

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



TESIS

INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM² CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS – HUARAZ, 2022

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

BACH. EVARISTO COLETO, LOURDES KATHERIN

Asesor:

DR. COLONIA CERNA, PEDRO ALEJANDRO

HUARAZ - PERU

2022





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por la Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agrícola **LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO**, denominada: **"INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS – HUARAZ, 2022"**, asesorado por el Dr. **PEDRO ALEJANDRO COLONIA CERNA**, Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

QUINCE (15)

En consecuencia, queda en condición de ser calificada APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 19 de Diciembre de 2023.

Mag. FRANCISCO ESPINOZA MANCISIDOR
PRESIDENTE

Mag. EUGENIO JULIÁN MEJIA ZUÑIGA
SECRETARIO

Mag. GERARDO MÁXIMO REVELO SÁNCHEZ
VOCAL

Dr. PEDRO ALEJANDRO COLONIA CERNA
ASESOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Ciudad Universitaria de Shancayán Telefax 043 426 588 - Huaraz - Ancash - Perú



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO $F'_{C}=175\text{KG}/\text{CM}^2$ CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS – HUARAZ, 2022", presentado por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO, sustentada el día 19 de Diciembre del 2023, con Resolución Decanatural N° 520-2023 - UNASAM - FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 19 de Diciembre de 2023.

Mag. FRANCISCO ESPINOZA MANCISIDOR
PRESIDENTE

Mag. EUGENIO JULIÁN MEJIA ZUÑIGA
SECRETARIO

Mag. GERARDO MÁXIMO REVELO SÁNCHEZ
VOCAL

Dr. PEDRO ALEJANDRO COLONIA CERNA
ASESOR



DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo a Dios, por las gracias y dones puestos en mi vida. A mis padres quienes han sabido formarme con buenos valores, hábitos y sentimientos, los cuales fueron la base y los pilares que me impulsaron a seguir adelante, superando los tropiezos y momentos difíciles, las cuales formaran parte de mi vida personal y profesional. A mi amada mamita, que es el motor que impulsa mis sueños, metas y esperanzas. A mi querida hermana Sharon, quien ha sido una fuente de inspiración y motivación en este logro académico y espero que este trabajo sea el inicio de un camino de éxitos y superación. A mi amado Jhob, por su inagotable apoyo y paciencia infinita en este largo proceso de investigación. Gracias por creer en mí, por ayudarme en los momentos más difíciles, por ser mi mano derecha, mi ayuda constante y mi mejor aliado en este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi fortaleza y guiar mis pasos día a día.

Quiero agradecer a mis padres, por el apoyo constante y paciencia, especialmente a mi madre, por el gran amor y paciencia que tienes hacia tus hijas, por ser el soporte de mi vida, brindándome apoyo incondicional y motivándome aun cuando no tenía fuerzas para seguir adelante.

Expreso mi agradecimiento sincero al Ing. Dr. Pedro Alejandro Colonia Cerna, por su dedicación, paciencia, guía y apoyo en la elaboración y ejecución de la investigación.

A todo el equipo técnico y los miembros de jurado: Mag. Francisco Espinoza M., Mag. Eugenio Mejía Z., y Mag. Gerardo Revelo S. que participaron en esta investigación brindando la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y capacidades, así como también agradecerles por su enorme constancia en este trabajo de investigación

Agradezco a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, mi alma mater, esencialmente a mi escuela profesional de Ingeniería Agrícola, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación, asimismo agradecer a todos los docentes de dicha escuela, quienes sus enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Justificación	4
1.4. Importancia	5
II. MARCO TEORICO.....	6
2.1. Antecedentes del tema	6
2.2. Bases Teóricas.....	12
2.4. Definición de Términos	33
2.5. Variables	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Materiales.....	35
3.2. Método	36
3.3. Procedimiento de la investigación	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. Resultados	56
4.2. Discusión.....	93
V. CONCLUSIONES	100
VI. RECOMENDACIONES.....	103
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
VIII. ANEXOS.....	111

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de los polisacáridos.	15
Tabla 2 Rangos típicos - proporciones de materiales del concreto poroso.....	19
Tabla 3 Análisis granulométrico a partir de tamices.	20
Tabla 4 Husos granulométricos para poder realizar los diseños de mezclas.....	23
Tabla 5 Clases de mezclas según su asentamiento.	24
Tabla 6 Propiedades típicas del concreto poroso.....	26
Tabla 7 Determinación de la resistencia promedio sin desviación estándar.	28
Tabla 8 Resumen de la elaboración de probetas a ensayar, para la resistencia a la compresión.	38
Tabla 9 Resumen de la elaboración de probetas a ensayar, para la permeabilidad.	39
Tabla 10 Ensayos de agregados con su respectiva NTP y ASTM.....	46
Tabla 11 Características técnicas del agua de mezcla	48
Tabla 12 Determinación del valor efectivo b/b_0	50
Tabla 13 Datos generales de la cantera.....	56
Tabla 14 Granulometría del agregado grueso (Piedra chancada).....	56
Tabla 15 Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso (Piedra chancada).....	57
Tabla 16 Contenido de humedad del agregado grueso (Piedra chancada).....	57
Tabla 17 Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.	58
Tabla 18 Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.	58
Tabla 19 Datos generales de la cantera.....	58
Tabla 20 Granulometría del agregado fino (arena gruesa)	59
Tabla 21 Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena gruesa)	59
Tabla 22 Contenido de humedad del agregado fino (arena gruesa)	60
Tabla 23 Gravedad específica y absorción del agregado fino (arena gruesa), muestra 01. 61	
Tabla 24 Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.	61
Tabla 25 Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – testigo $f'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$	61

Tabla 26 Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	62
Tabla 27 Características y propiedades del cemento	62
Tabla 28 Características técnicas del agua de mezcla	62
Tabla 29 Pesos por m^3 de los materiales del diseño de mezcla	63
Tabla 30 Pesos por m^3 de los materiales del diseño de mezcla	63
Tabla 31 Cantidad de material para una probeta con 10% de desperdicio $V=0.00583 \text{ m}^3$	64
Tabla 32 Datos generales de la cantera.....	64
Tabla 33 Granulometría del agregado grueso (Piedra chancada).....	65
Tabla 34 Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso (Piedra chancada).....	65
Tabla 35 Contenido de humedad del agregado grueso (Piedra chancada).....	66
Tabla 36 Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.	67
Tabla 37 Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.	67
Tabla 38 Datos generales de la cantera.....	67
Tabla 39 Granulometría del agregado fino (arena gruesa)	68
Tabla 40 Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena gruesa)	68
Tabla 41 Contenido de humedad del agregado fino (arena gruesa)	69
Tabla 42 Gravedad específica y absorción del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.	70
Tabla 43 Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.	70
Tabla 44 Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – tratamientos $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	70
Tabla 45 Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – tratamientos $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	71
Tabla 46 Características y propiedades del cemento.....	71
Tabla 47 Características técnicas del agua de mezcla	71
Tabla 48 Pesos por m^3 de los materiales del diseño de mezcla de los tratamientos.....	72
Tabla 49 Cantidad de material para una probeta con 10% de desperdicio $V=0.00583 \text{ m}^3$	73

Tabla 50 Cantidad de material para una probeta con 0.5% de mucilago de nopal y 10% de mucilago de linaza	73
Tabla 51 Cantidad de material para una probeta con 1.0% de mucilago de nopal y 15% de mucilago de linaza	74
Tabla 52 Cantidad de material para una probeta con 1.5% de mucilago de nopal y 20% de mucilago de linaza	75
Tabla 53 Resistencia a la compresión de probetas de concreto testigo a las edades de curado de 7, 14 y 28 días	76
Tabla 54 Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 0.5% mucilago de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) y el 10% de linaza (<i>Linum usitatissimum</i>) a las edades de curado de 7, 14 y 28 días	77
Tabla 55 Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.0% mucilago de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) y el 15% de linaza (<i>Linum usitatissimum</i>) a las edades de curado de 7, 14 y 28 días	78
Tabla 56 Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.5% mucilago de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) y el 20% de linaza (<i>Linum usitatissimum</i>) a las edades de curado de 7, 14 y 28 días	79
Tabla 57 Resistencia a compresión de probetas de concreto poroso testigo $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$	80
Tabla 58 Resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 1	81
Tabla 59 Resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 2	82
Tabla 60 Resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 3	83
Tabla 61 Permeabilidad de probetas de concreto poroso testigo $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$	85
Tabla 62 Permeabilidad del concreto poroso testigo $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y los tratamientos respectivos	85
Tabla 63 Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk para la resistencia a la compresión $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y permeabilidad	86
Tabla 64 Prueba de homogeneidad para la resistencia a la compresión $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y permeabilidad	87
Tabla 65 Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a compresión del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días	87

Tabla 66 Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días	88
Tabla 67 Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días	88
Tabla 68 Prueba de Duncan para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días	89
Tabla 69 Análisis de varianza (ANOVA) para la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días	90
Tabla 70 Prueba de Duncan para la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de nopal	13
Figura 2 Semillas de lino	14
Figura 3 Permeámetro de carga constante.....	29
Figura 4 Permeámetro de carga variable.....	30
Figura 5 Diagrama de flujo de la elaboración del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ (grupo control y grupos experimentales).	44
Figura 6 Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a compresión a los 28 días	49
Figura 7 Porcentaje de pasta.....	49
Figura 8 Curva granulometría del agregado grueso – concreto poroso testigo.....	57
Figura 9 Curva granulometría del agregado fino – concreto poroso testigo.....	60
Figura 10 Curva granulometría – del agregado grueso	66
Figura 11 Curva granulometría – del agregado fino	69
Figura 12 Asentamiento del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y tratamientos.....	75
Figura 13 Curva de la resistencia a compresión vs tiempo de curado de las probetas del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	80
Figura 14 Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso con el tratamiento 1	81
Figura 15 Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso con el tratamiento 2.....	82
Figura 16 Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso con el tratamiento 3.....	83
Figura 17 Análisis comparativo global de la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	84
Figura 18 Análisis comparativo global de la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ agrupados en relación a las edades de curado	84
Figura 19 Análisis comparativo de la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de curado	86
Figura 20 Representación de las medias de los tratamientos para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de curado	90

Figura 21 Representación de las medias de los tratamientos para la permeabilidad del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de curado	92
Figura 22 Mapa de ubicación del laboratorio.....	111
Figura 23 Mapa de ubicación de la cantera Tacllán.....	112
Figura 24 Reconocimiento y extracción del material de agregados – cantera Tacllán	151
Figura 25 Muestreo del material del agregad grueso: piedra chancada.	151
Figura 26 Muestreo del material del agregad grueso: Arena gruesa.....	152
Figura 27 Peso de los agregados – Piedra chancada	152
Figura 28 Peso de los agregados - arena	153
Figura 29 Agregados secados en el horno de $110 \text{ }^\circ\text{C}$	153
Figura 30 Tamices para los agregados	154
Figura 31 Muestras retenidas por cada tamiz de los agregados	154
Figura 32 Muestras para los ensayos de contenido de humedad y peso específico	155
Figura 33 Pelado de las pencas de nopal.....	155
Figura 34 Pencas de nopal debidamente cortadas en cuadrados aprox. 5cm.....	156
Figura 35 Obtención del mucilago de nopal	156
Figura 36 Semillas de lino.....	157
Figura 37 Preparación para la extracción del mucilago de linaza (baba de linaza)	157
Figura 38 Separación del mucilago de linaza y las semillas	158
Figura 39 Elaboración del diseño de concreto poroso.....	158
Figura 40 Agregados a utilizar para el concreto poroso.....	159
Figura 41 Asentamiento del concreto poros testigo	159
Figura 42 Moldes engrasados para la elaboración de las probetas de concreto poroso ...	160
Figura 43 Mezcla de concreto poroso testigo.....	160
Figura 44 Probetas del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo.....	161
Figura 45 Peso de aditivos naturales – tratamiento 1	161
Figura 46 Preparación del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1	162
Figura 47 Asentamiento del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1.....	162
Figura 48 Moldeo de la mezcla del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1 ...	163
Figura 49 Probetas del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1	163
Figura 50 Peso de aditivos naturales – tratamiento 2.....	164
Figura 51 Preparación del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 2.....	164
Figura 52 Probetas del concreto poroso $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 2.....	165
Figura 53 Peso de aditivos naturales – tratamiento 3	165

Figura 54 Preparación del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3.....	166
Figura 55 Asentamiento del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3.....	166
Figura 56 Moldeo de la mezcla del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3 ...	167
Figura 57 Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3	167
Figura 58 Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	168
Figura 59 Curado de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$	168
Figura 60 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo a los 7 días	169
Figura 61 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo a los 14 días	169
Figura 62 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo a los 28 días	170
Figura 63 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 1 a los 7 días.....	170
Figura 64 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 1 a los 14 días.....	171
Figura 65 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 1 a los 28 días.....	171
Figura 66 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 2 a los 7 días.....	172
Figura 67 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 2 a los 14 días.....	172
Figura 68 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 2 a los 28 días.....	173
Figura 69 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 3 a los 7 días.....	173
Figura 70 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 3 a los 14 días.....	174
Figura 71 Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 3 a los 28 días.....	174
Figura 72 Prueba de permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – testigo.....	175
Figura 73 Prueba de permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ - tratamientos	175
Figura 74 Probetas realizadas la prueba de permeabilidad del concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm^2	176
Figura 75 Permeámetro de carga variable, según ACI 522R.	176

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Mapa de ubicación del laboratorio.....	111
Anexo B. Mapa de ubicación de la cantera	112
Anexo C. Instrumentos de recolección de información	113
Anexo D. Cuadro de cálculo de la permeabilidad usando Permeámetro de carga variable según Neithalath – ACI 522R – 06.....	150
Anexo E. Panel fotográfico	151

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, determinar la influencia de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos – Huaraz; metodológicamente fue un estudio aplicado, cuantitativo, explicativo y experimental; la población estuvo conformada por 48 probetas cilíndricas de $0.15 \times 0.30 \text{ m}$, con un diseño de concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, siendo 12 probetas de concreto poroso testigo, sin ningún aditivo natural y 36 probetas de concreto poroso con adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) respecto al peso del cemento y de 10%, 15% y 20% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) con respecto al volumen de agua, respectivamente; para la recolección de datos se utilizaron las técnicas de observación experimental y análisis documental. Obteniendo como resultado un diseño de mezcla de 1:2.2:0.2:0.3 y los tratamientos con adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10%, 15% y 20% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*), respectivamente; el diseño óptimo fue el tratamiento 1, quien presento mejor resultado en comparación al concreto poroso testigo y demás tratamientos con una resistencia a compresión de 250.17 Kg/cm^2 y una permeabilidad de 0.60 cm/s ; finalmente se concluye que la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ es positivo en concentraciones pequeñas, pero al ir aumentando las concentraciones nos muestra un efecto negativo, y en la permeabilidad sucede lo contrario.

Palabras clave: resistencia a compresión, permeabilidad, nopal (*Opuntia ficus-indica*), linaza (*Linum usitatissimum*), concreto poroso.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and flaxseed (*Linum usitatissimum*) on the compressive strength and permeability of porous concrete $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ for the purpose of restoration of aquifers - Huaraz methodologically it was an applied, quantitative, explanatory and experimental study; The population was made up of 48 cylindrical specimens of $0.15 \times 0.30 \text{ m}$, with a design of porous concrete $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, being 12 specimens of porous control concrete, without any natural additive and 36 specimens of porous concrete with the addition of 0.5%, 1.0% and 1.5% of cactus mucilage (*Opuntia ficus-indica*) with respect to the weight of cement and 10%, 15% and 20% of linseed mucilage (*Linum usitatissimum*) with respect to the volume of water, respectively; Experimental observation and documentary analysis techniques were used to collect data. Obtaining as a result a mixture design of 1:2.2:0.2:0.3 and the treatments with the addition of 0.5%, 1.0% and 1.5% of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*) and 10%, 15% and 20% of mucilage. flaxseed (*Linum usitatissimum*), respectively; The optimal design was treatment 1, which presented the best result compared to the control porous concrete and other treatments with a compressive strength of 250.17 Kg/cm^2 and a permeability of 0.60 cm/s ; finally it is concluded that the addition of nopal (*Opuntia ficus-indica*) and linseed (*Linum usitatissimum*) in the compressive strength of porous concrete $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ is positive in small concentrations, but as the concentrations increase it shows a negative effect, and in permeability the opposite happens.

Keywords: compressive strength, permeability, nopal (*Opuntia ficus-indica*), linseed (*Linum usitatissimum*), porous concrete.

I. INTRODUCCION

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Planteamiento del problema

El concreto poroso es un material alternativo para construcciones que puede mitigar muchos de los problemas ambientales causados por la escorrentía de aguas superficiales urbanas de áreas edificadas (Chockalingam et al., 2023, p. 2). Así también el ciclo hidrológico pudiera recuperar algún porcentaje de recargas de sus acuíferos, aprovechando las aguas de escorrentía sobre las superficies (Mora et al., 2019, p. 3). El concreto permeable o poroso es un tipo de concreto que permite que el agua de lluvia y otras fuentes de agua se filtren en la capa base debajo del concreto, es decir permite la infiltración del agua de lluvia en lugar de generar escorrentía, debido a la infiltración, se recargan los suministros de agua subterránea y se tratan los contaminantes. (Sicakova y Kovac, 2020, p. 3) Los primeros usos reconocidos del concreto poroso se dieron en Europa en el siglo XIX (Hari y Mini, 2022, p. 5); por ese motivo Mora et al. (2019) dan a conocer que el nivel impacto medioambiental en la construcción de estructuras de concreto puede convertirse en un ruptura en los procesos ecológicos si no se considera un mejoramiento apropiado en el material (p. 4).

Según Bautista (2018) el Perú, es un país que posee una gran diversidad climática, nos brinda una serie de hechos naturales negativos y positivos; encontrando inundaciones, exceso de aguas pluviales, y desgaste de pavimento por erosión hidráulico; es así que American Concrete Institute (ACI, 2013) indica que se necesita investigaciones para poder extender su uso en otras aplicaciones y verificar su desempeño en otros entornos. Por otra parte Trujillo y Quiroz (2013) indican que el Perú, en los últimos años presenta diversos problemas por la falta de evacuación de aguas pluviales (p. 17), dado que Bautista (2018) manifiesta que según Instituto Nacional de Defensa Civil, el Perú en el año 2017, obtuvo un 32% de daños causados provocados por las aguas precipitadas que se convierten en escorrentías superficiales llegando a producir inundaciones en las vías de tránsito urbano (p.18). Así que Prado y Romero (2021), indican que el uso del concreto permeable es una alternativa de desarrollo en construcción sostenible por su capacidad de conducir y ahorrar el recurso hídrico (p. 72), del mismo modo Palma (2022) hace referencia que el concreto

permeable disminuye la temperatura del agua gracias a sus poros que funcionan como filtros, aportando así en la reducción del efecto isla calor (p.15).

La región Ancash presentó la problemática evidenciada a nivel nacional, en épocas de fuertes precipitaciones que afectaron a la mayoría de ancashinos, convirtiendo las calles en riachuelos, transportando todo tipo de material y/o basura el cual provoca problemas sociales, técnicos y ambientales, llegando hasta el punto de colapsar todas las redes de drenaje tanto en Huaraz e Independencia (La República, 2021, parr. 1-5), del mismo modo el Gobierno Regional Ancash (GORE Ancash, 2016) indica que el departamento se encuentra expuesto a riesgos asociados a la variabilidad y cambio climático, a la vez, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero en diferentes sectores del desarrollo regional, así también el déficit de agua en meses de sequía obliga a muchos productores a utilizar aguas de ríos, la contaminación del agua a causa de retroceso glaciar, mineralización de rocas, aumenta la escasez de agua a corto plazo.

Cabello et al. (2015) indica que el concreto poroso representa una alternativa de construcción frente al problema de inundaciones, agotamiento de los mantos acuíferos y escasez de agua, recargando los mantos acuíferos o permitiendo el almacenamiento de estas aguas en tanques para luego reutilizarlas para el sistema de riego en parques, agua para uso industrial, entre otros. Además ante el excesivo uso de pavimentos impermeables en las zonas urbanas el suelo tiene cada vez menos fuentes de abastecimiento para la recarga de mantos acuíferos, por ello el concreto poroso es una alternativa de solución a esta problemática pues permite la infiltración del agua hacia el suelo. (Zhang et al., 2019, p. 9)

El concreto poroso ayuda a recargar las aguas pluviales cuando se utiliza como material de pavimento, el colchón de vacíos de aire presente puede ayudar a reducir las islas de calor por su propiedad aislante (Hari y Mini, 2022, p. 3). Sin embargo, su amplia utilidad en pavimentos se ve obstaculizada por su baja resistencia mecánica, además sin un diseño y mantenimiento adecuados, puede obstruirse y los beneficios previstos pueden perderse (Kastro y Anand, 2018, p. 3). Por lo tanto, el diseño y la elección de los materiales tienen un efecto significativo en las propiedades de resistencia y permeabilidad del concreto poroso, por ello se busca en muchas investigaciones el mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto poroso y sea aceptable, para poder ser utilizado en la construcción, ya que desafortunadamente, debido a su alta porosidad y bajo contenido de cemento/mortero, el concreto poroso generalmente puede tener una resistencia

significativamente menor en comparación con el concreto convencional. (Sicakova y Kovac, 2020, p. 4)

Por lo cual en la necesidad de modificar las propiedades mecánicas del concreto se ha popularizado el uso de aditivos químicos, las cuales mejoran el desempeño de una mezcla de concreto, sin embargo el uso excesivo de dichos productos pone en riesgo la calidad de vida del ser humano y dan lugar a contaminación de los componentes del ecosistema. (Palma, 2022, p. 14) Así pues obtener una resistencia apropiada con una porosidad adecuada, muchas veces se requiere de aditivos químicos para la realización de dicho concreto; al igual que en un concreto convencional el concreto poroso debe contener propiedades a la compresión y durabilidad resistentes. (Pinto et al., 2018, p. 25)

El mejoramiento de materiales de construcción no es nuevo, ya que el uso de aditivos naturales se bien dando desde años anteriores como indica E. Hernández (2019), asimismo estos aditivos aportan muchos beneficios en la construcción, ya sea en la plasticidad, incremento de resistencia mecánica, reducción de absorción de agua y contra la corrosión del acero de refuerzo, por ello su uso es recomendable en obras arquitectónicas, y civiles, al mismo tiempo es sustentable ambientalmente. (p. 31) Así pues usar aditivos naturales en la elaboración de concreto representa una alternativa de sustitución de los aditivos comerciales tóxicos y materiales suplementarios, que son perjudiciales para el medio ambiente y costosos por su ausencia en el mercado local (Khankhaje et al., 2018).

