporte, y porque no decir, una opción rentable para la construcción de veredas, lozas deportivas, estacionamientos, drenes, y otras infraestructuras.

A pesar que el concreto permeable había sido utilizado desde mediados del siglo XIX en Europa y durante el siglo XX en algunas regiones de América del Norte, como Canadá, México y Estados Unidos (3), (4); “en América del sur y centro América aun no era muy conocido, siendo este el motivo de que jóvenes estudiantes, que deseaban implementar el uso de esta tecnología en sus países, iniciaran con la investigación de este tipo de material a inicios del siglo XXI”. (2)

Pérez Ramos (3), en la tesis “Estudio Experimental De Concretos Permeables Con Agregados Andesíticos” realizada en la ciudad de México, D. F, en el año 2009, realiza estudios de este tipo de concreto, con el fin de dar solución al impacto negativo que tiene sobre el ambiente el incremento de la densidad poblacional, que se refleja en mayor requerimiento de infraestructuras y a su vez en disminución de la capacidad de infiltración de aguas pluviales en los suelos.

Para esta investigación el autor, Daniel Pérez, realizó un total de 6 diseños de mezcla de concreto permeable, utilizando agregados de 3/8” y 3/4”, arena y aditivos (aditivo agente viscoso o aditivo espumante); buscando obtener mezclas que tuvieran entre 15% y 20% de vacíos (3).

Entre los resultados obtenidos el autor concluye que el diseño con mayor resistencia a la compresión, con un $F'c = 215 \text{ kg/cm}^2$, es el elaborado con agregado de $\frac{3}{4}$ ", considerando un 10% de arena y 15% de vacíos, este mismo diseño obtuvo un resultado favorable en el ensayo resistencia a la flexión ($f'c = 46 \text{ kg/cm}^2$) y en la prueba de permeabilidad (0.462 cm/s). En promedio las mezclas con 15% de vacíos tienen como resistencia a la compresión 196 kg/cm^2 y 41 kg/cm^2 de resistencia a la flexión, mientras que las mezclas diseñadas con 20% de vacíos obtuvieron como resultado un promedio de 165 kg/cm^2 en resistencia a la compresión y 37 kg/cm^2 en resistencia a la flexión (3).

Como conclusión de este estudio experimental, el autor afirma que, a menor porcentaje de vacíos, la resistencia y el peso volumétrico del diseño se incrementa, sin embargo, para satisfacer los valores de infiltración, considerados dentro de este estudio, se debe tener una mezcla con un mínimo de 15% de vacíos (3).

Al haber pocas investigaciones sobre esta tecnología, considerada innovadora, en el año 2013, en El Salvador, los bachilleres Barahona, Martínez y Zelaya (4), realizan estudios sobre concreto permeable utilizando el agregado grueso, de tamaño nominal $\frac{3}{8}$ ", de las canteras denominadas El Carmen, Aramuaca y La Pedrera, ubicadas en la zona oriental de El Salvador, en la tesis denominada. En este estudio ellos buscaban obtener información sobre la variación de las propiedades del concreto con respecto al agregado utilizado e identificar el concreto permeable con mayor eficiencia. Siendo utilizadas las pruebas de las normas ASTM C-132 Y ASTM C-72. (4)

Para lograr sus objetivos ellos estudiaron las propiedades mecánicas e hidráulicas en los diseños realizados con un 15%, 20% y 25% de vacíos. De los 9 diseños en total, se obtuvo como resultados que en los ensayos de compresión y flexión a los 28 días, el concreto permeable elaborado con agregado grueso de la cantera el Carmen con 15% de vacíos, tenía un $f'c = 146,46 \text{ kg/cm}^2$ y un $MR = 26,76 \text{ kg/cm}^2$ en promedio, siendo este el

mayor valor obtenido entre todas las muestras que se ensayaron, a su vez este diseño tiene en promedio una permeabilidad de 10,96 mm/s; encontrándose muestras con valores mayores en este ensayo, tal y como es el caso del diseño elaborado con materiales de la Cantera la Pedrera, con 25% de vacíos, la que obtuvo el mejor resultado en la cuantificación de permeabilidad, con 30.28 mm/s (4).

Los autores concluyen que el concreto más eficiente es el elaborado con agregado de la Cantera El Carmen con 15 % de vacíos, ya que su resistencia a la compresión, que se encuentra dentro del rango de resistencia correspondiente a el concreto permeable, es ideal para ser utilizadas en superficies con intensidad de carga baja, siendo no recomendable en zonas de suelos arcillosos o limo – arcillosos (4).

Játiva Francisco (2), en su investigación “Desarrollo de Hormigones Permeables enfocado al diseño de mezclas, construcción de obras y a la protección ambiental, basado en las normas ACI, ASTM e INEN” en el año 2014, desarrolló diseños de mezcla para concreto permeable con agregados de 3/8”, N° 4 y N°8, procedentes del rio Guayllabamba, basado en las normas ACI, ASTM e INEN; buscando obtener concretos con mayor seguridad y un mejor servicio, así como disminuir el impacto en el ambiente al utilizarlo en veredas, áreas de recreación, avenidas y otros.

Entre los materiales utilizados para la elaboración de estos diseños destacan el cemento Holcim tipo GU y la microsílica como cementantes, y el aditivo Rehobuid 1000; de igual manera, utilizan como capping una solución elaborada de ladrillo puzolana y azufre en proporciones 0,3/1/2 (2).

En total en este estudio se realizaron 16 diseños de mezcla, los cuales fueron superponiéndose uno a otro, obteniendo resultados aceptables el ultimo diseño, sin embargo, algunos diseños presentaron mejoras no vistas en otros, lo cual tuvo que representarse en las múltiples comparaciones y graficas presentadas en su trabajo (2).

De los 5 primeros diseños, si bien ninguno cumplía con los valores mínimos en resistencia a la compresión y permeabilidad, el autor usó el diseño N° 02 como base para los siguientes 4 diseños, debido a que presento mejores resultados por la granulometría parcialmente uniforme presente en su composición. Entre los diseños n°06 y n°10, se realizaron modificaciones pequeñas sobre la cantidad de agregado, obteniendo valores en cuanto a la resistencia a la compresión, esperados por el autor, $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$, siendo los diseños n°09 y n°10, las excepciones en este grupo (2).

A partir del diseño N° 11 al n°15 se adicionó agregado n°60 con porcentajes que variaban entre 5% y 8%, lo cual ayudó a mejorar la resistencia a la compresión, sin embargo, el diseño buscaba obtener valores para la resistencia a la flexión iguales o mayores a 20 kg/cm^2 ; al obtener como resultado un $MR=12 \text{ kg/cm}^2$ en los diseños n°11 y n°12, el autor consideró mejorar la calidad tanto de los agregados como del cemento. Los nuevos agregados se obtuvieron de la cantera “San Martin” ubicado en la Pamba, distrito de Tungurahua (2).

En el diseño n°13 se mantuvo el cemento Holcim tipo GU, modificando la calidad de los agregados; mientras que en el diseño n°14 se mantuvo el agregado original y se utilizó el cemento Tolteca Portland tipo I; en los diseños n°15 y n°16 se modificó tanto la calidad del agregado como el cemento, incrementando en el diseño n°16 en un 3% la cantidad de arena, agregado n°60, con respecto al diseño n°15 (2).

Finalmente, como se dio a conocer anteriormente, el diseño que cumple con los parámetros necesarios es el N° 16, siendo los resultados de los ensayos realizados los siguientes: Resistencia a la compresión $f'c=196,33 \text{ kg/cm}^2$, resistencia a la flexión $f'c=20,630 \text{ kg/cm}^2$ y permeabilidad $k=0,145 \text{ cm/s}$ (2).

Castañeda Luis y Moujir Felipe (5), en su trabajo de Tesis “Diseño Y Aplicación De Concreto Poroso Para Pavimentos”, en Colombia, el año 2014, menciona que el concreto permeable o poroso ya era conocido y

existían algunos antecedentes de estudios realizados por el Grupo CECATA. Moujir y Castañeda consideraban que la sostenibilidad que existía en las ciudades, de los países con mayor desarrollo en infraestructura y tecnologías vinculadas al ahorro del agua, a través del uso del concreto permeable en diversas superficies, podría ser aplicada en su país; basados en esto y con el fin de conocer la metodología de aplicación y otros aspectos, tales como ventajas y desventajas del concreto permeable, su utilidad, precio de producción y sostenibilidad; realizaron 2 diseños de Concreto permeable. Ambos diseños debían ser aplicados en pavimentos, para llevar a cabo su estudio, cada uno tuvo 7 muestras, de manera similar, se consideró, un total de 14 probetas para los ensayos de permeabilidad y 28 probetas para los ensayos de compresión, la cual debía ser mayor de 21 Mpa; y 28 viguetas para obtener la resistencia a la flexión y el módulo de rotura.

Los autores consideraron para el diseño N° 01, con finos, el uso de agregado de $\frac{1}{2}$ ", arena, un porcentaje de vacíos de 20%, una relación agua – cemento $a/c= 0,5$, cemento Argos tipo II y Aditivos, AD – 20 en un 0.5% del peso del cemento y Viscocrete en un 0,6% del peso del cemento. Los resultados de este diseño para los ensayos de compresión, flexión y permeabilidad fueron $F'c=22,81\text{MPa}$, $MR= 3,64\text{MPa}$ y $K= 1,45 \text{ E-}02 \text{ m/s}$, respectivamente (5).

Para el diseño N° 02, sin finos, se consideró el uso de agregado de $\frac{1}{2}$ ", un porcentaje de vacíos de 20%, una relación agua – cemento $a/c= 0,66$, cemento Argos tipo II y Aditivos, AD – 20 en un 0.5% del peso del cemento y Viscocrete en un 0.6% del peso del cemento. Los resultados de este diseño para los ensayos de compresión, flexión y permeabilidad fueron $F'c=21,05 \text{ MPa}$, $MR= 3,53 \text{ MPa}$ y $K= 2,57 \text{ E-}02 \text{ m/s}$, respectivamente (5).

Si bien los resultados de ambos diseños se encuentran dentro de los rangos propuestos por los autores, en las conclusiones se marca cierta superioridad del diseño N°01 en comparación al diseño N°02, al señalarse que el Diseño N°01 obtuvo 7,71% y 3,0% más resistencia a la compresión

y flexión, respectivamente, que el Diseño N°02; sin embargo, este diseño presenta mayor permeabilidad, debido al mayor porcentaje de vacíos reales que posee (18,27%), esto se debe a que el diseño N°01, al presentar finos, tiene mayor cohesión entre sus partículas, por lo tanto, una menor cantidad de porcentaje de vacíos (15,42%) (5).

.1.3. Antecedente Nacional

Al ser un país con una gran variedad de regiones y microclimas, el Perú, genera infinitas causales de investigación; las realidades geográficas y sociales, hacen viable múltiples temas de estudio en todas las áreas, siendo una de estas, en definitiva, la creación de nuevas tecnologías en el área de la construcción o la aplicación de tecnologías existentes en otros países a diferentes territorios del país. Una de esas tecnologías emergentes, que ha sido, y es producto de estudio en diferentes países, es el Concreto Permeable, y esto se debe básicamente a la propiedad “eco amigable y económica” Játiva Francisco (2) que diversos autores le atribuyen.

“Debido a las necesidades que generan los sectores urbanos en desarrollo, en la cual se exigen más vías pavimentadas, tomar el clima como un factor que puede afectar la duración de las mismas es importante. El Perú, a diferencia de los demás países ecuatoriales, no presenta un clima exclusivamente tropical, sino que debido a la influencia de los Andes y la corriente del Humboldt concede una gran diversidad climática donde en algunos lugares como en la selva y en la sierra existen precipitaciones muy altas, “según datos estadísticos ofrecidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, se observa que en el año 2013 Ancash tuvo una precipitación anual de 849,6 mm, Pasco de 1135,5 mm y Loreto de 3149,9 mm”, donde la escorrentía superficial producida no es evacuada adecuadamente por los sistemas de drenaje de los pavimentos tradicionales” (6)

Guizado Agneth y Curi Elvis (7) en su tesis para optar el Título de Ingeniero Civil “Evaluación del concreto permeable como una alternativa

para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú”, buscaban, por medio del concreto permeable, presentar una alternativa de solución a la intensificación de la escorrentía superficial en la costa y a los daños ocasionados por el fenómeno del Niño Costero, especialmente en el norte del país, realizan los estudios para la obtención de una capa de rodadura del pavimento de concreto permeable en el año 2017, basando su investigación en las normas ASTM y ACI. Como resultado de estos estudios ellos concluyen que de los múltiples diseños de concreto permeable realizados, hay algunos que cumplen con los requisitos de resistencia y permeabilidad; así mismo, consideran entre sus estudios los requisitos para pavimentos especiales, presente en la norma C.E. 010 para Pavimentos Urbanos.

Entre las conclusiones obtenidas en este estudio, los autores indican que es necesario el uso de algún aditivo reductor de agua de alto rango, ya que al disminuir la cantidad de agua se aumenta la resistencia del concreto. En este caso ellos realizaron sus pruebas con el aditivo Rheobuild 1000. Así mismo, sugieren que el porcentaje de vacíos a utilizarse en los diseños de concreto permeable deben ser menores a 21,5%, con el fin de obtener un módulo de rotura de 34 kg/cm² como mínimo (7).

En cuanto a los resultados de los ensayos de compresión, de las 12 muestras de concreto permeable sometidas a este ensayo, la resistencia obtenida a los 28 días muestra que solo 4 muestras cumplen con la norma C.E. 010 para Pavimentos Urbanos, la cual indica que el $f'c=175$ Kg/cm². Siendo los resultados obtenidos de $f'c=221,5$ kg/cm², $f'c=213$ kg/cm², $f'c=177$ kg/cm² y $f'c=186$ kg/cm² respectivamente; dado que en la norma indica que el Módulo de Rotura para pavimentos en vías locales es 34 kg/cm², sólo 2 diseños de los 4 mencionados anteriormente cumplieron con este requisito siendo los Módulos de Rotura igual a 36kg/cm² y 39Kg/cm² (7).

Finalmente, un factor importante que los autores han considerado en sus conclusiones es la influencia de los agregados en el diseño, ya sea en forma, tamaño o cantidad, ya que estos forman una relación en la cual al aumentar el tamaño de los agregados disminuye la resistencia del concreto y aumenta la permeabilidad del diseño, siendo la arena uno de los agregados que permite mayor cohesión en la mezcla, lo que se expresa en mejores resultados al someter a la mezcla a esfuerzos de compresión y flexión; de igual manera se obtuvo mejores resultados al utilizar piedras de forma angular en comparación a los agregados de forma redondeada (7).

Bautista Alessandro (8) en su investigación denominada "Diseño de Pavimento Rígido Permeable para la Evacuación de Agua Pluviales Según la Norma ACI 522R-10", al igual que Curi, basa su estudio, en la búsqueda de una solución a la problemática causada por los fenómenos naturales en el Perú, poniendo énfasis en el Fenómeno del Niño, los cuales deterioran la infraestructura vial existentes debido al exceso de aguas pluviales; para dar solución a esto, propone 5 diseños de concreto permeable, utilizando agregados de Huso N°67, y porcentajes de agregado fino (0% o 10% o 20%) según corresponda; la relación agua – cemento para los 5 diseños es igual a 0,27 y el porcentaje de vacíos de los diseño se consideró entre el 10% y 20% .

De los 5 diseños realizados, solo el quinto diseño cumple con los parámetros establecidos para el diseño de un pavimento rígido, teniendo como resultado del ensayo de compresión a los 28 días un $f'c=177,98$ kg/cm² en promedio, de manera similar, como resultado del ensayo a la flexión, en promedio, tiene un $f'c = 45,07$ kg/cm² y $K_{prom}=0.2$ cm/s, como coeficiente de permeabilidad. El diseño de esta mezcla consistía una mezcla de concreto permeable con 10% de porcentaje de vacíos, (porcentaje de diseño, los porcentajes de vacíos reales de las muestras están entre 15.22% y 19.04% de vacíos), en el uso de agregado Huso N°67 y agregado fino en un porcentaje de 10% (8).

Príncipe Max (9), en su trabajo de investigación en la Universidad San Pedro “Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras – Huaraz”, en el año 2018, con el fin de adaptar esta tecnología en la realidad geográfica y climática de Huaraz, inicia con el estudio del comportamiento del concreto permeable elaborado con agregados propios de la zona, los cuales consisten en canto rodado proveniente del Río Santa.

Para iniciar el estudio se definen tres canteras; la Cantera Rolan, ubicada en la provincia de Huaraz; la Cantera Rosales, ubicada en la provincia de Anta; y la Cantera Pablito, ubicada en la Provincia de Carhuaz; de donde el autor extrajo piedra de 3/8” para realizar los diseños de su investigación. En total se realizaron tres diseños de concreto permeables considerando un 20% de vacíos y una relación agua – cemento $a/c=0.40$, valores que se encontraban dentro del parámetro de la norma ACI 522 y recomendaciones de la investigación de Meininger, respectivamente.

Debido a que el estudio buscaba determinar el comportamiento del concreto permeable, los resultados solo se basaron en parámetros generales de las normas ASTM C94 y ASTM C39, cumpliendo de manera satisfactoria para el autor. Sin embargo, en las conclusiones, el autor precisa que los mejores resultados, tanto en los ensayos de compresión, con $F'c=155,73 \text{ kg/cm}^2$, y permeabilidad, $K=3,094 \text{ cm/s}$, fueron obtenidos por el diseño realizado con agregado de la cantera Rolan.

Un año después, buscando reducir parte de la contaminación, ocasionada por los residuos de la actividad minera, a los alrededores de Huaraz, Saavedra Falcón (10), en su tesis investigación denominada “Resistencia de un concreto permeable $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo 5%, 10% y 15% de relave por agregado fino”, toma la iniciativa de utilizar el relave minero, en tecnologías innovadoras, como el concreto permeable, justificando el inicio de nuevas investigaciones en la región Huaraz, la cual también está expuesta a grandes precipitaciones y considera como uno de

sus problemas actuales, el manejo de los volúmenes excedentes de aguas pluviales en las temporadas de lluvia.

Falcón Saavedra, presenta 4 diseños de concreto permeable, en los cuales progresivamente utiliza el relave minero como sustituto parcial del agregado fino. Para este estudio se utilizó agregado Huso N°07 anguloso (piedra ½”), considerando 20% de vacíos y $a/c=0.40$, como porcentaje de vacíos y relación agua – cemento de diseño respectivamente; los agregados como la arena y relave minero representaban el 20% del agregado total de los diseños, siendo estos incluidos de la siguiente manera: Diseño N°01: 20% arena – 0% relave minero, Diseño N°02: 15% arena – 5% relave minero, Diseño N°03: 10% arena – 10% relave minero, Diseño N°04: 5% arena – 15% relave minero.

De los ensayos realizados se obtuvo resultados aceptables en los Diseños N° 01 y N°02, dado que el Diseño N°1, el cual llegó a una resistencia a la compresión $F'c=177,40 \text{ Kg/cm}^2$ y un coeficiente de permeabilidad $k=3,25\text{cm/Seg.}$; y el Diseño N°02, el cual llegó a una resistencia a la compresión $F'c=179,46 \text{ Kg/cm}^2$ y un coeficiente de permeabilidad $k=2,27\text{cm/Seg.}$, tienen resultados que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma ASTM C39, NTP 339.034 y ACI 522R.

Amorós Carlos y Bendezú José (6), debido a problemas como el deterioro de la infraestructura vial actual por encharcamiento, cuya solución tradicional consiste en incluir un sistema de drenaje en las vías y un bombeo adecuado, buscando innovar la tecnología del concreto permeable en el mercado nacional, como una solución alternativa; en su trabajo de tesis para optar el Título de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) “Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm^2 ”, realizaron diseños para ser usado en pavimentos, considerando un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ como característica principal de los

diseños elaborados. En total en esta investigación se realizaron 8 diseños y un prototipo de carpeta de rodadura de 2m² (6).

El primer diseño fue elaborado con agregado de 3/4", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.40$ y un porcentaje de vacíos de 17%; se utilizó, a su vez, aditivos Euco Awa, en un 0.50 % del peso del cemento utilizado; y Neoplast, en un 0.6% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 138,65 Kg/cm², 30,379 kg/cm² y $k=1,99$ cm/s, respectivamente (6).

El segundo diseño fue elaborado con agregado de 1/2", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.50$ y un porcentaje de vacíos de 17%; se utilizó, a su vez, aditivos Euco Awa, en un 0.50 % del peso del cemento utilizado; y Neoplast, en un 0.6% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 99,18 Kg/cm², 25,694 kg/cm² y $k=2,12$ cm/s, respectivamente (6).

El tercer diseño fue elaborado con agregado de 1/2", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.35$ y un porcentaje de vacíos de 17%; se utilizó, a su vez, aditivos Euco Awa, en un 0.50 % del peso del cemento utilizado; y Neoplast, en un 0.6% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión y módulo de rotura promedios fueron 110,3 Kg/cm², 27,096 kg/cm², respectivamente (6).

El cuarto diseño fue elaborado con agregado de 1/2", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.27$ y un porcentaje de vacíos de 15%; se utilizó, a su vez, aditivos Euco Awa, en un 0.60 % del peso del cemento utilizado; y Neoplast, en un 0.8% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 92,08 Kg/cm², 24,757 kg/cm² y $k=1,78$ cm/s, respectivamente (6).

El quinto diseño fue elaborado con agregado de 1/2", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.26$ y un porcentaje de vacíos de 15%; se utilizó, a su vez, aditivos Euco Awa, en un 0.70 % del peso del cemento utilizado; y Neoplast, en un 1.2% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión y módulo de rotura promedios fueron 163,05 Kg/cm², 32,944 kg/cm², respectivamente (6).

El sexto diseño fue elaborado con agregado de 3/4", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.38$ y un porcentaje de vacíos de 15%; se utilizó, a su vez, aditivos Euco Awa, en un 0.70 % del peso del cemento utilizado; y Neoplast, en un 1.00% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 213,26 Kg/cm², 37,677 kg/cm² y $k=1,91$ cm/s, respectivamente (6).

El séptimo diseño fue elaborado con agregado de 3/4", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.38$ y un porcentaje de vacíos de 14%; se utilizó, a su vez, aditivos súper plastificante Z RR PLAST – 971 en un 1.1% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 224,14 Kg/cm², 38,626 kg/cm² y $k=1,86$ cm/s, respectivamente (6).

El octavo diseño fue elaborado con agregado de 3/4", considerando una relación agua - cemento $a/c=0.38$ y un porcentaje de vacíos de 13%; se utilizó, a su vez, aditivos súper plastificante Z RR PLAST – 971 en un 1.5% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 280,56 Kg/cm², 43,215 kg/cm² y $k=1,61$ cm/s, respectivamente (6).

Con estos resultados, los autores elaboraron un prototipo de una carpeta de rodadura con medidas de 2 m x 1 m x 0.15 m, respectivamente, considerando una sub base compuesta de agregado de 3/4", de un espesor de 0,25 m y una capa de transición de 0,10 m, elaborada con agregado de 3/8", entre la carpeta de rodadura y la sub base; para ayudar a canalizar el agua consideraron dentro de su diseño una tubería de PVC perforada de

3" de diámetro y un geotextil impermeable. Este prototipo fue sometido a una simulación de paso de un vehículo, utilizando para esto un cargador frontal de 18 toneladas, el cual estuvo en contacto con la carpeta de rodadura por un total de 8 horas. Para determinar la resistencia a la compresión del prototipo se realizó la extracción de 2 testigos con la ayuda de una broca de 4" y una máquina extractora, y estos fueron sometidos al ensayo respectivo, obteniendo en promedio una resistencia a la compresión de 261,58 kg/cm² y un MR= 41,73 kg/cm²; finalmente, para determinar la permeabilidad se utilizó un anillo de infiltración, obteniendo en promedio un $k = 1,744$ (6).

Araujo Helder y Román Darwin (11), en su investigación de Trabajo de Suficiencia Profesional denominado "Diseño De Un Concreto Permeable Con Agregado Grueso Del Río Huallaga En La Ciudad De Tarapoto, Provincia Y Departamento De San Martín, 2019", considera al concreto permeable como un tema de innovador, por las ventajas que representaría su implementación en un ambiente que se caracteriza por no tener una temporada representativa de lluvias, en comparación con las regiones de la sierra y costa peruana, y presentar un alto nivel de precipitaciones.

El diseñar infraestructuras y materiales que ayuden a manejar los caudales que las intensas lluvias suelen descargar, se ha convertido en motivo de investigación para los profesionales actuales, tal es el caso de Araujo y Román, quienes presentan en forma de trabajo de Suficiencia Profesional, el diseño de concreto permeable elaborado con agregado grueso, propio del Río Huallaga, en la Región San Martín (11).

Debido a la naturaleza de su investigación, en total se estudiaron 12 probetas en ensayos de compresión y 1 panel en la prueba de permeabilidad. El diseño para el concreto permeable se realizó utilizando agregado de 1/2" sin finos, obtenido de la cantera Buenos Aires y acopiada en la Chancadora "Cumbaza", en el distrito de la Banda de Shilcayo; también se consideró como valores de diseño una relación agua – cemento $a/c = 0.4$ y un porcentaje de vacíos igual a 15%. Así mismo se tomó en

cuenta las normas ACI 522 – R 10, para evaluar la resistencia a la compresión, y ASTM C1701 para determinar la permeabilidad. Los resultados de estos ensayos mostraron que, en promedio, a los 7 y 14 días, la resistencia a la compresión fue $F'_c = 92 \text{ kg/cm}^2$ y $F'_c = 102 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente; a los 28 días se evaluaron la resistencia a la compresión y la permeabilidad, obteniendo $F'_c = 159 \text{ kg/cm}^2$ y un coeficiente de permeabilidad $k = 0.499 \text{ cm/s}$ (11).

.2. Bases teóricas

.2.1. Concreto Permeable

.2.2. Definición

Según el ACI 522R-10, “El concreto permeable es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. Estos ingredientes permiten obtener un material resistente con poros interconectados de aberturas entre 2 y 8 mm que permiten que el agua infiltre fácilmente. El contenido de vacíos que permite que el agua fluya está en el rango de 15 y 35% con una resistencia a la compresión típica de 28 a 280 kg/cm^2 . La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m^2 y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla” (1).

Figura 1: Textura de una muestra de concreto permeable.



Fuente: Aplicaciones; PÉREZ RAMOS, Daniel (3).

.2.3. Aplicaciones

“Debido a su propiedad de infiltración y buen control de las aguas pluviales, el concreto permeable ha sido usado en una amplia variedad de aplicaciones, la más resaltante es su uso en pavimentos. Las ventajas del uso de pavimentos de concreto permeable sobre los pavimentos de concreto convencional son los siguientes : el control de sustancias contaminantes en aguas pluviales; control de la escorrentía de las aguas pluviales; aumento de las facilidades para estacionamientos mediante la eliminación de la necesidad de áreas para la retención de agua; reducción del problema de hidroplaneo en las carreteras y autopistas; reducción del brillo en gran parte de las capas superficiales de pavimentos, especialmente cuando es de noche; reducción del ruido generado por la interacción entre el neumático y el pavimento; eliminación o reducción de las dimensiones del drenaje pluvial; permitir que el aire y agua lleguen a las raíces de los árboles; entre otros” (1).

“Sin embargo, el éxito de estas aplicaciones dependerá de diferentes factores tales como la experiencia del constructor, la compactación del suelo y el adecuado diseño de acuerdo a la zona del proyecto” (1).

“El concreto permeable es también usado en la capa de rodadura en estacionamientos y vías de bajo tránsito. En Estados Unidos, este beneficio ha sido usado extensamente. En el estado de Florida, muchos estacionamientos usan concreto permeable como capa de rodadura, principalmente por tres razones. La primera, en Florida frecuentemente se presenta intensas lluvias que generan grandes áreas con acumulación de agua, el concreto permeable reduce el volumen de la escorrentía de las aguas pluviales. La segunda, los diseñadores prefieren que el agua pluvial sea retenida en el sitio para recargar el agua del subsuelo. Y la tercera, el costo de usar concreto permeable en lugar de un pavimento convencional es mucho menor debido a la eliminación de los drenajes pluviales” (1).

“La norma ACI 522R-10 “Reporte en concreto permeable” recomienda la colocación del concreto permeable en áreas de alta permeabilidad, suelo

natural con una gran conductividad hidráulica. Además las áreas no deberán tener pendientes mayores al 5%. En general, en todas estas aplicaciones se utiliza concreto permeable sin refuerzo, por el alto riesgo de corrosión del acero de refuerzo debido a la estructura porosa de este material” (9).

Figura 2: Aplicaciones del concreto permeable. a) Pavimento ligero b) Estacionamiento



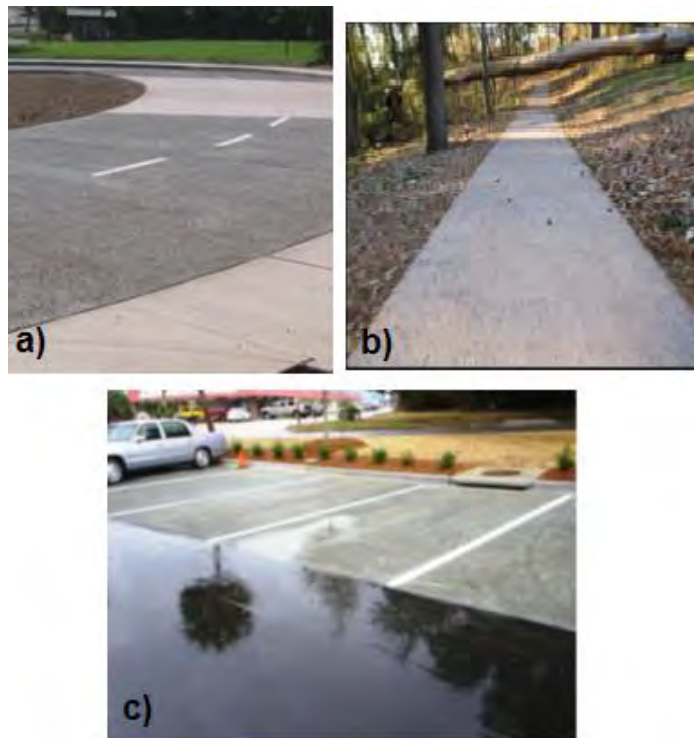
Fuente: Aplicaciones; Príncipe Ramos, Max (9).

.2.4. Ventajas y Desventajas

.2.4.1. Ventajas

Además de las diversas aplicaciones mencionadas, “la utilización de concreto permeable en pisos y pavimentos conlleva grandes ventajas, siendo sus beneficios no solo económicos y estructurales, sino también ecológicos; como por ejemplo:” (12)

Figura 3: Principales usos del concreto permeable: a). Vialidades con tráfico. b) Andadores y c) Estacionamientos.



Fuente: *Ventajas; PÉREZ RAMOS, Daniel (3)*

Las ventajas de usar pavimento poroso incluyen:

- “Tratamiento del agua por eliminación de contaminantes” (12).
- “Menor necesidad de frenar y de alcantarillado” (12).
- “Mejora de la seguridad vial gracias a una mejor resistencia al deslizamiento” (12).
- “Recarga a los acuíferos locales” (12).
- “Por su función permeable, no interrumpe el ciclo hidrológico del agua en las ciudades, permitiendo la filtración de agua pluvial en los mantos acuíferos” (12).
- “Permite el control de la contaminación de las aguas pluviales, impidiendo que éstas se deriven hacia el sistema de desagüe y se mezclen con las aguas residuales” (12).