En este sentido, la investigación de aditivos naturales provenientes de plantas y su uso en el concreto son cada vez más relevantes (Díaz-Blanco et al., 2019). El género *Opuntia* pertenece a la familia Cactácea, que está directamente relacionado con la producción de mucilago, que está compuesto por polisacáridos, estas se han utilizado como aditivo en concreto para mejorar su adhesión, trabajabilidad y su tiempo de fragua de la mezcla (Zhang et al., 2019); de la misma forma el mucilago de linaza según Oviedo et al. (2022), indica que “dicho mucílago de linaza incrementa las propiedades mecánicas del concreto” (p. 10).

Formulación del problema

Al concluir la presente investigación me permitió responder la siguiente interrogante:

¿La incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influirá en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos?

1.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos – Huaraz, 2022.

Objetivos específicos

Realizar el diseño de mezcla del concreto poroso $f'c=175\text{ Kg/cm}^2$, empleando el método ACI-522R.

Realizar los 3 tratamientos de mezcla adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respecto al volumen de agua, para el concreto $f'c=175\text{ Kg/cm}^2$, respectivamente.

Determinar la resistencia a la compresión del testigo y de los 3 tratamientos de concreto $f'c=175\text{ Kg/cm}^2$ adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respecto al volumen de agua, respectivamente.

Determinar la permeabilidad del testigo y de los 3 tratamientos de concreto $f'c=175\text{ Kg/cm}^2$ adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respecto al volumen de agua, respectivamente.

Realizar el análisis ANOVA para la contrastación de la hipótesis estadística y determinar el tratamiento óptimo mediante la prueba Duncan, en la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

1.3. Justificación

Justificación teórica

La investigación se justifica teóricamente ya que generó datos y aportes académicos para futuros investigadores que deseen involucrarse en el constante desarrollo e investigación en el área de tecnología de concreto y aguas subterráneas, asimismo está referido a la implementación de un tipo de concreto poco conocido en el Perú, más aún en la región Áncash.

Justificación metodológica

La investigación se justifica metodológicamente debido a que el concreto poroso impulsa a la conservación del agua, prevención de inundaciones y busca mitigar el impacto de las construcciones civiles en el medio ambiente, con propiedades a la compresión y permeabilidad aceptable utilizando aditivos naturales, en este caso de tipo vegetal: nopal y linaza.

Justificación práctica

Es una nueva alternativa de construcción sostenible ya que el concreto poroso conjuntamente con los aditivos naturales ayuda en la recuperación de los mantos acuíferos y/o aguas subterráneas, aprovechando el agua de las lluvias, así reducir los caudales de escorrentía superficial o eliminación de charcos, no interrumpiendo el ciclo del agua y disminuyendo la temperatura de la superficie, por lo cual reduce el efecto isla de calor, asimismo soluciona los problemas de inundaciones e insuficiencia del sistema de drenaje.

Justificación social y/o ambiental

El proyecto se justifica social y/o ambiental porque los aditivos naturales a utilizar reduce el costo e impacto ambiental en su elaboración y uso, a comparación de los aditivos químicos, así también se obtiene un tipo de concreto poroso el cual recrea el ciclo natural de las precipitaciones que ayuda el regreso del agua de las precipitaciones en el ciclo hidrológico, con una resistencia a la compresión y permeabilidad aceptable $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ que se puede utilizar en vialidades de bajo tráfico, camino peatonales, estacionamientos y parques, pues esto motivará a construir una ciudad con un enfoque y cultura ecológica, por lo tanto indirectamente permitirá mejorar la calidad de vida de la población huaracina.

1.4. Importancia

El presente trabajo de investigación, se concentra en amplificar los conocimientos referente al uso de los aditivos naturales en los materiales de construcción buscando los efectos y el mejoramiento de las propiedades mecánicas de un concreto poroso, y así permitir a conocer propiedades aceptables tanto en la resistencia a la compresión $f'c=175\text{ Kg/cm}^2$ y la permeabilidad que sería utilizado como medida de conservación del agua, como es la recuperación de mantos acuíferos, el cual proporcionan una forma de construcción sostenible.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del tema

Antecedentes internacionales

Chockalingam et al. (2023) publicaron el artículo científico titulado: “*Experimental study on size of aggregates, size and shape of specimens on strength characteristics of pervious concrete*”, cuyo *objetivo* fue investigar la influencia del tamaño de los agregados, forma y tamaño de las muestra sobre las propiedades mecánicas del concreto permeable; la *metodología* consistió en realizar pruebas en concreto permeable como la compresión, tracción y flexión, considerando tres mezclas diferentes con tamaños de agregado de 10, 12.5 y 20 mm; los *resultados* de los ensayos de resistencia aumentó a medida que el tamaño del agregado y la altura de la muestra aumentan, sin embargo la resistencia a la compresión, tracción y la flexión disminuyen, asimismo para evitar la influencia de las partículas más finas (20 %) y más gruesas (15 %) del agregado grueso, las partículas se tamizaron y se mantuvieron en el rango de 10 a 12,5 mm y de 16 a 20 mm; finalmente *concluyendo* que la resistencia a compresión disminuye a medidas que los tamaños de agregados aumente, por el contrario la resistencia a flexión en un concreto permeable aumente a medida que los tamaños de los agregados aumenta.

Oggu y Sai (2022) publicaron el artículo científico titulado: “*Study on properties of porous concrete incorporating aloe vera and marble waste powder as a partial cement replacement*”, cuyo *objetivo* fue investigar las propiedades del hormigón poroso que contiene residuos de polvo de Aloe vera y mármol como sustituto parcial del cemento; la *metodología* consistió en una relación de mezcla de 1:0.3:0.25:4:0.25:0.0053:0.15 (Cemento: ceniza volante: agregado fino: agregado grueso: Aloe vera: Superplastificante: Agua); el cemento se reemplaza parcialmente con polvo de mármol residual como 10%, 30%, 50% y 70% del cemento, denominado PA60M10, PA60M30, PA60M50 y PA60M70; la mezcla de residuos en polvo sin mármol se denomina PA60M0; la proporción de la mezcla de agua y Aloe vera es constante en todas las mezclas, 40% y 60% respectivamente; los *resultados* de los ensayos de resistencia a la compresión para las mezclas PA60M10, PA60M30, PA60M50, PA60M70 aumentaron en 52,71%, 82,53%, 67,06%, 20,57% a los 7 días y 30,78%, 54,92%, 43,16%, 6,83% a los 28 días, respectivamente, en comparación con

PA60M0, y el porcentaje de porosidad de las mezclas PA60M0, PA60M10, PA60M30, PA60M50, PA60M70 es 16.03, 13.20, 9.99, 12.82, 16.97 respectivamente, el porcentaje de porosidad disminuye hasta la mezcla PA60M50 y luego el cambio porcentual en los valores de porosidad, para las mezclas PA60M10, PA60M30, PA60M50, PA60M70 en comparación con PA60M0 es -21.43%, -60.46%, -25.03%, -5.53%, respectivamente y finalmente *concluyendo* que la resistencia a la compresión aumenta hasta un 30% con la adición de MWP y luego disminuye; por otro lado, el coeficiente de permeabilidad del hormigón permeable que contiene Aloe vera y MWP (polvo de residuos de mármol) es aproximadamente el mismo en todas las mezclas.

Oviedo et al. (2022) publicaron el artículo científico titulado: “*Using Natural Pozzolans to Partially Replace Cement in Pervious Concretes*”, cuyo *objetivo* fue analizar el uso de las puzolanas naturales zeolita y pumicita, como materiales de reemplazo parcial del cemento en mezclas de concreto permeable; la *metodología* consistió utilizar diferentes porcentajes de pumicita y zeolita en la sustitución del cemento (0% a 20%), así fueron evaluadas mediante una serie de ensayos como la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, permeabilidad y porosidad, además, se realizaron experimentos con un aditivo plastificante; cuyos *resultados* fueron que las mezclas con relación A/C de 0,35 presentan mejores propiedades mecánicas e hidráulicas; la pumicita muestra un mejor desempeño que la zeolita, con mejores propiedades logradas con un 10% de reemplazo de cemento; y la adición de plastificante aumentó las resistencias finales; por ultimo llegando a la *conclusión* que al reemplazar al 10% del cemento con las puzolanas naturales (zeolita y pumicita) y adicionando plastificante la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión aumentan, sin embargo disminuye la permeabilidad.

Sicakova y Kovac (2020) publicaron el artículo científico titulado: “*Relationships between Functional Properties of Pervious Concrete*”, cuyo *objetivo* fue determinar las relaciones entre las propiedades funcionales del concreto permeable; la *metodología* consistió en realizar un estudio de 38 variantes de composición diferentes para determinar las dependencias entre las propiedades esenciales del hormigón permeable teniendo en cuenta el tipo de agregado, tamaño máximo de grano, composición granulométrica, cantidad de conglomerante y tipo (composición) de conglomerante; cuyos *resultados* fueron con una alta confiabilidad R^2 que oscila entre 0,75 y 0,95, para cumplir un a resistencia mínima de 10 Mpa y máximo de 20 Mpa; por ultimo llegando a la *conclusión* que la permeabilidad aumenta exponencialmente al aumentar la relación de huecos (porcentaje de vacíos),

mientras que la resistencia a compresión y la porosidad tiene una correlación logarítmica, es decir mayor porcentaje de vacíos menor resistencia a la compresión.

Pinto et al. (2018) publicaron el artículo científico *titulado*: “Estudio y análisis en la dosificación del concreto poroso”, cuyo *objetivo* fue realizar el estudio en la dosificación del concreto poroso, así como también el análisis de los diferentes parámetros de diseño para alcanzar resultados óptimos; la *metodología* consistió en utilizar 3 tipos de grava, las cuales van de 3/4" hasta 3/8", asimismo se eliminó el uso de agregado fino y arena, se utilizó el cemento estructural Portland tipo I, agua y un aditivo superplastificante-retardante de alto rendimiento; cuyos *resultados* estuvieron en función al aditivo como retardante, el cual se usó una relación de 0.36%, asimismo la relación de agua/cemento que dio mejor resultado fue de 0.3% y la relación agregado/cemento de 4.5:1, las cuales presentaron buenos resultados las gravas de nominación 1/2" y 3/8" mientras que para la nominación 3/4" presentó resultados desfavorables; por ultimo llegando a la *conclusión* que con una relación de agua/cemento de 0.36 se consigue una mejor trabajabilidad y manejabilidad del concreto poroso, así garantiza el confinamiento y/o adherencia de la grava con la pasta de cemento, no obstante puede variar si se aumenta o disminuye el uso del aditivo.

Antecedentes nacionales

Caldas (2022) publicó una tesis *titulada* “Adición del mucílago de linaza y su influencia en las propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, distrito Santiago de Surco, Lima – 2022”, la cual tuvo como *objetivo* determinar la influencia de la adición del mucílago de linaza en las propiedades del concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$. La *metodología* fue de tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo con enfoque cuantitativo. Los *resultados* obtenidos muestran el incremento en las propiedades mecánicas con respecto al concreto patrón: resistencia a compresión y flexión; al 0.0% (349, 56.67 y 43.33 kg/cm^2), 0.50% (364.33, 65.67 y 45.33 kg/cm^2), 1.50% (363.67, 61 y 45.33 kg/cm^2), 2.50% (369.33, 64 y 46.67 kg/cm^2) y 3.50% (356.33, 58.33 y 44.33 kg/cm^2) respectivamente. Por último *concluye* que la trabajabilidad disminuyó en todas las dosificaciones con respecto al concreto patrón, sin embargo en las propiedades mecánicas, se obtuvo la dosificación óptima del 2.50% de mucílago de linaza incrementando su resistencia a compresión y flexión en 5.83% y 7.69% respectivamente.

Chavez (2022) publicó en su trabajo de tesis *titulado*: “Efecto del mucílago de la linaza como aditivo en la resistencia y la permeabilidad del concreto, Lima”, cuyo *objetivo*

fue estudiar el efecto de la adición del mucílago de la linaza en el concreto en proporciones de 0.5% y 1%, para evaluar su comportamiento en la resistencia a la compresión y la permeabilidad; la *metodología* fue del tipo aplicada, en el cual adoptó un diseño experimental, manipulando el mucílago de la linaza, en proporción de semilla: agua de 1:20; cuyos *resultados* de las probetas con el mucílago, brindó un aumento en su resistencia, donde la adición del 0.5% con respecto al peso del agua, para los 7, 14 y 28 días aumentó en 7.56%, 6.12% y 9%, mientras que con la adición del 1% con respecto al peso del agua, aumentó en 15.02%, 12.94% y 20.62% respectivamente, además los ensayos de la permeabilidad también denotó un cambio favorable, donde como resultado las muestras con el mucílago de 0.5% y 1% arrojó valores del coeficiente de permeabilidad $1.27E-10$ y $8,98E-11$ m/s y una penetración de 32.97 y 24 mm y por ultimo llegando a la *conclusión* que el mucílago tiene un efecto positivo en la resistencia, aumentando hasta un 23%, y en la permeabilidad del concreto se determinó una reducción favorable para la adición del 1% considerándose concreto de permeabilidad baja.

Sinarahua Rimarachín (2020) publicaron en su trabajo de tesis *titulado*: “Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8” en Moyobamba, 2020”, cuyo *objetivo* fue realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8"; la *metodología* fue del tipo aplicada, en el cual adoptó un diseño experimental, con enfoque cuantitativo con una población de 27 probetas cilíndricas; cuyos *resultados* obtenidos fueron en el porcentaje de desgaste con un valor de 25.70%, contenido de humedad de 3.37 y por otra parte la resistencia a la compresión máxima alcanzada en los 28 días fue de 181.81 kg/cm² del concreto con agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8”, por otra parte se obtuvo una resistencia de 179.62 kg/cm² con agregado de 1/2” y 3/8”, así mismo por cada diseño se obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 0.22 cm/seg y 0.25 cm/seg respectivamente y por último donde se *concluye* que la gradación del agregado grueso en 3/4”, 1/2” y 3/8”, es óptima para la elaboración de concreto permeable ya que se obtiene un balance entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

Oyola y Ponce (2019) publicaron su tesis *titulada* “Influencia del uso del mucílago del cactus *Echinopsis Pachanoi* como aditivo natural para evaluar la resistencia a la compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo”. El *objetivo* de su estudio fue determinar cómo el uso del mucílago del cactus *Echinopsis Pachanoi* como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión, consistencia y permeabilidad del

concreto con un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en la ciudad de Trujillo. La *metodología* utilizada fue la aplicada, diseño experimental, con enfoque cuantitativo. El estudio incluyó una población de 27 ejemplares cilíndricos, divididos en dos grupos experimentales con la adición de mucílago de nopal en función del peso del cemento, y un grupo control. Los *resultados* determinaron que el concreto elaborado con 1.5% de adición de mucílago de cactus *Echinopsis Pachanoi* presentó las mayores resistencias en todas las edades del ensayo, con valores de 259 kg/cm^2 a los 3 días, 318 kg/cm^2 a los 7 días y 384 kg/cm^2 a los 28 días, siendo este último el valor más alto alcanzado en el ensayo. En términos de permeabilidad, este porcentaje de mucílago del cactus *Echinopsis Pachanoi* (1.5%) presentó la menor profundidad de penetración de agua equivalente a 0 mm, indicando la menor permeabilidad en la prueba. En *conclusión*, el uso del mucílago del cactus *Echinopsis Pachanoi* como aditivo natural influye positivamente en la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con un aumento del 1,32% al agregar 1,5% de mucílago, mejora la consistencia en un 25% y reduce la permeabilidad.

Inga (2019) publicó una tesis *titulada* “Influencia de la adición de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en las propiedades mecánicas del concreto permeable”, la cual tuvo como *objetivo* evaluar la influencia de la adición de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en las propiedades mecánicas del hormigón permeable. La *metodología* utilizada fue cuantitativa y experimental, siguiendo los lineamientos de ACI 522R-10 del American Concrete Institute (ACI), con concentraciones de 1%, 3% y 5% en peso del cemento del mucílago de nopal; por otro lado, los *resultados* obtenidos para los 4 diseños de mezcla a los 7, 14 y 28 días respectivamente, con una relación agua-cemento de 0.35, 16.30% de contenido de huecos, 10% de agregado fino, $b/bo. = 0.93$, y 24.5% volumen de pasta (Mezcla Tipo I: concreto permeable base, Mezcla Tipo II: concreto permeable con 1% de mucílago de nopal, Mezcla Tipo III: concreto permeable con 3% de mucílago de nopal, y Mezcla Tipo IV: concreto permeable con 5 % mucílago de nopal, en peso de cemento) fueron variando los porcentajes de manera inversamente proporcional. La *conclusión* a la que se llegó fue que el concreto la Mezcla Tipo II presentó mejores resultados en comparación con las otras dos mezclas, con una resistencia a la compresión de $229,55 \text{ kg/cm}^2$, una resistencia a la tracción por compresión diametral de $20,82 \text{ kg/cm}^2$, y una permeabilidad de 0,66 cm/s. La adición de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en el diseño de la mezcla del concreto permeable mejoró la resistencia a la compresión; sin embargo, hubo tendencias hacia una

reducción en la resistencia a la tracción por compresión diametral y permeabilidad en comparación con el concreto permeable base (Mezcla Tipo I).

Antecedentes locales

Ortiz y Pumayalla (2022) publicó un estudio de su tesis *titulada* “Adición del mucilago de nopal para mejora de las propiedades físicas del concreto estructural en Nuevo Chimbote”, con el *objetivo* de determinar la adición del mucilago de nopal para mejora de las propiedades físicas de un concreto estructural en Nuevo Chimbote; la *metodología* utilizada fue un diseño cuantitativo, cuasiexperimental, con una población y tamaño de muestra de 60 probetas de concreto; los *resultados* mostraron que a los 28 días de curado la resistencia a la compresión disminuye 1.10% al adicionar 1% de mucilago de nopal, aumentó en 6.89% al adicionar 3% de mucilago de nopal, disminuyó en 20.47% al adicionar 5% de mucilago de nopal y disminuyó 32.86% al adicionar 7% de mucilago de nopal en comparación con muestra patrón; finalmente se *concluyó* que el mucilago de nopal es un aditivo amigable para el concreto, que no influye de manera significativa en el asentamiento del concreto y que con el 3% de adición se logra un incremento en la resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Cabrera (2021) publicó un estudio de su tesis *titulada* “Influencia de la linaza como aditivo natural en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz – 2018”, con el *objetivo* de determinar la influencia de la linaza como aditivo natural en la resistencia a compresión del concreto en la ciudad de Huaraz; la *metodología* utilizada fue aplicada y experimental, con concentraciones de 1%, 3%, 5% y 7%; los *resultados* mostraron que la adición de gel de linaza al 100% del volumen de agua aumentó la resistencia a la compresión en un 10,20%, 5,68% y 10,00% a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Finalmente se *concluyó* que la resistencia a la compresión del concreto aumenta en un 10% a los 28 días a medida que aumenta la adición del aditivo natural.

Bañez y Veramendi (2021) publicó un estudio de su tesis *titulada* “Influencia en el ensayo a compresión del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ adicionando mucilago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz-Ancash-2021”, con el *objetivo* de evaluar la influencia en el ensayo a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando mucilago de penca de tuna (1%, 3% y 6%) y superplastificante Sika (1%, 1.5% y 2%); la *metodología* utilizada fue aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental, de nivel correlación – causal; los *resultados* mostraron que a edad de 28 días de curado las muestras con adiciones de 1%,3%

y 6% de mucilago de penca de tuna y 1%, 1.5% y 2% de Sika n290 superan en resistencia de 8% sobre la muestra del concreto patrón, obteniendo resultados que sobrepasan los $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Finalmente se *concluyó* que con adición de mucilago de penca de tuna y Sika aumentó la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo las adiciones de 3%, 6% de mucilago de penca de tuna y 1.5% y 2% de Sika obtiene un producto menos trabajable.

Huerta (2020) publicó un estudio de su tesis *titulada* “Uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto”, con el *objetivo* de determinar la influencia del uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus en la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto; la *metodología* utilizada fue experimental, aplicada – correlacional, con enfoque cuantitativo, asimismo su muestra fue compuesta por 96 probetas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.035-2009 y 339.034-2013; los *resultados* mostraron que en las pruebas experimentales con diferentes concentraciones de aditivo del mucilago de cactus en concentraciones de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.0%, donde mejoraron su consistencia (fluidez), sin embargo las pruebas patrones presentan menor consistencia a comparación de las muestras experimentales, por otra parte la muestra con aditivo de mucilago del cactus tuvieron mayor resistencia a la compresión del concreto que las muestras patrones a los 28 días de curado. Finalmente se *concluyó* que el uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo influye en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, teniendo como valores altos las muestras experimentales con aditivo de cactus con concentraciones de 0.75% y 1.0%.

2.2. Bases Teóricas

Nopal

Nombre científico: (*Opuntia ficus-índica*)

La “*Opuntia ficus-índica*”, es la llamada nopal o tuna (Ver Figura 1); pertenece al género *Opuntia*, de la familia de las cactáceas, las funciones básicas de estas plantas se realizan por los tallos con forma de segmentos elípticos aplanados y sin espinas (Inga, 2019, p. 32).

En el Perú el nopal (*Opuntia ficus-índica*) es una planta de gran importancia en los sistemas agro pastoriles de los andes y se encuentra distribuida en los valles interandinos, donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento (Inga, 2019, p. 32).

Figura 1

Planta de nopal



Nota. Adaptado de *Study on properties of porous concrete incorporating aloevera and marble waste powder as a partial cement replacement* (p. 9), por Oggu y Sai, 2022, *Materials Today: Proceedings*, 52(3).

El nopal (*Opuntia ficus-índica*) contiene características morfológicas como: paleta, el cual se denomina como cladodios de 30 a 60 cm de largo por 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de grosor; por otro lado el tallo que está conformado por tronco leñoso y mide entre 20 a 50 cm de diámetro y por ultimo las flores, que se produce por lo general una flor. (Inga, 2019, p. 32)

Composición química. Según bibliografía utilizado por Inga (2019) los cladodios presentan alto contenido de agua, lo que es característico de estas plantas; con relación al contenido de grasa no se ve mayor diferencia; en cuanto al contenido de fibra se observa una diferencia puesto que conforme va madurando el cladodio va aumentando su contenido en fibra; en la parte interna se va formando una red maciza de celulosa; con respecto al porcentaje de cenizas aumenta con la edad; por consiguiente, eleva la cantidad de minerales.