- “Son filtrados los agentes contaminantes que pueden contaminar las aguas subterráneas y dañar ecosistemas” (12).
- “Control de escurrimiento del agua pluvial” (12).
- “Por ser un material que posee del 15% al 35% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y concreto hidráulico” (12).
- “Evita encharcamientos y la saturación en los drenajes en época de lluvias” (12).
- “Por ser un material poroso es autodrenante y autoventilado” (12).
- “Disminuye los gradientes térmicos (reflexión mínima de la luz) (12).
- “Aumenta la calidad de servicios vehiculares y peatonales para usuarios, durante la lluvia” (12).
- “Su peso volumétrico es un 20% a 25% menor que el concreto convencional” (12).
- “El índice de fisuras en el concreto permeable es 25% menor, como consecuencia de la baja retracción por el porcentaje de vacíos contenidos en comparación con un concreto convencional” (12).

“El uso de pavimento poroso puede estar restringido en regiones frías, regiones áridas o regiones con altos índices de erosión eólica y áreas de acuíferos de fuente única. El uso de pavimento poroso es altamente restringido, requiriendo suelos profundamente permeables, tráfico restringido y usos de la tierra adyacentes.” (12)

.2.4.2. Desventajas

“Algunas desventajas específicas del pavimento poroso incluyen las siguientes:” (12)

- “Muchos ingenieros y contratistas de pavimentos carecen de experiencia con esta tecnología” (12).
- “El pavimento poroso tiene tendencia a obstruirse si se instala o mantiene inadecuadamente” (12).
- “El pavimento poroso tiene una alta tasa de fracaso” (12).

- “Existe algún riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, dependiendo de las condiciones del suelo y de la susceptibilidad del acuífero” (12).
- “El combustible puede salir de los vehículos y los productos químicos tóxicos pueden lixiviar desde el asfalto y / o la superficie del aglutinante. Los sistemas de pavimento poroso no están diseñados para tratar estos contaminantes” (12).
- “Algunos códigos de construcción pueden no permitir su instalación” (12).
- “Las condiciones anaerobias pueden desarrollarse en suelos subyacentes si los suelos no pueden secarse entre los eventos de tormenta. Esto puede impedir la descomposición microbológica” (12).

Figura 4: Acumulación de finos y material vegetal



Fuente: *Desventajas; PÉREZ RAMOS, Daniel* (3)

“El éxito de la utilización del concreto permeable en pisos y pavimentos ha sido variado, en algunas áreas los sistemas de pavimento de concreto permeable se han aplicado exitosamente, mientras que en otros no. En general las fallas de estos sistemas son atribuibles a la inexperiencia en la construcción de este tipo de pavimentos, a una compactación del suelo más alta de la especificada y al diseño inapropiado según el lugar de aplicación de este material. En aras de que un pavimento permeable funcione exitosamente el comité ACI 522R-06, recomienda:” (1)

- Verificar la permeabilidad de los suelos, la tasa de filtración debe ser mínimamente de 13mm/hr con una capa de suelo de 1.2 m a más. Facilitando así la infiltración del agua y la recarga de las aguas freáticas, aunque no filtran toda el agua pluvial de las tormentas excepcionalmente grandes.
- Evitar el escurrimiento de agua y el ingreso de maquinaria pesada en las áreas de concreto permeable. El pavimento de concreto permeable no debe ser puesto en servicio hasta que toda la tierra removida con pendiente hacia el pavimento permeable sea estabilizada por vegetación. A fin de evitar la colmatación del sistema son esenciales los controles estrictos de la erosión y de sedimentación durante las actividades de construcción.
- Que el tránsito vehicular durante la etapa de construcción sea dirigido hacia afuera del área del área del pavimento permeable para evitar la compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de filtración.
- El mantenimiento debe realizarse en forma periódica.

.3. Diseño de Mezclas

.3.1. Materiales

“El concreto permeable utiliza los mismos materiales que el concreto convencional, con las excepciones que el agregado fino normalmente se elimina casi por completo, y la distribución del tamaño del agregado grueso se mantiene uniforme” (3)

“El concreto permeable se considera un tipo especial de concreto y puede ser clasificado en dos tipos: uno en el cual la porosidad se presenta en el componente del agregado de la mezcla (concreto de agregado ligero), y otro en el cual la porosidad en la mezcla no es debida a los agregados (concreto permeable). El concreto de agregado ligero puede ser elaborado usando agregados naturales o sintéticos extremadamente porosos. El concreto permeable tiene poco, o nada de agregados finos en la mezcla.

Otra distinción entre estos dos tipos de concreto poroso se basa principalmente en la estructura de huecos” (3).

“Los concretos de agregado ligero contienen grandes porcentajes de huecos relativamente no conectados. El concreto permeable, sin embargo, contiene grandes porcentajes de huecos conectados entre sí, que permiten el paso rápido del agua a través de la masa de concreto” (3).

.3.1.1. Materiales cementantes

“El cemento Portland que satisface las normas ASTM C150, C595 o C1157, se usa como el aglomerante principal. También pueden usarse materiales suplementarios como la ceniza volante, el cemento de escoria, y el humo de sílice, los cuales deben de satisfacer los requisitos de las normas ASTM C618, C989, y C1240, respectivamente” (1).

“Una mayor dosis de cemento generará un concreto más resistente, pero demasiado cemento disminuirá el porcentaje de vacíos interconectados en el concreto, perdiendo este su capacidad de infiltración” (13).

“Es recomendable utilizar una cantidad que fluctúe entre los 270 a 415 kg/m³, según requisitos de resistencia y permeabilidad” (14).

.3.1.2. Agregados

“El concreto permeable no contiene agregado fino, o tal vez muy poco; y el agregado grueso utilizado debe ser de tamaño uniforme. Comúnmente las granulometrías de agregado grueso utilizadas deben de cumplir con la norma ASTM C-33, estas son: N° 67 (3/4" a N° 4), N° 8 (3/8" a N° 16), o N° 89 (3/8" a N°. 50). La norma ASTM D448 también puede ser usada para definir las granulometrías” (3).

“Las granulometrías del agregado usadas en el concreto permeable generalmente son, ya sea de agregado grueso de un solo tamaño o granulometría de entre 3/4" y 3/8" de pulgada (19 y 9,5 mm). Los agregados redondeados y triturados, tanto los normales como los de peso ligero, han

sido usados para hacer concreto permeable y deben satisfacer los requisitos de ASTM D448 y C33. En general, los agregados finos no deben ser usados en mezclas de concreto permeable, ya que ellos tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema de poros” (3).

Tabla 1: Usos granulométricos para poder realizar los diseños de mezclas.

Tamaño Número	Tamaño Nominal (Tamices con Abertura Cuadrada)	Requisitos de calificación para gruesos Agregados													
		Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso													
		100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25.0 mm (1")	19.0 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	1.18 mm (Nº 16)	300 µm (Nº 50)
1	90 a 37.5 mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15						
2	63 a 37.5 mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15						
3	50 a 25.0 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15					
357	50 a 4.75 mm (2" a Nº 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 15			
4	37.5 a 19.0 mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 15				
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a Nº 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 15			
5	25.0 a 12.5 mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15				
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	25.0 a 4.75 mm (1" a Nº 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19.0 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	19.0 a 4.75 mm (¾" a Nº 4)							100	95 a 100		20 a 55	5 a 10	0 a 5		
7	12.5 a 4.75 mm (½" a Nº 4)								100	95 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a Nº 8)									90 a 100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 a 1.18 mm (3/8" a Nº 16)									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18 mm (Nº 4 to Nº 16)										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: *Príncipe Ramos -ASTM C 33, 1999 (9).*

“En el concreto permeable, a diferencia del concreto convencional, la cantidad de pasta es limitada y por esta razón, la resistencia depende de los contactos entre los agregados. Estos contactos se pueden obtener usando agregados lisos y redondeados de río. Estos agregados, por su forma y textura, disminuyen la cantidad de vacíos en comparación con las mezclas que utilizan agregados angulosos y rugosos. Las resistencias aumentan, ya que existe un menor contenido de vacíos en el material y esto genera trabazón entre las partículas” (15)

“En el caso de la permeabilidad, no existen diferencias importantes entre el uso de agregados de forma redondeada o angulosa. Granulometrías más uniformes y de tamaño máximo menor sí disminuyen

la permeabilidad del concreto poroso, que su efecto no es tan pronunciado como la ganancia en resistencia que se obtiene" (15).

- a) Agregado grueso. "El agregado grueso es aquel material proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca y queda retenido en el tamiz N° 4 (4,76 mm)" (15).

"Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9,5 mm y 38 mm. Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables" (3).

- b) Agregado fino. "Proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, estos agregados deben pasar por el tamiz 3/8" y quedar retenidos en la malla N° 200" (3).

"Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables" (3).

.3.1.3. Agua

"La calidad del agua para el concreto permeable se rige por los mismos requisitos que para el hormigón convencional. Concreto permeables deben ser proporcionados con una relación de material de cemento en agua relativamente baja (w/cm) (típicamente 0,26 a 0,40)

debido a una cantidad en exceso de agua dará lugar a drenaje de la pasta y la posterior obstrucción del sistema de poros. La adición de agua, por lo tanto, tiene que ser controlada estrechamente en el campo. Discusión adicional de la calidad del agua se encuentra en ACI 301” (1).

“El agua reciclada de las operaciones concretas puede ser utilizable, pero sólo si cumple las disposiciones de la norma ASTM C94 / C94M o AASHTO M-157” (1).

.3.1.4. Aditivos

“Los aditivos son usados en concretos permeables para obtener propiedades especiales, como en el concreto convencional” (3).

“Los aditivos deben de satisfacer los requisitos de la ASTM C494. Los aditivos reductores de agua (de mediano a alto rango) se usan dependiendo de la relación a/c. Los aditivos retardadores se usan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Con frecuencia se prefieren los aditivos retardadores cuando se está tratando con mezclas rígidas, tales como concreto permeable, especialmente en aplicaciones en clima cálido. Los aditivos retardadores pueden actuar como lubricantes para ayudar a descargar el concreto desde una mezcladora, y pueden mejorar el manejo y las características de desempeño en el lugar. Los aceleradores pueden utilizarse cuando se están colocando concretos permeables en clima frío. Los aditivos inclusores de aire no se han usado comúnmente en concreto permeables, pero pueden utilizarse en ambientes susceptibles de congelación y deshielo. Sin embargo, no existe un método confiable para cuantificar el volumen de aire incluido en estos materiales” (3).

“El empleo de una gran cantidad de aditivo reductor de agua no tiene hasta la fecha resultados efectivos en el mejoramiento de la colocación del concreto permeable. Las investigaciones futuras deberán proveer más recomendaciones referentes a su uso. Habría que dar un mayor

seguimiento en cuanto a las recomendaciones para la dosificación de aditivos y secuencias de carga” (3).

.3.2. Criterios de diseño de mezclas

“Para el concreto permeable, las relaciones agregado/cemento y a/c son las variables más importantes que afectan las propiedades mecánicas. Se ha encontrado como aceptable un amplio rango de valores de cemento, dependiendo de la aplicación específica. Los aditivos químicos, además de afectar la relación a/c, se usan para influir en la trabajabilidad y los tiempos de fraguado, para mejorar las varias características del concreto permeable, y para mejorar la durabilidad a largo plazo. La tabla 2.1 proporciona los rangos típicos del proporcionamiento de materiales en el concreto permeable, y son solo valores de referencia” (3).

Tabla 2: Rangos típicos de las proporciones de materiales en el concreto permeable.

Parámetro	Rango
Materiales cementantes, kg/m ³	270 a 415
Agregado, kg/m ³	1190 a 1480
Relación agua-cemento, en peso	0.26 a 0.45
Relación agregado-cemento, en peso	4 a 4.5:1
Relación agregado fino-agregado grueso, en peso	0 a 1:1

Fuente: Previous Concrete Pavements (14)

“El adecuado diseño de mezclas dependerá de las propiedades de los materiales usados y de los resultados de las pruebas con dichos materiales” (3).

.3.2.1. Relación agua-cemento (a/c)

“La dosis de agua utilizada tiene una gran repercusión en las propiedades de la mezcla. Utilizando una cantidad insuficiente de agua dará como resultado una mezcla sin consistencia y con una baja resistencia. Una cantidad excesiva de agua, generará una pasta que sellará

los vacíos de la mezcla y que, además, lavará el cemento dejando expuesto al agregado, produciendo una baja resistencia al desgaste superficial” (3).

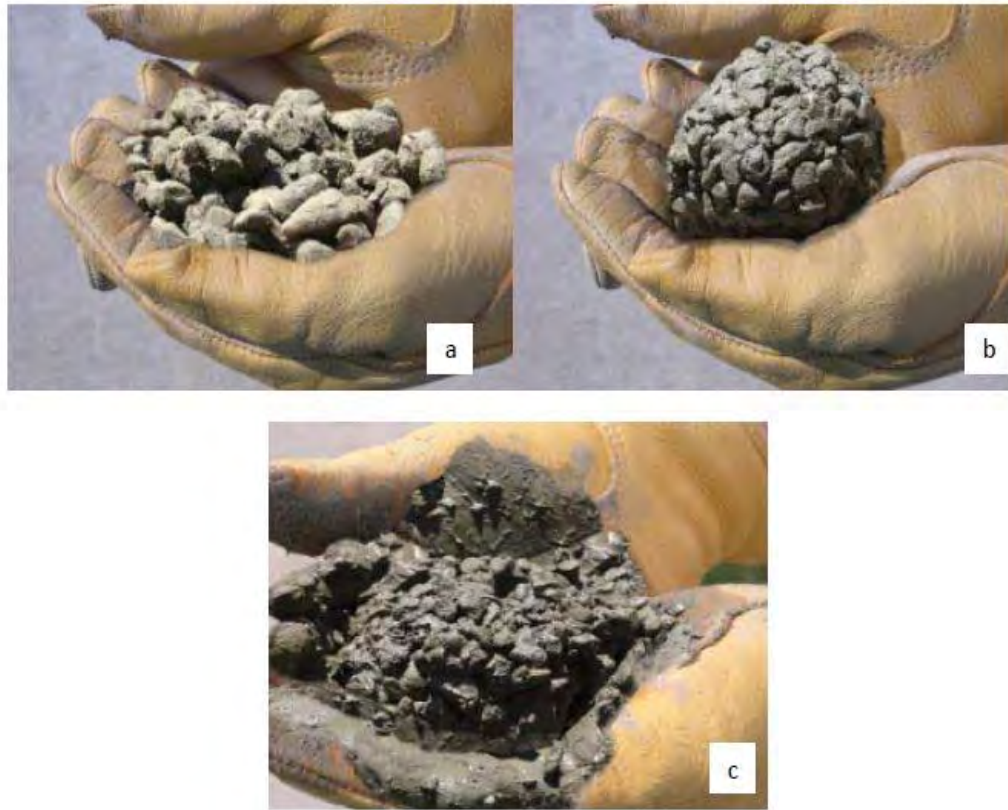
“Actualmente, existe consenso sobre el hecho de que la relación agua –cemento es en realidad una covariable, determinada por la cantidad y tipo de cemento y por la granulometría empleada. Se suele utilizar como criterio para determinar este valor, el encontrar la cantidad de agua con la cual la pasta adquiere un brillo metálico. En la figura 5 se muestra tres muestras de concreto permeable con diferentes cantidades de agua, con apariencias diferentes” (3).

“En el concreto permeable, el contenido óptimo de agua produce una pasta de cemento muy húmeda con una alta viscosidad. Para una proporción de mezcla, y tamaño y tipo de agregado dados, existe un estrecho rango óptimo para la relación a/c. La pasta de cemento de esta mezcla óptima creará una adherencia suficiente entre las partículas del agregado sin escurrir hacia abajo a través de la red de poros y cerrando la estructura de huecos deseada” (3).

“La definición de la relación a/c óptima depende principalmente de las características de granulometría y físicas de los agregados gruesos y del contenido de materiales cementantes de la mezcla. Para el concreto permeable, la relación a/c para obtener la trabajabilidad necesaria usualmente varía en el rango de 0.26 a 0.45” (3).

“Se supone que la trabajabilidad del concreto permeable es satisfactoria si se usa suficiente agua de mezclado para impartir a la mezcla una apariencia de un metal mojado. Al comprimir y soltar un puñado de la mezcla, se deberá tener como resultado una mezcla que no se desmorona, ni presenta huecos, y no debe fluir la pasta de cemento separándose de las partículas del agregado. La consistencia correcta usualmente se obtiene a través de un proceso de prueba e inspección, lo que asegura que cada mezcla contenga la pasta de cemento suficiente para cubrir las partículas gruesas con una delgada capa brillante, dándole un resplandor metálico” (3).

Figura 5: Muestras de concreto permeable con diferentes cantidades de agua: (a) con poca agua, b) adecuada cantidad de agua, c) con demasiada agua.



Fuente: *Pervious Concrete Pavements* (14).

“La relación a/c es una consideración muy importante para el desarrollo de la resistencia y la estructura de vacíos del concreto” (3).

.3.2.2. Relación agregado-cemento.

“La relación agregado-cemento típica varía entre 4:1 a 4.5:1, pero ésta depende fundamentalmente del tipo de agregado. Tanto la relación agua-cemento y la relación agregado-cemento deben satisfacer las características de permeabilidad, capacidad de carga, y durabilidad” (3).

.3.2.3. Contenido de agregado grueso

“Las pruebas de peso unitario seco-compactado de agregado grueso (b/b_o) hecho por la National Aggregates Association – National Ready Mixed Concrete Association (NAA – NRMCA) muestra que el peso unitario seco-compactado del agregado grueso determinado de acuerdo con la norma

ASTM C29 puede usarse en el proporcionamiento del concreto permeable” (3).

Donde:

b/b_o = volumen seco compactado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

b = volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

b_o = volumen de agregado grueso por unidad de volumen de agregado grueso.

“El valor b/b_o automáticamente se compensa por los efectos de las diferentes formas de las partículas de los agregados, la graduación o tamaño, y el peso específico. Además, para un rango de agregados de tamaño máximo nominal normalmente usados para concreto permeable (3/8” a 3/4”) los valores b/b_o son muy similares (ACI 211.3R, 1998). La tabla 2 muestra los valores de b/b_o para agregado grueso de tamaños No. 8 (3/8”) y No. 67 (3/4”) para un contenido de agregado fino de 0%, 10% y 20% del total de agregado” (3).

Tabla 3: Valores efectivos de b/b_o

Porcentaje de agregado fino (%)	b/b_o	
	No. 8 (3/8”)	No. 67 (3/4”)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete (1).

“NOTA. Los valores de b/b_o , son para material bien compactado. Estos valores deben ser reducidos 0.07 para material ligeramente compactado. Además se debe reducir el volumen de pasta cuando se usan finos” (3).

.3.2.4. Procedimiento de proporcionamiento

“El procedimiento de proporcionamiento para concreto permeable está basado en el volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas de agregado, mientras se mantiene la estructura de vacíos necesaria como se muestra en la figura 6. La cantidad de agregado depende del peso unitario seco-compactado y de los valores de b/b_o seleccionados de la tabla 2.2 (ACI 211.3R, 1998). Una vez que se determina el volumen de pasta de la figura 2.3 se selecciona la relación a/c , se determinan los pesos del agua y el cemento por metro cúbico de acuerdo con las siguientes relaciones” (3):

Volumen de pasta (V_p) = volumen de cemento + volumen de agua, o bien:

$$V_p = (c / \text{peso específico del cemento}) + (a / \text{peso específico del agua});$$

Considerando que el peso específico del cemento y agua es 3,15 y 1, respectivamente se tiene:

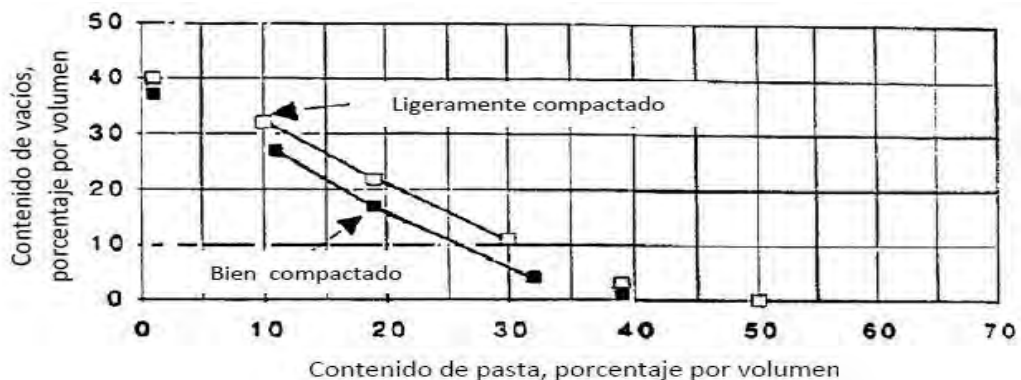
$$V_p = (c / (3,15 \times 1000)) + (a / 1000)$$

Donde, c es el peso del cemento y a es el peso del agua, si la relación agua-cemento es (a/c) entonces:

$$a = (a/c) c, \text{ y}$$

$$V_p = c / (3,15 \times 1000) + [(a/c) c / 1000]$$

Figura 6: Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado No. 8 (3/8”).



Fuente: ACI 211.3R-97 (16).

“Por lo tanto, una vez que se determina el volumen de pasta de la figura 6, se pueden determinar el peso del cemento y el peso del agua. Cuando se usa agregado fino, el volumen de pasta debe ser reducido por cada 10% de agregado fino 2% del total de agregado para concreto permeable bien compactado, y por cada 10% de agregado fino 1% del total de agregado para concreto ligeramente compactado (ACI 211.3R, 1998). Estas reducciones son necesarias para mantener el mismo porcentaje de vacíos por volumen. A continuación se presenta un ejemplo sobre la aplicación del método de proporcionamiento” (16).

.3.3. Propiedades

“Las propiedades del concreto permeable dependen principalmente de su porosidad (contenido de vacíos), contenido cementante, relación a/c, nivel de compactación y de la gradación y calidad del agregado. Para medir las propiedades del concreto permeable se pueden utilizar los métodos de ensayos publicados por el subcomité C 09.49 de la ASTM específicamente para este tipo de concreto. Se debe tener precaución al momento de aplicar ensayos al concreto permeable que son usados en el concreto convencional” (7).

“Las propiedades de resistencia del concreto permeable dependen del contenido del material cementante (c), la relación agua-material cementante (a/c), el nivel de compactación, la granulometría y calidad del agregado. Aunque por más de 20 años se ha usado concreto permeable para pavimentar en los Estados Unidos, solo se han llevado a cabo algunas investigaciones para determinar su desempeño. Estas investigaciones se han basado principalmente en pruebas de laboratorio obteniéndose pocos datos reales de las instalaciones de campo. Actualmente, existen pocos procedimientos estándar para fabricar y ensayar especímenes de concreto permeable en el laboratorio o en el campo” (7).

“Desde el pasado, se vinieron realizando diversas investigaciones sobre el concreto permeable, pero las técnicas de proporcionamiento de

las propiedades convencionales y sus métodos de prueba, no se pueden aplicar en nuestro concreto permeable, es por eso que tanto la ASTM como la ACI están actualizando los apartados y últimamente están publicando sus estudios, por ejemplo la ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), realizó la publicación de nuevas técnicas de prueba que permitan hallar la velocidad de infiltración y el peso unitario, por su parte la Asociación de Concreto Internacional (ACI), publicó una guía especial para aprender a proporcionar el concreto permeable, las publicaciones tienen el fin de intensificarse en todo el mundo para que pueda el concreto poroso, ser un material comúnmente usado” (7).

.3.3.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

“El estado fresco del concreto se refiere al momento desde que los componentes del concreto son mezclados hasta el endurecimiento inicial del mismo. En este estado el concreto mantiene la principal característica de trabajabilidad, por lo que permite realizar las operaciones de mezclado, transporte, colocación, compactación y acabado” (6).

.3.3.1.1. SLUMP O REVENIMIENTO (ASTM C143)

“Otra medida de la consistencia y de la humedad el concreto es el revenimiento. Para su medida, se utilizan los parámetros establecidos en la norma ASTM C 143 “Asentamiento del concreto fresco”. El concreto poroso se define como un concreto con asentamiento cero o cercano a cero; por lo tanto, es una propiedad que no define la calidad del concreto permeable a diferencia del concreto convencional, pero sirve para adquirir conocimiento de la trabajabilidad de la mezcla” (7).

.3.3.1.2. PESO UNITARIO (ASTM C1688)

“El peso unitario del concreto permeable es del orden del 70% del concreto convencional. Su determinación se hace de acuerdo con lo especificado en la ASTM C1688” (17).

“El peso unitario se determina de acuerdo a lo especificado en la ASTM C1688, y para realizar su cálculo correcto, este se hace en el concreto fresco (pues es uno de los principales requisitos en los laboratorios de ensayos de este tipo) y con el dato podremos saber qué rendimiento posee, así como el contenido de aire y cemento que tenga, todo ello para saber los coeficientes mediante las curvas y poder analizar bien los datos y la viabilidad de este diseño de mezcla” (17).

.3.3.1.3. TIEMPO DE FRAGUADO

“El tiempo de fraguado se reduce en el concreto permeable, por lo que en algunos casos se deben usar aditivos químicos para permitir la adecuada colocación” (7).

.3.3.1.4. TRABAJABILIDAD

“De acuerdo al comité ACI 309R, la trabajabilidad es aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado” (7).

.3.3.1.5. TEMPERATURA DE LA MEZCLA (ASTM C1064)

“Para la Norma NTE E.060 de Concreto Armado, el cual es el Código Oficial para el diseño y construcción en concreto armado en el Perú, establece en el acápite 5.11.2 que la temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías; por lo que no deberá ser mayor de 32°C. El concreto deberá así mantener su temperatura mínima no menos de tres días para lograr conseguir al final del periodo de protección las propiedades deseadas para el concreto” (18).

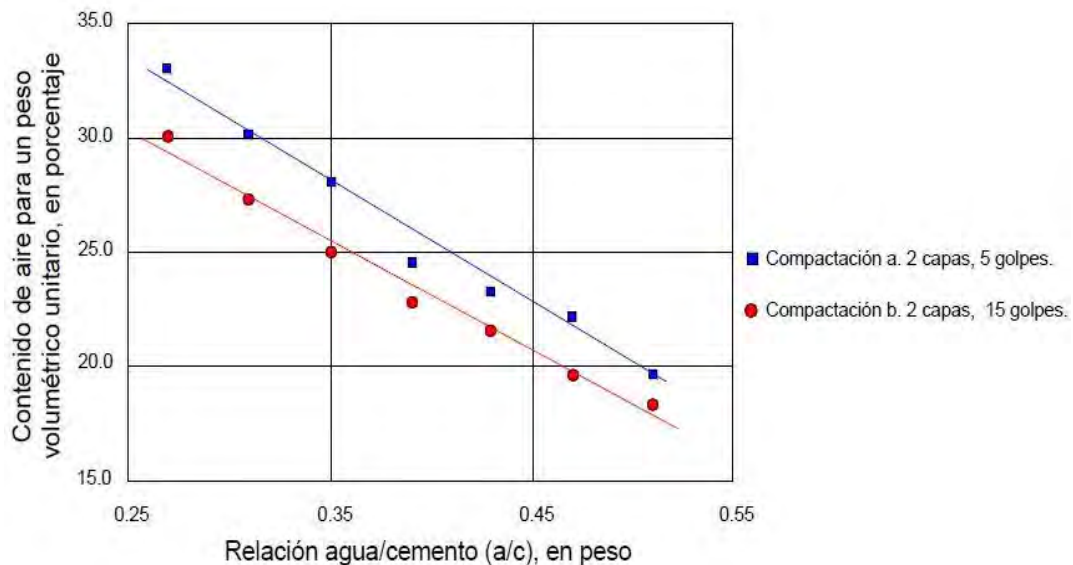
“La norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco. Para medir y registrar la temperatura del concreto; se debe colocar el dispositivo a una

profundidad de 75 mm (3 pulg), y se debe esperar dos minutos o hasta que la lectura se estabilice” (7).

.3.3.1.6. CONTENIDO DE VACÍOS Y DENSIDAD (ASTM C138)

El contenido de huecos de aire se calcula como un porcentaje de aire por el método gravimétrico (ASTM C138), y está relacionado directamente con el peso volumétrico de una mezcla dada de concreto permeable. El contenido de vacíos depende en gran medida de varios factores: granulometría del agregado, contenido de material cementante, relación a/c, y la energía de compactación. En la figura 3.1 se muestra el contenido de aire en función de la relación a/c, para dos tipos de compactación. (3)

Figura 7: Relación entre el contenido de aire y la relación agua/cemento para el concreto permeable.

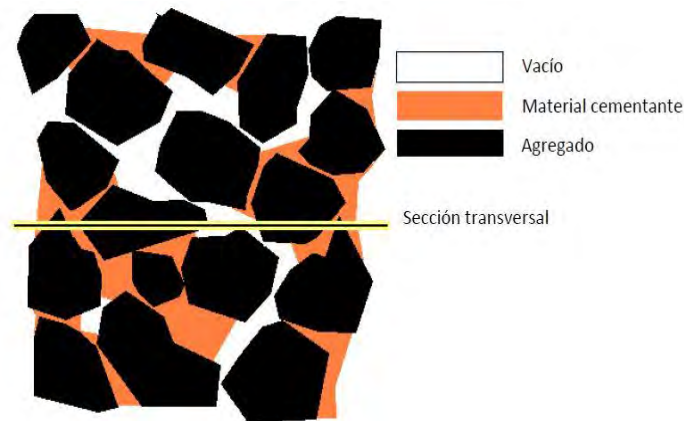


Fuente: - “No-Fines Pervious Concrete for Paving”: MEINIGER, Richard (19) y Contenido de vacíos: PÉREZ RAMOS, Daniel (3)

“A medida que la porosidad aumenta la resistencia disminuye, en cambio si la porosidad disminuye la resistencia aumenta. Estudios han demostrado, que el porcentaje de vacíos para concretos permeables debe

estar en el rango de 14% a 31%. Por lo general, se utiliza un porcentaje de vacíos de 15% a 25%, para obtener resistencias mayores a 140 kg/cm². En la figura 3.2 se muestra la estructura interna de un concreto permeable, donde se pueden observar los vacíos” (3).

Figura 8: Estructura interna de un concreto permeable



Fuente: *Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates*; SCHAEFER, V (20) y PÉREZ RAMOS, Daniel (3)

“La energía de compactación tiene una influencia en el contenido de huecos de aire (y el peso volumétrico correspondiente), de una mezcla dada de concreto permeable. En una serie de pruebas de laboratorio, una misma mezcla de concreto permeable, compactada con ocho diferentes niveles de energía, produjo valores de peso volumétrico que variaban de 1680 a 1920 kg/m³. La variación de los pesos volumétricos (y el contenido de huecos de aire correspondiente) puede tener un efecto importante en la resistencia a la compresión del concreto permeable (ACI 522, 2006)” (1).

.3.3.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

.3.3.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034:1999 (ASTM C39)

“La resistencia a la compresión es la capacidad que tiene el concreto de aportar esfuerzos de compresión debido a las cargas sobre las

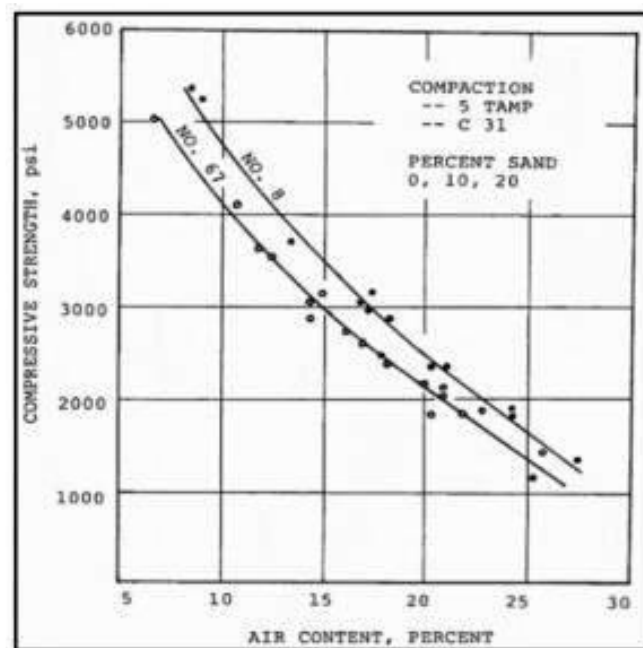
estructuras. En el concreto permeable, las propiedades son principalmente afectadas por el diseño de la mezcla y el método de compactación” (1).

“El ACI 522R-10 menciona algunos estudios realizados donde se han determinado los principales factores que afectan a la resistencia a la compresión del concreto permeable. Estos pueden ser el grado de compactación, el tamaño de los agregados, los aditivos poliméricos y minerales, el módulo de finura de los agregados, así como el resultado de ensayar en probetas moldeadas o en extracción diamantina. Tanto la relación agua/cemento (w/c) y el contenido total de cemento es importante para la resistencia a la compresión y el contenido de vacíos. Una insuficiente cantidad de cemento ocasiona poco revestimiento de la pasta alrededor del agregado y, por tanto, baja resistencia a la compresión” (7).

“Debido a que no existe una norma que estandarice el ensayo a compresión del concreto permeable, se utilizará la norma ASTM C39 para concreto convencional” (7).

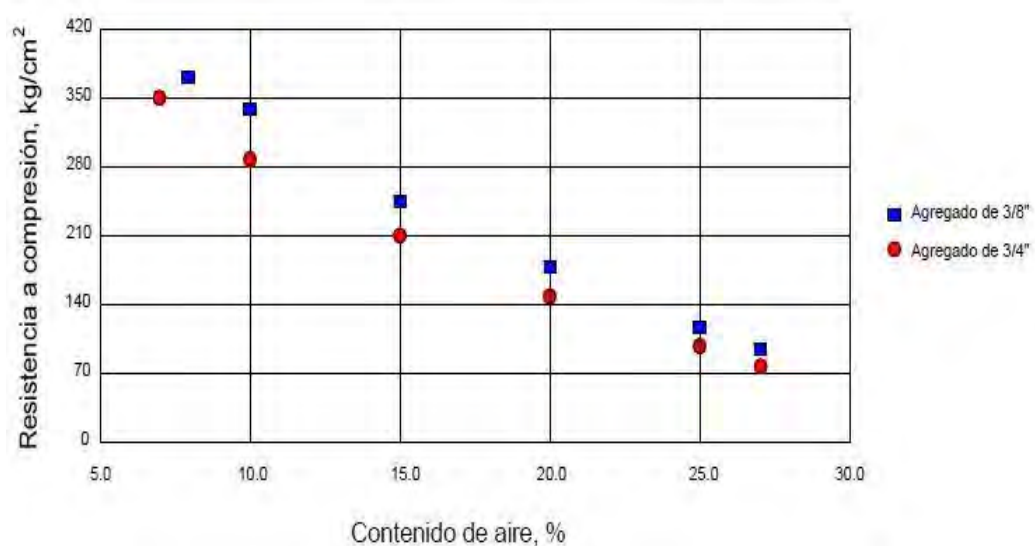
“La resistencia a compresión del concreto permeable se ve afectada principalmente por la proporción de la matriz y el esfuerzo de compactación durante la colocación. Depende primordialmente de las propiedades de la pasta y de la relación entre la pasta y el agregado. Para mejorar la resistencia del concreto permeable, se deben mejorar tres aspectos: la resistencia de la pasta, la pasta alrededor del agregado y la cohesión entre el agregado y la pasta. Esto se puede lograr usando tamaños de agregados más pequeños y/o usando aditivos. En la figura 8 se muestra la resistencia a compresión que puede ser alcanzada con diferentes porcentajes de vacíos, para dos diferentes tamaños de agregados (3/8” y 3/4”) (3).

Figura 9: Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión.



Fuente: “No-Fines Pervious Concrete for Paving”: MEINIGER, Richard (19)

Figura 10: Relación entre la resistencia a compresión a 28 días y el contenido de aire para agregado de 3/8” y 3/4”.



Fuente: (Adaptado de Meininger) Resistencia a la compresión: PÉREZ RAMOS, Daniel (3).

NOTA: Estas resistencias pueden variar dependiendo del tipo de agregado.

“Aunque la relación a/c de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a compresión y la estructura de huecos, la relación entre a/c y la resistencia a compresión del concreto convencional no es significativa (ACI 522, 2006). Una relación a/c alta puede dar como resultado que la pasta fluya desde el agregado y llene la estructura de huecos. Una baja relación a/c puede dar como resultado una adherencia reducida entre las partículas del agregado y problemas de colocación. La experiencia ha mostrado que una a/c entre 0.26 a 0.45 proporciona un buen recubrimiento del agregado y estabilidad de la pasta” (3).

“El contenido de material cementante total de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a compresión y la estructura de huecos. Un contenido de pasta alto dará como resultado una estructura de huecos llena y, en consecuencia, menor porosidad. Un contenido de material cementante insuficiente puede dar como resultado una capa reducida de pasta envolvente del agregado y una menor resistencia a compresión. El contenido óptimo de material cementante depende principalmente del tamaño y la granulometría del agregado” (3).

“Las mezclas de concreto permeable pueden alcanzar resistencias a compresión en el rango de 35 a 280 kg/cm², que es apropiada para una amplia gama de aplicaciones (ACI 522, 2006). Los valores típicos son alrededor de 175 kg/cm². Como con cualquier tipo de concreto, las propiedades y la mezcla de materiales específicos, así como las técnicas de colocación y condiciones ambientales, dictarán la resistencia en el lugar” (3).

.3.3.2.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP
339.078:2001 (ASTM C78)

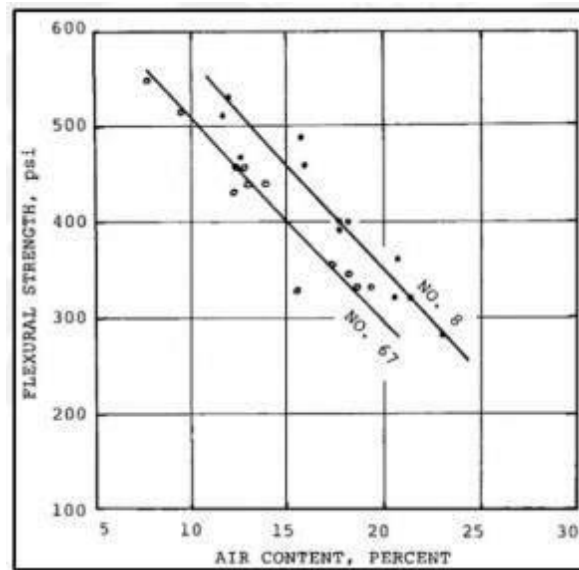
“La norma para medir la resistencia a tracción por flexión es la ASTM C 78. Esta se basa en el ensayo de una viga simplemente apoyada y cargada a los tercios” (7).

“La resistencia a flexión o el módulo de ruptura (rotura) se usa en el diseño de pavimentos u otras losas (pisos, placas) sobre el terreno. La resistencia a compresión, la cual es más fácil de medir que la resistencia a flexión, se puede usar como un índice de resistencia a flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados” (3).

“La resistencia a la flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico ordinario, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, es decir, relativamente más alta que en el concreto ordinario” (3).

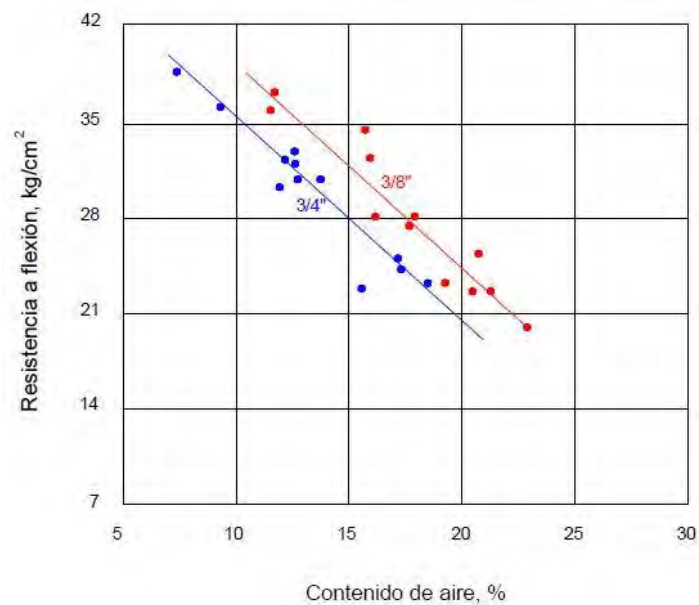
La figura 11 muestra la relación entre la resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de huecos de aire basada en especímenes de vigas probadas en la misma serie de las pruebas de laboratorio.

Figura 11: Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a flexión para el concreto.



Fuente: “No-Fines Pervious Concrete for Paving”: MEINIGER, Richard (19)

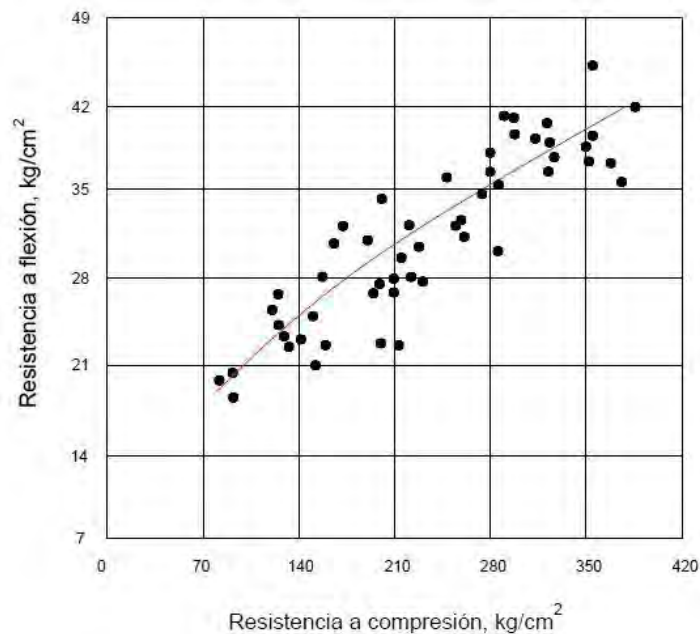
Figura 12: Relación entre la resistencia a flexión y el contenido de aire con agregados de 3/8” y 3/4”.



Fuente: (Adaptado de Meininger) Relación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión para el concreto permeable: PÉREZ RAMOS, Daniel (3).

La figura 13 muestra la relación entre las resistencias a compresión y flexión del concreto permeable para una serie de pruebas de laboratorio. La resistencia a la flexión en concretos permeables generalmente se encuentra en el rango de 10.5 kg/cm² y 40.0 kg/cm². Existen varios factores que influyen en la resistencia a la flexión, principalmente el grado de compactación, porosidad, y la proporción agregado-cemento. Sin embargo, la típica aplicación constructiva del concreto permeable no requiere la medida de resistencia a la flexión para el diseño.

Figura 13: Relación entre la resistencia a flexión y la resistencia a compresión para el concreto permeable.



Fuente: (Adaptado de Meininger) Relación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión para el concreto permeable: PÉREZ RAMOS, Daniel (3).

2.2.3.2.4. INFILTRACIÓN (ACI 522R-10)

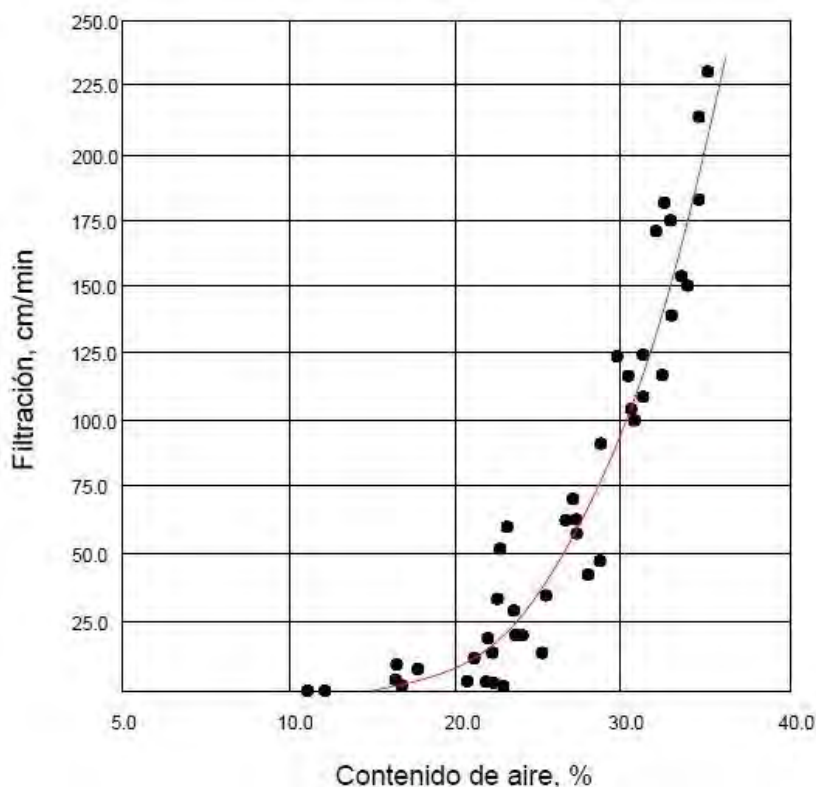
“La infiltración es la propiedad más importante del concreto permeable, debido a que esta permite que el agua infiltre a través de la matriz. El grado de infiltración está directamente relacionado con la porosidad y el tamaño de los poros. Es importante tener en cuenta que es

necesario obtener una mínima cantidad de porosidad de aproximadamente 15% para lograr una percolación significativa” (19).

“Mientras que, el grado de infiltración incrementa a medida que el contenido de vacíos aumenta y, en contraposición, la resistencia a la compresión y flexión decrece, entonces el objetivo del diseño de mezclas de concreto permeable es lograr un balance entre un grado de infiltración aceptable para una mínima resistencia a la compresión y flexión” (19).

“La capacidad de filtración del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 120 a 320 L /m²/min (0.2 a 0,54 cm/s). Para que se pueda asegurar el flujo del agua se recomienda al menos 15% de contenido de vacíos (Meininger), como se muestra en la figura 12” (19).

Figura 14: Relación entre la filtración y el contenido de aire para el concreto permeable.

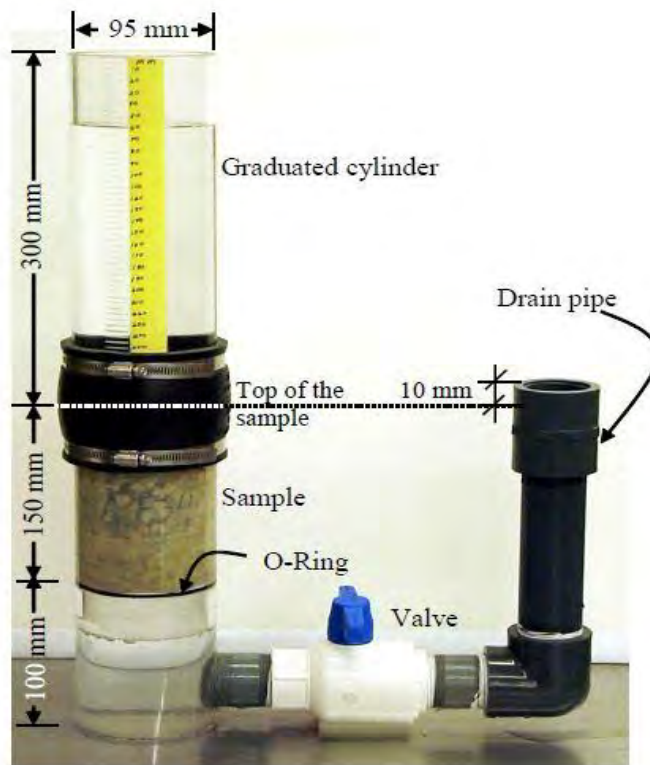


Fuente: (Adaptado de Meininger) Relación entre la filtración y el contenido de aire para el concreto permeable. PÉREZ RAMOS, Daniel (3).

“Además, la experiencia ha mostrado que sus mediciones no son muy sensibles al estado del pavimento después de una limpieza, pudiendo los efectos parecer muy pequeños, nulos e incluso negativos; por ello se hizo necesario desarrollar sistemas de medición complementarios” (3).

“La permeabilidad en el concreto permeable se puede medir mediante un permeámetro de carga variable propuesto por el ACI 522R como se muestra en la figura 1” (3).

Figura 15: Configuración de prueba para medir la conductividad hidráulica.



Fuente: Permeámetro de carga variable para medir la infiltración del concreto permeable. (21)

.4. Vías locales y pavimentos especiales

.4.1. Vías urbanas – vías locales

“De acuerdo a la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, las vías urbanas son espacios destinados al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentran dentro del límite urbano. Dentro de estas se encuentran las vías expresas, arteriales, colectoras y locales” (7).

“Las vías locales son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas” (22).

.4.2. Pavimentos especiales

“De acuerdo a la Norma CE.010: Pavimentos Urbanos, se consideran como pavimentos especiales a aceras o veredas; pasajes peatonales y ciclovías” (22).

.4.3. Requisitos según los tipos de pavimentos

.4.3.1. REQUISITOS DE RESISTENCIA

“Se sabe que las cargas sobre el pavimento producen esfuerzos de compresión y flexión. El diseño del pavimento debe hacerse tomando mayor cuidado en el esfuerzo de flexión utilizando el Módulo de Ruptura (MR) para el diseño del espesor de la capa de rodadura; ya que la resistencia del concreto a tracción por flexión es mucho menor que la de compresión. Se usará el ensayo normalizado ASTM C78/C78M” (7).

Los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos se muestran en la siguiente tabla extraída de la Norma CE.010:

Tabla 4: Requisitos mínimos según tipos de pavimentos.

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
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 ² (3,4 MPa)	f _c ≥ 380 Kg/cm ² (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: (CE.010, 2010) (22).

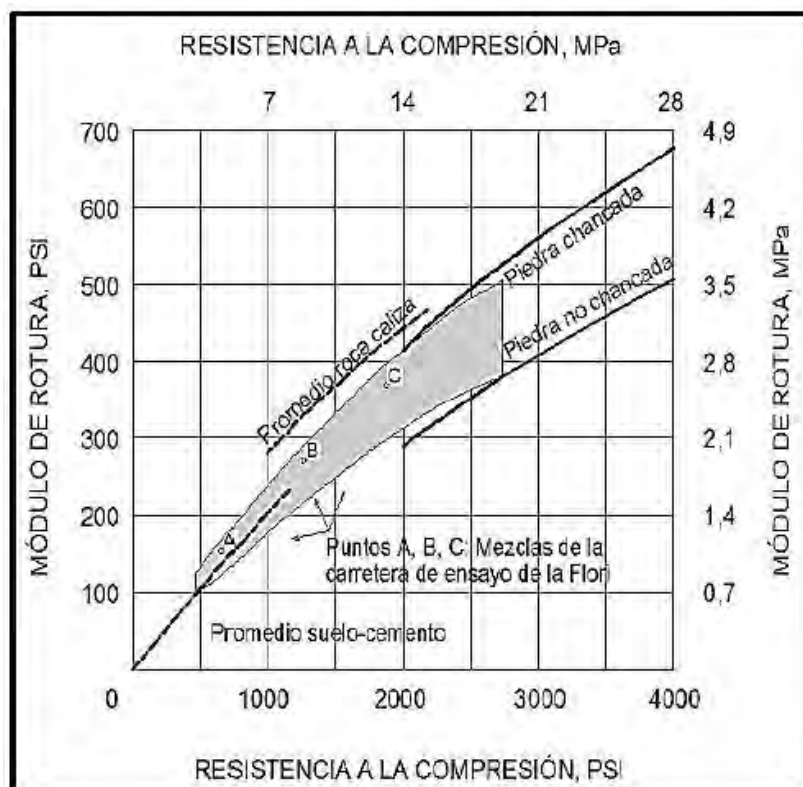
- “El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificador” (7).
- “En ningún caso la Base Granular o el Afirmado harán las veces de capa de rodadura. Bajo la responsabilidad de la Entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras y del PR, se podrá considerar otras soluciones tales como: Bases tratadas con cemento, con asfalto o cualquier producto químico” (7).
- “En el caso de los pavimentos flexibles y bajo responsabilidad del PR y de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: micro pavimentos, lechadas bituminosas (slurry seal), tratamientos asfálticos superficiales, etc” (7).
- “En el caso de los pavimentos rígidos y bajo responsabilidad del PR y de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: concreto con refuerzo

secundario, concreto con refuerzo principal, concreto con fibras, concreto compactado con rodillo, etc” (7).

- e. “En el caso de los pavimentos de adoquines intertrabados y bajo responsabilidad del PR y de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones equivalentes tales como pavimentos machihembrados” (7).
- f. “Los estacionamientos adyacentes a las vías de circulación tendrán de preferencia, las mismas características estructurales de estas. Alternativamente se podrán usar otros tipos de pavimentos sustentados con un diseño” (7).

Como referencia se muestra la figura 16:

Figura 16: Relación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión para concretos convencionales



Fuente: (PCA, 1984) (23)

Para pavimentos especiales se deberán cumplir con los siguientes requerimientos de la Tabla 4 extraída de la Norma CE.010:

Tabla 5: Tipos de pavimentos especiales.

Tipo de Pavimento Elemento		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Cicloviás
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 150 mm		
Base		CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60%
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm		
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm		
	Adoquines	≥ 40 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, 2010 (22)

4.3.2. REQUISITOS DE TRABAJABILIDAD

El concreto para los pavimentos requiere una mínima trabajabilidad para que sea colocado. El contenido de agua, la gradación de los agregados y el contenido de vacíos son todos los factores que afectan a la trabajabilidad. El slump requerido para pavimentos con encofrados deslizantes es entre 15 y 40 mm. Para el concreto colocado con la mano, vibradora o con un rodillo debe de tener un slump superior, no menor que 100 mm - NTP 339.035, 2014. (24)

.5. Definición de términos básicos

.5.1. Concreto Permeable

“El concreto permeable es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. Estos ingredientes permiten obtener un material resistente con poros interconectados de aberturas entre 2 y 8 mm que permiten que el agua infiltre fácilmente. El contenido de vacíos que permite que el agua fluya está en el rango de 15 y 35% con una resistencia a la compresión típica de 28 a 280 kg/cm². La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m² y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla” (1).

.5.2. Resistencia a la Compresión

“Propiedad del concreto endurecido que viene a ser es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad” (15).

“La resistencia a la compresión se expresa en kg/cm² y se obtiene en laboratorio mediante ensayos de compresión uniaxial en probetas elaboradas en moldes cilíndricos cuya longitud es el doble de su diámetro (6"x12") y que han sido adecuadamente curadas y pasado generalmente 28 días desde su colocación en el molde” (15).

.5.3. Resistencia a la Flexión

“La resistencia a flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico convencional, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, es decir, relativamente más alta que en el concreto convencional” (3).

“La resistencia a la compresión la cual es más fácil de medir que la resistencia a la flexión, se puede usar como un índice de la resistencia a la flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados” (10).

.5.4. Permeabilidad e Infiltración

“Se entiende por permeabilidad a la facilidad de movimiento de un flujo a través de un medio poroso. La permeabilidad puede definirse como velocidad de flujo producida por un gradiente hidráulico unitario. Se encuentra en plena votación la norma ASTM 1701, método de prueba para evaluar la permeabilidad de pavimentos de concreto permeable por parte de la ASTM” (15).

“Mientras que, el grado de infiltración incrementa a medida que el contenido de vacíos aumenta y, en contraposición, la resistencia a la compresión y flexión decrece, entonces el objetivo del diseño de mezclas de concreto permeable es lograr un balance entre un grado de infiltración aceptable para una mínima resistencia a la compresión y flexión. La infiltración es la propiedad más importante del concreto permeable, debido a que esta permite que el agua infiltre a través de la matriz. El grado de infiltración está directamente relacionado con la porosidad y el tamaño de los poros. Es importante tener en cuenta que es necesario obtener una mínima cantidad de porosidad de aproximadamente 15% para lograr una percolación significativa” (15).

.5.5. Aditivo

“Material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos son utilizados como componentes del concreto o mortero a fin de modificar una o varias propiedades con el objetivo que sea adecuado al trabajo realizado, facilitar su colocación y reducir costos de operación-ASTM C494” (11).

Los aditivos se clasifican según la norma ASTM C494 en:

- ❖ Tipo A.- Reductor de agua de medio rango.
- ❖ Tipo C.- Acelerador de fraguado.
- ❖ Tipo D.- Reductor de agua y retardador.
- ❖ Tipo E.- Reductor de agua y acelerador.
- ❖ Tipo F.- Reductor de agua de alto efecto.
- ❖ Tipo G.- Reductor de agua de alto efecto y retardador.

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del Problema

A nivel nacional el exceso o la falta de precipitaciones pluviales conlleva a problemas en diversos ámbitos de estudio, por ejemplo, en la región costera del país el nivel precipitación anual es bajo, sin embargo cada cierto tiempo, debido a la presencia de las corrientes de Humboldt y la del Niño, se presenta el denominado Fenómeno del Niño, el cual causa estragos debido a las intensas lluvias que causa; de manera similar, aunque es normal que haya precipitaciones intensas en la sierra y selva alta peruana, debido a la geografía que presentan estas regiones, hay ocasiones en las que la frecuencia de precipitaciones genera el desborde de los ríos, producen desplazamientos de suelos y, en muchos casos, huaycos. En la zona de selva baja del Perú, donde se encuentra la metrópolis de Iquitos, el exceso de precipitaciones pluviales genera inundaciones a lo largo de los márgenes de los ríos, situación que vulnera a la población que habita en estos lugares.

Sin embargo, más allá de los problemas, en forma de fenómenos naturales, que se presentan, en la metrópolis de Iquitos existe un déficit en cuanto a sistemas de drenaje, independientemente de que lo causó, lo que es visible para la población son las inundaciones, en las calles y casas, que

no solo están presentes en el invierno, si no también cada día de lluvia intensa, a lo largo del año.

Al estar en contacto constante con las aguas, ya sean residuales, debido al colapso de alcantarillas, o pluviales, por las intensas lluvias, las vías de transporte actuales presentan claramente un deterioro considerable, lo cual genera, una mayor inversión en mantenimiento o reconstrucción de las mismas; todo esto perjudica, no solo al desarrollo de la ciudad, también pone en riesgo la salud de las personas que están expuestas a esta realidad y que conviven con ella, considerándola en algunos casos como algo normal.

Al ser un problema constante, muchos medios han descrito este problema social, tal es el caso de Paco Bardales que, en el diario LA PROFETICA PERÚ, el día 07 de julio del año 2014, relata el siguiente acontecimiento: “Iquitos en el caos. Cuando comenzaron las obras, las calles de Iquitos quedaron paralizadas. No solo por las excavaciones para la conexión de tuberías sino también por los trabajos de construcción mal ejecutados por esta empresa china y las inundaciones de aguas servidas que afectaron las viviendas y la salud de los ciudadanos”, (25).

Años después, el diario EL COMERCIO, en un artículo periodístico con fecha 18 de marzo del año 2017 cita: “La ciudad de Iquitos soportó una fuerte lluvia que persistió por más de seis horas dejando calles inundadas y perjudicando la comunicación de telefonía móvil, internet y sistemas financieros. En algunas zonas no hubo energía eléctrica. Familias enteras quedaron sobre el agua, mientras que algunos hicieron denodados esfuerzos para salvar algunas de sus pertenencias sobre todo electrodomésticos, continúan echándole la culpa a la mala ejecución del sistema de alcantarillado y drenaje” (26) .

El 29 de marzo del año 2019, el diario EL CORREO, escribe sobre las inundaciones presentes en algunas de las calles principales de la ciudad: “Los vecinos de las últimas cuadras de las calles Putumayo, Calvo de Araujo, Sargento Lores, Navarro Cauper, Pévas, Napo y Las Mercedes

revelaron a diariocorreio.pe que debido a las lluvias y al colapso de las alcantarillas sus viviendas se inundan a diario y que en sus baños encuentran arañas y serpientes que entran allí escapando del agua que colapsa las tuberías de la ciudad” (27).

De manera similar, en su plataforma digital, con fecha 16 de marzo del año 2021, el grupo RPP presenta las incidencias producto de las precipitaciones en la ciudad de Iquitos, de la siguiente manera: “Inundadas terminaron las calles y viviendas de los distritos de Iquitos, Belén, Punchana y San Juan Bautista, en la provincia de Iquitos, luego de una lluvia torrencial con fuertes vientos y tormentas eléctricas. El agua alcanzó en algunas zonas casi los 80 centímetros de altura” (28).

“El jefe del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) de la región Loreto, ingeniero Marco Paredes, explicó que esta lluvia estaba anunciada, con una intensidad promedio de 95 milímetros en las dos horas, que permite catalogarla de intensidad muy fuerte a torrencial. La cantidad de agua que ha caído sucede normalmente cuando llueve todo un día” (28).

“Durante las dos horas de lluvia, los vecinos hicieron grandes esfuerzos para evitar que el agua ingrese a sus viviendas y afecte sus muebles y artefactos eléctricos, mientras que en las calles muchos choferes de vehículos menores tuvieron que empujar sus unidades para llegar a su destino” (28)

En la actualidad, se espera un mayor desarrollo de la infraestructura vial en la región debido al crecimiento urbanístico, esto se verá reflejado en nuevas vías de transporte masivo; siguiendo la vanguardia, el uso de nuevas tecnologías en el campo de la construcción se hace necesario, dejando lo convencional como una alternativa más.

El uso del concreto permeable ha despertado el interés en grandes potencias como China, EE.UU. y Rusia, por su capacidad de conducir y

ahorrar el recurso hídrico, siendo, a su vez, beneficioso para el tránsito vehicular.

El alcance del presente trabajo propone obtener el diseño óptimo para el concreto permeable, utilizando agregados comercializados en la ciudad de Iquitos – jurisdicción del distrito San Juan Bautista, con el fin de ser utilizados en pavimentos y veredas.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál es el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en veredas, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021?

¿Cuál es el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en vías de bajo tránsito, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos -2021.

2.3.2. Objetivos específicos

Determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en veredas, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos -2021.

Determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en vías de bajo tránsito, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos - 2021.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La permeabilidad y la resistencia, estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos alcanzan niveles de 81 L/min/m² – 730 L/min/m² y 175 kg/cm² - 210kg/cm², respectivamente propiedades que corresponden a concretos idóneos para emplearse en la construcción de veredas y pistas de bajo tránsito

2.5. Variables:

2.5.1. Identificación de las variables.

- Variable independiente: Diseño de concreto permeable.
- Variable dependiente: Permeabilidad y resistencia estructural.

INDICADORES VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Diseño de concreto permeable aplicado a veredas.
- Diseño de concreto permeable en vías de bajo tránsito.

INDICADORES VARIABLE DEPENDIENTE:

- Resistencia la flexión.
- Resistencia la compresión.
- Permeabilidad

INDICES VARIABLE INDEPENDIENTE:

Porcentaje de agregado grueso y diámetro de la piedra (1", ¾", ½", 3/8"), relación A/C, % de aditivo SikaPlast-740 PE.

INDICES VARIABLE DEPENDIENTE:

- Permeabilidad: L/min/m²
- Resistencia a la flexión: kg/cm²
- Resistencia a la compresión: kg/cm²

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.