Mucilago de Nopal

El mucílago es una sustancia gelatinosa presente en las hojas del nopal. Entre las propiedades más importantes del nopal, está el de conservar el agua incluso bajo condiciones climáticas desfavorables, debido a la presencia de mucílagos que al formar redes moleculares tridimensionales son capaces de retener grandes cantidades de agua. (Inga, 2019, p. 34)

Linaza

Nombre científico: *Linum Usitatissimum*

“El lino o linaza (*Linum usitatissimum*) es una planta herbácea de la familia de las lineas, es una oleaginosa de origen mediterráneo; la semilla como se ve en la Figura 2, llamada linaza, se utiliza para extraer harina y aceite” (Zoitz y Sangronis, 2012). Asimismo la linaza es rico en mucilago donde se encuentra los arabinosilanos y polisacáridos (Chavez, 2022, p. 27).

Figura 2

Semillas de lino



Nota. Adaptado de *Influencia de la linaza como aditivo natural en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz - 2018* (p. 35), por Cabrera, 2021. Ciencia e investigación.

Mucilago de linaza. Compuesto por una parte neutral y ácida, conformada por xilanos y los arabinosilanos, asimismo de ramnopiranosil y ácidos D respectivamente, por otra parte pertenece al grupo monosacáridos el cual se caracteriza por ser viscosa y tener

mucha consistencia, asimismo esto dependerá del tiempo de preparación que se dé. (Chavez, 2022, p.27)

Los polisacáridos. Los polisacáridos o derivados de polisacáridos en mezcla de materiales de construcción, en contacto con el agua producen una solución de carácter pegajoso, el cual aumenta la plasticidad del mortero y mejora sustancialmente la resistencia a la absorción de agua y a resistencia a la congelación. (Chandra et al., 1998, p. 10)

El mucilago de nopal y linaza, pertenecen a los polisacáridos, el cual en la Tabla 1, podemos observar sus componentes:

Tabla 1

Composición de los polisacáridos

Componente: Polisacárido	Mucilago de Nopal	Mucilago de Linaza
Polisacáridos neutros		X
Arabinosa	X	X
Galactosa	X	X
Monosacáridos	X	
Xilosa	X	X
Fibra insoluble		X
Fibra celulosa	X	X
Carbohidratos poliméricos	X	

Nota. En la tabla se muestra la composición de los polisacáridos en el mucilago de nopal y linaza. Adaptado de *Influencia de un aditivo natural (mucilago de nopal) en las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del concreto* (p.3), por Díaz-Blanco et al., 2019.

“Los polisacáridos están compuestos por largas cadenas de unidades de monosacárido, que dan como resultado moléculas de carbohidratos polímeros” (Díaz-Blanco et al., 2019, p. 3).

Concreto

De acuerdo con la investigación de Abanto (2017) el concreto se compone de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones específicas para lograr propiedades deseadas, especialmente la resistencia (p. 4).

Asimismo Pasquel (1998) indica que “el concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable” (p. 30).

Componentes del concreto. Pasquel (1998) menciona que la tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo, asimismo otra manera más conveniente es dividirlo en agregado y pasta, donde la pasta separa y llena vacíos entre las partículas de agregado y se adhieren fuertemente a ella (p.33).

Concreto poroso

Definición. “Concreto permeable, también conocido como poroso, graduado el concreto poroso permeable o mejorado, consiste principalmente en cemento portland normal, agregado grueso de tamaño uniforme y agua” (American Concrete Institute [ACI], 2013, p. 8).

Según The Chemical Company BASF (2001) nos indica que el concreto poroso es una combinación de cemento Pórtland, agregado horrible, poquísimos contenidos o casi nulos de finos, aditivos y agua, diseñado para producir una mezcla de concreto con revenimiento cero (p.1). Las graduaciones agregadas usadas en concreto permeables son considerables agregados gruesos de un solo tamaño o una clasificación entre 3/4 y 3/8 pulg. (19 y 9,5 mm) (ACI, 2013, p. 10).

“Se pueden destacar las siguientes características del concreto poroso: El porcentaje óptimo del contenido de vacíos se encuentra entre 15 y 35%” (Sinarahua y Rimarachín, 2020, p. 35).

Su capacidad para resistir esfuerzos a compresión debe oscilar entre 2.8 a 28 MPa (400 a 4000 psi) y su capacidad de infiltración se encuentra condicionada por el tamaño de agregado y a su densidad, pero por lo general está en el intervalo de 81 a 730 L/min/m² (American Concrete Institute [ACI] 522R-06, 2014, p. 41).

Aplicaciones. Castillo y Trujillo (2019) mencionan que los usos más comunes del concreto poroso son: pavimentos de bajo volumen de tránsito, vías residenciales, callejones, estacionamientos y calzadas, drenaje en bordes de pavimento, entre otros. Además, ACI 522R-06 (2014) establece que el concreto permeable reduce el volumen de escorrentía, por lo que se usa principalmente como método de construcción para recargar el sistema de agua subterránea (p. 4).

El concreto permeable es considerado como una estrategia que impulsa la infraestructura verde y el desarrollo de bajo impacto, su implementación permite que el agua lluvia sea tratada como un recurso y no como un producto de desecho (ACI, 2013, p. 45).

Sin embargo según Castillo y Trujillo (2019) el concreto permeable presenta posibles inconvenientes que involucran su uso, en este caso si la percolación y colmatación de la estructura del pavimento supera su capacidad de infiltración, los poros se obstruirían, asimismo tener cuidado y mucha atención en los diseño de tipos de suelos expansivos y susceptibles de escarcha.

Clasificaciones de pavimentos porosos. Según Sinarahua y Rimarachín (2020) se clasifica en:

Pavimentos permeables discontinuos. Conformada de elementos impenetrables por el agua, que, al combinarse con componentes permeables, facilitan el paso uniforme del agua a través de sus estructuras garantizando de esta manera una conveniente infiltración, entre ellas tenemos: Césped grava con refuerzo y adoquines con ranuras (Sinarahua y Rimarachín, 2020, p.25).

Pavimentos permeables continuos. Cuya composición está dada por materiales porosos, el cual permite el pase uniforme del agua a través de toda su estructura, buscando de tal manera una buena permeabilidad, y son: Hormigón poroso, mezcla bituminosa porosa, estructuras de drenaje subterráneo, adoquines permeables y asfalto poroso (Sinarahua y Rimarachín, 2020, p.26).

Materiales o componente del concreto poroso. Euclid Group Toxement (2017) menciona que el concreto poroso está integrado por el cemento, agua y agregados. La cuantía de cemento generalmente varía entre 300 y 385 kg/m³, por otro lado la cantidad de agua debe guardar una relación agua – cemento en una relación entre 0.25 y 0.4, así poder mantener la estructura de vacíos, asimismo el tamaño nominal máximo de los agregados no debe exceder de 1/3 del espesor del pavimento especificado, entre los agregados que típicamente se utilizan en el concreto poroso están en una gradación entre 3/4’’ a 3/8’’ (19 a 9.5 mm) y pigmentos. (ACI, 2013, p. 15)

Cemento

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, solo o combinado con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida (Abanto, 2017, p. 6).

De acuerdo con Pasquel (1998) “el cemento Portland es un aglomerante que se obtiene a través de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, éste proceso produce un polvo muy fino que, al mezclarse con agua, se endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (p. 37).

Cemento SOL tipo I, cuya mezcla se obtiene mezclando el Clinker con el yeso, cumple con la Norma Técnica Peruana NTP – 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150, se utiliza en construcción de gran envergadura y es de uso general (Zhang et al., 2019, p.4).

Agregados

“Es un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la presente norma” (Norma Técnica Peruana [NTP] 400.012, 2018, p. 5).

Una forma de clasificar los agregados es de acuerdo a su tamaño:

Agregado Fino. Agregado que proviene de la desintegración de origen natural o artificial, pasando por el tamiz estandarizado de 9.5mm (3/8"), cumpliendo así con los requisitos de la norma NTP 400.037.

Agregado Grueso. Agregado que proviene de la desintegración de origen natural o artificial, pasando por el tamiz estandarizado de 4,75 mm (N°4), cumpliendo así con los requisitos de la norma NTP 400.037.

De acuerdo con ACI 522 (2013) “las graduaciones de agregados utilizadas en concreto permeable suelen ser un agregado grueso de un solo tamaño o una clasificación entre 3/4 y 3/8 pulgadas (19 y 9.5 mm)” (p. 8).

Así también para su elaboración se utilizan los agregados triturados y redondeados, livianos o normales, y deben cumplir los requisitos de ASTM D 448 y C 33, por otra parte,

los agregados finos evitar de utilizar los agregados finos ya que comprometen la conectividad del sistema de poro. (ACI 522, 2013, p. 8)

Según Sinarahua y Rimarachín (2020) mencionan que la calidad de los agregados es de vital importancia en la preparación del concreto convencional como en el concreto poroso, ya que los agregados deben estar libre de recubrimientos, duros y deben ser limpios, ay que la presencia de partículas contaminadas disminuyen la resistencia del concreto. (p.28)

Tabla 2

Rangos típicos - proporciones de materiales del concreto poroso.

Componentes	Proporciones
Materiales cementantes	270 a 415 kg/cm ³ (450 a 700 lb/yd ³)
Agregados	1190 a 1480 kg/m ³ (2000 a 2500 lb/yd ³)
Relación Agua-cemento	0.24 a 0.34
Relación agregados – cemento	4 a 4.5:1
Relación agregado fino – grueso	0 a 1:1

Nota. Proporciones de materiales para el concreto poroso basada en ACI 522R-10. Adaptado de *Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020* (p.29), por Sinarahua y Rimarachín, 2020.

Propiedades del agregado. Podemos mencionar las siguientes:

Dureza. “Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general el desgaste” (Cabrera, 2021, p. 31).

Densidad. “La densidad de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo, la resistencia o durabilidad son propiedades de concreto que requiere y depende de los agregados” (Pasquel, 1998; Cabrera, 2021).

Porosidad. “Considerada una de las más importantes propiedades físicas de agregado, dada su influencia sobre las otras propiedades durante los procesos de congelación, por ello el poro define al espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado” (Cabrera, 2021, p. 34).

“La condición para que un concreto sea permeable es que el contenido de vacíos sea mayor al 15%” (Sicakova y Kovac, 2020, p. 5)

Resistencia. Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión; la resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental al evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos. (Pasquel, 1998, p.102)

Características físicas de los agregados

Análisis granulométrico. “Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños, el cual estos valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semilogarítmico que permite apreciar la distribución acumulada” (Pasquel, 1998, p. 114).

De acuerdo con la clasificación unificada, los suelos se dividen en los suelos finos (material de tamaño inferior a 0,074 mm o 74µm-tamiz N°200) y suelos gruesos (material de tamaño superior o igual a 0,0074mm o 74µm-tamiz N°200); para la elaboración de mezclas de mortero o de concreto se emplean los suelos gruesos y se limita el contenido de suelo fino, ver Tabla 3. (Cabrera, 2021, p. 42)

Tabla 3

Análisis granulométrico a partir de tamices.

Tipos de agregados	Tamices Regulados (N)
Fino	100 [150 µm]
	50 [300 µm]
	30 [600 µm]
	16 [1.18 mm]
	8 [2.36 mm]
	4 [4.75 mm]
Grueso	3/8 [9.5 mm]
	1/2 [12.5 mm]
	3/4 [19.0 mm]
	1 [25 mm]
	1 ½ [37.5 mm]
	2 [50 mm]
	2 ½ [63 mm]
	3 [75 mm]
3 ½ [90 mm]	
4 [100 mm]	

Nota. Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico. Tomado de *la Norma Técnica Peruana 400.011: Agregados, definición y clasificación* (p.11), por NTP 400.011, 2008 .

Granulometría de agregado fino. El cual consiste tamizar las partículas por una serie de mallas de aberturas estandarizadas y pesar los materiales refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total, y de esta manera se busca averiguar la distribución del agregado fino con relación a los diferentes diámetros de sus partículas, se utilizan los tamices del N°4 al N°100, como se puede apreciar en la Tabla 3. (American Society for Testing and Materials [ASTM] C33, 2011, p. 9)

Granulometría de agregado grueso. La Norma Técnica Peruana (NTP:400.012, 2018) define que “el agregado grueso debe ser graduado de los parámetros dados en la Tabla 4, donde se establecen los límites granulométricos del material con la finalidad que cumpla con las especificaciones técnicas en la elaboración de concreto” (p.6).

Por otra parte Prado y Romero (2021) indican que las granulometrías del agregado grueso usadas en el concreto poroso generalmente son de agregado grueso de un solo tamaño o granulometría de entre 3/8” y 3/4” de pulgada (9,5 y 19 mm), asimismo los agregados triturados y redondeados, tanto los normales como los de peso ligero, han sido usados para hacer concreto permeable y deben cumplir los requisitos de ASTM D448 y C33. (p.43)

Ensayos de laboratorio para los agregados

Análisis granulométrico. Según la Norma Técnica Peruana (NTP:400.012, 2018) es “la representación de la distribución de los tamaños que posee el agregado” (p. 4).

Módulo de finura. Según la Norma Técnica Peruana (NTP:400.012, 2018) es “el factor de los tamaños que posee el agregado” (p. 5).

Peso específico. Según la Norma Técnica Peruana (NTP:400.021, 2013) y la Norma Técnica Peruana (NTP:400.022, 2013) mencionan que el peso específico es la relación entre la masa de un volumen unitario de material a una temperatura constante y la masa del mismo volumen de agua a temperaturas indicadas; en este sentido, se deben tener en cuenta las siguientes definiciones: peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y peso específico aparente. (p. 10 – 12)

Absorción. Es el aumento de la masa del agregado que se debe a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un período de 24 horas, excluyendo el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas. Este aumento se expresa como un

porcentaje de la masa seca. (Norma Técnica Peruana [NTP] 400.021, 2013; Norma Técnica Peruana [NTP] 400.022, 2013)

Peso unitario suelto y compactado. “El peso unitario es el peso del material seco necesario para llenar cierto recipiente de volumen unitario, está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, asimismo del grado de compactación” (Prado y Romero, 2021, p. 46).

Contenido de humedad. Lo define como la cantidad de agua que el agregado contiene en su estado original, se debe tener en cuenta al momento de realizar los diseños de mezclas, debido a que esta condición nos obligará a ejecutar la corrección del agua de mezcla. (Inga, 2019, p. 47)

Agua

Abanto (2017) indica que el agua “es un elemento fundamental en la preparación del concreto, están relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido” (p. 9).

Agua de mezcla. El agua de mezcla en el concreto tiene funciones como: reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. (Pasquel, 1998, p. 83)

De acuerdo con ACI 522 (2013) la calidad del agua utilizada en el concreto poroso o permeable debe tener una relación agua/cemento relativamente baja, que oscila entre 0.26 y 0.40. Esto se debe a que una cantidad excesiva de agua puede conducir al drenaje de la pasta y a la posterior obstrucción del sistema de poros. (p. 84)

Tabla 4

Husos granulométricos para poder realizar los diseños de mezclas.

Tamaño Numero	Tamaño Nominal (Tamices abertura cuadrada)	Requisitos de calificación para agregados gruesos															
		Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso															
		con	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 (1")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.35 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	300 µm (N°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 N°4)					100	90 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 19.0 mm (1 ½" a N°4)						100	90 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 N°4)							100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5			
6	19.0 a 9.5 mm (¾" a N°4)								100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
67	19.0 a 4.75 mm (1/2" a N°4)								100	95 a 100		20 a 55	5 a 10	0 a 5			
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a N°4)									100	95 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5			
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N°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 N°16)											100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18 mm (N°4 a N°16)												100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota. Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico de agregado grueso. Adaptado de *Standard Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction* (p.2), por American Society for Testing and Materials, 2012. ASTM International, 14(3).



Agua para curado. El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo el concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua; por otra parte el concreto alcance el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado y el 30% durante los días posteriores, dependiendo de las condiciones de temperatura, humedad y tiempo de curado permanente que se encuentra el concreto. (Palma, 2022, p. 22)

Propiedades del concreto

En estado fresco. Según Inga (2019) el estado fresco del concreto permeable está comprendido desde el momento de la elaboración de la mezcla de concreto hasta llegar al proceso de endurecimiento inicial, conservando sus características físicas, permitiendo ejecutar las operaciones de mezclado, transporte, colocación, compactación y acabado. (p. 21)

Consistencia o asentamiento. “Está definido por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada” (Pasquel, 1998, p. 157).

La consistencia es la característica que permite evaluar la capacidad del concreto en estado fresco para llenar completamente el molde troncocónico bajo una presión mínima, el método más utilizado para determinar esta propiedad es el ensayo de revenimiento, asentamiento o Slump del concreto. (Inga, 2019, p.52)

Tabla 5

Clases de mezclas según su asentamiento.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Fluida	>5”	Muy trabajable	Chuseado
Plástica	3” a 4”	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Seca	0” a 2”	Poco trabajable	Vibración normal

Nota. Un concreto permeable se recomienda asentamiento máximo de 20mm y mínimo revenimiento de 0 mm según el Instituto Americano del Concreto. Adaptado de *Influencia de la adición de mucílago de nopal (Opuntia ficus-índica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable*, 2019 (p.51), por Inga, 2019, UPU.

Ensayo de consistencia del concreto. “Este ensayo también es llamado revenimiento o Slump test, el cual es utilizado para caracteriza el comportamiento del concreto fresco y el equipo a utilizar es el cono de Abraham” (Pasquel, 1998, p.171).

Trabajabilidad. “La trabajabilidad que presenta el concreto fresco, es para ser mezclado, compactado, colocado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones” (Pasquel, 1998, p.157).

Densidad o peso unitario. “Es la masa del material necesario para llenar un volumen unitario, es decir es la masa por unidad de volumen del concreto en estado fresco” (Inga, 2019, p.52).

El peso unitario cambia dependiendo de la cantidad y densidad relativa del agregado, también de la cantidad del aire atrapado o incorporado, y de los contenidos de agua y material cementante, estos a su vez se ven afectados por el tamaño máximo TM del agregado. (Inga, 2019, p.52)

Para determinar el peso unitario del concreto se usará la siguiente ecuación (NTP 339.046, 2008):

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (1)$$

Donde

D= densidad (peso unitario) del concreto (kg/m³)

Mc= Masa del recipiente lleno del concreto (Kg)

Mm=Masa del recipiente (Kg)

Vm=Volumen del recipiente (m³)

Porcentaje de vacíos. La composición del concreto presenta huecos en su interior debido a la forma de las partículas de los agregados (Inga, 2019, p.55). El porcentaje de huecos (vacíos) afecta directamente la permeabilidad del material y, en particular, su capacidad de absorción acústica, es decir un bajo porcentaje de huecos puede aumentar las posibilidades de obstrucción de los poros en la mezcla, lo cual puede evitarse utilizando agregados de tamaño grande (ACI 522, 2013, p.45).

Contenido de vacíos. “Con un elevado contenido de vacíos, aumenta la permeabilidad y disminuye la resistencia, este porcentaje de vacíos está determinado por la energía de compactación entregada, junto con las variables ya mencionadas” (Cabello et al., 2015, p.4).

Según Cabello et al. (2015) el concreto poroso de tener como mínimo un 15% de huecos, y como máxima no supere el 25% por la poca estabilidad de la mezcla; el porcentaje de espacio vacío es parcialmente dependiente del tamaño de agregado utilizado: agregado de 10 mm produce 15 a 25% de contenido de vacío; roca de 12 mm produce 30 a 40% de contenido de vacío y una superficie notoriamente más áspera, ver Tabla 6.

En el caso de pavimento permeable el máximo tamaño del agregado está restringido a un tercio del grosor especificado del pavimento. Se puede utilizar agregado más grande, pero la textura es tan áspera que no es adecuado para muchas aplicaciones de pavimentación. (Cabello et al., 2015, p.4)

Tabla 6

Propiedades típicas del concreto poroso.

Propiedades típicas del concreto poroso	
Propiedades en estado plástico	Kg/cm³
Densidad	1680 – 2000
Contenido de vacíos 15 – 30%	
Propiedades en estado endurecido	MPa
Resistencia a compresión a los 7 días	10 -14
Resistencia a compresión a los 28 días	12 -20

Nota. Propiedades típicas del concreto poroso, esta debe ser corroborados mediante pruebas de laboratorio. Adaptado de *Concreto poroso o concreto permeable* (p.4), por Euclid Group Toxement, 2017, TOXEMENT.

En estado endurecido

Resistencia. La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento en general consiste tomas muestras durante el mezclado y someter a pruebas de compresión; la resistencia dosificada debe ser alcanzado a los 28 días (Abanto, 2017, p.51).

Según Pasquel (1998) indica los factores que afectan la resistencia:

- La relación a/c: Factor principal que influye en la resistencia del concreto.
- Contenido de cemento: La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido del cemento

- Tipo de cemento: La rapidez de desarrollo de resistencia varia para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.
- Las condiciones de curado: Las reacciones de hidratación del cemento solo ocurren de una cantidad adecuada de agua, por ello se debe mantener húmedo el concreto durante un periodo de curado.

Según Cabrera (2021), nos indica que la Norma Técnica Peruana 339.034, método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, nos muestra todo el procedimiento para determinar la resistencia a compresión del concreto.

Ensayo de resistencia del concreto. Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla; dicha resistencia a la compresión de la probeta se calcula (Pasquel, 1998, p.175):

$$f'c = \frac{\sigma_{\text{max alcanzada durante ensayo}}}{A_{\text{seccion recta de la probeta}}} \quad (2)$$

Por otra parte, el aparato a usarse debe ser una máquina de ensayo con una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 MPa/s, esta máquina debe estar equipada con bloques de acero con caras resistentes una de las cuales se asentará sobre una rotula que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma (Pasquel, 1998, p.178).

Selección de la resistencia promedio. Según Palma (2022) de acuerdo con el American Concrete Institute en el libro de Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, cuando se dispone de una base de datos que permite conocer la desviación estándar, es posible calcular la resistencia promedio requerida aplicando la fórmula que se muestra a continuación (p.64):

$$f'cr = f'c + 1.4s \quad (3)$$

$$f'cr = f'c + 2.33s - 35 \quad (4)$$

No obstante, en caso de que no se disponga del valor de la desviación estándar, el comité del ACI sugiere que se puede calcular la resistencia promedio requerida utilizando las fórmulas indicadas en la Tabla 7.

Tabla 7*Determinación de la resistencia promedio sin desviación estándar.*

f'c (kg/cm²)	f'cr
Menos de 210 kg/cm ²	f'c + 70
De 210 a 350 kg/cm ²	f'c + 84
Mas de 350 kg/cm ²	f'c + 98

Nota. Propiedades típicas del concreto poroso, esta debe ser corroborados mediante pruebas de laboratorio. Adaptado de *Concreto poroso o concreto permeable* (p.4), por Euclid Group Toxement, 2017, TOXEMENT.

Permeabilidad. Según Inga (2019), define la permeabilidad como la capacidad de un material donde traspasa el fluido por él, sin afectar su estructura interna; por ello los factores que dependen la velocidad del fluido son: presión a la que el fluido se encuentra sometido, porosidad del material y densidad del tipo de fluido que es afectada por su temperatura, por otra parte la permeabilidad de un material indica que tiene una estructura porosa o con espacios vacíos que están conectados entre sí, lo que le permite absorber otros elementos. (p. 25)

“Una de las características más significativas del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de su estructura” (Pasquel, 1998, p.178). Según Inga (2019) indica que la norma ACI 522R indica que la capacidad filtrante está en un rango de 2 a 18 gal/min/ft² (81 a 730 L/min/m²) o 192 a 1724 pulg/hora (0.14 a 1.22 cm/s) dependiendo del porcentaje de vacíos que esté presente. (p.60)

La permeabilidad o conductividad hidráulica de una muestra saturada se puede medir en laboratorio a través de dispositivos denominados permeámetros; todos los permeámetros se componen de una cámara en la cual se ubica una muestra de roca o suelo, en el caso particular de ensayos en roca los permeámetros utilizan muestras de forma cilíndrica.

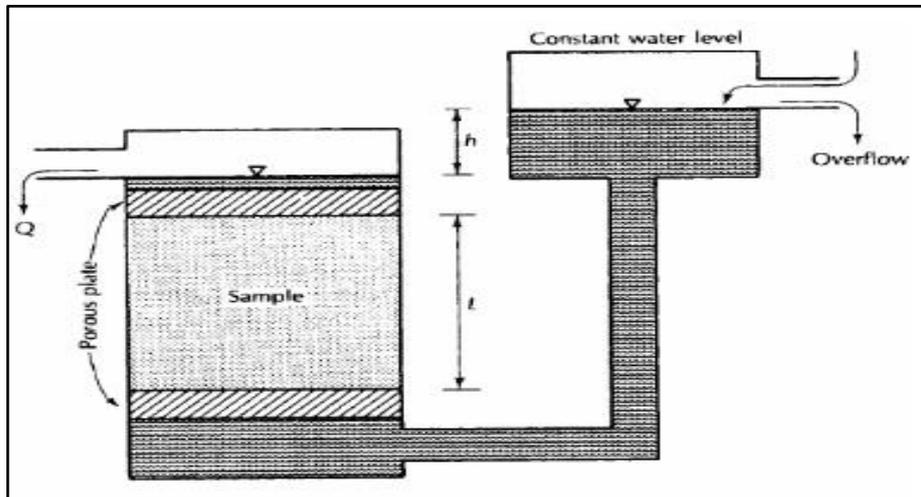
Se tiene dos tipos de permeámetro, para esta investigación se utilizará el permeámetro de carga variable:

Permeámetro de carga constante. Se utiliza para el caso de sedimentos no cohesivos tales como arena y rocas, por ello un esquema de permeámetro de carga constante se presenta en la Figura 3, tal como se observa, posee una cámara de carga con

alimentación de agua constante, con lo que el agua se mueve a través de la muestra hasta alcanzar un régimen de equilibrio o estacionario. (Inga, 2019, p.61)

Figura 3

Permeámetro de carga constante.



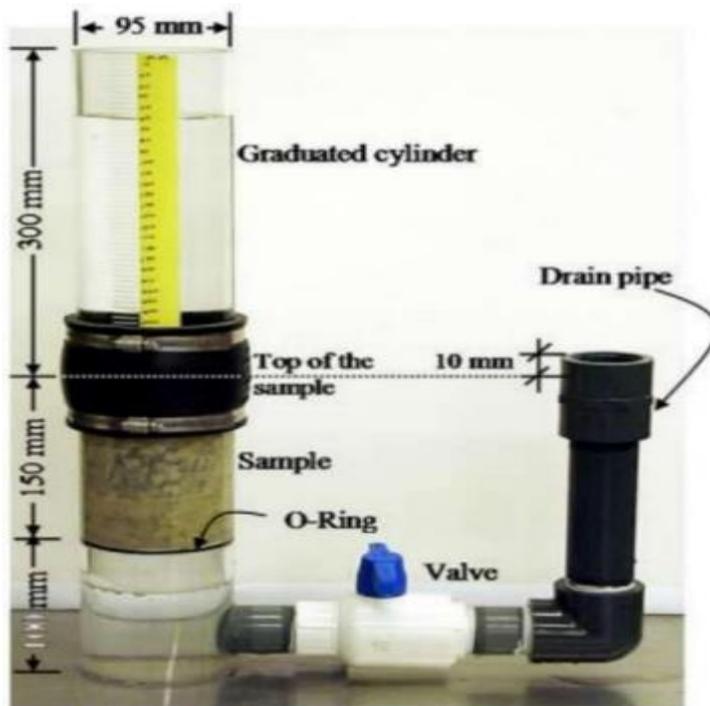
Nota. Permeámetro de carga constante. Adaptado de *Influencia de la adición de mucílago de nopal (Opuntia ficus-índica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable* (p. 61), por Inga 2019,UPN.

Permeámetro de carga variable. Se utiliza para el caso de sedimentos cohesivos y con baja permeabilidad, en este caso la cámara de carga de nivel constante se reemplaza por un tubo vertical en el cual se produce el descenso del nivel de agua a medida que esta atraviesa la muestra, por ello la determinación del conductividad hidráulica se anota el nivel inicial de agua en el tubo; enseguida después de un tiempo t se mide la posición del agua en el tubo vertical; asimismo, tener en cuenta que datos como el diámetro interior del tubo vertical, la longitud de la muestra y su diámetro respectivo deben ser conocidos. (Inga, 2019, p. 62)

Según el ACI 522 (2013) en su publicación reportado por el comité ACI 522R-06 la permeabilidad en concreto poroso se mide mediante el permeámetro de carga variable dado por Neithalath et al., que hace referencia en el ACI 522R – 06, Capítulo 4, acápite 4.5. (p.11).

Figura 4

Permeámetro de carga variable.



Nota. Permeámetro de carga variable según Neithalath et al. Para hormigón permeable. Adaptado de *Información técnica en la aplicación de concreto permeable* (p.13), por el comité ACI 522R – 06, 2014.

Para el permeámetro variable, (el que se usa en esta investigación), el coeficiente de permeabilidad fue calculado utilizando la ley de Darcy:

$$k = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (5)$$

Donde:

- “k = coeficiente de permeabilidad (cm/s)”
- “L = altura de la muestra (cm)”
- “A = área de la muestra (cm²)”
- “a= área de la tubería de carga (cm²)”
- “t = tiempo de demora en pasar h₁ a h₂ (s)”
- “h₁ = altura de la columna de agua medida del nivel de referencia (cm)”
- “h₂ = altura de la tubería de salida con respecto al nivel de referencia (cm)”

Aditivos

“Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto” (Pasquel, 1998, p. 140).

Según Abanto (2017) un aditivo es un material utilizado como componente del concreto y/o mortero, las cuales se añaden durante el mezclado, con el fin de modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando, facilitar su colocación y reducir los costos de operación. (p. 31)

“Existen variedades de aditivos, las cuales son: aditivos acelerantes, incorporadores de aire, reductores de agua - plastificantes, superplastificantes, impermeabilizantes, retardadores y se pueden encontrar otros tipos de aditivos que se va utilizando en construcciones” (Abanto, 2017, p. 21).

Aditivos naturales en la antigüedad

Desde la época de los romanos, se emplearon aditivos agregados al concreto de cal y puzolanas, por ello se cree que los primeros aditivos fueron la sangre de toro y la clara de huevo, los cuales se utilizaron para mejorar las características de la mezcla en estado plástico; posteriormente después de la creación del prototipo de cemento Portland moderno, se vio la necesidad de obtener unos fraguados más regulares en el cemento, para lo cual se utilizó el yeso crudo o el cloruro de calcio, que se agregaban al cemento o al concreto en el momento de mezclarlo. (Romero, 2021, p.7)

Mantos acuíferos

Mora et al. (2019) menciona que “el manto acuífero es la formación o estrato geológico permeable, compuesta de piedra porosa, grava o arena, que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus grietas o poros” (p. 2).

Por otra parte según, según Hernández y Vanegas (2020) indican que los mantos acuíferos llamada también aguas subterráneas se forman gracias a las aguas pluviales que se infiltran en el suelo hasta llegar a estratos impermeables que impiden el paso del agua y se deposita entre las rocas subterráneas; por ello las aguas pluviales que se infiltran en el suelo permiten recargar de agua las rocas porosas de los acuíferos. (p. 22)

Importancia. Los mantos acuíferos menciona Torres (2022) que contribuyen permanentemente a los caudales de ríos, esto permite que no se sequen cuando no reciben otras cargas como el agua de lluvia, asimismo estos almacenan agua dulce para poder abastecer el consumo humano, industrial y agropecuario.

Acuífero. Es el conjunto de rocas que permiten la permeabilidad del agua y la pueden acumular en sus poros o grietas, a esta agua retenida en las estructuras rocosas se la conoce como agua subterránea (Hernández y Vanegas, 2020, p.20).

“Los acuíferos contienen las aguas que provienen de la infiltración del suelo de las aguas de precipitaciones, lagos o ríos, ya que al pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas” (Mora et al., 2019, p. 2). Es así que Hernández y Vanegas (2020), mencionan que “los acuíferos presenta varios tipos, de acuerdo a las características litológicas, tipo de huecos, presión hidrostática y/o extensión” (p. 2).

Según Hernández y Vanegas (2020) existen tres tipos de acuíferos: acuíferos libres, las cuales son en los que el nivel superior de saturación se encuentra a presión atmosférica; otro tipo de acuífero son los acuíferos confinados, que corresponden a formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua, confinadas entre dos capas acuífugas o acuícludo; por ultimo los acuíferos semiconfinados, son acuíferos semiconfinados pueden recibir un a cierta recarga, a través de la capa semipermeable que los confina (p.22).

Diseño de mezcla

El diseño de mezcla es el proceso donde quedan definidas las características requeridas en el concreto, dichas características se verán reflejadas directamente en las propiedades del concreto en estado endurecido y fresco, es por ello que el diseño de mezcla proporciona las especificaciones finales, uso y manipulación de la mezcla de concreto. (Palma, 2022, p.34)

Método ACI 522R-06. Para este estudio de investigación, se utilizó el método de diseño de mezclas del Instituto Americano del Hormigón (ACI 522R-06) para el hormigón permeable. Este método proporciona pautas para el diseño de mezclas, selección de materiales, propiedades, proporciones de mezcla (tanto en peso como en volumen de los

componentes del hormigón) y pruebas e inspecciones necesarias. (ACI 522R-06, 2014, p.1-2)

Prueba estadística

Análisis de varianza: es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente en si en cuanto a sus medias y varianza (R. Hernández et al., 2014, p.346).

2.4. Definición de Términos

Aguas pluviales.

son las aguas provenientes de las lluvias que escurren superficialmente por el terreno.

Concreto poroso.

concreto sin finos o concreto permeable es un material con una estructura abierta y un nivel de fluidez de cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, una mínima cantidad de finos o incluso sin ellos, aditivos y agua.

Construcción

El acto de hacer una estructura nueva usando el ingenio y diferentes materiales y la obra, edificio o estructura concluida.

Ecoamigable.

Durante el proceso de fabricación se han seguido estrictos procedimientos para disminuir el impacto sobre el medio ambiente y sobre los seres vivos del mismo.

Escorrentía.

Parte de la precipitación que llega a alimentar a la corriente superficial, continua o intermitentes, de una cuenca.

ICU.

La Isla de Calor Urbano, es un fenómeno muy conocido en las grandes ciudades, éste consiste en que los núcleos urbanos experimentan temperaturas más altas que en sus alrededores, debido a la actividad humana.

Influencia.

Efecto, consecuencia o cambio que produce una cosa en otra.

Permeabilidad.

Puede ser penetrado o traspasado por el agua u otro fluido.

Porosidad.

Propiedad de un material vinculada a los espacios vacíos de los que dispone en su superficie o estructura.

Sostenible.

Satisface las necesidades de las generaciones actuales y futuras, al mismo tiempo que se garantiza un equilibrio entre el crecimiento de la economía, el respeto al medioambiente y el bienestar social.

2.5. Variables

a. Variables independientes

Nopal (*Opuntia ficus-indica*)

Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% respecto al peso del cemento, respectivamente.

Linaza (*Linum usitatissimum*)

Mucilago de Linaza (*Linum usitatissimum*) en porcentajes de 10%, 15% y 20% respecto al volumen del agua, respectivamente.

b. Variables dependientes

Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

Permeabilidad (cm/s)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Materiales

Los materiales que se utilizaron fueron:

- Agregado grueso
- Agregado fino
- Cemento Tipo I (SOL).
- Agua
- Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)
- Mucilago (baba) de linaza (*Linum usitatissimum*)
- Herramientas manuales

Equipos de laboratorio

Se utilizaron los siguientes equipos y herramientas en el estudio:

- Una balanza con una aproximación de 0.01 g (precisión)
- Martillos de goma
- Cono metálico de Abrams para medir el asentamiento del concreto (SLUMP)
- Barra compactadora de metal
- Horno eléctrico
- Mezcladora de concreto
- Recipientes
- Cucharón metálico
- Máquina de ensayo para la resistencia a la compresión
- Agitador de mallas mecánico.
- Moldes de acero 15cm x 30cm, brocha.
- Juego de tamices para agregado fino: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200, fondo y tapa
- Juego de tamices para agregado grueso (piedra chancada): 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16.
- Permeámetro de carga variable

Equipos de gabinete

Los equipos que se utilizaron fueron:

- Laptop
- Cámara fotográfica
- Impresora
- Software Excel 2019
- IBM SPSS versión 25

3.2. Método

Tipo de investigación

El presente estudio según su finalidad de estudio es de tipo aplicada; porque se va a estudiar la influencia del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*), sobre las propiedades del concreto poroso endurecido (resistencia a la compresión $f'c=175$ Kg/cm² y permeabilidad). “Este tipo de investigación refiere que mediante la teoría se encargara de resolver los problemas prácticos, basados en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se plantea en el objetivo del estudio” (Salinas, 2012, p.46), es decir se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías; según la profundidad de estudio es explicativo ya que responde las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, explica en qué condiciones se manifiesta o por que se relacionan dos o más variables (R. Hernández, 2014, p.131). Así mismo según el enfoque de investigación es tipo cuantitativo, ya que se comprendió y describió el fenómeno con medición numérica y fueron analizados de modo estadístico.

En relación a la cronología de los hechos es prospectiva, ya que se estudiaron las relaciones causa y efecto, donde luego se realizó la comparación de las propiedades del concreto endurecido adicionados con los aditivos, con otro sin aditivos.

Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, ya que se manipuló intencionalmente las variables: el mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*), para poder ver su influencia sobre las otras variables: resistencia a la compresión $f'c=175$ Kg/cm² y permeabilidad. Con un tipo experimento puro, ya que se utilizó un grupo control y grupo experimental (con posprueba únicamente), se realizó una comparación entre los dos diseños

de mezcla, una es el diseño control y la otra es un diseño experimental con una adición de mucílago de nopal de 0.5%, 1.0%, 1.5% con respecto al peso del cemento y al 10%, 15% y 20% del mucílago de linaza con respecto al volumen del agua, luego se evaluaron las propiedades del concreto poroso endurecido (la resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y permeabilidad), por ello R. Hernández et al. (2014) señala que “la investigación experimental es aquella investigación en la cual se manipulan intencionalmente las variables, observando fenómenos tal como se dan en su contexto”.

Diseño Experimental. La investigación se enmarca en un Diseño Completo al Azar (DCA) con un arreglo factorial, donde los factores en estudio fueron los días de curado y los porcentajes de adición del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*), con tres repeticiones. Para ello se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA), para comprobar si existen diferencias en las medias de los grupos de experimento en estudio, asimismo se utilizó la prueba Duncan para poder comparar los pares de medias del tratamiento control y tratamientos experimentales.

Población o universo

En este estudio, se utilizaron un total de 48 probetas cilíndricas de concreto poroso de dimensiones 0.15x0.30m, siguiendo el estándar de construcción establecido para una resistencia de 175 Kg/cm^2 . La muestra se distribuyó de la siguiente manera: 12 probetas sin aditivo natural (grupo control) y 36 probetas con adiciones de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en concentraciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% respecto al peso del cemento, y mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*) en concentraciones de 10%, 15% y 20% respecto al volumen de agua.

Unidad de análisis y muestra

Unidad de análisis. Probetas de concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, incluyendo un grupo de control y probetas adicionales con diferentes porcentajes de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*).

Muestra. El método de muestreo utilizado será no probabilístico - muestra de casos tipo, como lo indica R. Hernández (2014) este tipo de muestreo implica que la selección de los elementos no se basa en la probabilidad, sino en causas relacionadas con las características de la investigación o los objetivos del investigador.

El tamaño de la muestra es igual a la población, por lo que como se mencionó anteriormente, se prepararon un total de 48 probetas, con base en la resistencia a la compresión, como lo indica el Código Nacional de Edificación, norma técnica E.060, que establece que “el promedio de la resistencia de dos probetas cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de prueba especificada para la determinación de f_c se considera una prueba de resistencia” (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2019).

En este caso y fundamentalmente en lo anterior se elaboraron 3 probetas por tipo de concreto (concreto poroso testigo $f_c = 175\text{kg/cm}^2$ y con adición en distintos porcentajes de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*)) y por un tiempo de curado (7, 14 y 28 días), asimismo para la prueba de la permeabilidad se elaboraron 3 probetas por tipo de concreto poroso experimental y por un tiempo de curado (28 días), así tenemos, ver Tabla 8 y Tabla 9:

Tabla 8

Resumen de la elaboración de probetas a ensayar, para la resistencia a la compresión.

		Resistencia a la compresión		
		O1 (7 días)	O2 (14 días)	O3 (28 días)
GC (1)	Concreto poroso $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ (aditivos 0%)	3	3	3
	Concreto poroso $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 0.5% MOF y 10%MLU	3	3	3
GE (4)	Concreto poroso $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 1.0% MOF y 15%MLU	3	3	3
	Concreto poroso $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 1.5% MOF y 20%MLU	3	3	3
Total		36		

Tabla 9

Resumen de la elaboración de probetas a ensayar, para la permeabilidad.

		Permeabilidad
		P1 (28 días)
GC (1)	Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (aditivos 0%)	3
	Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF y } 10\% \text{ MLU}$	3
GE (4)	Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\% \text{ MOF y } 15\% \text{ MLU}$	3
	Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF y } 20\% \text{ MLU}$	3
Total		12

Donde:

- GC : Grupo control
- GE : Grupo experimental
- MOF : Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)
- MLU : Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)
- O1, O2 y O3 : Medición de resistencia a la compresión
- P1 : Medición de permeabilidad

Hipótesis

Hipótesis nula

Ho: Ningún tratamiento con incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influyen en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos.

Hipótesis alterna

Ha: Al menos un tratamiento con incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influyen en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos.

Contrastación de hipótesis de la investigación

Si $F_{cal} \geq F_{tabular}$ y $Pr < 5\%$ La hipótesis alterna es aceptada, lo que indica que hay una diferencia significativa entre las medias a evaluar.

Por lo tanto, se llevará a cabo la prueba F con un nivel de significancia del 5%.

Si $F_{cal} < F_{tabular}$ y $Pr > 5\%$ La hipótesis nula es aceptada, lo que indica que no hay una diferencia significativa entre las medias.

Coefficiente de variación

Modelo lineal DCA para encontrar el error:

$$Cv(x) = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{Y}} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

$$\sqrt{CME} \approx S: \text{variación estándar}$$

\bar{Y} : media

Análisis de varianza

Suma de cuadrados

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2 \quad (7)$$

$$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad (8)$$

$$SC_{total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{..})^2 \quad (9)$$

Prueba de Duncan

Se utilizó el método de cálculo de rangos múltiples para las muestras de ensayo:

$$R_p = r_\alpha(p, f) S_{\bar{y}_i} = r_\alpha(p, l) \sqrt{\frac{CME}{n}} \quad (10)$$

Donde

R_p : “amplitudes mínimas significativas”

α : “nivel de significancia de 0.05”

p : “2,3,4, ..., k”

$$f = n - k$$

n : “número de replicas o muestras”

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Observación experimental. Los datos fueron recopilados a través de la observación deliberada y selectiva del investigador, en condiciones que pudiera controlar y manipular. Es decir, la observación se llevó a cabo directamente en todos los ensayos realizados bajo la responsabilidad del investigador y que cumplieron con los estándares establecidos por el ACI y la NTP.

Análisis documental. Los datos se obtuvieron de fuentes secundarias, como tesis (nacionales e internacionales), normas (ACI y Normas Técnicas Peruanas), libros y documentos, los cuales están correctamente citados en las referencias de este estudio, con el propósito de utilizar esta información para el análisis de las variables de interés.

Instrumentos de recolección de datos

“Es un recurso, dispositivo, o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información, para la presente investigación se aplicaron los siguientes” (Arias, 2012, p.45).

Fichas y/o reporte de laboratorio. Para la recolección de datos, de los ensayos de materiales se utilizaron fichas para los diferentes ensayos a realizar en el laboratorio.

Documentos escritos. Según normas ACI 522R-06 y Normas Técnicas Peruanas sobre las propiedades del concreto poroso.

Como los siguientes:

Agregados

- ♦ “El muestreo para materiales de construcción, se utilizó la NTP 400.010, asimismo se utilizó los agregados de la cantera Taclán - Huaraz, para luego realizar los ensayos correspondientes de los agregados para obtener sus propiedades físicas, con la información” de los siguientes documentos:
 - La cantidad de material que atraviesa el tamiz de 75 μm (N° 200) mediante el proceso de lavado (NTP 400.018).
 - Peso unitario y vacío de los agregados sueltos y varillado (NTP 400.017).”
 - Análisis granulométrico de los agregados (NTP 400.011 y NTP 400.012).”
 - Gravedad específica y Absorción del agregado grueso (NTP 400.021 y NTP 400.022).”
 - El peso unitario suelto y compactado basado en la norma NTP 400.017.
 - Método de ensayos para contenido de humedad total de agregado por secado (NTP 339.185).”