En nuestra investigación conceptualizaremos nuestras variables desde el punto de vista de los autores, para darle mayor rigurosidad, así mismo indicaremos la forma de medida de las variables susceptibles del análisis, mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio, siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas.

Diseño de concreto permeable.

Permeabilidad y resistencia estructural.

2.5.3. Operacionalización de las variables.

Es la base para la investigación en la identificación de indicadores, con los cuales se puede determinar los instrumentos de observación.

Tabla 6: Operacionalización de las Variables

Variable	Indicador
VI: Diseño de concreto permeable	➤ Diseño de concreto permeable aplicado a veredas. ➤ Diseño de concreto permeable en vías de bajo tránsito.
VD: Permeabilidad y resistencia estructural.	➤ Diseño de concreto permeable aplicado a veredas. ➤ Diseño de concreto permeable en vías de bajo tránsito.

Fuente: Propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

3.1.1. Tipo de investigación

Descriptivo -Pre Experimental, porque se ha estudiado el agregado y las especificaciones de la norma como se encuentra en la realidad, y se considera pre experimental porque se ha tratado de realizar un diseño modificando los elementos que constituye la mezcla: agregados, cemento, arena y el uso de un aditivo superplastificante; y las muestras a ensayarse no fueron tomadas de manera aleatoria, si no por conveniencia.

Las modalidades de investigación que serán utilizadas son:

- a) Documental Bibliográfico. - Se consultará material bibliográfico sobre el uso del concreto permeable en pavimentaciones a nivel nacional e internacional, de igual manera, sobre los ensayos requeridos para la elaboración de este tipo de concreto y los parámetros que deben cumplir, conforme la norma ASTM y ACI, de ser el caso.
- b) Laboratorio. – Se realizarán los estudios correspondientes a los agregados, los pre-diseños del concreto permeable, buscando cumplir con los parámetros indicados para su uso en pavimentos; y el diseño oficial.

3.1.2. Diseño de investigación

Diseño:

a. Descriptivo. –

M	O
---	---

Donde:

M: Muestra con quien o en quien se va a realizar el estudio

O: Observación a la variable. Información relevante o de interés de la muestra

b. Pre Experimental. –

G	X	O
---	---	---

Donde:

G: Grupo

X: Experimento o tratamiento (V.I.)

O: Observación de resultados (V.D.)

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se utilizará:

La población estará conformada por 0.6 metros cúbicos de concreto permeable, elaborado con agregado grueso de entre 3/4" y 1/2", cemento portland tipo I y aditivo SikaPlast-740 PE. El cual será sometido a los ensayos de compresión, flexión y permeabilidad.

3.2.2. Muestra

Para el presente estudio se considerará como muestra lo siguiente.

- Ensayos en estado fresco del concreto permeable: 2 diseños de mezcla. Densidad y contenido de vacíos de mezcla.
- Métodos de pruebas alternativos del cono invertido 2.
- Ensayos en estado endurecido del concreto permeable: 2 diseños de mezcla. Permeabilidad, por el ACI 522R-10, Curado del Concreto Permeable.

- Resistencia a compresión, ACI 522, 44 probetas.
- A Resistencia a la flexión, 6 vigas.
- Infiltración según, ACI 522R-10, 6 probetas.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de Datos

- a) Revisión Bibliográfica: Se realizará la revisión de diversas publicaciones relacionadas a las variables de estudio en esta tesis, tales como investigaciones científicas, artículos, normas y tesis de pre grado y post grado.
- b) Observación directa y ensayos en laboratorio: Para la obtención de datos se aplicara la técnica de observación directa durante el proceso de ejecución de la presente investigación. Esto incluye, desde la compra de los agregados, para determinar, por inspección, si son aptos o no para ser utilizados, hasta la conclusión de los ensayos de Laboratorio, los cuales se desarrollarán en el Laboratorio de Suelo y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú, iniciando por determinar la granulometría de los agregados, ensayos del concreto permeable en estado fresco y finalmente los ensayos de Grado de Permeabilidad y Resistencia a la Compresión y Flexión, propios del concreto permeable endurecido.

3.3.2. Instrumentos de recolección de Datos

La recolección de datos, para cumplir con los objetivos previstos, debe hacerse en un laboratorio, el cual verificara la procedencia de los ensayos y veracidad de los resultados. Estos resultados serán expresados en tablas, proporcionados y certificados, en este caso por el Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales de la UCP. Así mismo, se debe recolectar información y datos, con fines de comparación, de bibliografía nacional e

internacional. Para sintetizar esta información se realizarán cuadros de resumen, con la información considerada relevante y aplicable a la presente investigación.

3.3.3. Procedimientos de recolección de Datos

La recolección de datos se dividió principalmente en el análisis de información bibliográfica y desarrollo de ensayos en laboratorio.

a. Análisis de Información Bibliográfica:

Desde la elaboración del anteproyecto, se realizó la revisión constante del material bibliográfico, conforme se ejecutó la presente investigación, se buscó actualizar la bibliografía tomada como referencia, por lo cual se estuvo en constante análisis de información y comparación. Esta información se puede ver reflejada en los antecedentes presentados, así como en los conceptos establecidos en el marco teórico y en diversos capítulos de este trabajo.

b. Ensayos de Laboratorio

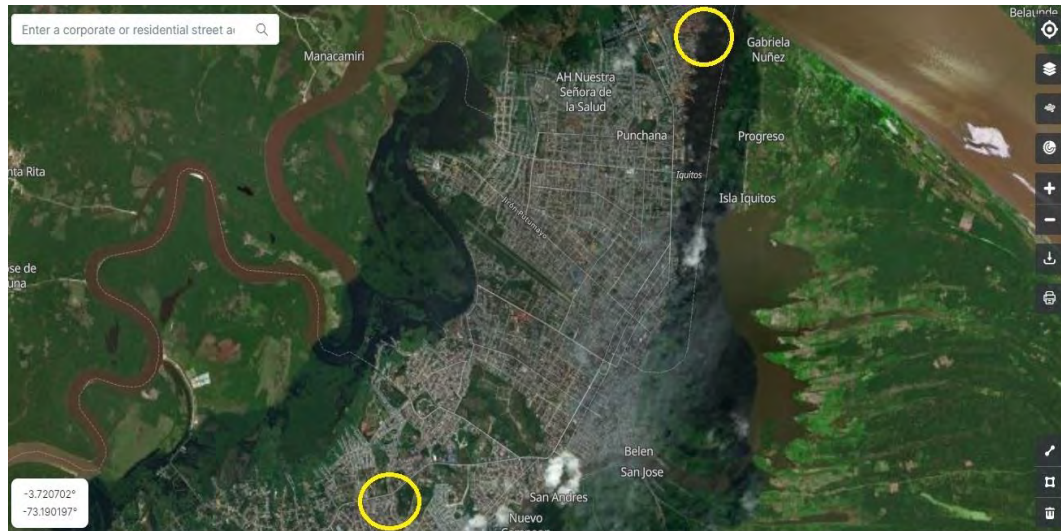
Para realizar la recolección de los datos durante la ejecución de este estudio, se dividió el trabajo de laboratorio en tres etapas: estudio de los agregados, ensayos preliminares y ensayos definitivos.

➤ Estudio de los agregados:

Se inició con el transporte del agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", desde el acopio de venta del material hacia las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales de la UCP. En este caso, se utilizó material comercializado en el Distrito de San Juan Bautista, por ser el punto de comercialización más cercano a la Universidad Científica del Perú.

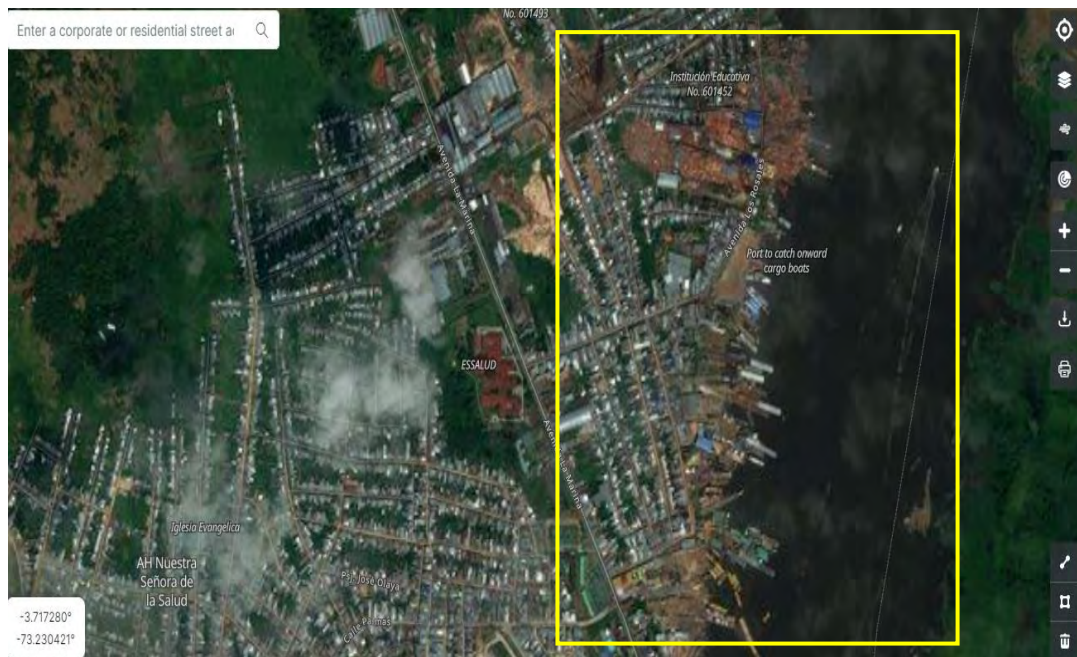
Imagen de puntos de comercialización de piedra en Iquitos.

Figura 17: Puntos de Zonas de Comercialización de Agregados Gruesos en Iquitos (Vista Satelital)



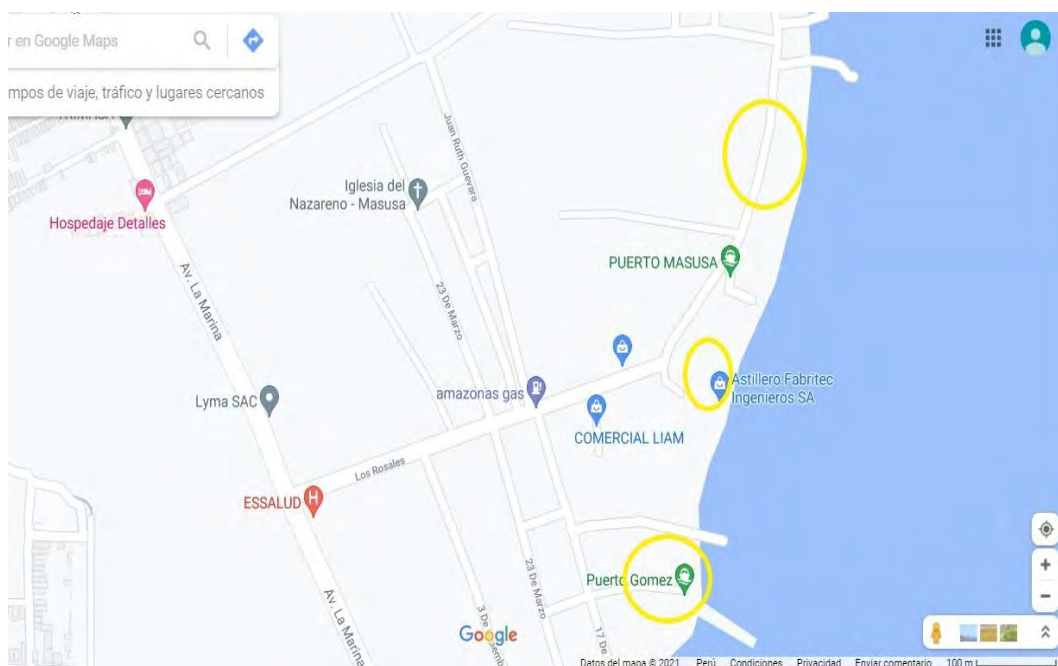
Fuente: https://googleearth.gosur.com/?gclid=Cj0KCQjw16KFBhCgARIsALB0g8Kq9VuolMKtt9KOUlodoMMFKxKhvN8EIHbfRclsvOOOCWDo_oE3bJAaAvauEALw_wcB&ll=-3.7433211379926945,-73.25789128236875&z=12.736434993716395&t=satellite

Figura 18: Zonas de desembarco de Agregados Gruesos. (Vista Satelital)



Fuente: https://googleearth.gosur.com/?gclid=Cj0KCQjw16KFBhCgARIsALB0g8Kq9VuoJMKtt9KOUlodoMMFKxKhvN8EIHbfRclsvOO0CWDo_oE3bJAaAvauEALw_wcB&ll=-3.7156308449475404,-73.2395077903941&z=16.38190248258426&t=satellite

Figura 19: Zonas Marcadas de Comercialización de Agregados Gruesos en la zona de Masusa Punchana.



Fuente: <https://www.google.com/maps/@-3.7173216,-73.2403873,17.04z>

Figura 20: Lugar de Comercialización en la Zona de San Juan- Anita Cabrera. (Vista Satelital)



Fuente:https://googleearth.gosur.com/?gclid=Cj0KCQjw16KFBhCgARIsALB0g8Kq9VuoJMKtt9KOUlodoMMFKxKhvN8EIHbfRclsvOO0CWDo_oE3bJAaAvauEALw_wcB&ll=-3.767091698393358,-73.27406457233866&z=18.466556723843375&t=satellite

Figura 21: Punto de Compra del Agregado Grueso y ruta hasta la UCP (Vista Satelital)



Fuente:https://googleearth.gosur.com/?gclid=Cj0KCQjw16KFBhCgARIsALB0g8Kq9VuoJMKtt9KOUlodoMMFKxKhvN8EIHbfRclsvOO0CWDo_oE3bJAaAvauEALw_wcB&ll=-3.768702166266536,-73.27807592770125&z=16.282536528114814&t=satellite

Los ensayos elaborados durante esta etapa, buscaban determinar las características físicas del agregado y se realizaron conforme a las siguientes normas:

Tabla 7: Normativa ASTM para Ensayos

ENSAYO	NORMATIVA ASTM
Peso Unitario Suelto	ASTM C – 29
Peso Unitario Compactado	ASTM C – 29
Peso Específico	ASTM C – 127
Absorción	ASTM C – 127
Granulometría	ASTM C – 136
Módulo de Finura	ASTM C – 33
Contenido de Humedad	ASTM – 70

Fuente: Propia (2021)

➤ Ensayos Preliminares

Durante esta etapa se evaluaron varios diseños de mezcla de concreto permeable, originalmente se iniciaron con dos diseños, uno para cada tipo de agregado mencionado ($3/4''$ y $1/2''$), y se fue modificando la cantidad de agregado y cemento, según los resultados obtenidos de los ensayos de compresión a los 7 días. De la misma manera, aunque originalmente se consideraba trabajar con un número de vacíos, entre 15% y 25%, y relaciones agua – cemento entre 0.3 y 0.5, estos valores fueron modificándose en búsqueda de mejores resultados. Entre las consideraciones de diseño, durante esta etapa se incluyó el uso del aditivo SikaPlast-740 PE.

➤ Ensayos Definitivos

Al determinarse los 2 diseños óptimos para cumplir con los objetivos establecidos al inicio de esta investigación, se realizaron los ensayos para concreto permeable en estado fresco y endurecido, conforme a las siguientes normas:

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

El procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos se realizará utilizando el software estadístico Excel de Windows.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Características físicas de los agregados

4.1.1. Análisis granulométrico

Para determinar el módulo de fineza de los agregados que conforman los Diseños N°01 y N°02, piedra chancada con diámetros de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", y arena blanca, se ha desarrollado los ensayos según lo establecido en la norma ASTM C-136. Así mismo se hace la clasificación del material dentro de los Husos correspondientes, según la Tabla N°01.

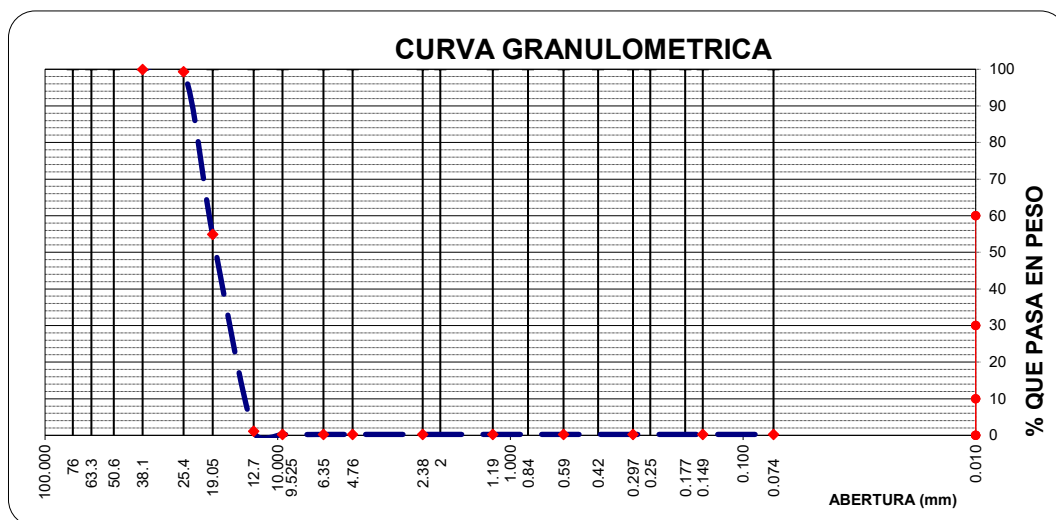
Los resultados se pueden ver a continuación y en el anexo N° 2.1: Análisis Granulométrico Por Tamizado Agregado Grueso $\frac{3}{4}$ " ASTM C-136

Tabla 8: Análisis Granulométrico por Tamizado - Agregado Grueso ($\frac{3}{4}$ ")

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400	32.92	0.63	0.63	99.37	
3/4"	19.050	2330.30	44.48	45.11	54.89	
1/2"	12.700	2818.38	53.80	98.90	1.10	
3/8"	9.525	43.78	0.84	99.74	0.26	
1/4"	6.350	0.00	0.00	99.74	0.26	
N°04	4.760	0.00	0.00	99.74	0.26	
N°08	2.380	0.00	0.00	99.74	0.26	MÓDULO DE FINEZA : 5.98 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 1.25
N°16	1.190	0.00	0.00	99.74	0.26	
N°30	0.590	0.00	0.00	99.74	0.26	
N°50	0.297	0.00	0.00	99.74	0.26	
N°100	0.149	0.00	0.00	99.74	0.26	
N°200	0.074	0.00	0.00	99.74	0.26	
Pasa N°200		13.62	0.26			

Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Gráfica 1: Curva Granulométrica Agregado Grueso (3/4")



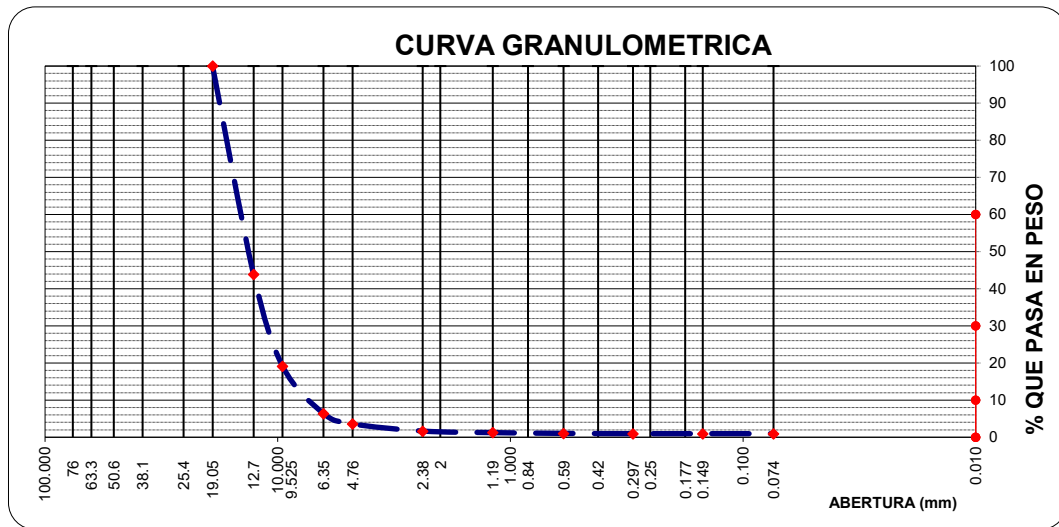
Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Tabla 9: Análisis Granulométrico por Tamizado - Agregado Grueso (1/2")

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700	1221.94	56.16	56.16	43.84	
3/8"	9.525	538.03	24.73	80.88	19.12	
1/4"	6.350	276.95	12.73	93.61	6.39	
N°04	4.760	60.80	2.79	96.40	3.60	
N°08	2.380	42.08	1.93	98.34	1.66	MÓDULO DE FINEZA : 5.91 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 2.06
N°16	1.190	4.35	0.20	98.76	1.24	
N°30	0.590	1.76	0.08	98.96	1.04	
N°50	0.297	0.00	0.00	99.03	0.97	
N°100	0.149	0.00	0.00	99.03	0.97	
N°200	0.074	0.00	0.00	99.03	0.97	
Pasa N°200		21.08	0.97			

Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Gráfica 2: Curva Granulométrica Agregado Grueso (1/2")



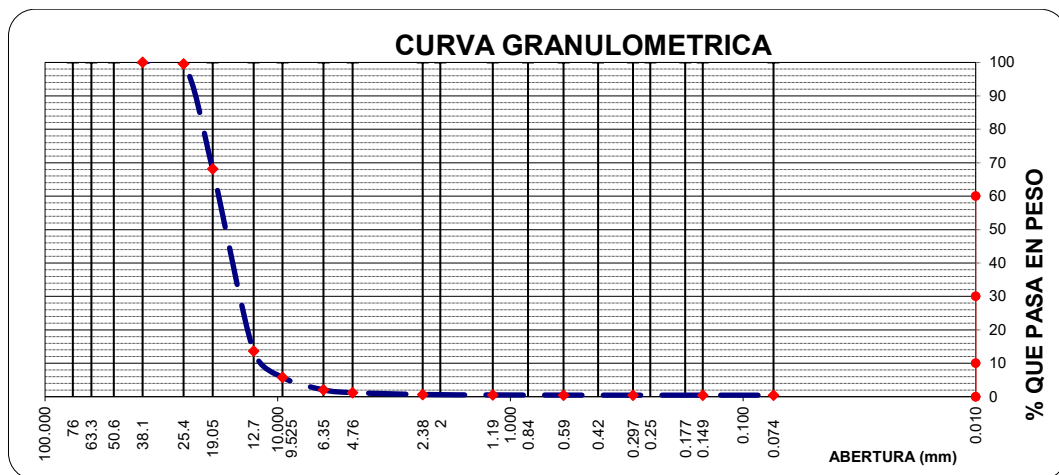
Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Tabla 10: Análisis Granulométrico - Agregado Grueso (3/4"+1/2",proporción 1-1)

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400	16.46	0.44	0.44	99.56	
3/4"	19.050	1165.15	31.43	31.88	68.12	
1/2"	12.700	2020.16	54.50	86.37	13.63	
3/8"	9.525	290.91	7.85	94.22	5.78	
1/4"	6.350	138.48	3.74	97.95	2.05	
N°04	4.760	30.40	0.82	98.77	1.23	
N°08	2.380	21.04	0.57	99.34	0.66	MÓDULO DE FINEZA : 5.96 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 1.49
N°16	1.190	2.18	0.06	99.47	0.53	
N°30	0.590	0.88	0.02	99.52	0.48	
N°50	0.297	0.00	0.00	99.55	0.45	
N°100	0.149	0.00	0.00	99.55	0.45	
N°200	0.074	0.00	0.00	99.55	0.45	
Pasa N°200		16.85	0.45			

Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Gráfica 3: Curva Granulométrica Agregado Grueso (3/4"+1/2", proporción 1-1)



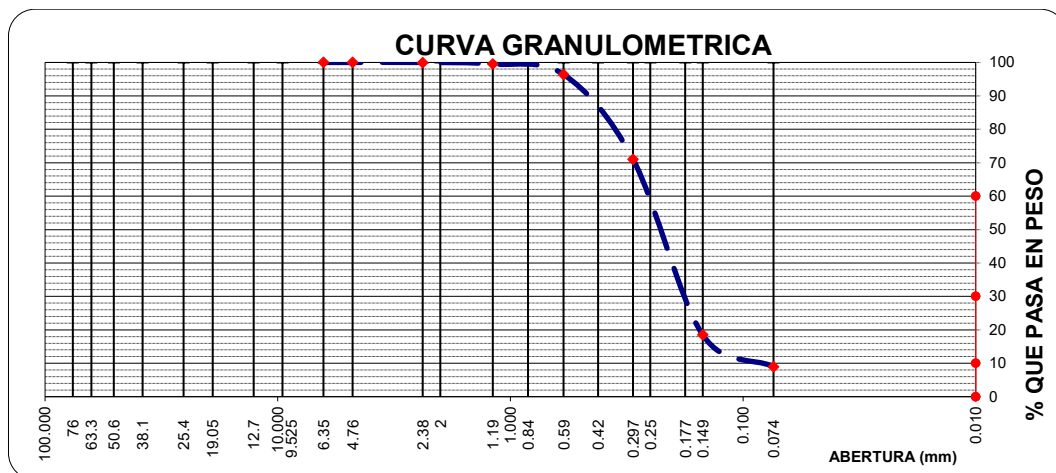
Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Tabla 11: Análisis Granulométrico - Agregado Fino (Arena Blanca)

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760					
N°08	2.380				100.00	
N°16	1.190	1.45	0.47	0.47	99.53	MÓDULO DE FINEZA : 1.15 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 68.32
N°30	0.590	9.73	3.14	3.61	96.39	
N°50	0.297	78.56	25.34	28.95	71.05	
N°100	0.149	162.91	52.55	81.50	18.50	
N°200	0.074	29.42	9.49	90.99	9.01	
Pasa N°200		27.92	9.01			

Fuente: Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP

Gráfica 4: Curva Granulométrica Agregado Fino (Arena Blanca)



Fuente: *Elaboración Propia - formato brindado por LSEM - UCP*

Dados los valores obtenidos en este ensayo, se ha determinado que los agregados gruesos se encuentran dentro de los siguientes Husos Granulométricos.

- Agregado de $\frac{3}{4}$ " : Huso N°05
- Agregado de $\frac{1}{2}$ " : Huso N° 67, se debe mencionar que este material posee un porcentaje de agregado fuera de esta clasificación. Sin embargo, al tener una gran similitud con los agregados de este grupo, se ha considerado clasificarlo como tal.
- Agregado de $\frac{3}{4}$ " + $\frac{1}{2}$ " : Huso N°56, este material está conformado por la unión del agregado $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " en proporciones iguales.

4.1.2. PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

Para determinar el peso unitario suelto de los agregados que conforman el Diseño N°01, piedra chancada con diámetros de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", y arena blanca, se ha desarrollado los ensayos según lo establecido en la norma ASTM C-29.

Los resultados se pueden ver a continuación y en el anexo N°2.5: Diseño 01: Peso Unitario Suelto Del Agregado ¾" ASTM C-29

Tabla 12: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso - ¾".

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	35720	36155	35810
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20075	20510	20165
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.430	1.461	1.436
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,430		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	45.28		

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Tabla 13: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – 1/2".

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	36020	35600	35845
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20375	19955	20200
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.451	1.421	1.439
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,451		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	44.47		

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Tabla 14: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – $\frac{3}{4}$ ” y 1/2”; proporciones 1-1.

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	35870	35828	35912
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20225	20183	20267
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.440	1.437	1.443
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,440		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	44.89		

***Fuente:** Elaboración Propia. (2021)*

Tabla 15: Peso Unitario Suelto y porcentaje de vacíos en el Agregado Fino - Arena Blanca

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	6921	6958	6919
PESO DE MOLDE (gr.)	2906	2906	2906
PESO DE MUESTRA	4015	4052	4013
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.420	1.433	1.420
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,424		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	45.31		

***Fuente:** Elaboración Propia. (2021)*

4.1.3. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.

Para determinar el peso unitario compactado de los agregados que conforman los Diseños N°01 y N°02, piedra chancada con diámetros de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", y arena blanca, se ha desarrollado los ensayos según lo establecido en la norma ASTM C-29.

Los resultados se pueden ver a continuación y en el anexo N°2.8: Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso $\frac{3}{4}$ "ASTM C-29

Tabla 16: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso - $\frac{3}{4}$ ".

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37340	37355	37445
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	21695	21710	21800
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.545	1.546	1.553
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,548		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.76		

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Tabla 17: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – 1/2”.

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37840	37595	37525
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	22195	21950	21880
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.581	1.563	1.558
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,567		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.03		

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Tabla 18: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Grueso – ¾”+1/2”, proporción 1-1.

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37590	37475	37485
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	21945	21830	21840
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.563	1.555	1.555
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,558		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.38		

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

*Tabla 19: Peso Unitario Compactado y porcentaje de vacíos en el Agregado Fino
- Arena Blanca*

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7600	7535	7594
PESO DE MOLDE (gr.)	2906	2906	2906
PESO DE MUESTRA	4694	4629	4688
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.660	1.637	1.658
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,652		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	36.56		

***Fuente:** Elaboración Propia. (2021)*

4.1.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO

Para determinar los valores de gravedad específica y absorción de los agregados que conforman los Diseños N°01 y N°02, piedra chancada con diámetros de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", y arena blanca, se ha desarrollado los ensayos según lo establecido en las normas ASTM C – 128, para los agregados finos, y ASTM C – 127, para los agregados gruesos.

Los resultados se pueden ver a continuación y en el anexo N°2.11:

Tabla 20: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino – Arena Blanca. (ASTM C – 128)

N° DE ENSAYOS				1	2	3	PROMEDIO
				587.93	588.97	638.45	
				377.77	368.12	371.95	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)			210.71	221.38	267.01	
B	Peso Frasco + H2O			707.13	675.53	722.32	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)			917.84	896.91	989.33	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco			837.31	812.21	886.83	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)			80.53	84.70	102.50	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)			210.16	220.85	266.50	
G	Vol. Masa = (E-A+F)			79.98	84.17	101.99	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (F/E)				2.610	2.607	2.600	2.606
Peso Específico de Masa (S.S.S) = (A/E)				2.617	2.614	2.605	2.612
Peso Específico Aparente = (F/G)				2.628	2.624	2.613	2.622
% de Absorción = ((A-F)/F)*100				0.26	0.24	0.19	0.23

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Tabla 21: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado Grueso 3/4". (ASTM C – 127)

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1263.93	1239.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	797.75	784.23	
C	Peso de malla (en aire)	51.95	57.23	
D	Peso de malla (en agua)	43.47	48.23	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1253.52	1229.76	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1211.98	1181.94	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	754.28	736.00	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	457.70	445.94	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1201.57	1172.53	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	447.29	436.53	
Peso Específico de Masa (Base Seca)=(I/H)		2.625	2.629	2.627
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.648	2.650	2.649
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.686	2.686	2.686
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.87	0.80	0.83

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Tabla 22: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado Grueso 1/2".
(ASTM C – 127)

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1490.35	1570.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	941.28	991.45	
C	Peso de malla (en aire)	78.34	84.77	
D	Peso de malla (en agua)	65.34	71.07	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1476.83	1555.56	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1412.01	1485.40	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	875.94	920.38	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	536.07	565.02	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1398.49	1470.79	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	522.55	550.41	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.609	2.603	2.606
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.634	2.629	2.631
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.676	2.672	2.674
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.97	0.99	0.98

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Tabla 23: Ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso – ¾" + ½", en proporción 1-1. (ASTM C – 127)

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1392.14	1419.67	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	875.32	897.64	
C	Peso de malla (en aire)	51.95	57.23	
D	Peso de malla (en agua)	43.47	48.23	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1375.58	1402.66	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1340.19	1362.44	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	831.85	849.41	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	508.34	513.03	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1323.63	1345.43	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	491.78	496.02	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.604	2.623	2.613
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.636	2.656	2.646
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.692	2.712	2.702
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		1.25	1.26	1.26

Fuente: Elaboración Propia. (2021).