Así, se pudo llevar a cabo la formulación de la mezcla para el concreto poroso de referencia con una resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando el método ACI 522R-06, y se añadió un aditivo natural en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% de mucílago de nopal en relación al peso del cemento, y 10%, 15% y 20% de linaza en relación al volumen de agua.

Concreto Poroso

“Una vez terminada el diseño de mezclas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, se procedió a elaborar los especímenes de concreto que para este ensayo tendrán las medidas de 15cm de diámetro y 30cm de alto, las cuales fueron curados a los 7, 14 y 28 días, con la ayuda de los siguientes” documentos:

- El Asentamiento del Hormigón – Revenimiento (NTP 339.035).”
- Peso unitario y contenido de huecos del concreto fresco (NTP 339.046 - ASTM C1688).”
- Preparación y curado de probetas de concreto (NTP 339.183).”
- Ensayo de compresión de muestras cilíndricas de concreto a los 7, 14 y 28 días (NTP 339.034).”

Además, también se procedió a elaborar un permeámetro, según lo establecido por el ACI 522R - 06, en el capítulo 4, el cual nos sirvió para realizar el ensayo de

permeabilidad de las probetas y finalmente comprobar si la adición de los aditivos naturales en diferentes porcentajes del mucilago de nopal y linaza influyen en la permeabilidad, con la ayuda del siguiente documento:

- ♦ Ensayo de permeabilidad de testigos a los 28 días (ACI 522R-06).

Los datos que se obtuvieron al realizar los ensayos mencionados fueron colocados en fichas de resumen.”

Técnica de Procesamiento y análisis de datos

“La estadística descriptiva, tiene como finalidad comparar los datos obtenidos de diversos análisis utilizando gráficos, fórmulas y programas computacionales, tales como Excel y otros relacionados a la investigación” (Sinarahua y Rimarachín, 2020, p. 42).

La técnica de procesamiento que se utilizó fue la técnica de procesamiento de datos estadísticos mediante la recolección de datos a evaluar sobre los parámetros del concreto poroso endurecido $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, con adición del mucilago de nopal y la baba de linaza. Se logró mediante distintos ensayos y el uso de fichas de recolección de datos, donde se anotó los datos resultantes de las pruebas a la compresión y permeabilidad a los cuales se someterán las probetas para luego poder elaborar cuadros, tablas, gráficas y curvas, con ayuda del software Excel y IBM SPSS versión 25. A partir del análisis de los mismos se pudo contrastar las hipótesis respectivas, siguiendo el procedimiento del Análisis de la Varianza (ANOVA), que permite descubrir si los resultados de una prueba son significativos, por otro lado se aplicó la prueba de comparaciones de Duncan, siendo este un procedimiento interactivo mediante el cual buscamos comprobar la igualdad de medias basándonos en las más extremas.

Parámetros a evaluar

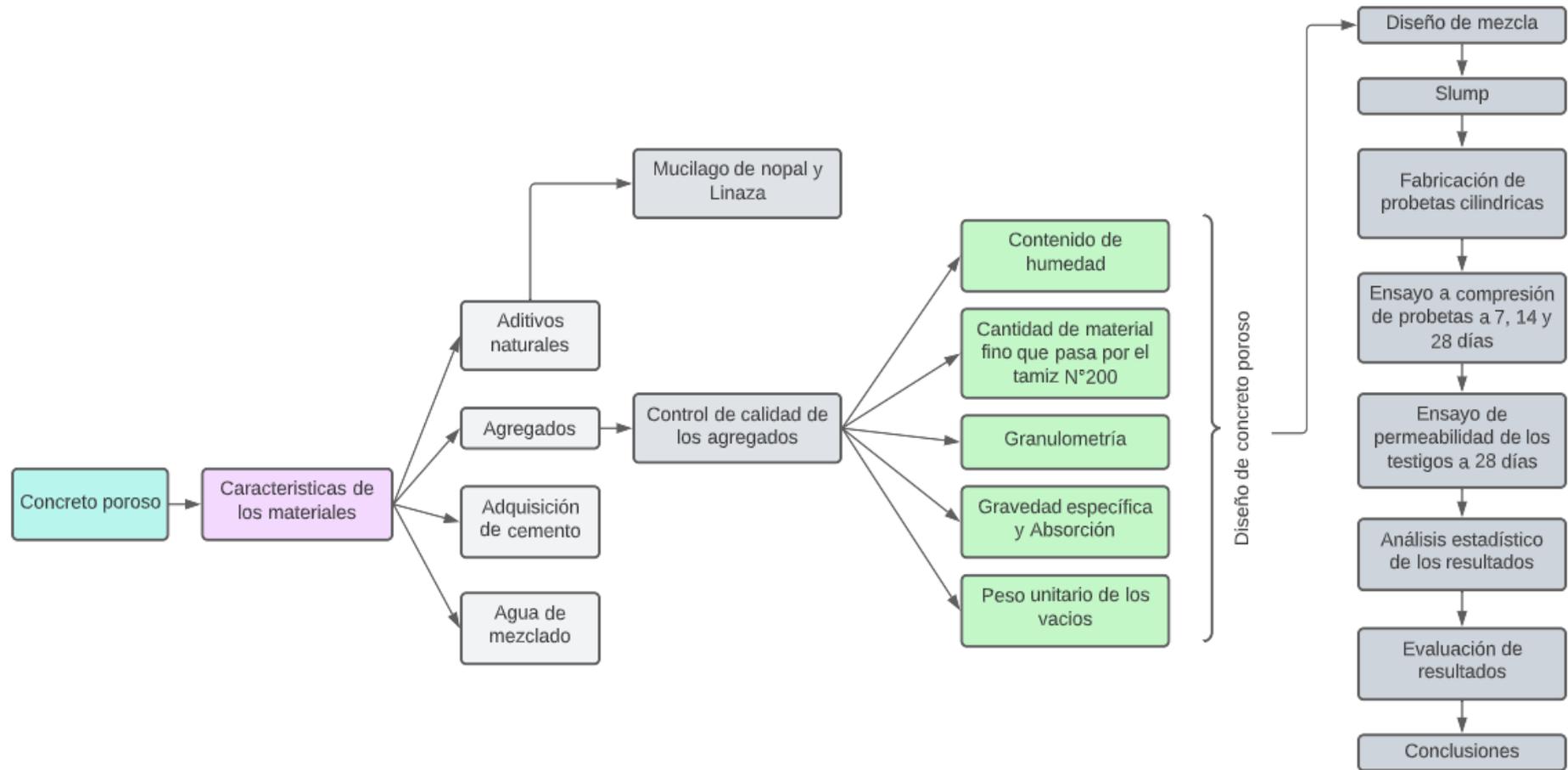
Los parámetros a evaluar son las propiedades del concreto poroso endurecido $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$: Resistencia a la compresión y permeabilidad

3.3. Procedimiento de la investigación

En la Figura 5 se presenta la metodología empleada para cumplir el objetivo propuesto de la investigación en la influencia del mucilago de nopal y linaza sobre las propiedades del concreto poroso endurecido $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$:

Figura 5

Diagrama de flujo de la elaboración del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ (grupo control y grupos experimentales).



Localización y caracterización del área de investigación

El laboratorio de EGEOD EIRL, donde se realizó el diseño de mezclas y compresión de probetas, se encuentra ubicado en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, situado en el Datum WGS84, Zona 18 sur, en las coordenadas 222395.00m E, 8945239.00m N, a una altitud de 3068 metros sobre el nivel del mar. Cabe mencionar también que el laboratorio EGEOS EIRL cuenta con un certificado de calibración y calidad acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) (ver Anexo 01).

Por otra parte la cantera a utilizar en esta investigación fue la cantera de Tacllán, ubicado en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, localizada en el Datum WGS84, Zona 18sur, 221600.35m E, 8943651.59m N, a una altitud de 3051 msnm, (ver Anexo 02).

Características de los materiales

Proceso de obtención del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*).

La primera etapa consistió en recolectar las paletas de nopal del callejón de Huaylas, ubicado en la provincia de Huaraz. Enseguida, se sacó las espinas con cuchillo y se peló la cascará; siguiendo con ello se cortó en trozos de 3cm x 3cm. El método a usar en esta investigación fue de remojo, usando agua para así poder extraer el mucílago en los trozos cortados. Por otra parte en las proporciones nopal: agua se usó de 1:1, dejando remojado mediante 24 horas. Al cumplir los días de remojo se pasó a colar para la obtención del mucílago de nopal, el porcentaje a utilizar fue respecto al peso de cemento, en la dosificación del concreto poroso testigo (grupo control).

Proceso de obtención del mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*).

Para la obtención las semillas de linaza y/o lino se consiguió del mercado central de la ciudad de Huaraz, luego se realizó los siguientes pasos: se hizo hervir el lino (semillas de linaza) hasta que se genere la baba (mucilago), luego se separa la semilla de la baba para poder utilizarlo, el porcentaje a utilizar fue respecto al volumen de agua, en la dosificación del concreto poroso testigo (grupo control).

Adquisición de los materiales.

La adquisición de los materiales de los agregados fue de la cantera de Tacllán, perteneciente al distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, así también el Cemento Portland

Tipo I, se consiguió de la ciudad de Huaraz, y el material agua, se obtuvo de la zona del laboratorio correspondiente.

Diseño de mezcla método ACI 522R – 06.

En el ACI 522R – 06, menciona en su capítulo tres, tener consideraciones en los materiales a usar; por ello a continuación, se presenta la siguiente Tabla 10, el cual contine un resumen de los ensayos realizados a los agregados con respectiva Norma Técnica Peruana y su variante ASTM:

Tabla 10

Ensayos de agregados con su respectiva NTP y ASTM.

Número de ensayo	Nombre del Ensayo	Norma	
		NTP	ASTM
1	Extracción y preparación de las muestras	400.010	D75
2	Contenido de humedad	339.185	C566
3	Análisis granulométrico	400.012	C136
4	Densidad, densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado grueso	400.021	C127
5	Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino	400.022	C128
6	Peso unitario y porcentaje de vacíos del agregado	400.017	C29

Control de calidad de los agregados.

En el laboratorio EGEOS EIRL - Huaraz, se llevó a cabo el control de calidad de los agregados y el diseño de la mezcla. Los cálculos de los parámetros se realizaron siguiendo la teoría planteada en la página 23. A continuación, se proporciona un resumen breve de los mismos:

Muestreo del material.

El procedimiento de muestreo del agregado grueso, según la NTP 400.010, fue llevado a cabo con precaución para obtener muestras representativas de la naturaleza y

condiciones del material. Los detalles del procedimiento y los métodos de cálculo se encuentran descritos en la mencionada norma NTP 400.010.

Peso Unitario y vacío de los agregados.

Este ensayo se emplea para determinar el peso unitario utilizado en ciertos métodos de diseño de mezclas de concreto. Los procedimientos y cálculos necesarios para llevar a cabo este ensayo están explicados en detalle en la norma técnica NTP 400.017.

Análisis Granulométrico del agregado Grueso.

Se llevó a cabo este ensayo con el fin de evaluar la gradación de los materiales propuestos como agregados. Los resultados obtenidos se utilizaron para verificar si la distribución del tamaño de partículas cumplía con los requisitos establecidos en la especificación técnica de la obra y para obtener datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los detalles sobre el procedimiento y los métodos de cálculo utilizados en este ensayo se encuentran especificados en la NTP 400.012.

Gravedad específica y absorción de agregados grueso.

La densidad es típicamente utilizada para determinar el volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que incluyen concreto de cemento Portland, concreto asfáltico y otras mezclas que se proporcionan y analizan en base al volumen. En cuanto a la absorción, se utiliza para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca. Esto se estima cuando el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para alcanzar su máxima absorción potencial. Los procedimientos y métodos de cálculo para este ensayo se detallan en la NTP 400.022.

Método de Ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado.

El objetivo de este ensayo es establecer los procedimientos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado grueso mediante el proceso de secado. Los detalles del procedimiento y los métodos de cálculo se encuentran especificados en la NTP339.185.

Diseño de concreto poroso

En este estudio se siguieron las pautas establecidas en el ACI 522R - 06 para la dosificación de concretos permeables. Una vez obtenidos todos los materiales, se llevó a cabo la verificación de los equipos para asegurarse de que estuvieran en perfecto estado. A continuación, se procedió al diseño de la mezcla, donde se determinó la relación óptima entre agua y cemento. Posteriormente, se realizó el ensayo de cono de Abrams para determinar el porcentaje de asentamiento, siguiendo la norma NTP 339.035.

Cálculo de la resistencia promedio requerida de las probetas.

En base a la resistencia a la compresión de la investigación (175 kg/cm²), se calculó la resistencia promedio requerida, en función a la Tabla 7:

Tabla 11

Características técnicas del agua de mezcla

Resistencia promedio	f'c (Kg/cm ²)
f'c	175
f'cr	175+70
f'cr	245

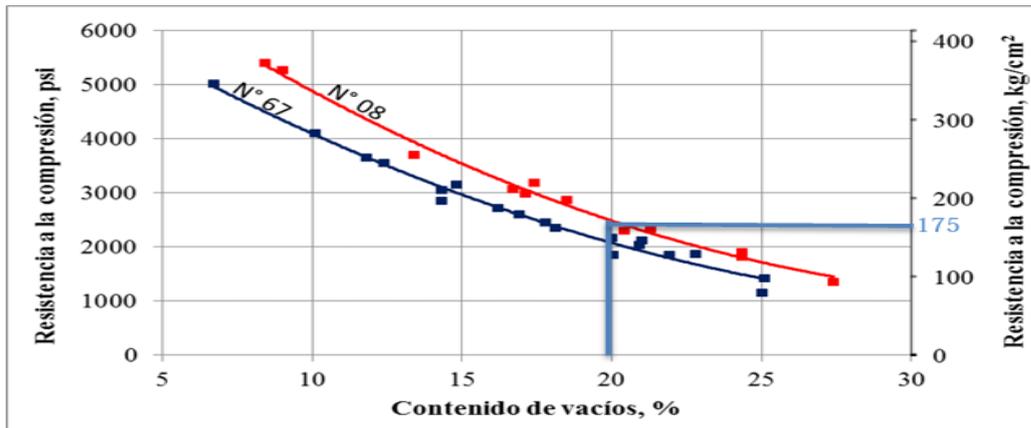
Nota. La tabla presenta la resistencia promedio necesaria, la cual se utilizó posteriormente en el cálculo del diseño de la mezcla. Tomado de *Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus-Indica), en la resistencia a compresión del concreto de 210 Kg/cm², en construcciones hidráulicas, provincia de asunción - 2022* (p. 25), por Palma, 2022, UNASAM.

Obtención del porcentaje de vacíos.

La obtención del porcentaje de vacíos se realiza mediante la figura 6 y está en función de la resistencia a la compresión de diseño:

Figura 6

Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a compresión a los 28 días



Nota. La figura muestra la relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión a los 28 días para tamaño de agregados N°67 y N°8. Adaptado de *Información técnica en la aplicación de concreto permeable* (p.60), por ACI 522R – 06, 2014.

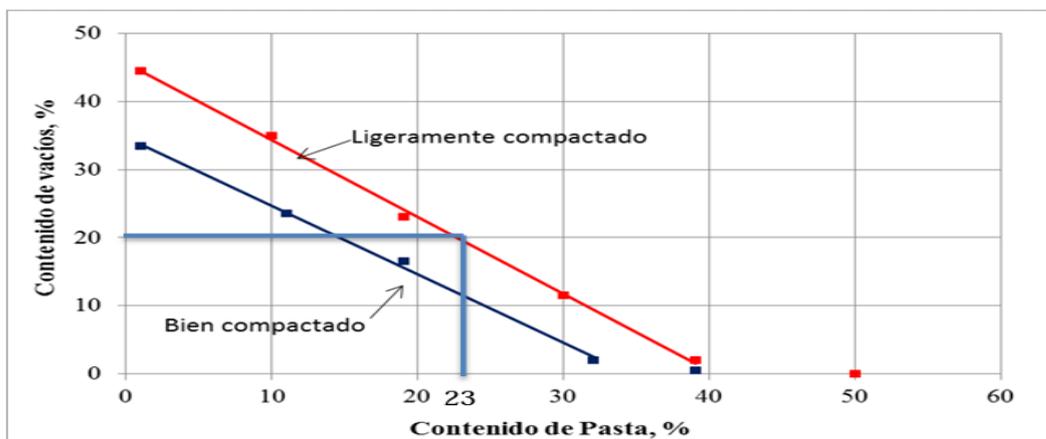
En la Figura 6 se observa que para una resistencia a compresión de 175 kg/cm², el contenido de vacíos para huso N°67 es de 20.00%.

Obtención del porcentaje de pasta.

La obtención del contenido de pasta se realiza mediante el dato del contenido de vacíos:

Figura 7

Porcentaje de pasta



Nota. La relación entre el contenido de pasta y el porcentaje de vacíos se estudió para tamaños de agregados N°8, los cuales fueron ligeramente compactados. Adaptado de *Información técnica en la aplicación de concreto permeable* (p.86), por ACI 522R – 06, 2014.

Como se usó un 10% de agregado fino, el ACI 522R, menciona que se debe reducir un 2% de volumen de pasta por cada 10% de agregado fino bien compactado y 1% por cada 10% de agregado fino ligeramente compactado.

- % de agregado fino incluido en el diseño: 10%
- Nivel de compactación: ligeramente compactado, porque permite obtener un mayor contenido de pasta en la mezcla.

Entonces: $23\% - 1\% = 22\%$, por lo que el porcentaje de pasta es 22%

Elección de la relación a/c.

El ACI menciona que para formar una pasta estable y trabajable la relación a/c varía entre 0.25 y 0.45. Por lo que se optó usar la relación $a/c=0.30$.

Determinar el valor b/bo.

El factor b/bo es un criterio importante a considerar, ya que nos permite determinar el peso del agregado grueso en la mezcla. Para obtener este valor, se utiliza la tabla de valores efectivos proporcionada por el ACI 522R-10, que especifica el factor b/bo según el porcentaje de agregado fino que se desea utilizar en la mezcla.

Tabla 12

Determinación del valor efectivo b/bo

% de agregado fino	b/bo	
	N°8	N°67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Nota. En la tabla se puede observar los criterios para la determinación del valor efectivo b/bo. Tomado de *Información técnica en la aplicación de concreto permeable* (p. 51), por ACI 522R-06, 2014.

En la tabla 12, se observa para nuestro diseño se tomó $b/bo = 0.93 \text{ m}^3$.

Determinación del peso del agregado grueso.

Se realiza usando la siguiente ecuación:

$$b/b_o = \text{Peso del agregado grueso}^3 / \text{PUSC agregado grueso} \quad (11)$$

$$P_{ag} = b/b_o \times \text{PUSC agregado grueso} \quad (12)$$

Se calcula el Peso Unitario Suelto Compactado del agregado grueso (PUSC):

$$PUSC = PUC / \text{Contenido de humedad} \quad (13)$$

Se calcula el Peso del agregado grueso seco (Pag):

$$P_{ag} = b/b_o \times \text{PUSC agregado grueso} \quad (14)$$

Se realiza el ajuste por absorción (sss):

$$P_{ag} (sss) = P_{ag} / \text{Porcentaje de Absorción} \quad (15)$$

Restando el % que ocupará el agregado fino, obtenemos el peso final del agregado grueso:

$$P_{ag} (sss) = P_{ag} (sss) \times 10\% \text{ de } P_{af} (sss) \quad (16)$$

Determinación del peso del agregado fino.

Se calcula el Peso del agregado fino seco (sss):

$$P_{af} (sss) = P_{ag} (sss) - P_{ag} (sss) \text{ final} \quad (17)$$

Se determina el Peso del agregado fino seco (Paf):

$$P_{af} (sss) = P_{af} (sss) / \% \text{Absorción} \quad (18)$$

Determinación del contenido de cemento y agua.

Volumen de pasta = volumen de cemento + volumen de agua

$$V_p = \frac{c}{P_{ec}} + \frac{a}{P_{ea}} \quad (19)$$

Donde:

- V_p = porcentaje de pasta

- P_{ea} = Peso específico del agua
- P_{ec} = Peso específico del cemento

Luego se obtiene los valores de diseño de mezcla y se realiza el diseño de mezcla por probeta:

En este caso, se empleó una probeta con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, lo que resulta en un volumen calculado de 0.0053 m³. Teniendo en cuenta un desperdicio del 10%, obtendríamos:

$$V = V_{probeta} + 10\%V_{probeta} \quad (20)$$

Tomando los datos del diseño de mezcla obtenido se obtienen las cantidades de los materiales a usar para la investigación.

Diseño de concreto poroso con adición de mucílago de nopal y linaza

Luego de realizar la dosificación del concreto poroso testigo, para la elaboración del concreto poroso con el mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*), se adicionó los mucilagos en el diseño de mezcla del concreto, considerando los diferentes porcentajes establecidos de 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal con respecto al peso total del cemento y en porcentajes de 10%, 15% y 20% de linaza con respecto al volumen total del agua, respectivamente, así conseguir los porcentajes de estudio para obtener las dosificaciones de los grupos experimentales.

Ensayo de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ (ASTM C39)

Elaboración de los especímenes, de acuerdo a las proporciones calculadas del concreto poroso según dosificación $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

Para el grupo control, en un trompo de 8 HP: Primero se añadió los agregados (piedra chancada y arena gruesa) y cemento se mezcló por un tiempo de 2 min, luego se agregó el agua, después se volvió a mezclar hasta conseguir una mezcla uniforme por un tiempo aproximado de 5 min. Luego introducimos las mezclas en moldes cilíndricas con dimensione 15x30 cm de altura, verter la mezcla en dos capas con 12 varillas por capa y golpear por 6 veces con el mazo de goma alrededor del molde, buscando que la mezcla se acomode adecuadamente. Enseguida al borde del cilindro nivelar con la varilla y cubrir las probetas

con plástico film para evitar pérdida de humedad, pasado las 24 horas se retiran los cilindros del molde, para su curado respectivo, cubriendo los especímenes por completo con agua.