4.2. Diseños Preliminares

Durante esta etapa, se procedió al desarrollo de los diseños teóricos de concreto permeable, para esto se siguieron los lineamientos presentes en la norma ACI 522R, así mismo, se muestra los resultados para los diseños de prueba realizados y la elección de los diseños finales para este estudio.

Desarrollo del diseño de concreto permeable:

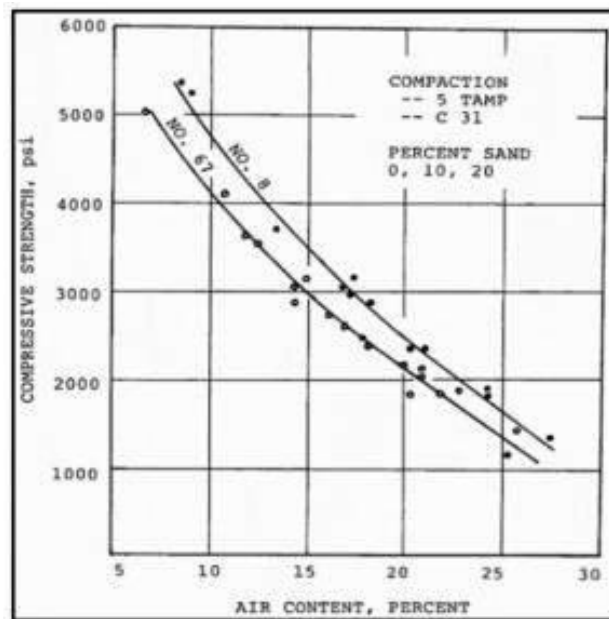
4.2.1. Porcentaje de vacíos en los diseños

Para determinar el porcentaje de vacío a utilizar en cada diseño, se ha tomado en cuenta las recomendaciones de la Norma ACI 522R (1), la cual indica que el porcentaje de vacíos a utilizarse en el diseño de concreto permeable debe encontrarse entre 15% y 35%. Tomando como referencia diversos estudios nacionales (6) (7), y los resultados de los pre ensayos posteriormente, se ha decidido utilizar porcentajes de vacíos entre 15% y 20% para realizar los diseños.

4.2.2. Resistencia referencial para concretos permeables a los 28 días

En la Figura N°09 presentada, se muestra que para diseños de concreto poroso elaborado con agregado que se encuentra dentro de los Husos n°67 y N°08, la resistencia referencial a los 28 días es 175 kg/cm² y 210 Kg/cm², aunque el agregado del presente diseño se encuentra en Husos con medidas diferentes, se tomaran estos valores, como resistencia referencial, debido a los objetivos que se han planteado; los cuales principalmente son el encontrar un diseño aceptable para su uso en pavimentos y veredas.

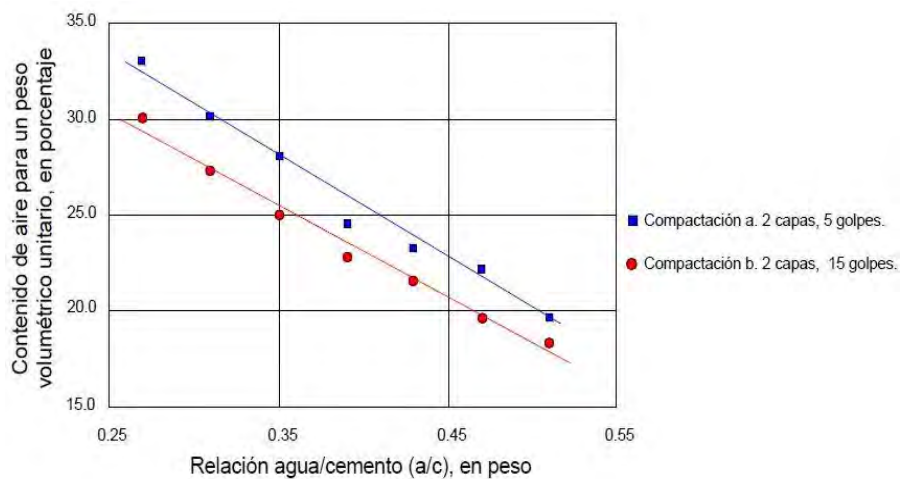
Figura N°09



4.2.3. Relación agua – cemento

Según muestra la figura N°07 (3), para un diseño de concreto permeable, que tiene como porcentaje de vacíos entre 15% y 20%, se debe considerar una relación agua – cemento de entre 0.45 y 0.55. Sin embargo, durante este estudio se hicieron pruebas que consideraban la relación - agua cemento en un rango de 0.3 – 0.4, debido a que en diversos estudios se ha demostrado que estas relaciones ayudan a obtener las resistencias de diseño establecidas. (4) (3) (10) (9)

Figura N°07

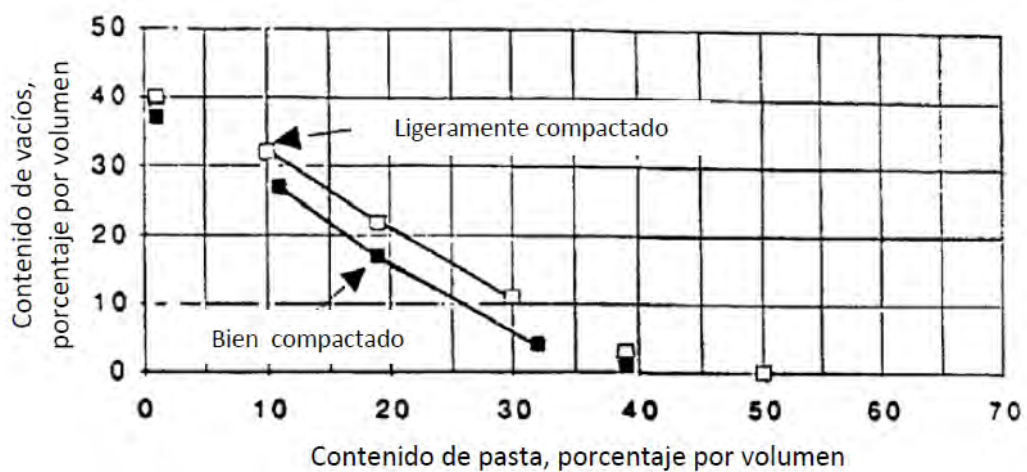


Si bien al inicio de esta investigación se consideraron diseños sin el uso de aditivos, durante la etapa de ensayos preliminares se determinó que era necesario la reducción de agua en la mezcla, por lo que se incorporó el aditivo superplastificante SikaPlast – 740 PE, en un porcentaje de 0.5% del peso del cemento.

4.2.4. Determinación del volumen de pasta

De acuerdo al establecido en la norma ACI – 211.3R, para determinar el volumen de pasta para el concreto permeable, se utiliza la figura N°06, en la cual se relaciona el porcentaje de contenido de vacíos con el contenido de la pasta, en porcentaje, dependiendo del nivel de compactación a aplicarse.

Figura N°06



En este caso, se puede determinar que el contenido de pasta debe ser equivalente al 18% del volumen de concreto total, para diseños que consideren 25% de porcentaje de vacíos, 23% del volumen total del concreto, para diseños que consideren 20% de porcentaje de vacíos y 27% del volumen de concreto total, para diseños que consideren 15% de porcentaje de vacíos.

4.2.5. Cálculo de la masa del cemento y el agua

Con los valores obtenidos de la figura N°06, donde obtenemos el volumen de pasta para los diseños según el porcentaje de vacíos que se desea obtener, procedemos a calcular los valores correspondientes a la masa del cemento y el agua según las siguientes fórmulas:

$$Vp = Vc + Va$$

$$Vp = \frac{c}{P.e.c * 1000 \text{ kg/m}^3} + \frac{a}{P.e.a * 1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$Vp = \frac{c}{P.e.c * 1000 \text{ kg/m}^3} + \frac{\frac{a}{c} * c}{P.e.a * 1000 \text{ kg/m}^3}$$

Donde:

Vp = Volumen de la pasta

Vc = Volumen del cemento

Va = Volumen del agua

4.2.6. Cálculo de la masa de los agregados

Dependiendo de las proporciones de diseño consideradas para cada agregado, se procede a determinar los volúmenes y las masas correspondientes a cada uno.

Para esto se debe considerar que:

$$VT = Vp + Vag + Vv$$

$$Vag = \frac{ag \text{ (kg)}}{P.e.ag * 1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

Donde:

VT = Volumen total de concreto permeable

Vp = Volumen de la pasta

Vv = Volumen de vacíos

Vag = Volumen del agregado

4.2.7. Corrección del contenido de agua, debido a la humedad en los agregados

Normalmente los diseños de concreto se realizan considerando el agregado como un material idealmente seco, sin embargo, este posee propiedades físicas tales como la absorción y la humedad natural, que serán un factor que obliga a aumentar o reducir la cantidad de agua real que se debe utilizar en el diseño. Para esto, existen fórmulas que nos ayudan a corregir la masa del agua. (7)

$$Peso\ Ag\ (húmedo) \left(\frac{kg}{m^3} \right) = Peso\ Ag \left(\frac{kg}{m^3} \right) + \left(1 + \frac{Wo}{100} \right)$$

$$Peso\ Af\ (húmedo) \left(\frac{kg}{m^3} \right) = Peso\ Af \left(\frac{kg}{m^3} \right) + \left(1 + \frac{Wo}{100} \right)$$

Peso Agua corregido:

$$= Peso\ Af \left(\frac{wa - wo}{100} \right) + Peso\ Ag \left(\frac{wa - wo}{100} \right) + Peso\ agua$$

Donde:

Wa = Peso del agregado saturado

Wo = Peso del agregado húmedo

4.2.8. Diseños de prueba elaborados en el laboratorio de suelos y ensayo de materiales UCP.

En total, durante la presente investigación se desarrollaron 2 diseños, cada dos semanas, dado que la característica del concreto permeable es tener una menor resistencia a la compresión debido a la presencia de un mayor número de vacíos, este estudio inició considerando como porcentaje de vacíos de diseño 25%, y solo se consideró el uso de un tipo de agregado, cemento y agua. Con los criterios de diseño, ya establecidos, se procedió a evaluar la resistencia a la compresión de cada mezcla a los 7 días, fecha en la cual el diseño debía de alcanzar el 60% de su resistencia final aproximadamente. Al obtener resultados muy bajos, se empezó a buscar nuevas opciones para el diseño, los cuales incluyeron mezclar ambos agregados gruesos ($1/2''$ y $3/4''$), agregar un porcentaje de arena en el diseño, y finalmente utilizar un aditivo superplastificante, el cual se caracteriza por ser un reductor de agua.

En búsqueda de obtener mejores resultados, al utilizar el aditivo, se pudo observar una mayor fluidez de la pasta, lo cual nos llevó a reducir la cantidad de agua de la mezcla, sin afectar la resistencia del diseño, ni incrementar la cantidad de cemento a ser utilizado.

En la siguiente tabla se puede apreciar el proceso de evolución de los diseños de mezcla.

Tabla 24: Diseños Elaborados en Orden Cronológico

N°	TIPO DE DISEÑO	DISEÑOS ELABORADOS EN ORDEN CRONOLÓGICO	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
			7 Días (Kg/Cm2)	Proyección a los 28 Días (Kg/Cm2)
1	DISEÑO TEÓRICO	25% DE VACÍOS, PIEDRA 1/2", A/C=0.30, V. PASTA 0.18 M3	26.23	34.97
2	DISEÑO TEÓRICO	25% DE VACÍOS, PIEDRA 1/2" + 10% ARENA, A/C=0.3, V. PASTA 0.18 M3	51.95	69.27
3	DISEÑO TEÓRICO	20% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+1/2", A/C=0.35, V. PASTA 0.23 M3	131.38	175.18
4	DISEÑO TEÓRICO	18% DE VACÍOS, PIEDRA 1/2" + 10% ARENA, A/C=0.35, V. PASTA 0.25 M3	111.53	148.70
5	DISEÑO TEÓRICO	15% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+1/2", A/C=0.4, V. PASTA 0.27 M3	144.05	192.07
6	DISEÑO TEÓRICO	20% DE VACÍOS, PIEDRA 1/2"+ 10% ARENA, A/C=0.35, V. PASTA 0.23 M3	88.35	117.80
7	DISEÑO TEÓRICO	20% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+ 10% ARENA, A/C=0.35, V. PASTA 0.23 M3	124.29	165.72
8	DISEÑO TEÓRICO	15% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+1/2"+10% ARENA, A/C=0.4, V. PASTA 0.27 M3, ADITIVO SIKAPLAST – 740	146.11	194.82
9	DISEÑO TEÓRICO	20% DE VACÍOS, PIEDRA 1/2"+ 10% ARENA, A/C=0.35, V. PASTA 0.23 M3	95.31	127.08
10	DISEÑO TEÓRICO	20% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+ 10% ARENA, A/C=0.35, V. PASTA 0.23 M3, ADITIVO SIKAPLAST – 740	131.75	175.67
11	DISEÑO EMPIRICO	15% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+1/2"+10% ARENA, A/C=0.30, ADITIVO SIKAPLAST - 740	177.92	296.53
12	DISEÑO EMPIRICO	20% DE VACÍOS, PIEDRA 3/4"+ 10% ARENA, A/C=0.30, ADITIVO SIKAPLAST – 740	136.87	228.11

Fuente: Propia (2021)

4.3. Propiedades del concreto fresco y endurecido

4.3.1. Consistencia

Siendo una de las características de este tipo de concreto especial el tener revenimiento cero (3), se verificó mediante el ensayo Cono de Abrams el Slump de cada diseño, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 25: Asentamiento de Diseños

	ASENTAMIENTO (cm)
DISEÑO N°01	0.6
DISEÑO N°02	1.1

Fuente: *Propia (2021)*

Al encontrarse dentro de los parámetros permitidos, podemos afirmar que el concreto permeable diseñado, tiene una cantidad de agua adecuada.

4.3.2. Densidad

Esta propiedad se determinó según lo establecido en la norma ASTM C-29. Si bien se diseñó considerando que cada mezcla tendría 15% y 20% de vacíos, respectivamente, al evaluarse la densidad se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 26: Densidad de Diseños

	% VACÍOS DE DISEÑO	% VACÍOS REAL
DISEÑO N°01	15	14.18
DISEÑO N°02	20	18.72

Fuente: *Propia (2021)*

4.4. Propiedades mecánicas del concreto endurecido

4.4.1. Resistencia a la compresión

4.4.1.1. Diseño N° 01 (3/4"+1/2"+10%arena+ aditivo 0.5%)

Con fecha 24 de marzo del 2021, se procedió a elaborar concreto permeable con las proporciones indicadas en el diseño de mezcla N° 01 (Anexo N°2.23), para este ensayo se trabajó con moldes de 4" x 8", teniendo en total 22 especímenes de estudio, en el Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales UCP. Así mismo, se determinó realizar el ensayo de resistencia a la compresión cada 7 días, distribuyendo las probetas de la siguiente manera:

Tabla 27: Tabla de Resumen de Ensayo de Compresión N°01

PROGRAMACIÓN		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
N° DE DÍAS	FECHA DE ENSAYO	N° DE PROBETAS	RESULTADO ESPERADO (Kg/cm2)
7 DÍAS	31/03/2021	3	157.5
14 DÍAS	07/04/2021	3	172.2
21 DÍAS	14/04/2021	3	191.1
28 DÍAS	21/04/2021	13	210
PROBETAS ENSAYADAS EN TOTAL		22	

Fuente: Propia (2021)

A continuación se puede apreciar los resúmenes de los resultados obtenidos cada día en este ensayo.

A. Resultados del ensayo a la compresión (7 días)

FECHA: 31/03/2021

Cuadro de Resumen:

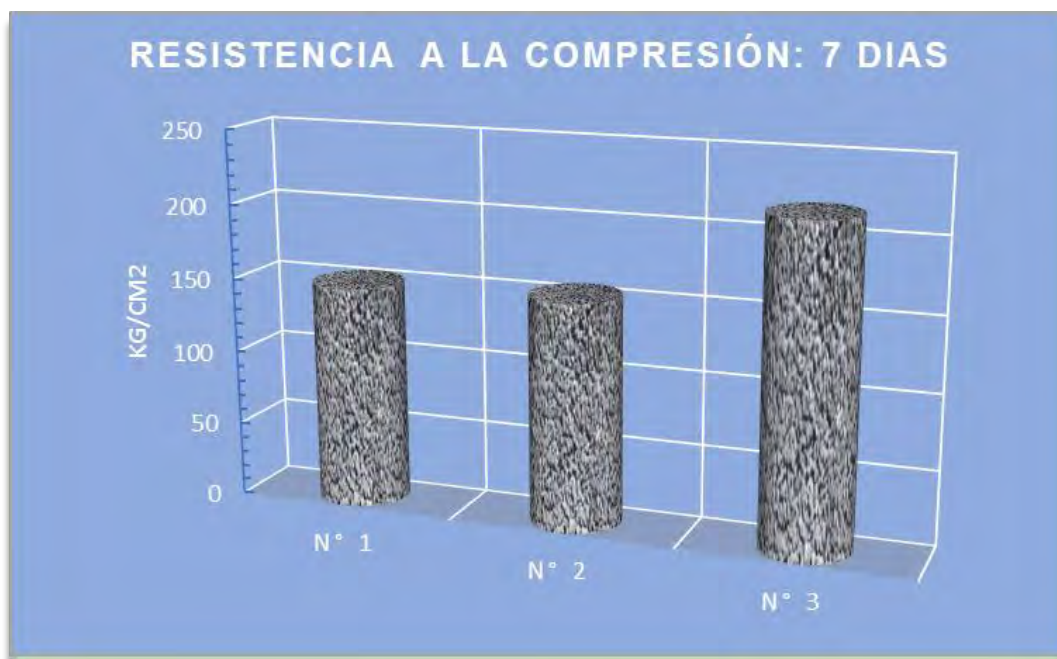
Tabla 28: resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 7 días

ESPECÍMEN	Edad	RESISTENCIA (Kg/cm2)
N° 1	7	149
N° 2	7	152
N° 3	7	215
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		172

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 7 días: **157.50 Kg/cm2**

Gráfica 5: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 7 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

B. Resultados del ensayo a la compresión (14 días)

FECHA: 07/04/21

Cuadro de Resumen:

Tabla 29: Resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 14 días

ESPECÍMEN	Edad	RESISTENCIA (Kg/cm2)
N° 1	14	197
N° 2	14	185
N° 3	14	248
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		210

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 14 días: **172.20
Kg/cm2**

Gráfica 6: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 14 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

C. Resultados del ensayo a la compresión (21 días)

FECHA: 14/04/21

Cuadro de Resumen:

Tabla 30: Resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 21 días

ESPECÍMEN	Edad	RESISTENCIA (Kg/cm2)
N° 1	21	240
N° 2	21	256
N° 3	21	198
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		231

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 21 días: **191.10 Kg/cm2**

Gráfica 7: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 21 Días:



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

D. Resultados del ensayo a la compresión (28 días)

FECHA: 21/04/21

Cuadro de Resumen:

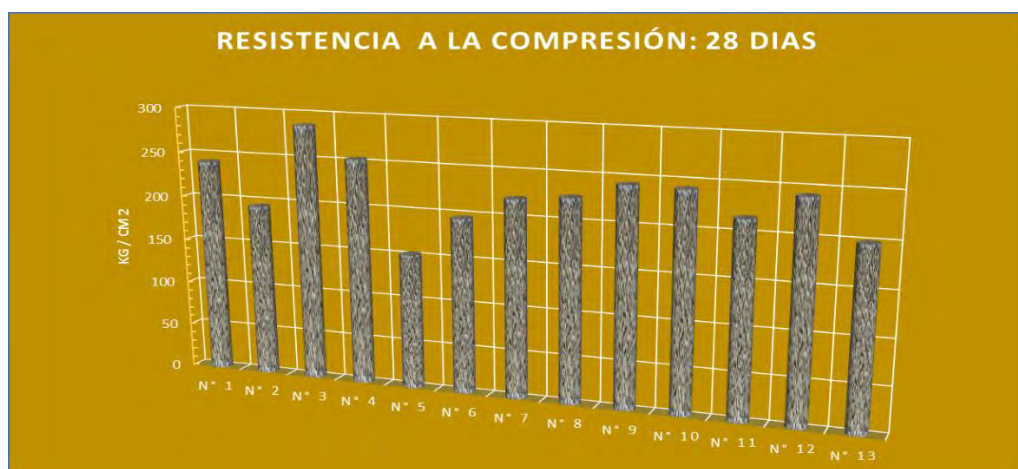
Tabla 31: Resistencia a la compresión: diseño N° 01 a los 28 días

ESPECÍMEN	Edad	RESISTENCIA (kg/cm ²)
N° 1	28	240
N° 2	28	193
N° 3	28	286
N° 4	28	252
N° 5	28	151
N° 6	28	195
N° 7	28	220
N° 8	28	225
N° 9	28	242
N° 10	28	241
N° 11	28	215
N° 12	28	241
N° 13	28	198
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		223

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 28 días: **210 Kg/cm²**

Gráfica 8: Resistencia a la Compresión Diseño N°01: 28 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

4.4.2. Diseño N° 02 (3/4"+10%arena+ aditivo 0.5%)

Con fecha 25 de marzo del 2021, se procedió a elaborar concreto permeable con las proporciones indicadas en el diseño de mezcla N° 02 (Anexo N°2.27), para este ensayo se trabajó con moldes de 4" x 8", teniendo en total 22 especímenes de estudio, en el Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales UCP. Así mismo, se determinó realizar el ensayo de resistencia a la compresión cada 7 días, distribuyendo las probetas de la siguiente manera:

Tabla 32: Tabla de Resumen de Ensayos de Compresión N°02

PROGRAMACIÓN		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
N° DE DÍAS	FECHA DE ENSAYO	N° DE PROBETAS	RESULTADO ESPERADO (Kg/cm2)
7 DÍAS	01/04/2021	3	131.25
14 DÍAS	08/04/2021	3	143.5
21 DÍAS	15/04/2021	3	159.25
28 DÍAS	22/04/2021	13	175
PROBETAS ENSAYADAS EN TOTAL		22	

Fuente: Propia (2021)

A continuación se puede apreciar los resúmenes de los resultados obtenidos cada día en este ensayo.

A. Resultados del ensayo a la compresión (7 días)

FECHA: 01/04/21

Cuadro de Resumen:

Tabla 33: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 7 días

ESPECÍMEN	Edad	RESISTENCIA (Kg/cm2)
N° 1	7	136
N° 2	7	127
N° 3	7	140
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		134

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 7 días: **131.25 Kg/cm2**

Gráfica 9: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 7 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

B. Resultados del ensayo a la compresión (14 días)

FECHA: 08/04/21

Cuadro de Resumen:

Tabla 34: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 14 días

ESPECÍMEN	EDAD	RESISTENCIA (kg/cm2)
N° 1	14	143
N° 2	14	147
N° 3	14	135
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		142

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 14 días: **143.50 Kg/cm2**

Gráfica 10: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 14 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

C. Resultados del ensayo a la compresión (21 días)

FECHA: 15/04/21

Cuadro de Resumen:

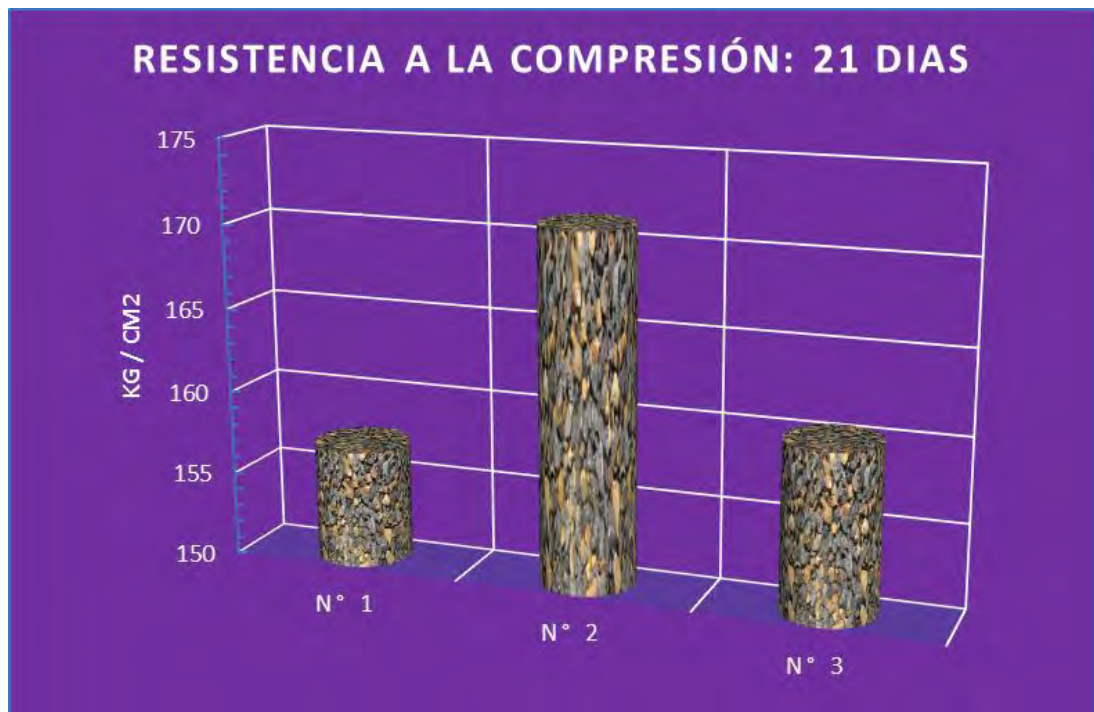
Tabla 35: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 21 días

ESPECÍMEN	EDAD	RESISTENCIA (kg/cm2)
N° 1	21	157
N° 2	21	171
N° 3	21	160
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		163

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 21 días: **159.25 Kg/cm2**

Gráfica 11: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 21 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

D. Resultados del ensayo a la compresión (28 días)

FECHA: 22/04/21

Cuadro de Resumen:

Tabla 36: Resistencia a la compresión: diseño N° 02 a los 28 días

ESPECÍMEN	EDAD	RESISTENCIA (Kg/cm2)
N° 1	28	180
N° 2	28	170
N° 3	28	181
N° 4	28	198
N° 5	28	178
N° 6	28	204
N° 7	28	199
N° 8	28	178
N° 9	28	169
N° 10	28	171
N° 11	28	163
N° 12	28	180
N° 13	28	187
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO		181

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

✚ Resistencia de diseño esperada a los 28 días: **175 Kg/cm2**

Gráfica 12: Resistencia a la Compresión Diseño N°02: 28 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

4.4.3. Resistencia a la flexión

4.4.3.1. Diseño N° 01 (3/4"+1/2"+10%arena+ aditivo 0.5%)

Con fecha 24 de marzo del 2021, se procedió a elaborar concreto permeable con las proporciones indicadas en el diseño de mezcla N° 01 (Anexo N°2.31), para este ensayo se trabajó con 2 moldes de 6" x 6" x 21" y un molde de 6" x 6" x 24", teniendo en total 3 especímenes de estudio, en el Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales UCP. Así mismo, se determinó realizar el ensayo de resistencia a los 28 días.

A continuación se puede apreciar el resumen de los resultados obtenidos en este ensayo. Anexo N°2.31

A. Resultados del ensayo a la Flexión (28 días) **FECHA:** **22/04/21**

Tabla 37: Resistencia a la Flexión Diseño N°01: 28 Días

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	24/03/2021	21/04/2021	28	15.15	15.48	46.50	27.0	2,752	35	36
2	TESTIGO VIGA	24/03/2021	21/04/2021	28	15.51	15.33	46.50	28.0	2,854	36	
3	TESTIGO VIGA	24/03/2021	21/04/2021	28	15.35	15.43	46.50	32.0	3,262	42	

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Gráfica 13: Resistencia a la Flexión Diseño N°01: 28 Días



Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

4.4.3.2. Diseño N° 02 (3/4"+10%arena+ aditivo 0.5%)

Con fecha 25 de marzo del 2021, se procedió a elaborar concreto permeable con las proporciones indicadas en el diseño de mezcla N° 02 (Anexo N°2.32), para este ensayo se trabajó con 2 moldes de 6" x 6" x 21" y un molde de 6" x 6" x 24", teniendo en total 3 especímenes de estudio, en el Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales UCP. Así mismo, se determinó realizar el ensayo de resistencia a los 28 días. A continuación se puede apreciar el resumen de los resultados obtenidos en este ensayo. Anexo N°2.32

A. Resultados del ensayo a la Flexión (28 días) **FECHA:**
22/04/21

Tabla 38: Resistencia a la Flexión Diseño N°02: 28 Días

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	25/03/2021	22/04/2021	28	15.16	15.41	46.50	13.0	1,325	17	16
2	TESTIGO VIGA	25/03/2021	22/04/2021	28	15.32	15.51	46.50	12.0	1,223	15	
3	TESTIGO VIGA	25/03/2021	22/04/2021	28	15.35	15.43	46.50	16.0	1,631	21	

Fuente: Elaboración Propia. (202)

Gráfica 14: Resistencia a la Flexión Diseño N°02: 28 Días



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

4.5. Comparación de diseños

Para el proceso de comparación se procede a resumir los resultados obtenidos durante los ensayos de Resistencia a la Compresión, en promedio a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

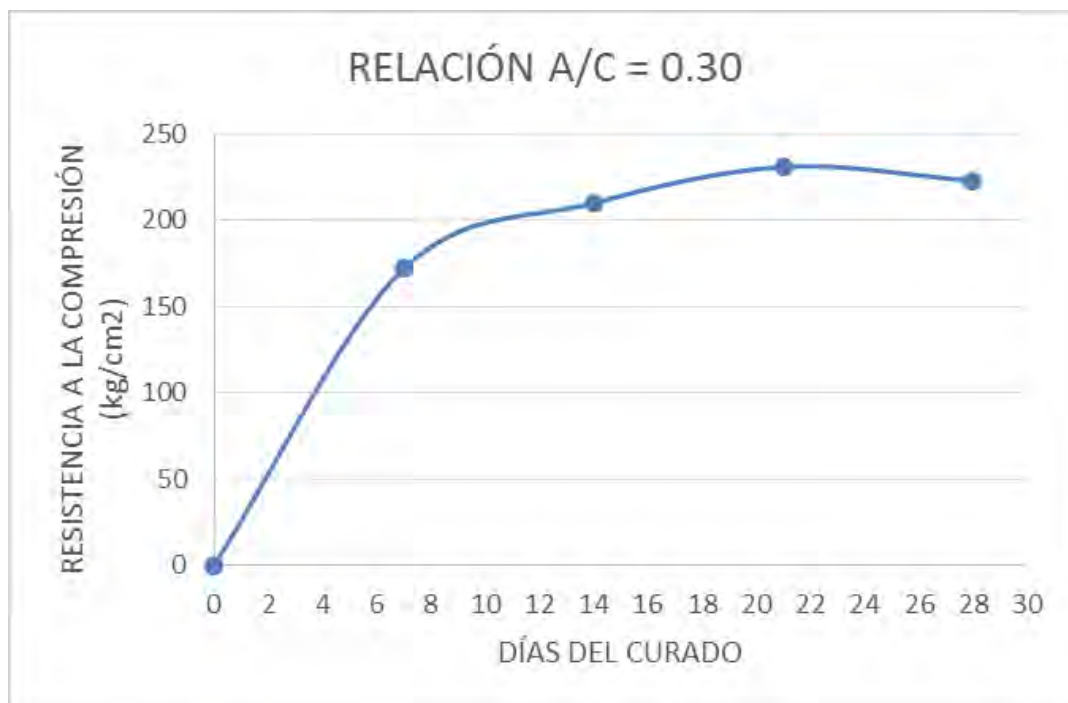
a) Diseño N° 01 (3/4"+1/2"+10%arena+ aditivo 0.5%)

Tabla 39: Promedio de Resistencia a la Compresión

	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
7 DÍAS	172
14 DÍAS	210
21 DIAS	231
28 DÍAS	223

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Gráfica 15: Promedio de Resistencia Diseño 01



Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

b) Diseño N° 02 (3/4"+10%arena+ aditivo 0.5%)

Cuadro de Resumen:

Tabla 40: Promedio de Resistencia a la Compresión

	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm2)
7 DÍAS	134
14 DÍAS	142
21 DÍAS	163
28 DÍAS	181

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Gráfica 16: Promedio de Resistencia Diseño 02



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

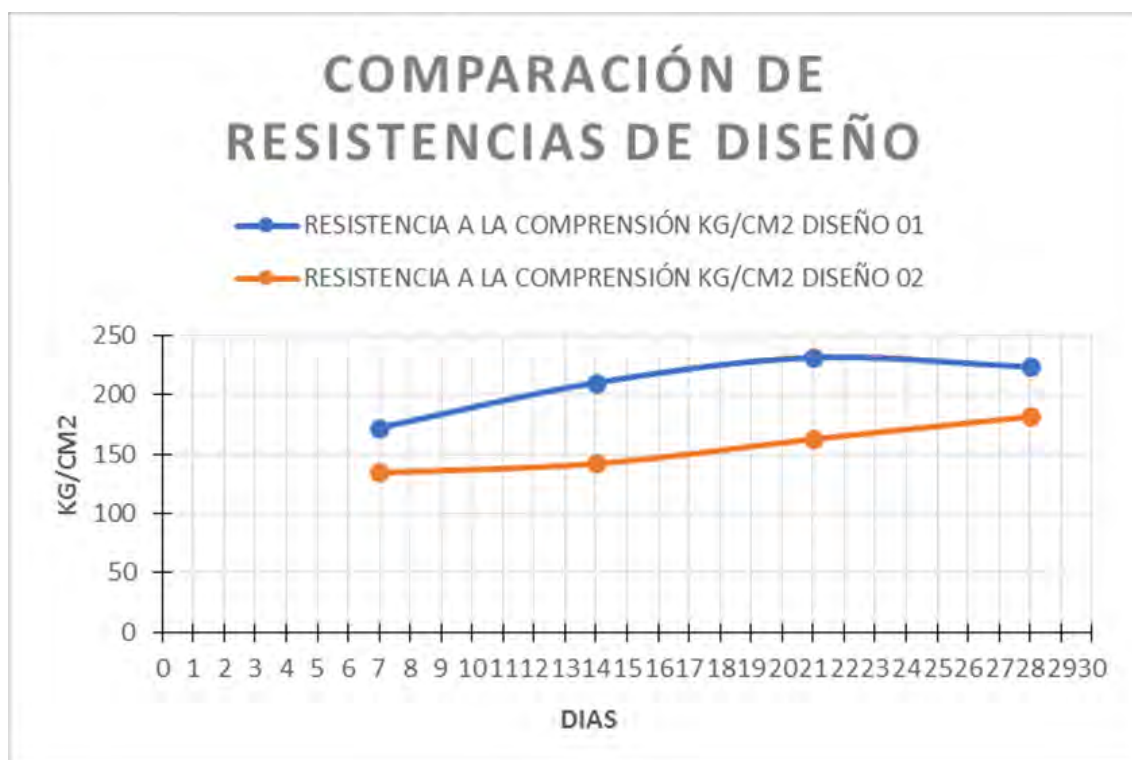
- c) Comparación de las resistencias a la compresión del concreto permeable de diseños.