Para el grupo experimental, en un trompo de 8 HP: Primero se añadió los agregados (piedra chancada y arena gruesa) y cemento se mezcló por un tiempo de 2 min, luego se agregó el agua con los aditivos por tratamiento T1:0.5% mucilago de nopal + 10% de mucilago de linaza; T2: 1.0% de mucilago de nopal + 15% de mucilago de linaza y T3: 1.5% de mucilago de nopal + 20% de mucilago de linaza, en ese orden respectivamente, después se volvió a mezclar hasta conseguir una mezcla uniforme por un tiempo aproximado de 5 min. Luego introducimos las mezclas en moldes cilíndricas con dimensione 15x30 cm de altura, verter la mezcla en dos capas con 12 varillas por capa y golpear por 6 veces con el mazo de goma alrededor del molde, buscando que la mezcla se acomode adecuadamente. Enseguida al borde del cilindro nivelar con la varilla y cubrir las probetas con plástico film para evitar pérdida de humedad, pasado las 24 horas se retiran los cilindros del molde, para su curado respectivo, cubriendo los especímenes por completo con agua.

Ensayo de compresión de las probetas: Se realizó teniendo en cuenta el procedimiento de la norma American Society of Testing Materials (ASTM C39, 2002):

Para iniciar con el ensayo retiramos las probetas a utilizar teniendo en cuenta el tiempo al que se quiere ensayar (7, 14 o 28 días) de la poza de curado, considerando un tiempo de 1 a 2 horas el escurrimiento de dichas probetas. Luego con el vernier se toma las medidas de las probetas a ensayar, después se colocan las almohadillas de neopreno en la parte inferior y superior del cilindro, para luego introducirlo a la prensa hidráulica alineándolo al eje central, y se aplicó la carga sobre los cilindros.

Para determinar la resistencia a compresión, se utilizó la siguiente formula:

$$R = \frac{Q}{A} \quad (21)$$

Donde:

R=Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

Q=Carga máxima alcanzada por el espécimen (Kg)

A= Área promedio de la sección transversal (cm²)

Así pues siguiendo el calendario de curado se procedió con la rotura de probetas sometidas a cargas de compresión, a los 7 días, 14 días y a los 28 días, para obtener el valor de la capacidad que tiene cada testigo control y experimental para resistir esfuerzos a compresión, al término de cada ensayo se realizó el procesamiento de los datos, para finalmente ser ordenados en un solo bloque.

Ensayo permeabilidad para probetas control y probetas con tratamientos

Primero se elaboró el equipo de permeabilidad de carga variable, ver ACI 522 – 06, capítulo 4.6 para realizar el ensayo respectivo, siguiendo las recomendaciones del ACI 522 (2013), tal como se observa en la Figura 4 y se calcula siguiendo la Ecuación 5 (ver página 44).

Se tiene las muestras cilíndricas que fueron elaboradas de forma similar a la residencia a compresión. Una vez que la mezcla terminó su proceso de fraguado, se procedió con el ensayo de permeabilidad a los 28 días.

Para iniciar el ensayo se preparó la muestra cilíndrica, donde se envuelve con el plástico film los laterales para poder evitar fuga de agua y que el flujo sea unidireccional y descendente. Luego colocamos la muestra a ensayar en el tubo de medida de 15 cm que se encuentra en la parte inferior del permeámetro de carga variable. Se cubrió las paredes de la muestra con abrazaderas como también las de la tubería de la muestra con cinta teflón para evitar fugas, luego verificamos que el permeámetro no tenga fugas en el momento del llenado de agua en la misma. Dejamos que el agua rebalse por el tubo donde no se encuentra la muestra y procedemos cerrar la válvula tipo bola hasta que la muestra deje de burbujear, luego saturamos la muestra hasta llegar a la altura h_1 , en este caso es de 25 cm, de inmediato se procede abrir la válvula tipo bola y se inicia la descarga, en ese momento con la ayuda del cronómetro empezamos el conteo del tiempo de demora en pasar de h_1 a h_2 el agua; y por último observamos que termine de rebalsar el tubo donde no se encuentra la muestra, parando el tiempo del cronómetro y procedemos a medir el h_2 , para luego calcular el coeficiente de permeabilidad con la ecuación 5 (ver página 44). Este procedimiento se realizó para el grupo control y grupo experimental, ver cuadro de resultado en el Anexo D.

Finalmente, al término de cada ensayo se realizó el procesamiento de los datos, para finalmente ser ordenados en un solo bloque.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza para evaluar la resistencia a la compresión y permeabilidad de cada tratamiento (grupo de control y grupo experimental), considerando las hipótesis planteadas y el nivel de significancia. A partir de este análisis, se tomaron decisiones sobre qué hipótesis se acepta. Finalmente, se realizó la prueba de Duncan para comprobar la igualdad de medias, basándose en los valores extremos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Diseño de mezcla del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, empleando el método ACI-522R-06, capítulo 3.

a. Granulometría del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 13

Datos generales de la cantera

Datos generales	
Cantera	: Tacllán
Ubicación	: Tacllán - Huaraz

Tabla 14

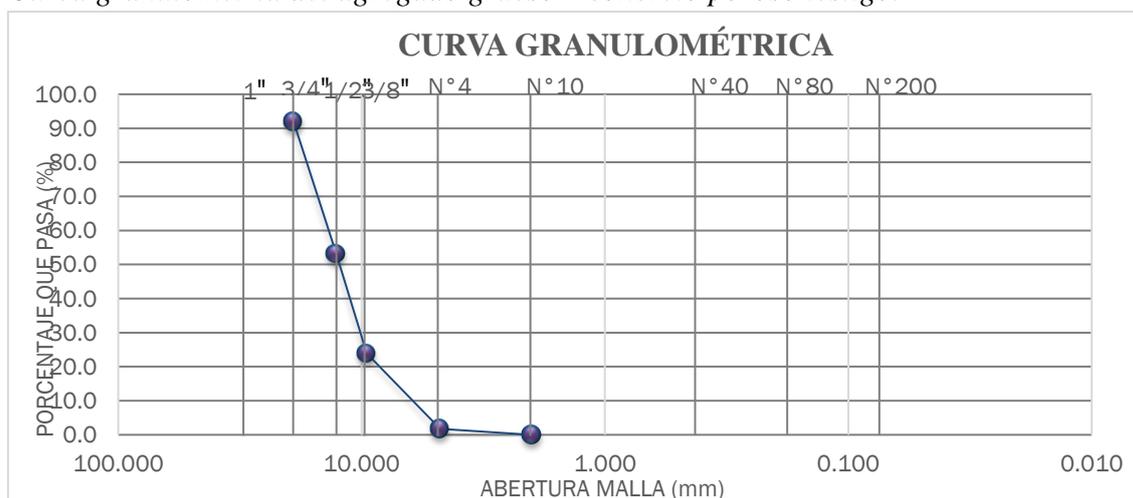
Granulometría del agregado grueso (Piedra chancada)

Análisis granulométrico					
Serie americana	Abertura (mm)	Pero retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
3"	75.00		-	-	100.0
2 ½"	63.50		-	-	100.0
2"	50.80		-	-	100.0
1 ½"	38.10		-	-	100.0
1"	25.40		-	-	100.0
¾"	19.05	405.6	8.0	8.0	92.0
½"	12.70	1971.2	38.8	46.7	53.3
⅜"	9.525	1492.0	29.3	76.1	23.9
N°4	4.750	1126.6	22.2	98.2	1.8
N°8	2.360	90.2	1.8	100.0	-
N°16	1.190		-	100.0	-
N°30	0.600		-	100.0	-
N°50	0.300		-	100.0	-
N°100	0.150		-	100.0	-
N°200	0.074		-	100.0	-
Menor que N°200		-	-	100.0	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Tabla 15*Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso (Piedra chancada)*

Caracterización del agregado (ASTM HUSO N°67)		
Peso inicial seco (g)	:	5085.6
% Grava	:	98.2
% Arena	:	0.0
% Finos	:	0.0
Humedad natural	:	2.89
Tamaño máximo nominal (Pulg)	:	3/4"
Módulo de fineza	:	6.8

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL**Figura 8***Curva granulométría del agregado grueso – concreto poroso testigo.***b. Contenido de humedad del agregado grueso (Piedra chancada)****Tabla 16***Contenido de humedad del agregado grueso (Piedra chancada)*

	N° Recipiente	61	66
Peso del suelo húmedo + recipiente (g)		2633.2	2563.1
Peso del suelo seco + recipiente (g)		2625.7	2553.4
Peso del recipiente (g)		89.7	134.2
Peso del agua (g)		07.5	09.7
Peso del suelo seco (g)		2536.0	2419.2
% de humedad		0.3	0.4
% humedad promedio		0.4	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

c. Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 17

Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.

Tamaño Máximo Nominal de la muestra	3/4"
% Absorción (Ab)	0.80
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de Masa (OD)	2.68
Pe Bulk (Base saturada) o Peso específico de Masa SSS (SSD)	2.70
Pe aparente (Base seca) o Peso Específico Aparente (Pea)	2.74

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

d. Peso unitario y vacíos del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 18

Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.

Peso específico de Masa (OD):	2.68
% de vacíos – muestra suelta:	50.3
% de vacíos – muestra compactada:	45.8

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

e. Granulometría del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 19

Datos generales de la cantera

Datos generales	
Cantera	: Taclán
Ubicación	: Taclán - Huaraz

Tabla 20*Granulometría del agregado fino (arena gruesa)*

Análisis granulométrico					
Serie americana	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
3"	75.00		-	-	100.0
2 ½"	63.50		-	-	100.0
2"	50.80		-	-	100.0
1 ½"	38.10		-	-	100.0
1"	25.40		-	-	100.0
¾"	19.05		-	-	100.0
½"	12.70		-	-	100.0
3/8"	9.525		-	-	100.0
Nº4	4.750	69.0	4.2	4.2	95.8
Nº8	2.360	240.0	14.5	18.7	81.3
Nº16	1.190	390.6	23.7	42.4	57.6
Nº30	0.600	270.2	16.4	58.8	41.2
Nº50	0.300	258.6	15.7	74.5	25.5
Nº100	0.150	261.2	15.8	90.3	9.7
Nº200	0.074	69.8	4.2	94.5	5.5
Menor que Nº200		90.6	5.5	100.0	

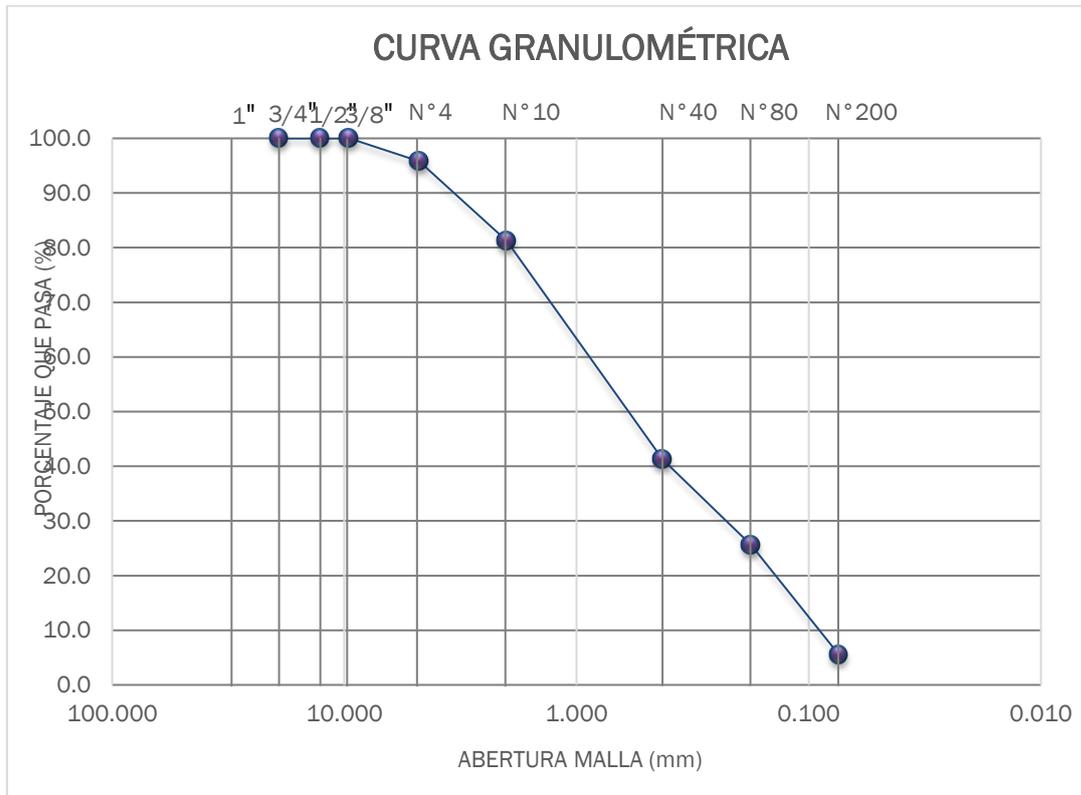
Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL**Tabla 21***Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena gruesa)*

Caracterización del agregado		
Peso inicial seco (g)	:	1650.0
Peso lavado seco (g)	:	1559.4
% Grava	:	4.2
% Arena	:	90.3
% Pasante Nº200 (Finos)	:	5.5
Módulo de fineza	:	2.89

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Figura 9

Curva granulométría del agregado fino – concreto poroso testigo.



f. Contenido de humedad del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 22

Contenido de humedad del agregado fino (arena gruesa)

N° Recipiente	59	6
Peso del suelo húmedo + recipiente (g)	1816.2	1631.2
Peso del suelo seco + recipiente (g)	1768.5	1589.9
Peso del recipiente (g)	119.8	115.0
Peso del agua (g)	47.7	41.3
Peso del suelo seco (g)	1648.7	1474.9
% de humedad	2.9	2.8
% humedad promedio	2.8	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

g. Gravedad específica y absorción del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 23

Gravedad específica y absorción del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.

% Absorción (Ab)	1.4
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de Masa (OD)	2.63
Pe Bulk (Base saturada) o Peso específico de Masa SSS (SSD)	2.67
Pe aparente (Base seca) o Peso Específico Aparente (Pea)	2.73

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

h. Peso unitario y vacíos del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 24

Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.

Peso específico de Masa (OD)	2.63
% de vacíos – muestra suelta	38.3
% de vacíos – muestra compactada	32.6

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

❖ Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla testigo

Los valores del diseño del concreto poroso testigo, son:

Tabla 25

Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – testigo $f'c=175$ Kg/cm².

Valores de diseño del concreto testigo $f'c=175$ Kg/cm ²		
Tipo de compactación	Compactación ligera	
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	(pulg)	3/4"
Relación	(a/c)	0.30
Huso seleccionado	N°67	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Tabla 26

Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

Agregados			
Descripción	Und	Agregado fino	Agregado grueso
Peso específico de masa	Tn/m ³	2.67	2.70
Absorción	%	1.40	0.80
Contenido de humedad	%	2.85	0.35
Módulo de finura		2.89	6.82
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1770.00	1450.00
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1620.00	1330.00
Peso húmedo de los agregados – corrección por humedad	Kg	107.2	1072.2

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Tabla 27

Características y propiedades del cemento

Cemento			
Marca	Tipo	Peso específico	Und
SOL	I	3.12	(Tn/m ³)

Nota. Especificaciones técnicas del cemento utilizado en el estudio.

Tabla 28 *Características técnicas del agua de mezcla*

Agua de mezcla NTP 339.088		
Peso específico	1000	(Kg/cm³)

Nota. Características técnicas del tipo del agua que se utilizó en la investigación.

❖ Diseño de mezcla del concreto poroso testigo

Tabla 29

Pesos por m³ de los materiales del diseño de mezcla

Componente	Und	Peso por m ³	Proporción en peso
Cemento	Kg	483.47	1.0
Agua	Lt	145.04	0.3
Agregado grueso	Kg	1072.25	2.2
Agregado fino	Kg	107.22	0.2

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS

Tabla 30

Pesos por m³ de los materiales del diseño de mezcla

Componente	Volumen (m ³)
Cemento	0.155
Agua	0.145
Agregado grueso	0.397
Agregado fino	0.0397
Contenido de vacíos	0.20

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS

Diseño de mezcla por probeta:

Considerando un 10% de pérdida, el volumen calculado para una probeta de dimensiones 15 cm de diámetro x 30 cm de altura es de 0.0053 m³:

$$V = V_{probeta} + 10\%V_{probeta}$$

$$V = 0.0053 + 0.10(0.0053)$$

$$V = 0.00583 \text{ m}^3$$

Con los datos de la Tabla 29 se calculó las cantidades de materiales para 0.00583 m³.

Calculamos la cantidad de cemento para 0.00583 m³:

$$\text{Cemento} = 0.00583 \times 483.47 = 2.82 \text{ kg}$$

Calculamos la cantidad del agregado fino para 0.00583 m³:

$$\text{Agregado fino} = 0.00583 \times 107.22 = 0.63 \text{ kg}$$

Calculamos la cantidad del agregado grueso para 0.00583 m³:

$$\text{Agregado grueso} = 0.00583 \times 1072.25 = 6.25 \text{ kg}$$

Calculamos la cantidad de agua para 0.00583 m³:

$$\text{Agua} = 0.00583 \times 145.04 = 0.85 \text{ lt}$$

Tabla 31

Cantidad de material para una probeta con 10% de desperdicio $V=0.00583 \text{ m}^3$

Componente	Unidad	Valor
Cemento	Kg	2.82
Agua	Lt	0.85
Agregado grueso	Kg	6.25
Agregado fino	Kg	0.63

Diseño de mezcla de los tratamientos con adición de nopal y linaza en el concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, empleando el método ACI-522R-06

Se realizó los 3 tratamientos de mezcla adicionando el 0.5%, 1% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), para un concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.

i. Granulometría del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 32

Datos generales de la cantera

Datos generales	
Cantera	: Taclán
Ubicación	: Taclán - Huaraz

Tabla 33*Granulometría del agregado grueso (Piedra chancada)*

Análisis granulométrico					
Serie americana	Abertura (mm)	Pero retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
3"	75.00		-	-	100.0
2 ½"	63.50		-	-	100.0
2"	50.80		-	-	100.0
1 ½"	38.10		-	-	100.0
1"	25.40		-	-	100.0
¾"	19.05	405.6	8.0	8.0	92.0
½"	12.70	1971.2	38.8	46.7	53.3
⅜"	9.525	1492.0	29.3	76.1	23.9
Nº4	4.750	1126.6	22.2	98.2	1.8
Nº8	2.360	90.2	1.8	100.0	-
Nº16	1.190		-	100.0	-
Nº30	0.600		-	100.0	-
Nº50	0.300		-	100.0	-
Nº100	0.150		-	100.0	-
Nº200	0.074		-	100.0	-
Menor que Nº200		-	-	100.0	

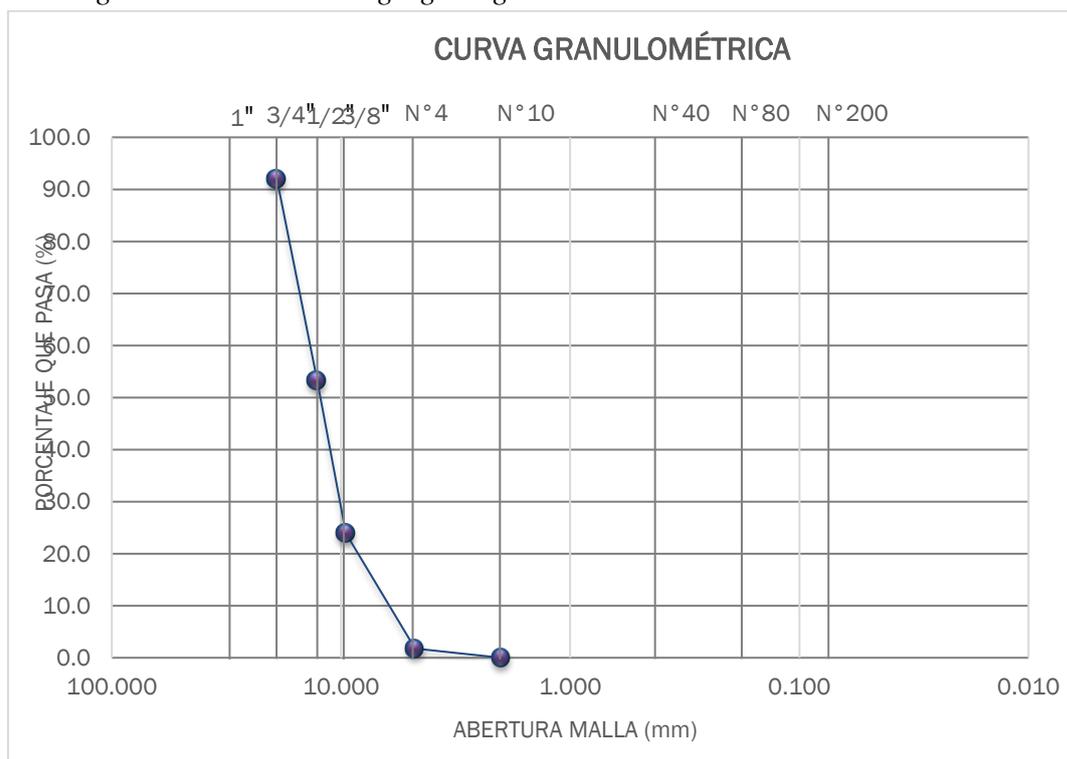
Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL**Tabla 34***Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso (Piedra chancada)*

Caracterización del agregado (ASTM HUSO Nº67)		
Peso inicial seco (g)	:	5085.6
% Grava	:	98.2
% Arena	:	0.0
% Finos	:	0.0
Humedad natural	:	2.89
Tamaño máximo nominal (Pulg)	:	¾"
Módulo de fineza	:	6.8

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Figura 10

Curva granulometría – del agregado grueso



j. Contenido de humedad del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 35

Contenido de humedad del agregado grueso (Piedra chancada)

Nº Recipiente	61	66
Peso del suelo húmedo + recipiente (g)	2633.2	2563.1
Peso del suelo seco + recipiente (g)	2625.7	2553.4
Peso del recipiente (g)	89.7	134.2
Peso del agua (g)	07.5	09.7
Peso del suelo seco (g)	2536.0	2419.2
% de humedad	0.3	0.4
% humedad promedio	0.4	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

k. Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 36

Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.

Tamaño Máximo Nominal de la muestra	3/4"
% Absorción (Ab)	0.80
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de Masa (OD)	2.68
Pe Bulk (Base saturada) o Peso específico de Masa SSS (SSD)	2.70
Pe aparente (Base seca) o Peso Específico Aparente (Pea)	2.74

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

l. Peso unitario y vacíos del agregado grueso (Piedra chancada)

Tabla 37

Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado grueso (Piedra chancada), muestra 01.