Tabla 41: Comparación de Promedio de Resistencia a la Compresión

EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM2	
	DISEÑO 01	DISEÑO 02
7	172.16	134.41
14	210.04	141.89
21	231.16	162.56
28	223.32	181.41

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Gráfica 17: Comparación de Resistencia de Diseño Promedio



Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

4.6. Permeabilidad

Para evaluar la permeabilidad de las muestras extraídas, se siguieron los lineamientos presentes en la norma ACI 522R, en la cual se explica el desarrollo del ensayo y los parámetros de evaluación. Los resultados obtenidos en cada diseño se presentan a continuación.

a) Diseño N° 01 (3/4"+1/2"+10%arena+ aditivo 0.5%)

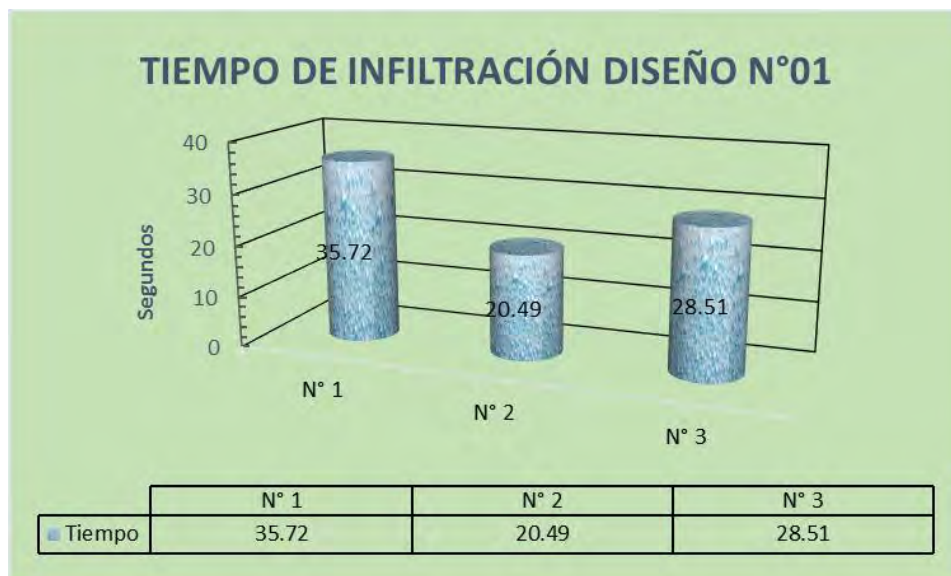
Cuadro de Resumen:

Tabla 42: Resultados Ensayo De Permeabilidad

ESPECÍMEN	Tiempo N° 01 (s)	Tiempo N° 02 (s)	Tiempo N° 03 (s)	T. Promedio (s)	Coefficiente de Permeabilidad k (cm/s)
N° 1	35.69	35.63	35.84	35.72	1.316696899
N° 2	20.35	20.69	20.44	20.49	2.295010405
N° 3	28.28	28.55	28.69	28.51	1.649874178
TIEMPO PROMEDIO (s)				28.24	1.75

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Gráfica 18: Tiempo de Infiltración de Diseño 01



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

b) DISEÑO N° 02 (3/4"+10%ARENA+ ADITIVO 0.5%)

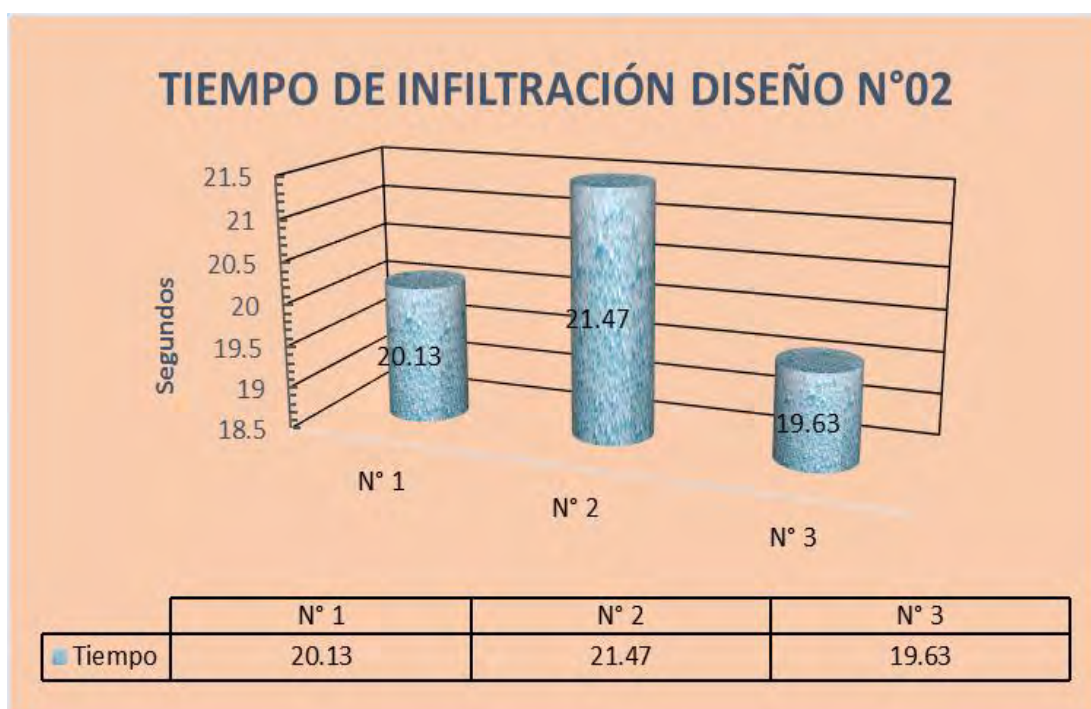
Cuadro de Resumen:

Tabla 43: Resultados Ensayo De Permeabilidad

ESPECÍMEN	Tiempo N° 01 (s)	Tiempo N° 02 (s)	Tiempo N° 03 (s)	T. Promedio (s)	Coefficiente de Permeabilidad k (cm/s)
N° 1	20.65	20.00	19.75	20.13	2.336047015
N° 2	21.47	21.37	21.57	21.47	2.19061077
N° 3	19.72	19.65	19.53	19.63	2.395538875
TIEMPO PROMEDIO (s)				20.41	2.31

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Gráfica 19: Tiempo de Infiltración de Diseño 02



Fuente: Elaboración Propia. (2021)

c) Comparación de infiltración promedio de diseño 01 y 02.

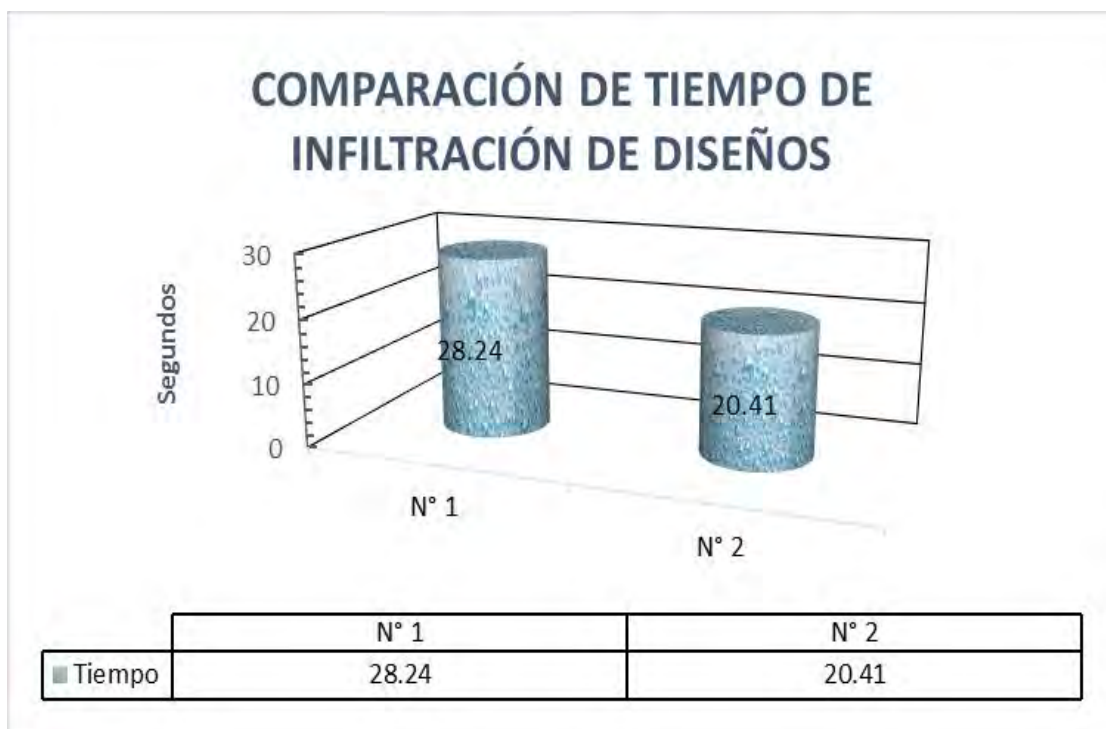
Con los resultados obtenidos anteriormente se procede a comparar los tiempos de infiltración y coeficientes de permeabilidad correspondiente a cada diseño, así mismo, se procede a determinar la cantidad de fluido que ha pasado en una determinada unidad de tiempo por la sección total de la muestra.

Tabla 44: Comparación de Infiltración Promedio

DISEÑO	TIEMPO PROMEDIO DE INFILTRACIÓN (Seg)
N° 1	28.24
N° 2	20.41

Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

Gráfica 20: Comparación de Tiempo de Infiltración Promedio de Diseños



Fuente: *Elaboración Propia. (2021)*

4.7. Efecto del Uso del Aditivo Super Plastificante Sika Plast 740-PE

Los efectos del uso del uso del Aditivo Superplastificante Sika Plast 740 – PE, en las propiedades mecánicas del concreto permeable, tales como la resistencia a la compresión y permeabilidad fueron los siguientes:

Tabla 45: Efecto del uso del aditivo Sika Plast 740 - PE

TIPO DE DISEÑO	INCREMENTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	DECREMENTO DE LA PERMEABILIDAD
DISEÑO N°01	36.70%	4%
DISEÑO N°02	29.90%	7%

4.8. Costo de una losa de Concreto Permeable

El precio unitario por m3 de concreto permeable (**Anexo N° 04**), es:

Tabla 46: Precio Unitario por m3 de Concreto Permeable - $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$

CÁLCULO DE PRECIO DE CONCRETO PERMEABLE POR M3 - $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$

863.56

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					129.97
	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	23.4900
	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	18.5700
	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	16.7900
					666.65
	CEMENTO	bol	8.9016	28.0000	249.24
	AGREGADO GRUESO 1/2"	m3	0.5258	350.0000	184.03
	AGREGADO GRUESO 3/4"	m3	0.5269	350.0000	184.42
	AGREGADO FINO	m3	0.7138	60.0000	42.83
	AGUA	m3	0.1193	5.0000	0.60
	ADITIVO SIKA PLAST 740 - PE	lt	0.0445	8.4370	0.38
	GASOLINA 84 OCTANOS	gln	0.3000	14.0000	4.20
	ACEITE PARA MOTOR SAE - 30	gln	0.0102	52.0000	0.53
	GRASA	lb	0.0200	21.1700	0.42

					66.95
HERRAMIENTAS	%mo		3.0000	231.5200	6.95
VIBRADOR DE 3/4"-2" CONCRETO	hm	1.0000	0.8000	25.0000	20.00
MEZCLADORA DE 9-11 P3	hm	2.0000	1.6000	25.0000	40.00

Tabla 47: Precio Unitario por m3 de Concreto Permeable - $f_c'=175\text{kg/cm}^2$

CÁLCULO DE PRECIO DE CONCRETO PERMEABLE POR M3 - $f_c'=175\text{ kg/cm}^2$

769.09

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					129.97
OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	23.4900	15.66
OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	18.5700	24.76
PEÓN	hh	8.0000	5.3333	16.7900	89.55
					572.17
CEMENTO	bol		7.7299	28.0000	216.44
AGREGADO GRUESO 3/4"	m3		0.9860	350.0000	345.10
AGREGADO FINO	m3		0.0747	60.0000	4.48
AGUA	m3		0.1345	5.0000	0.67
ADITIVO SIKAPLAST 740 - PE	lt		0.0386	8.4370	0.33
GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.3000	14.0000	4.20
ACEITE PARA MOTOR SAE - 30	gln		0.0102	52.0000	0.53
GRASA	lb		0.0200	21.1700	0.42
					66.95
HERRAMIENTAS	%mo		3.0000	231.5200	6.95
VIBRADOR DE 3/4"-2" CONCRETO	hm	1.0000	0.8000	25.0000	20.00
MEZCLADORA DE 9-11 P3	hm	2.0000	1.6000	25.0000	40.00

Tabla 48: Precio Unitario por m3 de Concreto Cemento - Arena - $f_c'=210\text{ kg/cm}^2$

CÁLCULO DE PRECIO DE CONCRETO CEMENTO - ARENA POR M3 - $f_c'=210\text{ kg/cm}^2$

735.97

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					228.48
OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	23.4900	37.58
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	18.5700	29.71
PEÓN	hh	8.0000	9.6000	16.7900	161.18

					435.91
CEMENTO	bol		12.7800	28.0000	357.84
AGREGADO FINO	m3		1.2000	60.0000	72.00
AGUA	m3		0.1840	5.0000	0.92
GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.3000	14.0000	4.20
ACEITE PARA MOTOR SAE - 30	gln		0.0102	52.0000	0.53
GRASA	lb		0.0200	21.1700	0.42
					71.58
HERRAMIENTAS	%mo		5.0000	231.5200	11.58
VIBRADOR DE 3/4"-2" CONCRETO	hm	1.0000	0.8000	25.0000	20.00
MEZCLADORA DE 9-11 P3	hm	2.0000	1.6000	25.0000	40.00

Tabla 49: Precio Unitario por m3 de Concreto Cemento - Arena - $f_c'=175$ kg/cm2

CÁLCULO DE PRECIO DE CONCRETO CEMENTO - ARENA POR M3 - $f_c'=175$ kg/cm2

658.25

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO		COSTO
			CANTIDAD	UNITARIO	
					228.48
OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	23.4900	37.58
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	18.5700	29.71
PEÓN	hh	12.0000	9.6000	16.7900	161.18
					358.19
CEMENTO	bol		10.0000	28.0000	280.00
AGREGADO FINO	m3		1.2000	60.0000	72.00
AGUA	m3		0.2082	5.0000	1.04
GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.3000	14.0000	4.20
ACEITE PARA MOTOR SAE - 30	gln		0.0102	52.0000	0.53
GRASA	lb		0.0200	21.1700	0.42
					71.58
HERRAMIENTAS	%mo		5.0000	231.5200	11.58
VIBRADOR DE 3/4"-2" CONCRETO	hm	1.0000	0.8000	25.0000	20.00
MEZCLADORA DE 9-11 P3	hm	2.0000	1.6000	25.0000	40.00

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión de resultados

Para iniciar las comparaciones en esta etapa, se debe definir de manera precisa los resultados obtenidos durante la presente investigación. Durante este estudio, se realizaron dos diseños. El primero se realizó con agregado grueso que se encuentra dentro del Huso N°56, este agregado es resultado de combinar en proporciones iguales el agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " adquirido con anticipación; se utilizó también un porcentaje de arena blanca, 10%, aditivo súper plastificante Sika Plast 740 – PE y se consideró un porcentaje de vacíos igual a 15%. En el caso del segundo diseño se realizó con agregado grueso que se encuentra dentro del Huso N°5, agregado grueso de $\frac{3}{4}$ "; se utilizó también un porcentaje de arena blanca, 10%, aditivo súper plastificante Sika Plast 740 – PE y se consideró un porcentaje de vacíos igual a 20%. Como resultado de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión se obtuvo en cada caso 231 kg/cm² – 36 kg/cm² y 181 kg/cm² – 16 kg/cm² respectivamente, así como resultados para la permeabilidad igual a 1.75 cm/s o 514.61 lts/min/m² y 2.31 cm/s o 677.02 lts/min/m².

Al comparar los resultados obtenidos durante la presente investigación con diversos estudios, se muestra que existen acercamientos en cuanto a los valores de resistencia a la compresión, tal y como es el caso de los resultados presentados por Daniel Ramos (3) en su tesis de maestría, en la cual señala que trabajando con agregado andesíticos, con diámetro máximo nominal $\frac{3}{4}$ " y huso N°67 ;10 % de arena y considerando 15% de vacíos, se puede llegar a tener hasta 215kg/cm² como resistencia a la compresión y 46kg/cm² como resistencia a la flexión. De todos los ensayos realizados, en promedio los diseños que tenían 15% de vacíos, alcanzaron 196kg/cm² como resultado de la resistencia a la compresión y 41kg/cm² como resultado de la resistencia a la flexión; en el caso de los diseños que tenían 20% de vacíos, la resistencia a la compresión promedio obtenida fue 165kg/cm² y 37kg/cm², como resultado de la resistencia a la

flexión. Aunque en este punto se puede mostrar una diferencia respecto a la resistencia a la flexión que corresponde al diseño con 20% de vacíos, todos estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el ACI 522 R. En cuanto a la permeabilidad obtenida en este diseño, Pérez tiene una permeabilidad promedio de 0.482 cm/s, valor que se encuentra dentro de los parámetros establecidos para la infiltración (19), lo que demuestra que se está frente un concreto permeable al igual que los resultados de esta tesis.

De manera similar, los resultados obtenidos por Francisco Játiva, en el último de los diseños presentados en su trabajo de tesis (2), donde se utilizó cemento Holcim tipo GU, agregado grueso entre 3/8" y N°08, y un 8% de agregado fino, muestra que los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad son 196.33 kg/cm², 20.63 kg/cm² y 0.145 cm/s; en este caso se puede apreciar la similitud con los resultados obtenidos en el diseño N°02 de esta tesis, la cual anteriormente difería en cuanto a la resistencia a la flexión, en cuanto a los resultados de permeabilidad, aun se muestra una diferencia considerable, sin embargo, podemos afirmar que todos estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el ACI 522 R.

Proyectado a su uso en pavimentos, Luis Castañeda y Felipe Moujir (5), realizaron dos diseños de mezcla, uno de los cuales incluía un porcentaje de finos. La NTC, indicaba como parámetro para este diseño que los resultados para los diseños de compresión deberían de ser mayores a 21Mpa, ambos diseños se realizaron agregado grueso de 1/2", con un porcentaje de vacíos igual a 20% y utilizan los aditivos AD – 20 y Viscocrete; los resultados para el primer diseño, con finos, para los ensayos de compresión, flexión y permeabilidad fueron $F'_c=22.81\text{MPa}$, $MR=3.64\text{MPa}$ y $K=1.45 \times 10^{-2} \text{ m/s}$, respectivamente; en el caso del diseño N°02 se presentaron los siguientes resultados diseño para los ensayos de compresión, flexión y permeabilidad fueron $F'_c=21.05 \text{ MPa}$, $MR=3.53 \text{ MPa}$ y $K=2.57 \times 10^{-2} \text{ m/s}$, respectivamente. Al comparar estos resultados con los obtenidos en esta tesis podemos encontrar similitudes en la resistencia a

la compresión, sin embargo, sigue habiendo una diferencia considerable con respecto a los valores de permeabilidad.

De manera similar Curi y Guizado (7), quienes utilizaron agregado grueso ubicado dentro de los husos N°67 y N°8, y aditivo Rheobuild 1000, tienen como resultados, aceptables para la norma CE 010 para Pavimentos Urbanos, de sus múltiples diseños, $f'c=221.5 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=213 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=177 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=186 \text{ kg/cm}^2$ para la resistencia a la compresión, teniendo solo en dos caso un MR aceptable, 36 kg/cm^2 y 39 kg/cm^2 . Esto nos muestra, la resistencia a la compresión, en ese estudio, es similar al presentado en esta tesis.

Carlos Amorós y José Bendejú (6), en su tesis “Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm^2 ”, realizaron en total 8 diseños de concreto permeable, de los cuales el mejor resultado se obtuvo en el octavo diseño, que fue elaborado con agregado de 3/4”, considerando una relación agua - cemento $a/c=0.38$ y un porcentaje de vacíos de 13%; se utilizó, a su vez, aditivos súper plastificante Z RR PLAST – 971 en un 1.5% del peso del cemento utilizado. A los 28 días los resultados de los ensayos a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad promedios fueron 280.56 Kg/cm^2 , 43.215 kg/cm^2 y $k=1.61 \text{ cm/s}$, respectivamente (6).

De los ensayos realizados por Falcón Saavedra, con los siguientes diseños: Diseño N°01: 20% arena – 0% relave minero, Diseño N°02: 15% arena – 5% relave minero, Diseño N°03: 10% arena – 10% relave minero, Diseño N°04: 5% arena – 15% relave minero, se obtuvo resultados aceptables en los Diseños N° 01 y N°02, dado que el Diseño N°1, el cual llegó a una resistencia a la compresión $F'c=177.40 \text{ Kg/cm}^2$ y un coeficiente de permeabilidad $k=3.25 \text{ cm/Seg.}$; y el Diseño N°02, el cual llegó a una resistencia a la compresión $F'c=179.46 \text{ Kg/cm}^2$ y un coeficiente de permeabilidad $k=2.27 \text{ cm/Seg.}$

Sin embargo hay estudios que muestran menores valores en cuanto sus resultados, tales como los presentados por Martínez y Zelaya (4),

quienes realizaron diseños con un 15%, 20% y 25% de vacíos en tres canteras diferentes. De los 9 diseños en total, se obtuvo como resultados que en los ensayos de compresión y flexión a los 28 días, el concreto permeable elaborado con agregado grueso de la cantera el Carmen con 15% de vacíos, tenía un $f'c=146.46 \text{ kg/cm}^2$ y un $MR=26.76 \text{ kg/cm}^2$ en promedio, siendo este el mayor valor obtenido entre todas las muestras que se ensayaron, a su vez este diseño tiene en promedio una permeabilidad de 10.96 mm/s ; por su parte Bautista Alessandro (8), realizó cinco diseños de concreto permeable, de los que solo uno alcanzo los parámetros indicados por la norma CE 010 para Pavimentos Urbanos, teniendo como resultado del ensayo de compresión a los 28 días un $f'c=177.98 \text{ kg/cm}^2$ en promedio, como resultado del ensayo a la flexión, en promedio, tiene un $f'c = 45.07 \text{ kg/cm}^2$ y $K_{prom}=0.2 \text{ cm/s}$, como coeficiente de permeabilidad. Por su parte Max Príncipe (9), en sus conclusiones, precisa que los mejores resultados, tanto en los ensayos de compresión, con $F'c=155.73 \text{ kg/cm}^2$, y permeabilidad, $K=3.094 \text{ cm/s}$ se obtuvieron con agregados pertenecientes a la cantera Rolan, considerando diseños con un 20% de vacíos y una relación agua – cemento $a/c=0.40$. Helder Araujo y Darwin Román (11), en su investigación “Diseño De Un Concreto Permeable Con Agregado Grueso Del Río Huallaga, en total se estudiaron 12 probetas en ensayos de compresión y 1 panel en la prueba de permeabilidad. El diseño para el concreto permeable se realizó utilizando agregado de $1/2''$ sin finos, también se consideró como valores de diseño una relación agua – cemento $a/c= 0.4$ y un porcentaje de vacíos igual a 15, obteniendo resultados para la resistencia a la compresión y la permeabilidad, de $F'c= 159 \text{ kg/cm}^2$ y un coeficiente de permeabilidad $k=0.499 \text{ cm/s}$ (11).

5.2. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación, de las mezclas de concreto permeable diseñadas con 15% y 20% de vacíos, elaborado con agregado de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " y comercializado en la ciudad de Iquitos, permite concluir que las propiedades mecánicas y de permeabilidad se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma ACI 522R – 10.

Las mezclas de concreto permeable demostraron una consistencia rígida, presentando un Slump menor de $\frac{1}{2}$ ". Aunque este no es un factor que defina la calidad del concreto permeable, muestra cuan trabajable es este material.

El diseño N°01 de concreto permeable, considerado con 15% de vacíos y una resistencia a la compresión esperada a los 28 días de 210Kg/cm², tiene como resistencia a la compresión promedio 223 Kg/cm², así mismo, resultó con una resistencia a la flexión de 36Kg/cm². En el caso del diseño N°02, que considera como porcentaje de vacíos 20% y una resistencia a la compresión esperada a los 28 días de 175 Kg/cm², se obtuvo como resultado a la compresión 181 Kg/cm², con una resistencia a la flexión de 16 Kg/cm².

Según lo descrito en la norma CE.010 para diseño de pavimentos, los valores de la resistencia a la compresión deben ser mayores a 175 Kg/cm² y una debe tener una resistencia a la flexión mayor que 34Kg/cm². Por los resultados presentados anteriormente, podemos concluir que el Diseño N°01 es apto para su uso en Vías urbanas de tránsito ligero u otras aplicaciones. Sin embargo, al no alcanzar los valores de flexión mínimo requeridos, el diseño N°02, debe limitar su uso a infraestructuras que no estén sometidas a grandes esfuerzos.

En cuanto a los resultados correspondientes a la permeabilidad del material, se muestra que el Diseño N°01, con 15% de vacíos, tiene un coeficiente de permeabilidad $k = 1,75$ cm/s, con una tasa de infiltración de 514.61 lts/min/m²; el Diseño N°02 por su parte tiene un coeficiente de

permeabilidad $k=2.31$ cm/s, con una tasa de infiltración igual a 677.02 lts/min/m². La norma ACI 522R, indica que el concreto permeable tiene permeabilidades que se encuentran entre 81lts/min/m² y 730lts/min/m²; lo cual nos lleva a concluir que los resultados encontrados se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Comparando los resultados de resistencia a la compresión y permeabilidad en ambos diseños, se puede observar que a mayor valor de resistencia a la compresión, menor es el valor obtenido en la permeabilidad, esta a su vez aumenta o disminuye dependiendo la porosidad que tiene la mezcla; por lo que se puede concluir que a mayor porcentaje de vacíos, mayor resistencia y menor permeabilidad.

El aditivo Superplastificante Sika Plast 740 – PE influye significativamente en las características físicas y mecánicas del concreto permeable. Debido a su característica como reductor de agua, su uso mejoro la trabajabilidad de la mezcla, logrando que, al disminuir la relación agua cemento de 0.40 a 0.30, la resistencia a la compresión, se incrementó en 36.7% y 29.9%, mientras que la permeabilidad se redujo en 4% y 7%, en el diseño N° 01 y N° 02, respectivamente.

5.3. Recomendaciones

El agregado a utilizarse para los diseños de mezcla, deben ser seleccionados de manera cuidadosa, evitando utilizar material con un elevado contenido de finos, se debe tener en consideración que los finos adicionales que puede traer el agregado afectan de manera directa a las propiedades mecánicas del concreto permeable como la resistencia a la compresión y permeabilidad.

Dado que las mezclas de concreto permeable suelen clasificarse como secas o de revenimiento cero, se debe tener en consideración el tiempo de elaboración de las muestras, ya que la el agua puede evaporarse al encontrarse expuesta a temperaturas elevadas, como las que se presentan en la ciudad de Iquitos.

La compactación de las probetas debe ser de manera uniforme en cada capa, esto evitara la presencia de resultados anómalos y proporcionara mejores resultados al momento de determinar la resistencia a la compresión.

Con respecto a la prueba de permeabilidad, se recomienda evitar posibles fugas en los bordes, de esta manera los resultados serán lo más exactos posibles.

Para determinar la influencia de aditivos en esta línea de investigación, se recomienda estudiar el Aditivo Super Plast 740 – PE, en diferentes proporciones, así como el uso de otros aditivos del tipo Super plastificante, reductores de agua, de la misma marca comercial u otras existentes en el mercado nacional e internacional.