Peso específico de Masa (OD)	2.68
% de vacíos – muestra suelta	50.3
% de vacíos – muestra compactada	45.8

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

m. Granulometría del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 38

Datos generales de la cantera

Datos generales	
Cantera	: Tacllán
Ubicación	: Tacllán - Huaraz

Tabla 39*Granulometría del agregado fino (arena gruesa)*

Análisis granulométrico					
Serie americana	Abertura (mm)	Pero retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Acumulado que pasa (%)
3"	75.00		-	-	100.0
2 ½"	63.50		-	-	100.0
2"	50.80		-	-	100.0
1 ½"	38.10		-	-	100.0
1"	25.40		-	-	100.0
¾"	19.05		-	-	100.0
½"	12.70		-	-	100.0
3/8"	9.525		-	-	100.0
N°4	4.750	69.0	4.2	4.2	95.8
N°8	2.360	240.0	14.5	18.7	81.3
N°16	1.190	390.6	23.7	42.4	57.6
N°30	0.600	270.2	16.4	58.8	41.2
N°50	0.300	258.6	15.7	74.5	25.5
N°100	0.150	261.2	15.8	90.3	9.7
N°200	0.074	69.8	4.2	94.5	5.5
Menor que N°200		90.6	5.5	100.0	

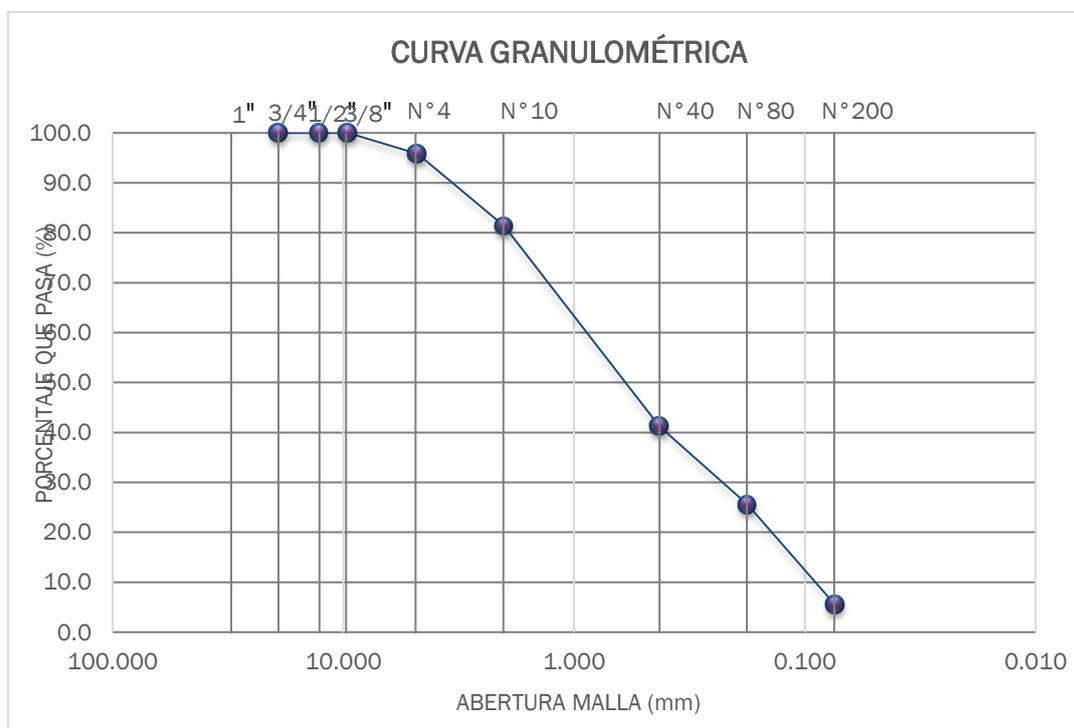
Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL**Tabla 40***Resumen de análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena gruesa)*

Caracterización del agregado	
Peso inicial seco (g)	: 1650.0
Peso lavado seco (g)	: 1559.4
% Grava	: 4.2
% Arena	: 90.3
% Pasante N°200 (Finos)	: 5.5
Módulo de fineza	: 2.89

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Figura 11

Curva granulométrica – del agregado fino



n. Contenido de humedad del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 41

Contenido de humedad del agregado fino (arena gruesa)

N° Recipiente	59	6
Peso del suelo húmedo + recipiente (g)	1816.2	1631.2
Peso del suelo seco + recipiente (g)	1768.5	1589.9
Peso del recipiente (g)	119.8	115.0
Peso del agua (g)	47.7	41.3
Peso del suelo seco (g)	1648.7	1474.9
% de humedad	2.9	2.8
% humedad promedio	2.8	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

o. Gravedad específica y absorción del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 42

Gravedad específica y absorción del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.

% Absorción (Ab)	1.4
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de Masa (OD)	2.63
Pe Bulk (Base saturada) o Peso específico de Masa SSS (SSD)	2.67
Pe aparente (Base seca) o Peso Específico Aparente (Pea)	2.73

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

p. Peso unitario y vacíos del agregado fino (Arena gruesa)

Tabla 43

Peso unitario o densidad aparente y vacíos del agregado fino (arena gruesa), muestra 01.

Peso específico de Masa (OD)	2.63
% de vacíos – muestra suelta	38.3
% de vacíos – muestra compactada	32.6

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

❖ Características físicas de los agregados para el diseño de los tratamientos

Los valores del diseño del concreto poroso de los tratamientos respectivos, son:

Tabla 44

Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – tratamientos $f'c=175$ Kg/cm².

Valores de diseño del concreto testigo $f'c=175$ Kg/cm²		
Tipo de compactación	Compactación ligera	
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	(pulg)	3/4"
Relación	(a/c)	0.30
Huso seleccionado	N°67	

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Tabla 45

Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla poroso – tratamientos $f'c=175$ Kg/cm².

Agregados			
Descripción	Und	Agregado fino	Agregado grueso
Peso específico de masa	Tn/m ³	2.67	2.70
Absorción	%	1.40	0.80
Contenido de humedad	%	2.85	0.35
Módulo de finura		2.89	6.82
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1770.00	1450.00
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1620.00	1330.00
Peso húmedo de los agregados – corrección por humedad	Kg	107.2	1072.2

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL

Tabla 46

Características y propiedades del cemento

Cemento			
Marca	Tipo	Peso específico	Und
SOL	I	3.12	(Tn/m ³)

Nota. .Las propiedades técnicas del cemento utilizado en la investigación

Tabla 47 Características técnicas del agua de mezcla

Agua de mezcla NTP 339.088			
Peso específico		1000	(Kg/cm ³)

Nota. Características técnicas del tipo del agua que se utilizó en la investigación.

❖ **Diseño de mezcla de los tratamientos con adición de nopal y linaza en el concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm²**

Tabla 48*Pesos por m³ de los materiales del diseño de mezcla de los tratamientos*

Componente	Und	Peso por m ³	Proporción en peso
Agregado grueso	Kg	1072.25	2.2
Agregado fino	Kg	107.22	0.2
Agua	Lt	145.04	0.3
Cemento	Kg	483.47	1.0

Nota. Informe de diseño de mezcla de concreto permeable del laboratorio EGEOS

Diseño de mezcla por probeta, para los tratamientos:

Al igual que el concreto poroso testigo, se realiza para una probeta de dimensiones 15 cm de diámetro x 30 cm de altura el volumen calculado es de 0.0053 m³. Considerando un 10% de desperdicio tenemos:

$$V = V_{probeta} + 10\%V_{probeta}$$

$$V = 0.0053 + 0.10(0.0053)$$

$$V = 0.00583 \text{ m}^3$$

Con los datos de la Tabla 29 se calculó las cantidades de materiales para 0.00583 m³.

Calculamos la cantidad de cemento para 0.00583 m³:

$$\text{Cemento} = 0.00583 \times 483.47 = 2.82 \text{ kg}$$

Calculamos la cantidad del agregado fino para 0.00583 m³:

$$\text{Agregado fino} = 0.00583 \times 107.22 = 0.63 \text{ kg}$$

Calculamos la cantidad del agregado grueso para 0.00583 m³:

$$\text{Agregado grueso} = 0.00583 \times 1072.25 = 6.25 \text{ kg}$$

Calculamos la cantidad de agua para 0.00583 m³:

$$\text{Agua} = 0.00583 \times 145.04 = 0.85 \text{ lt}$$

Tabla 49

Cantidad de material para una probeta con 10% de desperdicio $V=0.00583 \text{ m}^3$

Componente	Unidad	Valor
Cemento	Kg	2.82
Agua	Lt	0.85
Agregado grueso	Kg	6.25
Agregado fino	Kg	0.63

Tratamiento 1:

La cantidad de materiales que se utilizaron fueron calculadas con la Tabla 49, calculamos la cantidad de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), al 0.5% con respecto al peso de cemento y el 10% de linaza (*Linum usitatissimum*) respecto al volumen de agua:

- Mucilago de nopal, respecto al peso del cemento:

$$\text{Peso del cemento} = 2.82 \text{ kg}$$

$$\text{Entonces el 0.05\% de mucilago de nopal en peso de cemento} = 0.005 \times 2.82 = 0.0141 \text{ kg}$$

- Mucilago de linaza, respecto al volumen del agua:

$$\text{Volumen del agua} = 0.85 \text{ Lt}$$

$$\text{Entonces el 10\% de mucilago de linaza en volumen del agua} = 0.1 \times 0.85 = 0.085 \text{ kg}$$

Por lo tanto tenemos:

Tabla 50

Cantidad de material para una probeta con 0.5% de mucilago de nopal y 10% de mucilago de linaza

Componente	Unidad	Valor
Cemento	Kg	2.81
Agua	Lt	0.76
Agregado grueso	Kg	6.25
Agregado fino	Kg	0.63
Mucilago de nopal	Kg	0.01
Mucilago de linaza	Lt	0.09

Tratamiento 2:

La cantidad de materiales que se utilizaron fueron calculadas con la Tabla 49, calculamos la cantidad de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), al 1.0% con respecto al peso de cemento y el 15% de linaza (*Linum usitatissimum*) respecto al volumen de agua:

- Mucilago de nopal, respecto al peso del cemento:

$$\text{Peso del cemento} = 2.82 \text{ kg}$$

$$\text{Entonces el 0.1\% de mucilago de nopal en peso de cemento} = 0.01 \times 2.82 = 0.0282 \text{ kg}$$

- Mucilago de linaza, respecto al volumen del agua:

$$\text{Volumen del agua} = 0.85 \text{ Lt}$$

$$\text{Entonces el 15\% de mucilago de linaza en volumen del agua} = 0.15 \times 0.85 = 0.13 \text{ kg}$$

Por lo tanto tenemos:

Tabla 51

Cantidad de material para una probeta con 1.0% de mucilago de nopal y 15% de mucilago de linaza

Componente	Unidad	Valor
Cemento	Kg	2.79
Agua	Lt	0.72
Agregado grueso	Kg	6.25
Agregado fino	Kg	0.63
Mucilago de nopal	Kg	0.03
Mucilago de linaza	Lt	0.13

Tratamiento 3:

La cantidad de materiales que se utilizaron fueron calculadas con la Tabla 49, calculamos la cantidad de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), al 1.5% con respecto al peso de cemento y el 20% de linaza (*Linum usitatissimum*) respecto al volumen de agua:

- Mucilago de nopal, respecto al peso del cemento:

$$\text{Peso del cemento} = 2.82 \text{ kg}$$

$$\text{Entonces el 1.5\% de mucilago de nopal en peso de cemento} = 0.015 \times 2.82 = 0.0423 \text{ kg}$$

- Mucilago de linaza, respecto al volumen del agua:

$$\text{Volumen del agua} = 0.85 \text{ Lt}$$

$$\text{Entonces el 20\% de mucilago de linaza en volumen del agua} = 0.20 \times 0.85 = 0.17 \text{ kg}$$

Por lo tanto tenemos:

Tabla 52

Cantidad de material para una probeta con 1.5% de mucilago de nopal y 20% de mucilago de linaza

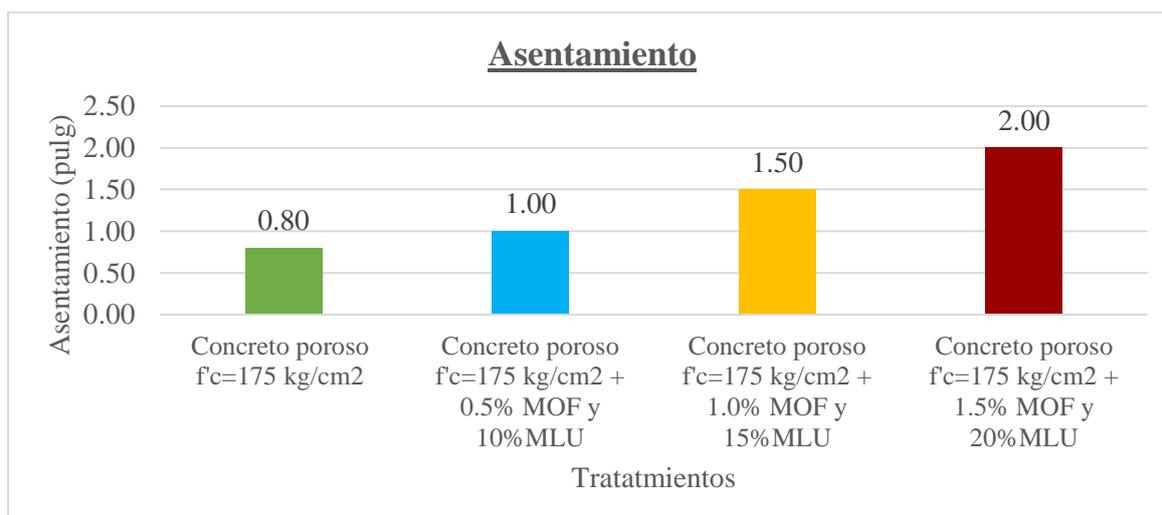
Componente	Unidad	Valor
Cemento	Kg	2.78
Agua	Lt	0.68
Agregado grueso	Kg	6.25
Agregado fino	Kg	0.63
Mucilago de nopal	Kg	0.04
Mucilago de linaza	Lt	0.17

q. Asentamiento

Se representa los valores del asentamiento del concreto poroso el cual mide la consistencia de la prueba del cono de Abrams (Slump) para las probetas testigo.

Figura 12

Asentamiento del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y tratamientos



Nota: Estos resultados son obtenidas del informe de ensayo de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL.

En la Figura 12, se presenta los resultados obtenidos del asentamiento del concreto poroso, el concreto poroso testigo y el concreto poroso con el tratamiento 1 presentan el menor asentamiento, las demás mezclas presentan mayor asentamiento, asimismo siendo un concreto poroso todas las mezclas son de consistencia seca, por tener asentamiento entre el rango de 0" a 2".

Resistencia a la compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y los tres tratamientos

Esta sección presenta los resultados de laboratorio del ensayo de resistencia a la compresión realizado en muestras cilíndricas de concreto:

Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo:

Tabla 53

Resistencia a la compresión de probetas de concreto testigo a las edades de curado de 7, 14 y 28 días

Probetas - Testigo: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$								
Edad	Diámetro (cm)	Área (mm ²)	Carga de rotura		Tipo de rotura	Resistencia a la compresión ($f'c$)		$f'c$ Promedio Kg/cm ²
			Kg	KN		Kg/cm ²	Mpa	
7	150	17671.46	38070	373.3	5	215.40	21.1	160.63
	150	17671.46	24130	236.6	2	136.50	13.4	
	150	17671.46	22970	225.3	5	130.00	12.7	
14	150	17671.46	34110	334.5	2	193.00	18.9	174.37
	150	17671.46	29700	291.3	2	168.10	16.5	
	150	17671.46	28620	280.7	2	162.00	15.9	
28	150	17671.46	41545	407.4	3	235.10	23.1	237.3
	150	17671.46	40644	398.6	3	230.00	22.6	
	150	17671.46	43613	427.7	3	246.80	24.2	

Nota: Estos resultados son obtenidas del informe de ensayo de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL.

Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² con el tratamiento 1:

Tabla 54

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 0.5% mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y el 10% de linaza (*Linum usitatissimum*) a las edades de curado de 7, 14 y 28 días*

Probetas - Tratamiento 1: Concreto poroso $f'c=175$ kg/cm ² + 0.5% MOF y 10%MLU								
Edad	Diámetro (cm)	Área (mm ²)	Carga de rotura		Tipo de rotura	Resistencia a la compresión ($f'c$)		$f'c$ Promedio
			Kg	KN		Kg/cm ²	Mpa	
7	150	17671.46	34280	336.2	2	194.00	19.0	154.4
	150	17671.46	20190	198.0	3	114.30	11.2	
	150	17671.46	27370	268.4	5	154.90	15.2	
14	150	17671.46	31890	312.7	3	180.50	17.7	179.03
	150	17671.46	33210	325.7	3	187.90	18.4	
	150	17671.46	29820	292.4	3	168.70	16.5	
28	150	17671.46	44814	439.5	3	253.60	24.9	250.17
	150	17671.46	44037	431.9	3	249.20	24.4	
	150	17671.46	43772	429.3	2	247.70	24.3	

Nota: Estos resultados son obtenidas del informe de ensayo de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL.

Donde:

MOF : Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)

MLU : Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)

Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² con el tratamiento 2:

Tabla 55

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.0% mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y el 15% de linaza (*Linum usitatissimum*) a las edades de curado de 7, 14 y 28 días*

Probetas - Tratamiento 2: Concreto poroso $f'c=175$ kg/cm ² + 1.0% MOF y 15%MLU								
Edad	Diámetro (cm)	Área (mm ²)	Carga de rotura		Tipo de rotura	Resistencia a la compresión ($f'c$)		$f'c$ Promedio Kg/cm ²
			Kg	KN		Kg/cm ²	Mpa	
7	150	17671.46	24890	244.1	2	140.80	13.8	127.93
	150	17671.46	24000	235.4	2	135.80	13.3	
	150	17671.46	18950	185.8	2	107.20	10.5	
14	150	17671.46	26860	263.4	3	152.00	14.9	152.73
	150	17671.46	29720	291.5	3	168.20	16.5	
	150	17671.46	24390	239.2	3	138.00	13.5	
28	150	17671.46	37810	370.8	2	214.00	21.0	174.33
	150	17671.46	28420	278.7	2	160.80	15.8	
	150	17671.46	26190	256.8	3	148.20	14.5	

Nota: Estos resultados son obtenidas del informe de ensayo de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL.

Donde:

MOF : Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)

MLU : Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)

Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² con el tratamiento 3:

Tabla 56

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.5% mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y el 20% de linaza (*Linum usitatissimum*) a las edades de curado de 7, 14 y 28 días*

Probetas - Tratamiento 3: Concreto poroso $f'c=175$ kg/cm ² + 1.5% MOF y 20%MLU								
Edad	Diámetro (cm)	Área (mm ²)	Carga de rotura		Tipo de rotura	Resistencia a la compresión ($f'c$)		$f'c$ Promedio Kg/cm ²
			Kg	KN		Kg/cm ²	Mpa	
7	150	17671.46	28140	276	3	159.20	15.6	146.93
	150	17671.46	18360	180.1	3	103.90	10.2	
	150	17671.46	31400	307.9	3	177.70	17.4	
14	150	17671.46	21790	213.7	2	123.30	12.1	170.27
	150	17671.46	37240	365.2	3	210.70	20.7	
	150	17671.46	31250	306.5	2	176.80	17.3	
28	150	17671.46	25270	247.8	3	143.00	14.0	162.5
	150	17671.46	23290	228.4	2	131.80	12.9	
	150	17671.46	37580	368.5	3	212.70	20.9	

Nota: Estos resultados son obtenidas del informe de ensayo de concreto permeable del laboratorio EGEOS EIRL.

Donde:

MOF : Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)

MLU : Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)

Análisis comparativo de resistencia a compresión de probetas de concreto testigo y tratamientos con adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respectivamente.

Tabla 57

Resistencia a compresión de probetas de concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$

Probetas - testigo	
Edades (días)	$f'c$ (Kg/cm ²)
7	160.63
14	174.37
28	237.30

Figura 13

Curva de la resistencia a compresión vs tiempo de curado de las probetas del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$



Nota: En la figura se presenta los valores de la resistencia a compresión de las probetas testigo del concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ a las diferentes edades de curado.

Tabla 58

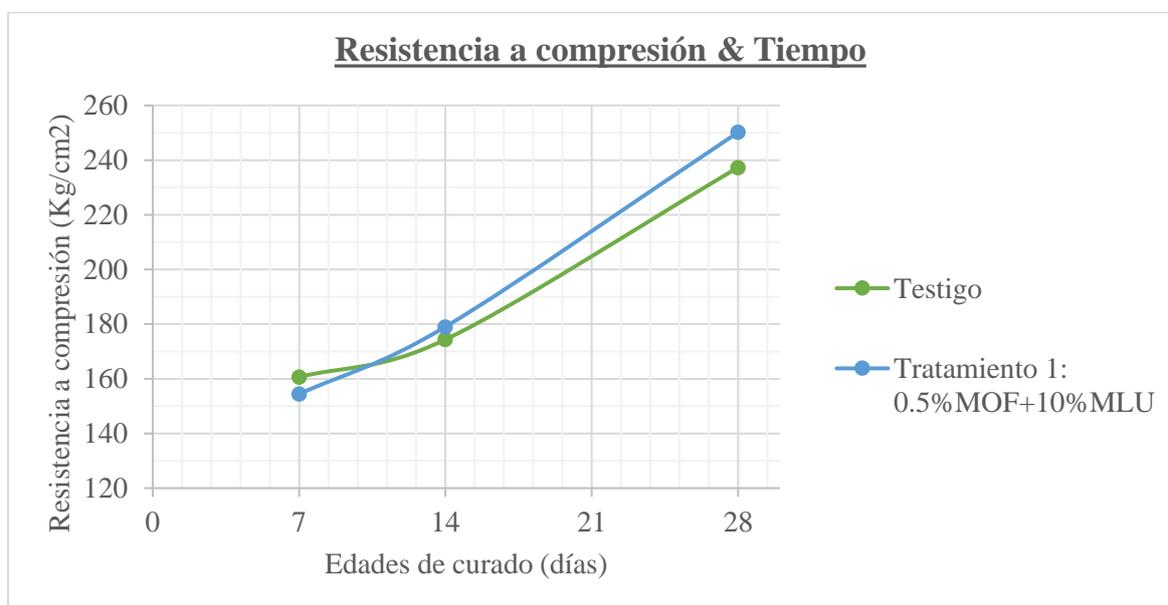
Resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 1

Probetas - Tratamiento 1: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 0.5% MOF y 10%MLU		
Edades (días)	Resistencia a compresión del concreto poroso $f'c$ (Kg/cm^2)	
	Testigo	Con 0.5% MOF y 10%MLU
7	160.63	154.4
14	174.37	179.03
28	237.30	250.17

Nota: Comparación de resultados de resistencia a compresión del concreto poroso testigo y concreto poroso con el tratamiento 1, donde consta de la adición de 0.5% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 10% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, para el tiempo de curado de 7, 14 y 28 días.