Se recomienda, también, realizar investigaciones futuras que incluya el uso de agregado grueso con menores dimensiones, ya que aunque estos no sean comerciales en esta ciudad, existen estudios que demuestran su viabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. 522, ACI COMMITTEE. ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete - American Concrete Institute. EE.UU: American Concrete Institute, 2010.
2. JÁTIVA VALVERDE, Francisco Wladimir. Desarrollo de Hormigones Permeables enfocado al diseño de mezclas, construcción de obras y a la protección ambiental, basado en las normas ACI, ASTM e INEN. Quito, 2014.
3. PÉREZ RAMOS, Daniel. Estudio Experimental de Concreto Permeable con Agregados Andesíticos. México, D. F, 2009. Disponible en: http://132.248.9.41:8880/jspui/handle/DGB_UNAM/TES01000647494.
4. BARAHONA AGUILUZ, Rene Alexis, MARTINEZ GUERRERO, Marlon Vladimir y ZELAYA ZELAYA, Steve Eduardo. Comportamiento del Concreto Permeable Utilizando, Agregado Grueso de las Canteras, El Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la Zona Oriental de el Salvador. El Salvador, 2013. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259>.
5. CASTAÑEDA, Felipe Luis y MOUJIR, Felipe Yalil. Diseño y Aplicación de Concreto Poroso para Pavimentos. Colombia - Cali, 2014. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11522/3231>.

6. AMORÓS MOROTE, Carlos Enrique y BENDEZÚ ULLOA, José Carlos. Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm². Lima, 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/626313>.
7. GUIZADO BARRIOS, Agneth Xiomy y CURI GRADOS, Elvis Ricardo Piero. Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimento especiales de la costa noroeste del Perú. Lima, 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9831>.
8. BAUTISTA PEREDA, Alessandro Jesús. "Diseño de Pavimento Rígido Permeable para la Evacuación de Agua Pluviales Según la Norma ACI 522R-10. Lima, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4928>.
9. PRINCIPE RAMOS, Max André. Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras - Huaraz. Huaraz- Perú, 2018". <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7952>
10. SAAVEDRA JARA, Falcón Ever. "Resistencia de un concreto permeable $f'c = 175$ kg/cm² sustituyendo 5%, 10% y 15% de relave por agregado fino". Perú- Huaraz, 2019. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12418>.
11. ARAUJO MEGO, Helder y ROMAN CORDOVA, Darwin Mijael. "Diseño de un Concreto Permeable con Agregado Grueso del Río Huallaga en la Ciudad de Tarapoto, Provincia y Departamento de San Martín, 2019. Tarapoto, 2019. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/865>.
12. AGENCY, ENVIRONMENTAL PROTECTION. Storm Water Technology Fact Sheet Porous Pavement. Washington DC. Estados Unidos, 1999.

13. de SOLMINIHAC, H., y otros. Desarrollo de mezclas de hormigón poroso para pavimentos. Chile, 2007.
14. TENNIS, Paul D., LEMING, Michael L. y AKERS, David J. Pervious Concrete Pavements. EE.UU: Portland Cement Association, 2004.
15. FERNÁNDEZ ARRIETA, Roberto y NAVAS CARRO, Alejandro. Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Costa Rica, 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/iv.v13i24.1982>.
16. 211.3R-97, ACI. Guide for selecting proportions for no-slump concrete. EE.UU: American Concrete Institute, 1998.
17. RONDAN RODRIGUEZ, Darlin. Mejoramiento de la mezcla del concreto permeable adicionando polipropileno en el Jirón La Libertad provincia de Recuay, Ancash -2017. Lima, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22993>.
18. RIVVA LÓPEZ, Enrique. Supervisión del concreto en obra (3era ed.). Lima: ICG, 2010.
19. MEININGER, Richard C. No-Fines Pervious Concrete for Paving. Vol. 10, No. 8. EE.UU: NRMCA, 1998.
20. SCHAEFER, V, y otros. Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates. Iowa State : National Concrete Pavement Technology Center, 2006.
21. NEITHALATH, Narayanan. Development and Characterization of Acoustically Efficient Cementitious Materials. EE.UU Indiana, 2004.
22. ICG. CE.010 Pavimentos Urbanos. Lima: ICG-Instituto de la Construcción y Gerencia, 2010.
23. PCA. Diseño de Pavimentos de Concreto para Calles y Carreteras. EE.UU, 1984.

24. NTP. NTP 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. Lima: Norma Técnica Peruana, 2015.

25. BARDALES, PACO. DIARIO PROFETICA PERÚ. DIARIO PROFETICA PERÚ. [En línea] 07 de 07 de 2014. Disponible en: <https://medium.com/@ProeticaPeru/el-proyecto-de-mejoramiento-y-ampliacion-del-sistema-de-alcantarillado-y-planta-de-tratamiento-se-719490fe0c66>.

26. CARBAJAL, DANIEL. EL COMERCIO. EL COMERCIO. [En línea] 18 de 03 de 2017. Disponible en: <https://elcomercio.pe/peru/loreto/loreto-lluvias-e-inundaciones-dejan-ciudades-afectadas-145703>.

27. ARRÚÉ, T. DIARIO CORREO. DIARIO [/lluvias-causan-inundaciones-en-iquitos-182470/](https://diariocorreo.pe/ciudad-lluvias-causan-inundaciones-en-iquitos-182470). CORREO. [En línea] 22 de 10 de 2014. Disponible en: [https://diariocorreo.pe/ciudad](https://diariocorreo.pe/ciudad-lluvias-causan-inundaciones-en-iquitos-182470)

28. NOTICIAS, RPP. *RPP Noticias*. [En línea] RPP, 16 de 03 de 2021. Disponible en: <https://rpp.pe/peru/loreto/iquitos-lluvia-torrencial-inunda-calles-y-viviendas-noticia-1326438>

ANEXOS

ANEXO N° 01: Matriz de Consistencia

ANEXO N° 02: Registro de Ensayos en Laboratorio

ANEXO N° 03: Ficha técnica del Aditivo SikaPlast-740 PE

ANEXO N° 04: Sección Transversal de Propuesta de Pavimento

Permeable

ANEXO N° 05: Panel Fotográfico

ANEXO N° 06: Certificados de Calibración

ANEXO N° 01: Matriz De Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables	Metodología de la investigación	Diseño de la investigación
¿Cuál es el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021?	Determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021.	La permeabilidad y la resistencia, estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos alcanzan niveles de 81 L/min/m ² – 730 L/min/m ² y 175 kg/cm ² - 210kg/cm ² , respectivamente que corresponden a concretos idóneos para emplearse en la construcción de veredas y pistas de bajo tránsito	<u>Variable independiente:</u> Diseño de concreto permeable	Descriptivo -Pre Experimental: porque los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio, producto de la prueba y error, se describen de manera amplia Las modalidades de investigación que serán utilizadas son: *Documental Bibliográfico *Laboratorio	Descriptivo. – M O Donde: M: Muestra con quien o en quien se va a realizar el estudio O: Observación a la variable. Información relevante o de interés de la muestra Pre Experimental. – G X O Donde: G: Grupo X: Experimento o tratamiento (V.I.) O: Observación de resultados (V.D.)
Problemas específicos	Objetivos específicos		<u>Variable dependiente:</u> Permeabilidad y resistencia estructural.		
¿Cuál es el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en veredas, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021?	Determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en veredas, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos -2021		Variables: <u>Indicadores independiente:</u> *Diseño de concreto permeable aplicado a veredas. *Diseño de concreto permeable en vías de bajo tránsito <u>Indicadores dependiente:</u> -Resistencia la flexión. -Resistencia la comprensión. -Permeabilidad		
¿Cuál es el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en vías de bajo tránsito, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos-2021?	Determinar el grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable, diseñado para su aplicación en vías de bajo tránsito, elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos - 2021		<u>Índices variable independiente:</u> *Porcentaje de agregado grueso y diámetro de la piedra (1", ¾", ½", 3/8"), relación A/C, % de aditivo SikaPlast-740 PE. <u>Índices variable dependiente:</u> -Permeabilidad: L/min/m ² -Resistencia a la flexión: kg/cm ² -Resistencia a la comprensión: kg/cm ²		

ANEXO N° 02: Registro de Ensayos en Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

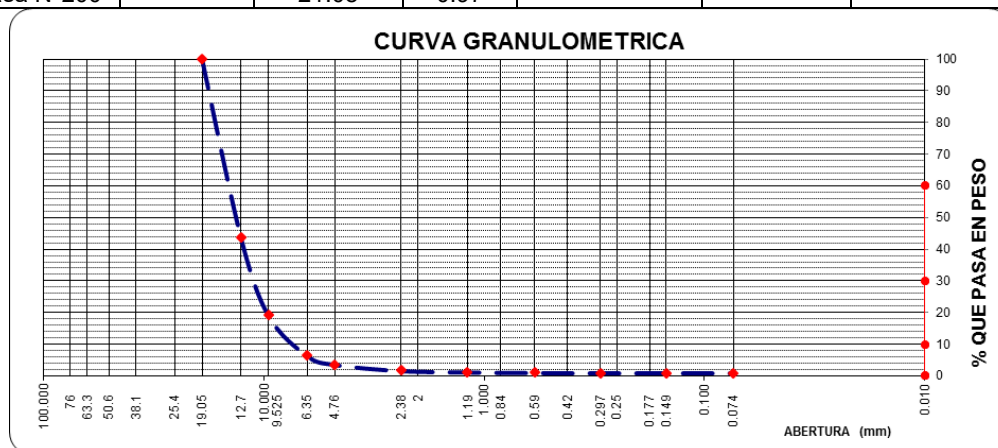
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.2: ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO GRUESO 1/2" ASTM C-136

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050				100.00	
1/2"	12.700	1221.94	56.16	56.16	43.84	MÓDULO DE FINEZA : 5.91 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 2.06
3/8"	9.525	538.03	24.73	80.88	19.12	
1/4"	6.350	276.95	12.73	93.61	6.39	
N°04	4.760	60.80	2.79	96.40	3.60	
N°08	2.380	42.08	1.93	98.34	1.66	
N°16	1.190	4.35	0.20	98.76	1.24	
N°30	0.590	1.76	0.08	98.96	1.04	
N°50	0.297	0.00	0.00	99.03	0.97	
N°100	0.149	0.00	0.00	99.03	0.97	
N°200	0.074	0.00	0.00	99.03	0.97	
Pasa N°200		21.08	0.97			



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado del agregado fino se realizó según ASTM C - 136, N. T. P. 400.011 y N.T.P. 400.012, los tamices cumplen con los requisitos de la Norma ASTM E 11.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada color gris, trasladada al Laboratorio por el solicitante.

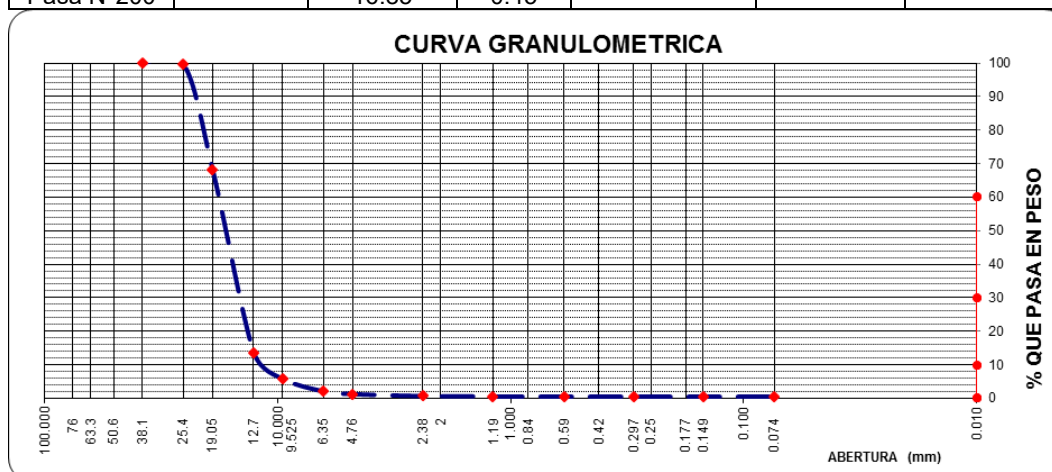
RESULTADOS : El módulo de fineza del agregado es 5.91.



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.3: ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO GRUESO ¾"+1/2" ASTM C-136

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100				100.00	
1"	25.400	16.46	0.44	0.44	99.56	
3/4"	19.050	1165.15	31.43	31.88	68.12	
1/2"	12.700	2020.16	54.50	86.37	13.63	
3/8"	9.525	290.91	7.85	94.22	5.78	
1/4"	6.350	138.48	3.74	97.95	2.05	
N°04	4.760	30.40	0.82	98.77	1.23	
N°08	2.380	21.04	0.57	99.34	0.66	MÓDULO DE FINEZA : 5.96 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 1.49
N°16	1.190	2.18	0.06	99.47	0.53	
N°30	0.590	0.88	0.02	99.52	0.48	
N°50	0.297	0.00	0.00	99.55	0.45	
N°100	0.149	0.00	0.00	99.55	0.45	
N°200	0.074	0.00	0.00	99.55	0.45	
Pasa N°200		16.85	0.45			

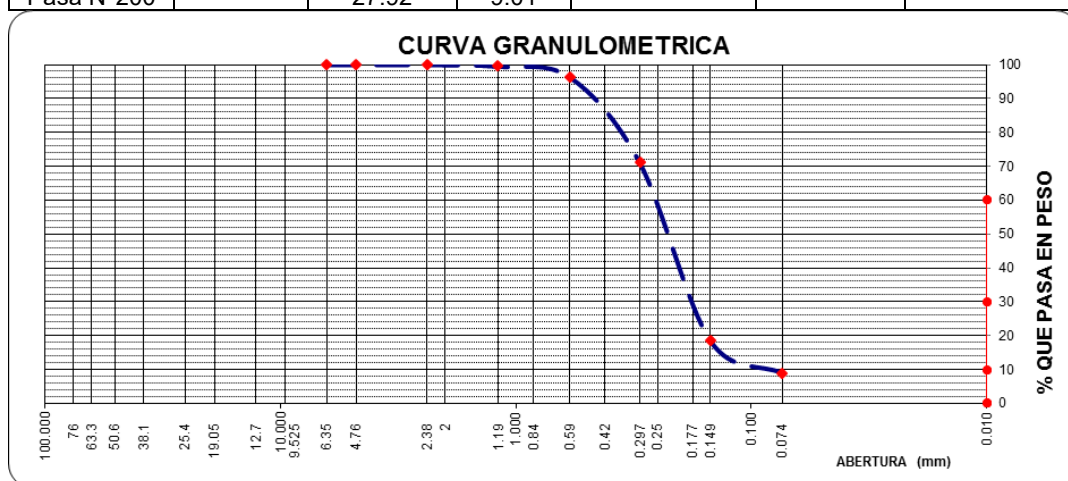


- ESPECIFICACIONES** : El Análisis Granulométrico por tamizado del agregado fino se realizó según ASTM C - 136, N. T. P. 400.011 y N.T.P. 400.012, los tamices cumplen con los requisitos de la Norma ASTM E 11.
- OBSERVACIONES** : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada color gris, trasladada al Laboratorio por el solicitante.
- RESULTADOS** : El módulo de fineza del agregado es 5.96.

TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.4: ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO ASTM C-136

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760					
N°08	2.380				100.00	MÓDULO DE FINEZA : 1.15 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 68.32
N°16	1.190	1.45	0.47	0.47	99.53	
N°30	0.590	9.73	3.14	3.61	96.39	
N°50	0.297	78.56	25.34	28.95	71.05	
N°100	0.149	162.91	52.55	81.50	18.50	
N°200	0.074	29.42	9.49	90.99	9.01	
Pasa N°200		27.92	9.01			



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado del agregado fino se realizó según ASTM C - 136, N. T. P. 400.011 y N.T.P. 400.012, los tamices cumplen con los requisitos de la Norma ASTM E 11.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al Laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El módulo de fineza del agregado es 1.15.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: “GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021”
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.5: DISEÑO 01: PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO $\frac{3}{4}$ “ ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	35720	36155	35810
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20075	20510	20165
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.430	1.461	1.436
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,430		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	45.28		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado grueso es 1430 Kg/m³.
Los vacíos en el agregado es igual a 45.28 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: “GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021”
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.6: DISEÑO N°01: PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO 1/2 “ ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	36020	35600	35845
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20375	19955	20200
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.451	1.421	1.439
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,451		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	44.47		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado grueso es 1451 Kg/m3.
Los vacíos en el agregado es igual a 44.47 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.7:DISEÑO N°01: PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO $\frac{3}{4}$ " + $\frac{1}{2}$ "
ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	35870	35828	35912
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20225	20183	20267
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.440	1.437	1.443
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m ³)	1,440		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	44.89		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado grueso es 1440 Kg/m³.
Los vacíos en el agregado es igual a 44.89 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.8: DISEÑO N°01: PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO $\frac{3}{4}$
" ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37340	37355	37445
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	21695	21710	21800
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.545	1.546	1.553
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,548		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.76		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado grueso es 1548 Kg/m³.

Los vacíos en el agregado es igual a 40.76 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.9: DISEÑO N°01: PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO 1/2" ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37840	37595	37525
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	22195	21950	21880
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.581	1.563	1.558
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,567		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.03		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado grueso es 1567 Kg/m3.

Los vacíos en el agregado es igual a 40.03 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.10: DISEÑO N° 01: PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
3/4" + 1/2" ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37590	37475	37485
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	21945	21830	21840
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.563	1.555	1.555
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,558		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.38		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado grueso es 1558 Kg/m³.

Los vacíos en el agregado es igual a 40.38 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.11: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (Arena) ASTM C-128

N° DE ENSAYOS				1	2	3	PROMEDIO
				587.93	588.97	638.45	
				377.77	368.12	371.95	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)			210.71	221.38	267.01	
B	Peso Frasco + H2O			707.13	675.53	722.32	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)			917.84	896.91	989.33	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco			837.31	812.21	886.83	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)			80.53	84.70	102.50	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)			210.16	220.85	266.50	
G	Vol. Masa = (E-A+F)			79.98	84.17	101.99	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (F/E)				2.610	2.607	2.600	2.606
Peso Específico de Masa (S.S.S) = (A/E)				2.617	2.614	2.605	2.612
Peso Específico Aparente = (F/G)				2.628	2.624	2.613	2.622
% de Absorción = ((A-F)/F)*100				0.26	0.24	0.19	0.23

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado fino se desarrollaron según las Normas ASTM C 128 y N.T.P. 400.022.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado fino es 2.605716 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado fino es 0.23%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.12: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO 3/4 " ASTM C-127

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1263.93	1239.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	797.75	784.23	
C	Peso de malla (en aire)	51.95	57.23	
D	Peso de malla (en agua)	43.47	48.23	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1253.52	1229.76	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1211.98	1181.94	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	754.28	736.00	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	457.70	445.94	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1201.57	1172.53	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	447.29	436.53	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.625	2.629	2.627
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.648	2.650	2.649
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.686	2.686	2.686
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.87	0.80	0.83

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrollaron según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado grueso es 2.62729 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado grueso es 0.83%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.13: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ½ " ASTM C-127

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1490.35	1570.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	941.28	991.45	
C	Peso de malla (en aire)	78.34	84.77	
D	Peso de malla (en agua)	65.34	71.07	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1476.83	1555.56	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1412.01	1485.40	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	875.94	920.38	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	536.07	565.02	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1398.49	1470.79	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	522.55	550.41	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.609	2.603	2.606
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.634	2.629	2.631
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.676	2.672	2.674
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.97	0.99	0.98

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrollaron según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado grueso es 2.605929 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado grueso es 0.98%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.14: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO $\frac{3}{4}$ " + $\frac{1}{2}$ " ASTM C-127

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37590	37475	37485
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	21945	21830	21840
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.563	1.555	1.555
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,558		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	40.38		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado grueso es 1558 Kg/m3.

Los vacíos en el agregado es igual a 40.38 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.15: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO 3/4" + 1/2" ASTM C-128

N° DE ENSAYOS				1	2	3	PROMEDIO
				587.93	588.97	638.45	
				377.77	368.12	371.95	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)			210.71	221.38	267.01	
B	Peso Frasco + H2O			707.13	675.53	722.32	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)			917.84	896.91	989.33	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco			837.31	812.21	886.83	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)			80.53	84.70	102.50	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)			210.16	220.85	266.50	
G	Vol. Masa = (E-A+F)			79.98	84.17	101.99	
Peso Especifico de Masa (Base Seca)= (F/E)				2.610	2.607	2.600	2.606
Peso Especifico de Masa (S.S.S) = (A/E)				2.617	2.614	2.605	2.612
Peso Especifico Aparente = (F/G)				2.628	2.624	2.613	2.622
% de Absorción = ((A-F)/F)*100				0.26	0.24	0.19	0.23

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado fino se desarrollaron según las Normas ASTM C 128 y N.T.P. 400.022.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado fino es 2.605716 gr/cc.
 Porcentaje de Absorción del agregado fino es 0.23%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.16: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO 3/4" ASTM C-128

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1263.93	1239.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	797.75	784.23	
C	Peso de malla (en aire)	51.95	57.23	
D	Peso de malla (en agua)	43.47	48.23	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1253.52	1229.76	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1211.98	1181.94	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	754.28	736.00	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (E-F)	457.70	445.94	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1201.57	1172.53	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	447.29	436.53	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.625	2.629	2.627
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.648	2.650	2.649
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.686	2.686	2.686
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.87	0.80	0.83

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrollaron según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado grueso es 2.62729 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado grueso es 0.83%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.17: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO 1/2" ASTM C-127

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1490.35	1570.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	941.28	991.45	
C	Peso de malla (en aire)	78.34	84.77	
D	Peso de malla (en agua)	65.34	71.07	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1476.83	1555.56	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1412.01	1485.40	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	875.94	920.38	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (E-F)	536.07	565.02	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1398.49	1470.79	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	522.55	550.41	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.609	2.603	2.606
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.634	2.629	2.631
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.676	2.672	2.674
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.97	0.99	0.98

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrollaron según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado grueso es 2.605929 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado grueso es 0.98%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

2.18: DISEÑO N°01: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO
1/2" + 3/4" ASTM C-127

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+mallá (en aire)	1392.14	1419.67	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+mallá (en agua)	875.32	897.64	
C	Peso de mallá (en aire)	51.95	57.23	
D	Peso de mallá (en agua)	43.47	48.23	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + mallá (aire)	1375.58	1402.66	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1340.19	1362.44	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	831.85	849.41	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	508.34	513.03	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1323.63	1345.43	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	491.78	496.02	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.604	2.623	2.613
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.636	2.656	2.646
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.692	2.712	2.702
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		1.25	1.26	1.26

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrollaron según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado grueso es 2.613173 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado grueso es 1.26%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.19: DISEÑO N°02: PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO DEL AGREGADO GRUESO 3/4" ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	35720	36155	35810
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	20075	20510	20165
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.430	1.461	1.436
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,430		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	45.58		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado grueso es 1430 Kg/m3.
Los vacíos en el agregado es igual a 45.58 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.20: DISEÑO N°02: PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO 3/4" ASTM C-29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	37340	37355	37445
PESO DE MOLDE (gr.)	15645	15645	15645
PESO DE MUESTRA	21695	21710	21800
VOLUMEN DE MOLDE	14041	14041	14041
PESO UNITARIO	1.545	1.546	1.553
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,548		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	41.09		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado grueso es 1548 Kg/m3.

Los vacíos en el agregado es igual a 41.09 % del volumen.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.21: DISEÑO N°02: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (Arena) ASTM C-128

N° DE ENSAYOS		1	2	3	PROMEDIO
		587.93	589.17	636.45	
		377.77	368.12	371.95	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	210.71	221.38	267.01	
B	Peso Frasco + H ₂ O	707.13	675.53	722.32	
C	Peso Frasco + H ₂ O + A = (A+B)	917.84	896.91	989.33	
D	Peso de Mat. + H ₂ O en el Frasco	837.31	812.21	886.83	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)	80.53	84.70	102.50	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	210.16	221.05	264.50	2.600
G	Vol. Masa = (E-A+F)	79.98	84.37	99.99	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (F/E)		2.610	2.610	2.580	
Peso Específico de Masa (S.S.S) = (A/E)		2.617	2.614	2.605	
Peso Específico Aparente = (F/G)		2.628	2.620	2.645	
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		0.26	0.15	0.95	0.45

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado fino se desarrollaron según las Normas ASTM C 128 y N.T.P. 400.022.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado fino es 2.599999 gr/cc.

Porcentaje de Absorción del agregado fino es 0.45%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	: "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	: PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	: SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.22: DISEÑO N°02: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO $\frac{3}{4}$ " ASTM C-128

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	1263.93	1239.17	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	797.95	784.23	
C	Peso de malla (en aire)	51.95	57.23	
D	Peso de malla (en agua)	43.47	48.23	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	1253.52	1229.66	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	1211.98	1181.94	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	754.48	736.00	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (E-F)	457.50	445.94	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1201.57	1172.43	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	447.09	436.43	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.626	2.629	2.628
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.649	2.650	2.650
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.688	2.686	2.687
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.87	0.81	0.84

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrollaron según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Peso Específico del agregado grueso es 2.627752 gr/cc.
Porcentaje de Absorción del agregado grueso es 0.84%.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2. 23: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO
N°01 PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F'c DE DISEÑO: 210 kg/cm²

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Área (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	24/03/2021	31/03/2021	7	10.21	119.6	12,194	81.793	149	172
2	TESTIGO	24/03/2021	31/03/2021	7	10.18	121.3	12,372	81.313	152	
3	TESTIGO	24/03/2021	31/03/2021	7	9.94	163.8	16,702	77.6	215	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **24/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 7 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =172**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : "GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"

UBICACIÓN : DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ

SOLICITANTE : PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN

FECHA : SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.24: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO
N°01 PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F'c DE DISEÑO: 210 kg/cm²

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	24/03/2021	07/04/2021	14	10.14	155.6	15,868	80.675	197	210
2	TESTIGO	24/03/2021	07/04/2021	14	10.19	148.0	15,089	81.473	185	
3	TESTIGO	24/03/2021	07/04/2021	14	10.20	198.5	20,243	81.633	248	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **24/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 14 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =210**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.25: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO
N°01 PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F'c DE DISEÑO: **210 kg/cm²**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	24/03/2021	14/04/2021	21	10.19	191.6	19,536	81.553	240	231
2	TESTIGO	24/03/2021	14/04/2021	21	10.09	200.3	20,428	79.881	256	
3	TESTIGO	24/03/2021	14/04/2021	21	10.14	156.8	15,988	80.675	198	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **24/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 21 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =231**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.26: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO N°01
PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F´C DE DISEÑO: **210 kg/cm²**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.00	184.8	18,846	78.54	240	223
2	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.16	153.1	15,608	80.993	193	
3	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.07	223.5	22,790	79.564	286	
4	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.21	202.5	20,651	81.793	252	
5	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	9.90	114.1	11,637	76.977	151	
6	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.19	155.6	15,870	81.553	195	
7	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.13	173.7	17,712	80.516	220	
8	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.13	178.6	18,207	81	225	
9	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.15	192.1	19,592	81	242	
10	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.22	194.1	19,796	82	241	
11	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.14	171.1	17,450	81	215	
12	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.13	191.1	19,490	81	241	

13	TESTIGO	24/03/2021	21/04/2021	28	10.13	157.1	16,023	81	198	
----	---------	------------	------------	----	-------	-------	--------	----	-----	--

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **24/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas por 28 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =223**.



Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.27: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO
N°02 PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F'c DE DISEÑO: **175 kg/cm²**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	25/03/2021	01/04/2021	7	10.14	107.6	10,970	80.754	136	134
2	TESTIGO	25/03/2021	01/04/2021	7	10.16	101.3	10,333	81.073	127	
3	TESTIGO	25/03/2021	01/04/2021	7	9.93	106.2	10,828	77.444	140	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **25/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 7 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =134**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.28: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO
N°02 PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F'c DE DISEÑO: **175 kg/cm2**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	25/03/2021	08/04/2021	14	10.16	113.6	11,585	80.993	143	142
2	TESTIGO	25/03/2021	08/04/2021	14	10.18	117.0	11,928	81.313	147	
3	TESTIGO	25/03/2021	08/04/2021	14	10.21	108.5	11,066	81.793	135	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **25/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 14 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =142**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.29: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO
N°02 PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F'c DE DISEÑO: **175 kg/cm²**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	25/03/2021	15/04/2021	21	10.16	124.6	12,704	80.993	157	163
2	TESTIGO	25/03/2021	15/04/2021	21	10.07	133.3	13,596	79.643	171	
3	TESTIGO	25/03/2021	15/04/2021	21	10.15	126.8	12,929	80.834	160	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **25/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 21 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =163**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.30: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE DISEÑO N°02
PRELIMINAR DE CONCRETO ASTM C- 39

F' C DE DISEÑO: **175 kg/cm²**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.14	142.8	14,564	80.754	180	181
2	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.15	135.1	13,772	80.834	170	
3	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.18	144.5	14,734	81.313	181	
4	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.09	155.2	15,825	79.881	198	
5	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.18	142.1	14,492	81.393	178	
6	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.14	161.6	16,482	80.754	204	
7	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.20	159.7	16,285	81.713	199	
8	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.15	141.6	14,434	81	178	
9	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.15	134.1	13,677	81	169	
10	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.13	136.1	13,881	81	171	
11	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.17	129.1	13,168	81	163	
12	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.13	143.1	14,595	81	180	

13	TESTIGO	25/03/2021	22/04/2021	28	10.03	145.1	14,799	79	187	
----	---------	------------	------------	----	-------	-------	--------	----	-----	--

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.

-Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **25/03/2021**.

-Las probetas fueron curadas 28 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la compresión de **f'c =181**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.31: ENSAYO DE FLEXIÓN DE DISEÑO N°01
PRELIMINAR DE FLEXIÓN ASTM C- 78

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	24/03/2021	21/04/2021	28	15.15	15.48	46.50	27.0	2,752	35	36
2	TESTIGO VIGA	24/03/2021	21/04/2021	28	15.51	15.33	46.50	28.0	2,854	36	
3	TESTIGO VIGA	24/03/2021	21/04/2021	28	15.35	15.43	46.50	32.0	3,262	42	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-78

ESPECIFICACIONES : -Las vigas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **24/03/2021**.
-Las vigas fueron curadas 28 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la flexión de **36 kg/cm2**.



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	"GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL CONCRETO PERMEABLE ELABORADO CON AGREGADOS COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE IQUITOS – 2021"
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE IQUITOS - PROVINCIA DE MAYNAS - DEPARTAMENTO DE LORETO.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ
SOLICITANTE	:	PRADO ESPINO, ROSSANA; ROMERO RENGIFO HELEN
FECHA	:	SAN JUAN, 21 DE MAYO DE 2021.

ANEXO 2.32: ENSAYO DE FLEXIÓN DE DISEÑO N°02
PRELIMINAR DE FLEXIÓN ASTM C- 78

F' C DE DISEÑO:

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	25/03/2021	22/04/2021	28	15.16	15.41	46.50	13.0	1,325	17	16
2	TESTIGO VIGA	25/03/2021	22/04/2021	28	15.32	15.51	46.50	12.0	1,223	15	
3	TESTIGO VIGA	25/03/2021	22/04/2021	28	15.35	15.43	46.50	16.0	1,631	21	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-78

ESPECIFICACIONES : -Las vigas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día **25/03/2021**.
-Las vigas fueron curadas 28 días.

RESULTADOS : -Con una Resistencia promedio a la flexión de **16 kg/cm2**.

**ANEXO N° 03: Ficha técnica del Aditivo
SikaPlast-740 PE**



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaPlast®-740 PE

ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO PARA CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaPlast®-740 PE es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos.

USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para concreto pre-mezclado.
- Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto desempeño.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto: Concreto pre-mezclado de todo nivel de resistencia y todo tipo de climas. Concreto de alta reducción de agua (hasta 30%) Concreto de alta resistencia.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaPlast®-740 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la adsorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto con buena cohesividad.
- Alta Impermeabilidad.
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).

- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño). Esto puede variar por las condiciones ambientales y el tipo de cemento que use. Reduce la carbonatación del concreto. Aumenta la durabilidad del concreto. Reduce la exudación y la segregación. Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.

SikaPlast®-740 no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo F

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	IBC x 1,000L
Apariencia / Color	Líquido azul Producto fotosensible.
Vida Útil	12 meses a partir de la fecha de producción.
Condiciones de Almacenamiento	En su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

Hoja De Datos Del Producto
SikaPlast®-740 PE
Agosto 2019, Versión 01.01
021301011000003594

Densidad	1.08 +/- 0.01 kg/L
Dosificación Recomendada	▪ Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento. ▪ Para concretos fluidos y autocompactantes: 1% - 2 % del peso del cemento.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

DOSIFICACIÓN

SikaPlast®-740 se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo.

Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado.

Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos.

El uso de SikaPlast®-740 garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con SikaPlast®-740 debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos.

El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S.

LIMITACIONES

Cuando SikaPlast®-740 está Congelado. Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.

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.

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.

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.

REGULACIÓN (EC) N° 1907/2006 - REACH

DIRECTIVA 2004/42/CE - LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES DE VOC

NOTAS LEGALES

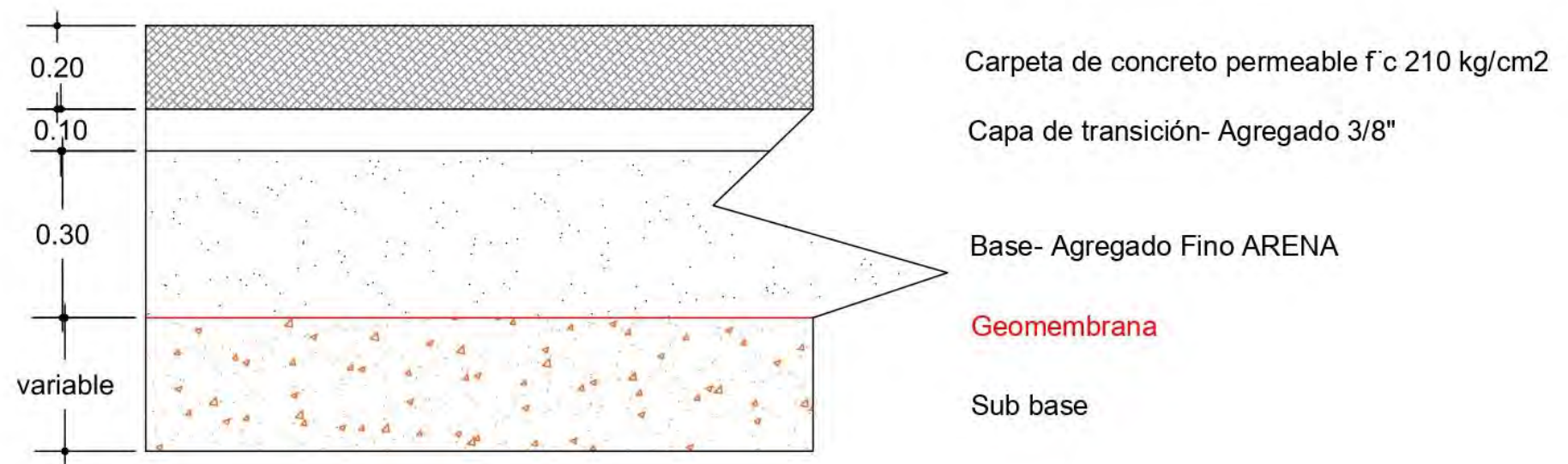
La información y en particular las recomendaciones so-

bre 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; así 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. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja De Datos Del Producto
SikaPlast®-740 PE
Agosto 2019, Versión 01.01
021801011000003594



ANEXO N° 04: Sección Transversal de Propuesta de Pavimento Permeable



ANEXO N° 05: Panel Fotográfico

Anexo 05: Panel fotográfico de los ensayos realizados.

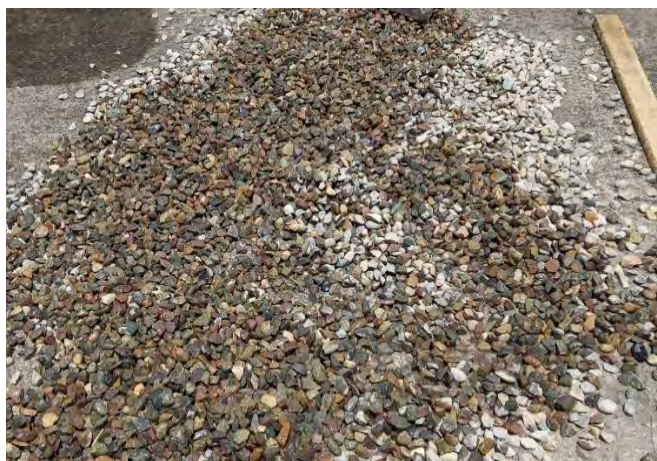


Foto 1: AGREGADO GRUESO $\frac{3}{4}$



Foto 2: AGREGADO GRUESO $\frac{1}{2}$



Foto 3: NRO DE MALLAS PARA TAMIZADO



Foto 4: TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO, ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



Foto 5: PESAJE PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Foto 6: REGISTRO DE RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA.



Foto 7: MUESTRA DE AGREGADO GRUESO



Foto 8: AGREGADO GRUESO



Foto 9: ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO.



Foto 10: PESO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO $\frac{3}{4}$ " EGE



Foto 11: PESO EN AGUA DE LA MUESTRA DEL AGREGADO $\frac{3}{4}$ " EGE



Foto 12: SECADO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO $\frac{3}{4}$ " EGE



Foto 13: AGREGADO GRUESO PARA LA MEZCLA



Foto 14: AGUA CON ADITIVO



Foto 15: ARENA



Foto 16: CEMENTO PORTLAND TIPO I – “ANDINO



Foto 17: TROMPO



Foto 18: AGREGADO GRUESO Y ARENA EN EL TROMPO



Foto 19: MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE EN EL TROMPO



Foto 20: MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE



Foto 21: COMPACTADO PARA PESO UNITARIO



Foto 22: PESO UNITARIO DEL CONCRETO



Foto 23: CONCRETO PERMEABLE



Foto 24: LLENADO DE CAPPING EN LA PARTE INTERIOR DE LAS PROBETAS 4" x 8"



Foto 25: VACIADO DE PROBETAS DE 4" x 8"



Foto 26: COMPACTADO DE PROBETAS DE 4" x 8"



FOTO 27: RELLENO DE CAPPING EN LA PARTE SUPERIOR DE LAS PROBETAS 4" x 8".



Foto 28: MOLDES PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Foto 29: MOLDES PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Foto 30: DESMOLDE DE PROBETAS DE 4" x 8"



Foto 31: PROBETAS DE 4" x 8" AL DÍA SIGUIENTE DEL VACIADO DISEÑO 1



Foto 32: PROBETAS DE 4" x 8" AL DÍA SIGUIENTE DEL VACIADO DISEÑO 2



Foto 33: DESMOLDE PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Foto 34: MARCADO DE PROBETAS PARA SU IDENTIFICACIÓN



Foto 35: SUMERGIDO DE PROBETAS



Foto 36: SUMERGIDO DE MOLDES



Foto 37: POZA DE CURADO DE PROBETAS Y MOLDES



Foto 38: POZA DE CURADO DE PROBETAS Y MOLDES:



Foto 39: POZA DE CURADO DE PROBETAS Y MOLDES



Foto 40: POZA DE CURADO DE PROBETAS Y MOLDES



Foto 41: MEDICIÓN DE PROBETA 4" x 8". DISEÑO N°01



Foto 42: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN



Foto 43: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN: DISEÑO N°01 A LOS 7 DIAS



Foto 44: RESULTADOS DE DISEÑO N°01: DIA 7



Foto 45: PROBETA SOMETIDO A ENSAYO DE COMPRESIÓN. DISEÑO N°01



Foto 46: PROBETAS DISEÑO N°02



Foto 47: MEDICIÓN DE PROBETA 4" x 8". DISEÑO N°02



Foto 48: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN



Foto 49: RESULTADOS DE DISEÑO N°02: DIA 7.



Foto 50: PROBETA SOMETIDO A ENSAYO DE COMPRESIÓN. DISEÑO N°02.



Foto 51: MEDICIÓN DE MOLDE PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Foto 52: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Foto 53: MOLDE SOMETIDO A ENSAYO DE FLEXIÓN.



Foto 54: MEDICIÓN DE MOLDE SOMETIDO A ENSAYO



Foto 55: MUESTRAS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD



Foto 56: PERMEÁMETRO DE CARGA VARIABLE DE NEITHALATH



Foto 57: PARA MEDIR LA INFILTRACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE



Foto 58: PERMEÁMETRO Y CRONOMETRO.



Foto 59: ENSAYO DE PERMEABILIDAD



Foto 60: ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE NEITHALATH

ANEXO N° 06: Certificados de Calibración

PRENSA DE CONCRETO



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LF - 124 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	200126	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).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU	
3. Dirección	Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.	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.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	FORNEY	
Modelo	F-2000KN-VFD-220	
Número de Serie	16020	METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	FORNEY	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 kN	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
5. Fecha de Calibración	2020-08-19	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-08-26

Jefe del Laboratorio de Metrología

ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LF - 124 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	30,6 °C	30,7 °C
Humedad Relativa	63 % HR	63 % HR



9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-012-20A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a kN y kN para lecturas fuera de este rango.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**MT - LF - 124 - 2020**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

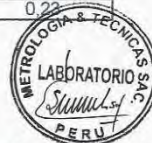
11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
		Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,0	99,8	100,0	99,9	99,9
20	200,0	199,8	200,3	199,9	200,0
30	300,0	300,4	300,7	300,5	300,5
40	400,0	400,4	400,8	400,4	400,5
50	500,0	501,0	501,0	500,6	500,8
60	600,0	601,5	600,9	600,9	601,1
70	700,0	700,5	701,0	700,6	700,7
80	800,0	799,2	800,1	800,2	799,9
90	900,0	899,7	900,7	899,6	900,0
100	1000,0	1000,4	1000,7	1000,2	1000,4
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,0	0,11	0,20	---	0,01	0,23
200,0	-0,01	0,25	---	0,01	0,23
300,0	-0,16	0,10	---	0,00	0,23
400,0	-0,14	0,10	---	0,00	0,23
500,0	-0,17	0,08	---	0,00	0,23
600,0	-0,19	0,10	---	0,00	0,23
700,0	-0,10	0,07	---	0,00	0,23
800,0	0,02	0,12	---	0,00	0,23
900,0	0,00	0,12	---	0,00	0,23
1000,0	-0,04	0,05	---	0,00	0,23

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)

0,00 %

**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.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

HORNO

METROTEC**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
*Laboratorio de Temperatura***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LT - 108 - 2020

Página 1 de 6

1. Expediente	200126
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
3. Dirección	Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 200 °C
Marca	PINZUAR
Modelo	PG-190
Número de Serie	198
Procedencia	CHINA
Identificación	NÓ INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

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.

METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 200 °C	0 °C a 200 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2020-08-17

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2020-08-26

Sello


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 765 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.comventas@metrologiatecnicas.comcalidad@metrologiatecnicas.comWEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 108 - 2020

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDEGOTI, 2009.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	29,5 °C	29,7 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120min minutos.
El controlador se seteo en 110 °C

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 104 - 2018	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT - 0669 - 2019
Dirección de Metrología INACAL LT - 272 - 2018		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 108 - 2020

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	T _{prom} - T _{nom}
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	109,9	112,0	111,3	109,2	109,4	110,4	111,9	111,6	110,6	109,4	110,7	110,7	2,8
02	110,2	112,0	111,4	109,4	109,6	110,8	112,0	111,7	110,9	109,9	111,0	110,9	2,7
04	110,2	110,8	111,8	109,6	109,8	111,2	112,4	111,2	111,0	109,9	111,0	110,9	2,9
06	110,2	112,2	111,5	109,5	109,8	111,1	111,9	110,8	110,9	109,6	110,6	110,8	2,7
08	110,2	112,1	111,4	109,3	109,5	110,8	111,9	111,3	110,8	109,7	110,7	110,8	2,8
10	110,2	111,6	110,9	109,1	109,1	111,5	111,7	111,0	110,5	109,0	110,9	110,5	2,7
12	110,2	112,1	111,1	109,0	109,1	110,5	111,8	111,4	110,5	109,3	111,4	110,6	3,1
14	110,1	112,0	111,3	109,3	109,3	110,7	112,7	111,5	110,7	109,4	111,4	110,8	3,5
16	110,2	111,9	111,4	109,3	109,3	110,8	112,9	111,7	110,9	109,6	111,4	110,9	3,7
18	109,9	111,7	111,2	109,1	109,1	110,6	112,2	111,4	110,7	109,3	111,3	110,7	3,2
20	110,0	111,9	111,4	109,3	109,5	110,9	113,3	112,2	110,9	109,7	111,6	111,1	4,1
22	110,2	112,4	111,8	109,5	109,8	111,3	112,9	112,5	111,3	110,0	112,1	111,4	3,5
24	110,2	112,2	111,7	109,6	109,5	111,2	113,2	112,2	111,2	109,7	111,8	111,2	3,8
26	110,2	111,8	111,5	109,4	109,5	110,8	111,9	111,4	110,8	109,4	111,3	110,8	2,6
28	109,9	111,6	111,1	109,0	109,1	110,5	111,9	111,4	110,5	109,0	111,1	110,5	3,0
30	109,9	111,7	111,2	109,1	109,3	110,7	112,5	111,5	110,7	109,7	111,2	110,8	3,5
32	109,9	111,7	111,1	109,0	109,1	110,5	112,0	111,5	110,7	109,3	111,3	110,6	3,1
34	110,0	111,9	111,4	109,1	109,5	110,8	112,5	112,0	110,7	109,8	111,6	110,9	3,5
36	110,2	111,8	111,3	109,1	109,4	110,7	112,5	112,5	110,7	109,3	111,2	110,9	3,5
38	109,9	112,0	111,4	109,1	109,3	110,8	112,3	111,6	110,8	109,4	111,4	110,8	3,3
40	110,2	111,6	111,1	109,0	109,2	110,5	112,0	111,4	110,7	109,3	111,1	110,6	3,1
42	109,9	111,8	111,4	109,3	109,3	110,7	112,8	111,8	110,8	109,7	111,3	110,9	3,6
44	109,9	111,7	111,2	109,1	109,3	111,5	111,9	111,4	110,5	109,1	111,1	110,7	2,9
46	109,8	111,3	111,0	109,0	109,1	110,4	112,2	111,4	110,5	109,1	111,2	110,5	3,3
48	109,9	111,7	111,1	109,1	109,3	110,7	112,5	111,5	110,6	109,2	111,4	110,7	3,5
50	110,0	112,0	111,3	109,1	109,5	110,7	112,9	111,8	110,7	109,5	111,4	110,9	3,9
52	110,2	111,7	111,4	109,1	109,3	110,8	113,0	111,9	110,7	109,4	111,5	110,9	4,0
54	110,2	111,7	111,2	109,0	109,2	110,7	112,5	111,7	110,7	109,4	111,4	110,8	3,6
56	110,1	111,8	111,2	109,1	109,3	110,7	112,1	111,3	110,8	109,2	111,4	110,7	3,1
58	110,0	111,8	111,3	109,3	109,2	110,8	112,2	111,8	110,7	109,7	111,4	110,8	3,1
60	109,9	111,9	111,5	109,4	109,6	111,0	112,3	111,9	110,8	109,5	111,5	111,0	3,0
T _{PROM}	110,1	111,8	111,4	109,2	109,4	110,9	112,4	111,7	110,7	109,5	111,3	110,8	
T _{MAX}	110,2	112,4	111,8	109,6	109,8	111,5	113,3	112,5	111,3	110,0	112,1		
T _{MIN}	109,9	110,8	110,9	109,0	109,1	110,4	111,7	110,8	110,5	109,0	110,6		
DT	0,3	1,6	0,9	0,6	0,7	1,1	1,6	1,7	0,8	1,0	1,6		



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Tel.: (51) 540-0642
Cel.: (51) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 633 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 108 - 2020**

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	113,3	0,6
Mínima Temperatura Medida	109,0	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,7	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,2	0,4
Estabilidad Medida (±)	0,8	0,04
Uniformidad Medida	4,1	0,4

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : - 0,06 °C

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.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Ms F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 633 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

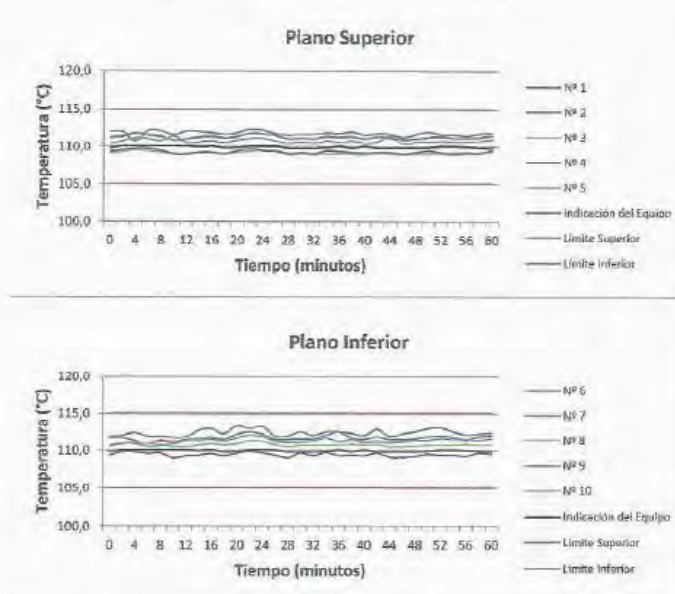
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 108 - 2020

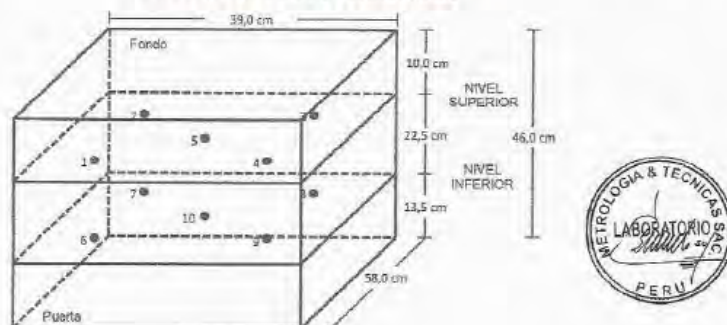
Página 5 de 6

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 833 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES

Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 7 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

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%.

Fin del documento

BALANZA ELECTRÓNICA 4.10 KG

METROTEC**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
*Laboratorio de Masas***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LM - 241 - 2020

Página 1 de 4

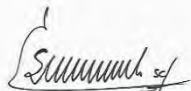
1. Expediente	200126	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU	
3. Dirección	Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.	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.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	4100 g	METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	PAJ4102	
Número de Serie	B449342496	
Capacidad mínima	0,5 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
5. Fecha de Calibración	2020-08-17	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-08-26


ELEAZAR CESAR PEREZ RARAZ

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 241 - 2020

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	31,0 °C	31,1 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

**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
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: 180467001	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-198-2019 / LM-218-2019

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 241 - 2020

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	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

		Inicial		Final			
Temperatura		31,0 °C		31,0 °C			
Medición Nº	Carga L1 = 2 000,00 g			Carga L2 = 4 000,00 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	2 000,00	4	1	4 000,00	4	1	
2	2 000,00	4	1	4 000,00	4	1	
3	2 000,00	5	0	4 000,00	3	2	
4	2 000,00	5	0	4 000,01	8	7	
5	2 000,00	5	0	4 000,00	4	1	
6	2 000,00	4	1	4 000,00	4	1	
7	2 000,00	6	-1	4 000,01	9	6	
8	2 000,00	4	1	4 000,00	3	2	
9	2 000,00	5	0	4 000,00	4	1	
10	2 000,00	5	0	4 000,01	8	7	
Diferencia Máxima			2	Diferencia Máxima			6
Error Máximo Permisible			± 200	Error Máximo Permisible			± 300

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

Temperatura	Inicial	Final
	31,0 °C	31,1 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E(mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	6	-1	1 300,00	1 300,00	5	0	1
2		0,10	6	-1		1 299,99	3	-8	-7
3		0,10	6	-1		1 300,00	4	1	2
4		0,10	6	-1		1 300,01	8	7	8
5		0,10	6	-1		1 300,01	9	6	7
* Valor entre 0 y 10e					Error máximo permisible ± 200				



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 241 - 2020

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	31,1 °C	31,1 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	
0,10	0,10	6	-1	0	0,50	3	2	3	100
0,50	0,50	6	-1	0	1,00	3	2	3	100
1,00	1,00	6	-1	0	10,00	4	1	2	100
10,00	10,00	6	-1	0	50,00	4	1	2	100
50,00	50,00	6	-1	0	100,00	4	1	2	100
100,00	100,00	7	-2	-1	500,00	5	0	1	100
500,00	500,00	7	-2	-1	1 000,00	5	0	1	200
1 000,00	1 000,00	5	0	1	2 000,00	5	0	1	200
2 000,00	2 000,00	6	-1	0	3 000,00	4	1	2	300
3 000,00	3 000,00	6	-1	0	4 100,00	4	1	2	300
4 100,00	4 100,00	4	1	2					

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.

E_c: Error corregido.



Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,000000370 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000244 \text{ g}^2 + 0,0000000004 \text{ R}^2)}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U 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

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

BALANZA ELECTRÓNICA DE 30 KG



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 237 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

1. Expediente	200126
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
3. Dirección	Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30 000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	EB30
Número de Serie	8032416609
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
5. Fecha de Calibración	2020-08-19

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.

METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.

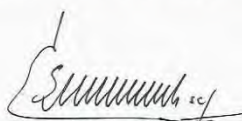
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-08-26


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 237 - 2020

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	31,5	31,6
Humedad Relativa (%)	59,9	59,9

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
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL 180467001	Pesa (exactitud E2)	LM-C-198-2019
PESAS (Clase de exactitud F2) DM- INACAL LM-033-2019	Pesa (exactitud M1)	M-1445-2019
PESA (Clase de exactitud M1) TOTAL WEIGHT: M-0070-2019	Pesa (exactitud M2)	CM-2487-2019
PESA (Clase de exactitud M1) TOTAL WEIGHT: M-0251-2019	Pesa (exactitud M2)	CM-2486-2019

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 237 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABAJO	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura			Inicial	Final			
			31,6 °C	31,6 °C			
Medición	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g			
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15 000	0,3	0,2	29 997	0,4	-2,9	
2	15 000	0,3	0,2	29 997	0,3	-2,8	
3	15 000	0,4	0,1	29 997	0,4	-2,9	
4	15 000	0,3	0,2	29 998	0,8	-2,3	
5	15 000	0,3	0,2	29 997	0,5	-3,0	
6	15 000	0,3	0,2	29 998	0,9	-2,4	
7	15 000	0,4	0,1	29 997	0,4	-2,9	
8	15 000	0,3	0,2	29 998	0,8	-2,3	
9	15 000	0,5	0,0	29 998	0,8	-2,3	
10	15 000	0,3	0,2	29 997	0,3	-2,8	
Diferencia Máxima			0,2	Diferencia Máxima			0,7
Error Máximo Permissible			± 20,0	Error Máximo Permissible			± 30,0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de
las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	31,6 °C	31,6 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (L)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0 g	10	0,6	-0,1	10 000,0 g	10 000	0,6	-0,1	0,0
2		10	0,6	-0,1		10 000	0,5	0,0	0,1
3		10	0,6	-0,1		10 000	0,5	0,0	0,1
4		10	0,6	-0,1		10 001	0,8	0,7	0,8
5		10	0,6	-0,1		10 001	0,9	0,6	0,7
* Valor entre 0 y 10g						Error máximo permisible ± 20,0			

* Valor entre 0 y 10g

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Tel.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com



Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 237 - 2020

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	31,6 °C	31,5 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (g)**
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10,0
100,0	100	0,5	0,0	0,0	100	0,5	0,0	0,0	10,0
500,0	500	0,6	-0,1	-0,1	500	0,6	-0,1	-0,1	10,0
1 000,0	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
4 999,9	5 000	0,5	0,1	0,1	5 000	0,5	0,1	0,1	10,0
10 000,2	10 000	0,5	-0,2	-0,2	10 000	0,6	-0,3	-0,3	20,0
15 000,1	15 000	0,6	-0,2	-0,2	15 000	0,6	-0,2	-0,2	20,0
20 000,1	20 000	0,8	-0,4	-0,4	19 999	0,4	-1,0	-1,0	20,0
25 000,0	25 000	0,7	-0,2	-0,2	24 999	0,4	-0,9	-0,9	30,0
30 000,3	29 998	0,4	-2,2	-2,2	29 998	0,4	-2,2	-2,2	30,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.

E_c: Error corregido.



LECTURA CORREGIDA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 2,78 \times 10^{-9} \times R$$

INCERTIDUMBRE

$$U = 2 \times \sqrt{2,95 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 7,73 \times 10^{-10} \times R^2}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U 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

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

BALANZA ELECTRÓNICA 41KG

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 240 - 2020

Página 1 de 4

1. Expediente	200126
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
3. Dirección	Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	4100 g
División de escala (d)	0,01 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	PAJ4102
Número de Serie	8331210483
Capacidad mínima	0,5 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

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.

METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.

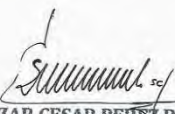
5. Fecha de Calibración 2020-08-17

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-08-26


ELEAZAR CESAR PEREZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 240 - 2020

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	31,6 °C	31,9 °C
Humedad Relativa	66 %	65 %



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
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: 180467001	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-198-2019 / LM-218-2019

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 240 - 2020

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	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

		Inicial		Final			
Temperatura		31,6 °C		31,6 °C			
Medición Nº	Carga L1 = 2 000,00 g			Carga L2 = 4 000,00 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	2 000,00	7	-2	4 000,01	4	11	
2	2 000,00	8	-3	4 000,01	4	11	
3	2 000,00	8	-3	4 000,01	3	12	
4	1 999,99	3	-8	4 000,02	8	17	
5	2 000,00	7	-2	4 000,01	4	11	
6	2 000,00	7	-2	4 000,02	9	16	
7	2 000,00	8	-3	4 000,01	3	12	
8	1 999,99	2	-7	4 000,01	3	12	
9	2 000,00	7	-2	4 000,02	8	17	
10	2 000,00	7	-2	4 000,01	4	11	
Diferencia Máxima			6	Diferencia Máxima			6
Error Máximo Permisible			± 200	Error Máximo Permisible			± 300



ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

Temperatura	Inicial	Final
	31,6 °C	31,7 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	1 300,00	1 300,00	5	0	0
2		0,10	5	0		1 300,01	8	7	7
3		0,10	5	0		1 300,00	4	1	1
4		0,10	5	0		1 300,00	6	-1	-1
5		0,10	5	0		1 300,02	9	16	16
* Valor entre 0 y 10e					Error máximo permisible				± 200

* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 240 - 2020

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	31,7 °C	31,9 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,50	0,50	5	0	0	0,50	8	-3	-3	100
1,00	1,00	5	0	0	1,00	8	-3	-3	100
10,00	10,00	4	1	1	10,00	7	-2	-2	100
50,00	50,00	4	1	1	50,00	7	-2	-2	100
100,00	100,00	4	1	1	100,00	7	-2	-2	100
500,00	500,00	4	1	1	500,00	6	-1	-1	100
1 000,00	1 000,00	5	0	0	1 000,00	6	-1	-1	200
2 000,00	2 000,00	6	-1	-1	2 000,00	6	-1	-1	200
3 000,00	3 000,01	9	6	6	3 000,00	4	1	1	300
4 100,00	4 100,00	5	0	0	4 100,00	5	0	0	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,000000407 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000254 \text{ g}^2 + 0,0000000005 R^2)}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U 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

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

BALANZA ELECTRÓNICA 30 KG

METROTEC**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

*Área de Metrología
Laboratorio de Masa***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 238 - 2020**

Página 1 de 4

1. Expediente	200126
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
3. Dirección	Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30 000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R31P30
Número de Serie	8336130208
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
5. Fecha de Calibración	2020-08-19

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.

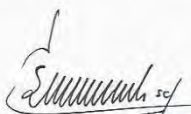
METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

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	Jefe del Laboratorio de Metrología
2020-08-26	

Sello


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 238 - 2020

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Av. José Abelardo Quiñonez km. 2,5 Res. San Juan, San Juan Bautista - Maynas - LORETO.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	31	31,1
Humedad Relativa (%)	60,5	60,5

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
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL 180467001	Pesa (exactitud E2)	LM-C-198-2019
PESAS (Clase de exactitud F2) DM- INACAL LM-033-2019	Pesa (exactitud M1)	M-1445-2019
PESA (Clase de exactitud M1) TOTAL WEIGHT: M-0070-2019	Pesa (exactitud M2)	CM-2487-2019
PESA (Clase de exactitud M1) TOTAL WEIGHT: M-0251-2019	Pesa (exactitud M2)	CM-2486-2019

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 238 - 2020

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	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

		Inicial		Final			
Temperatura		31 °C		31 °C			
Medición Nº	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	14 999	0,3	-0,8	30 001	0,8	0,7	
2	14 999	0,3	-0,8	30 000	0,3	0,2	
3	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,7	0,8	
4	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,4	0,1	
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,3	0,2	
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,4	0,1	
7	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,8	0,7	
8	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,3	0,2	
9	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,4	0,1	
10	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,9	0,6	
Diferencia Máxima			0,8	Diferencia Máxima			0,7
Error Máximo Permisible			± 20,0	Error Máximo Permisible			± 30,0



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de
las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	31 °C	31,1 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (L)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1		10	0,6	-0,1		10 000	0,5	0,0	0,1
2		10	0,6	-0,1		10 000	0,6	-0,1	0,0
3	10,0 g	10	0,6	-0,1	10 000,0 g	10 000	0,4	0,1	0,2
4		10	0,6	-0,1		10 001	0,8	0,7	0,8
5		10	0,6	-0,1		10 000	0,6	-0,1	0,0
Error máximo permisible									± 20,0

* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 238 - 2020

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	31,1 °C	31,1 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (g)**
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,6	-0,1	-0,1	10,0
100,0	100	0,5	0,0	0,0	100	0,5	0,0	0,0	10,0
500,0	500	0,6	-0,1	-0,1	500	0,6	-0,1	-0,1	10,0
1 000,0	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
4 999,9	5 000	0,5	0,1	0,1	5 000	0,5	0,1	0,1	10,0
10 000,2	10 000	0,5	-0,2	-0,2	10 000	0,5	-0,2	-0,2	20,0
15 000,1	15 000	0,6	-0,2	-0,2	15 000	0,6	-0,2	-0,2	20,0
20 000,1	20 000	0,5	-0,1	-0,1	20 001	0,8	0,6	0,6	20,0
25 000,0	25 000	0,5	0,0	0,0	25 001	0,8	0,7	0,7	30,0
30 000,3	30 000	0,6	-0,4	-0,4	30 000	0,6	-0,4	-0,4	30,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



LECTURA CORREGIDA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 7,33 \times 10^{-6} \times R$$

INCERTIDUMBRE

$$U = 2 \times \sqrt{2,92 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 6,33 \times 10^{-10} \times R^2}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U 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

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com