Figura 14

Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso con el tratamiento 1



Nota: En la figura se presenta los valores de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 1, donde consta de la adición de 0.5% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 10% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, a las diferentes edades de curado.

Tabla 59

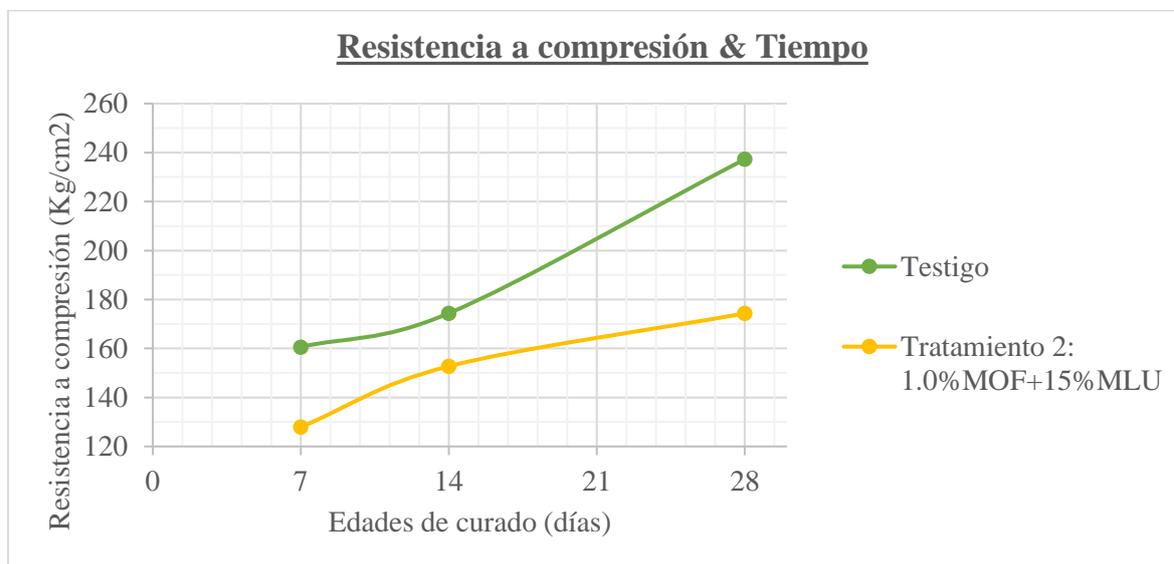
Resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 2

Probetas - Tratamiento 2: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 1.0% MOF y 15% MLU		
Edades (días)	Resistencia a compresión del concreto poroso $f'c$ (Kg/cm^2)	
	Testigo	Con 1.0% MOF y 15% MLU
7	160.63	127.93
14	174.37	152.73
28	237.30	174.33

Nota: Comparación de resultados de resistencia a compresión del concreto poroso testigo y concreto poroso con el tratamiento 2, donde consta de la adición de 1.0% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 15% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, para el tiempo de curado de 7, 14 y 28 días.

Figura 15

Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso con el tratamiento 2



Nota: En la figura se presenta los valores de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 2, donde consta de la adición de 1.0% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 15% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, a las diferentes edades de curado.

Tabla 60

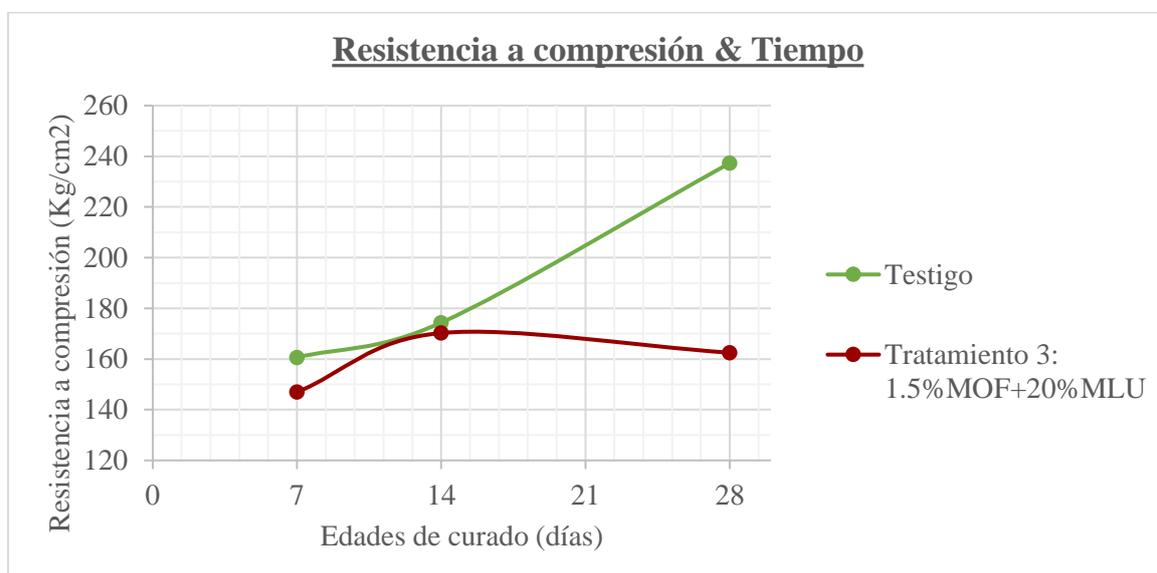
Resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 3

Probetas - Tratamiento 2: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 1.5% MOF y 20% MLU		
Edades (días)	Resistencia a compresión del concreto poroso $f'c$ (Kg/cm^2)	
	Testigo	Con 1.5% MOF y 20% MLU
7	160.63	146.93
14	174.37	170.27
28	237.30	162.50

Nota: Comparación de resultados de resistencia a compresión del concreto poroso testigo y concreto poroso con el tratamiento 3, donde consta de la adición de 1.5% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 20% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, para el tiempo de curado de 7, 14 y 28 días.

Figura 16

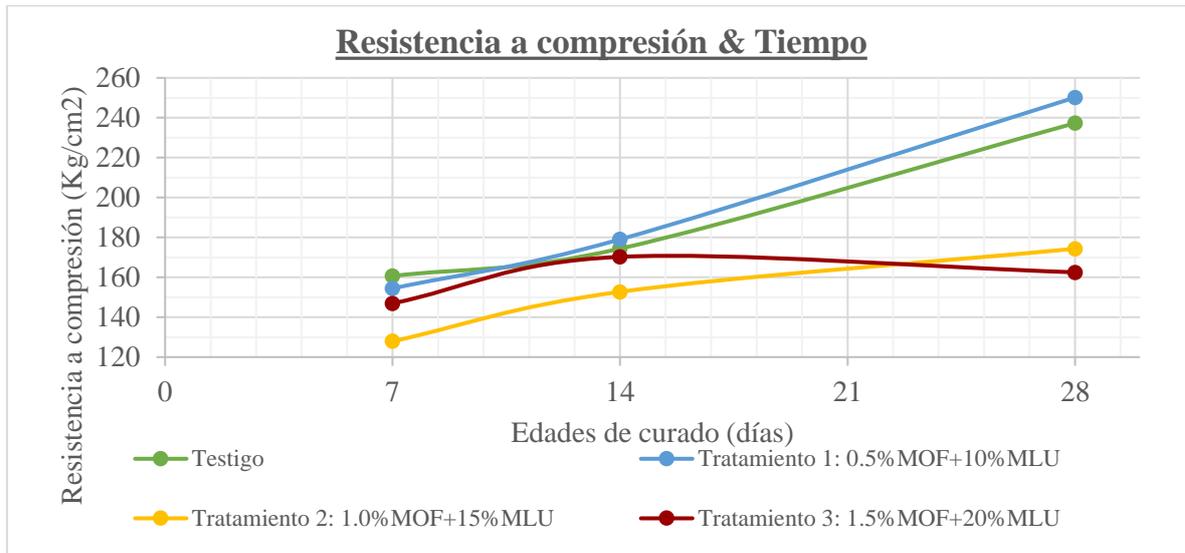
Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso con el tratamiento 3



Nota: En la figura se presenta los valores de la resistencia a compresión del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + tratamiento 3, donde consta de la adición de 1.5% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 20% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, a las diferentes edades de curado.

Figura 17

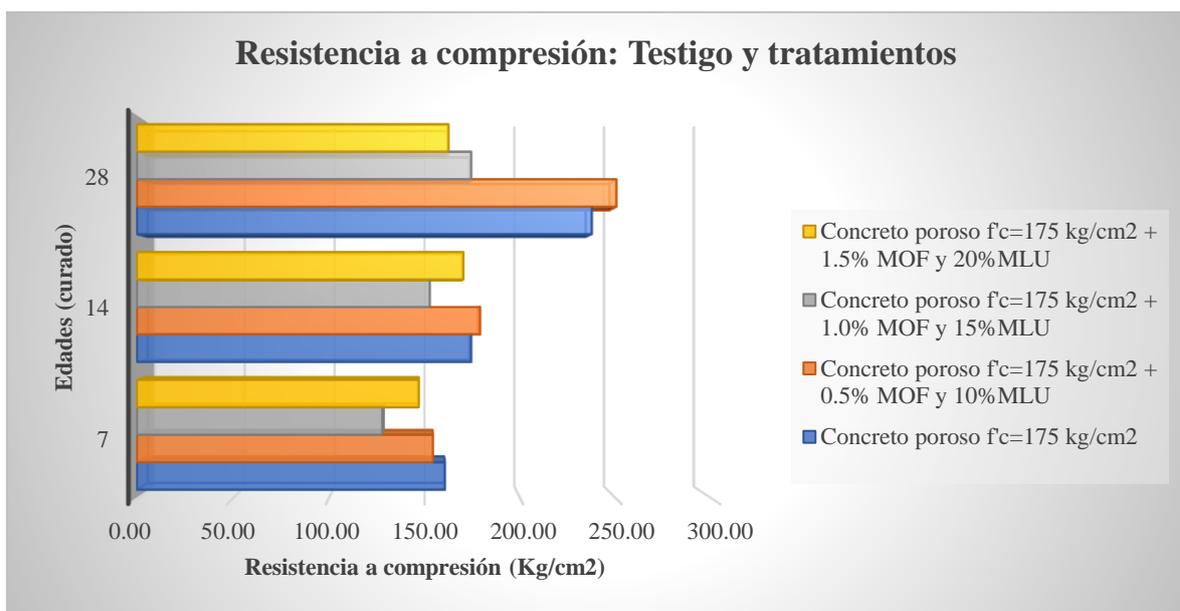
Análisis comparativo global de la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$



Nota: En la figura se presenta los valores de la resistencia a compresión de las probetas de concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y probetas de concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con los tratamientos, adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, respectivamente, a las diferentes edades de curado.

Figura 18

Análisis comparativo global de la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ agrupados en relación a las edades de curado



Permeabilidad del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y los tres tratamientos

Permeabilidad del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y los tratamientos adicionando los porcentajes de mucilago de nopal y linaza:

Tabla 61

Permeabilidad de probetas de concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$

Probetas - testigo	
Edades (días)	cm/s
	0.65
28	0.63
	0.58

En la Tabla 62 y Figura 18 se presenta los resultados obtenidos con respecto a la permeabilidad a los 28 días del concreto poroso. Se puede observar, que a medida que el contenido de adición de mucilago de nopal y linaza aumenta, la permeabilidad va aumentando, sin embargo, los valores obtenidos se encuentran entre 0.60 a 0.91 cm/s cumpliendo con lo establecido por el ACI 522R que menciona que la permeabilidad se encuentra entre 0.14 a 1.22 cm/s (81 a 730 L/min/m²)

Tabla 62

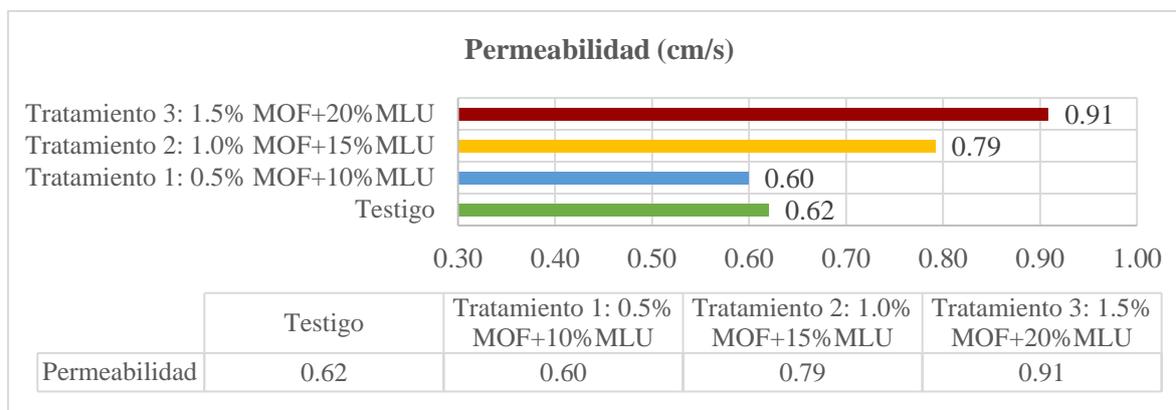
Permeabilidad del concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y los tratamientos respectivos

Edad (días)	Permeabilidad (cm/s)			
	Testigo: Concreto poroso $f'c=175$ kg/cm ²	Tratamiento 1: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 0.5% MOF y 10%MLU	Tratamiento 2: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 1.0% MOF y 15%MLU	Tratamiento 3: Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ + 1.5% MOF y 20%MLU
28	0.65	0.60	0.74	0.95
	0.63	0.62	0.78	0.91
	0.58	0.58	0.86	0.86
Promedio permeabilidad	0.62	0.60	0.79	0.91

Nota: Comparación de resultados de permeabilidad entre el concreto poroso control $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y las probetas de concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con tratamientos, adicionando 0.5%, 1.0% y 1.5% de MOF (Mucílago de Nopal (*Opuntia ficus-indica*)) en peso de cemento, y 10%, 15% y 20% de MLU (mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*)) en volumen de agua, respectivamente, a diferentes edades de curado.

Figura 19

Análisis comparativo de la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de curado



Nota: En la figura se presenta los valores de la permeabilidad de las probetas de concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y probetas de concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con los tratamientos, adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de MOF (Mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)) con respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de MLU (Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*)) con respecto al volumen del agua, respectivamente, a los 28 días de edad del curado.

Contrastación de la hipótesis estadística (Análisis estadístico)

Prueba de normalidad y homogeneidad de los datos recolectados:

Tabla 63

Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk para la resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y permeabilidad

Variables	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 7 días	0.945	12	0.564
Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 14 días	0.953	12	0.675
Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 28 días	0.837	12	0.206
Permeabilidad de 28 días	0.886	12	0.104

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk revelaron que los niveles de significancia de la resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días, así

como la permeabilidad a los 28 días, fueron mayores a 0.05. Esto demuestra que los datos provienen de una distribución normal y que se puede aplicar la fórmula estadística ANOVA.

Tabla 64

Prueba de homogeneidad para la resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y permeabilidad

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 7 días	1.004	3	8	0.439	
Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 14 días	1.157	3	8	0.384	
Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 28 días	6.457	3	8	0.106	
Permeabilidad a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de 28 días	0.857	3	8	0.501	

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

Durante la prueba de homogeneidad, se determinó que los niveles de significancia para la resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días, así como para la permeabilidad a los 28 días, fueron mayores a 0.05. Esto indica que los datos tienen varianzas iguales o son homogéneos.

Por lo tanto, se comprueba los dos supuestos del análisis de varianza (ANOVA), procediendo con la contrastación de la hipótesis.

ANOVA para la resistencia a compresión

Tabla 65

Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días

Análisis de varianza (ANOVA)					
Fuente de variación	Grado de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal	Sig.
Entre tratamiento	3	1809.803	603.268	0.427	0.739
Error residual	8	11302.860	1412.858		
Total	11	13112.663			

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En cuanto al análisis de la varianza (ANOVA) de la resistencia a compresión $f'c=175$ Kg/cm² en 7 días (Tabla 65) su nivel de significancia es 0.739 y es mayor a 0.05, lo cual indica, que las medias de los tratamientos son iguales. No existiendo ninguna diferencia entre los tratamientos. Por lo tanto, no es requerido llevar a cabo la prueba de comparaciones múltiples de Duncan con un margen de error del 5%.

Tabla 66

Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² a los 14 días

Análisis de varianza (ANOVA)					
Fuente de variación	Grado de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal	Sig.
Entre tratamiento	3	1186.913	395.638	0.625	0.619
Error residual	8	5067.187	633.398		
Total	11	6254.100			

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En cuanto al análisis de la varianza (ANOVA) de la resistencia a la compresión $f'c=175$ Kg/cm² en 14 días (Tabla 66) su nivel de significancia es 0.619 y es mayor a 0.05, lo cual indica, que las medias son iguales. No existiendo ninguna diferencia entre los tratamientos. Por lo tanto, no es requerido llevar a cabo la prueba de comparaciones múltiples de Duncan con un margen de error del 5%.

Tabla 67

Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² a los 28 días

Análisis de varianza (ANOVA)					
Fuente de variación	Grado de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal	Sig.
Entre tratamiento	3	17476.169	5825.390	7.226	0.012
Error residual	8	6449.513	806.189		
Total	11	23925.683			

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En cuanto al análisis de la varianza (ANOVA) de la resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ en 28 días (Tabla 27) su nivel de significancia es 0.012 y es menor a 0.05, lo cual indica, que al menos una de las medias es diferente. Existiendo diferencia entre los tratamientos. Por lo tanto, es imprescindible llevar a cabo el análisis de comparaciones múltiples de Duncan con un margen de error del 5%.

Tabla 68

Prueba de Duncan para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

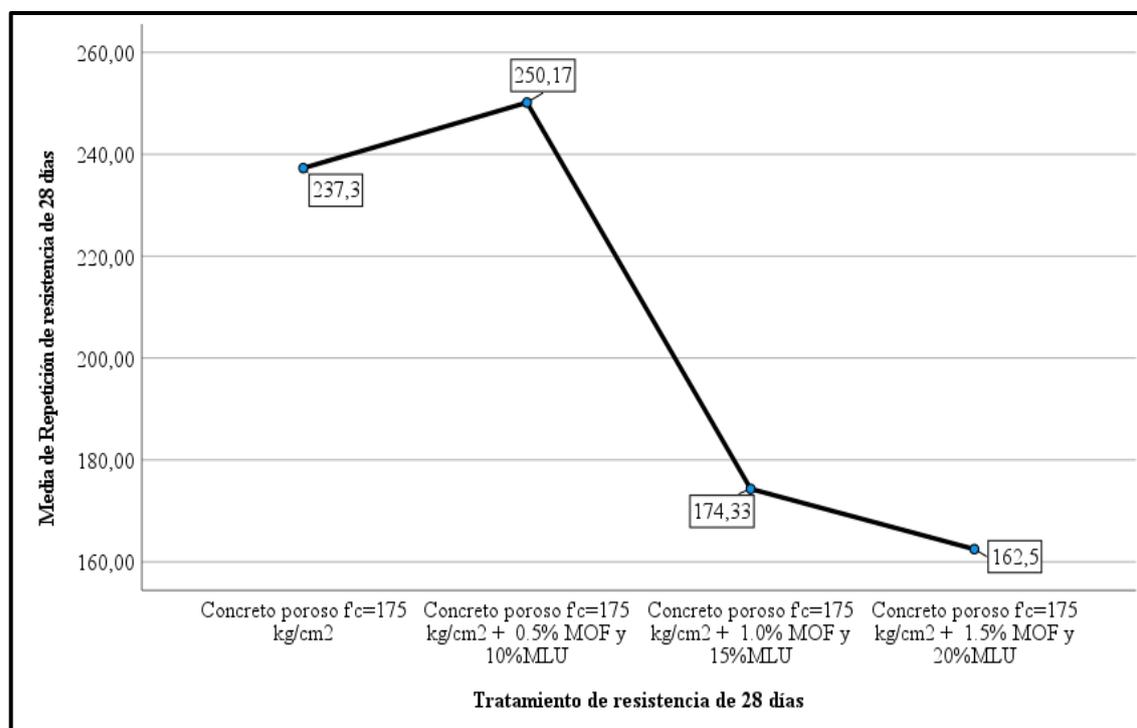
Prueba de Duncan			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF}$ y 20%MLU	3	162.5000	
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\% \text{ MOF}$ y 15%MLU	3	174.3333	
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	3		237.3000
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF}$ y 10%MLU	3		250.1667
Sig.		0.624	0.594

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En la prueba de Duncan entre los tratamientos, se observa que existen dos grupos, el primer grupo está conformado por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF}$ y 20%MLU y el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\% \text{ MOF}$ y 15%MLU siendo iguales ambos tratamientos y el segundo grupo se conforma por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF}$ y 10%MLU, de igual manera siendo iguales. Sin embargo, entre ambos grupos existe diferencia.

Figura 20

Representación de las medias de los tratamientos para la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de curado



Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En la Figura 20 de medias, se tiene el promedio de cada tratamiento, siendo mayor del concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF y } 10\% \text{ MLU}$ con 250.17 Kg/cm^2 , mientras que, el menor es del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF y } 20\% \text{ MLU}$ con 162.50 Kg/cm^2 .

ANOVA para la permeabilidad

Tabla 69

Análisis de varianza (ANOVA) para la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

Análisis de varianza (ANOVA)					
Fuente de variación	Grado de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal	Sig.
Entre tratamiento	3	0.195	0.065	34.448	6.37E-05
Error residual	8	0.015	0.002		
Total	11	0.210			

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

Con respecto al análisis de la varianza (ANOVA) de la permeabilidad en 28 días su nivel de significancia es 6.37E-05 y es menor a 0.05, lo cual indica, que al menos una de las medias es diferente. Existiendo diferencia entre los tratamientos. Por ello es necesario realizar la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5%.

Tabla 70

Prueba de Duncan para la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

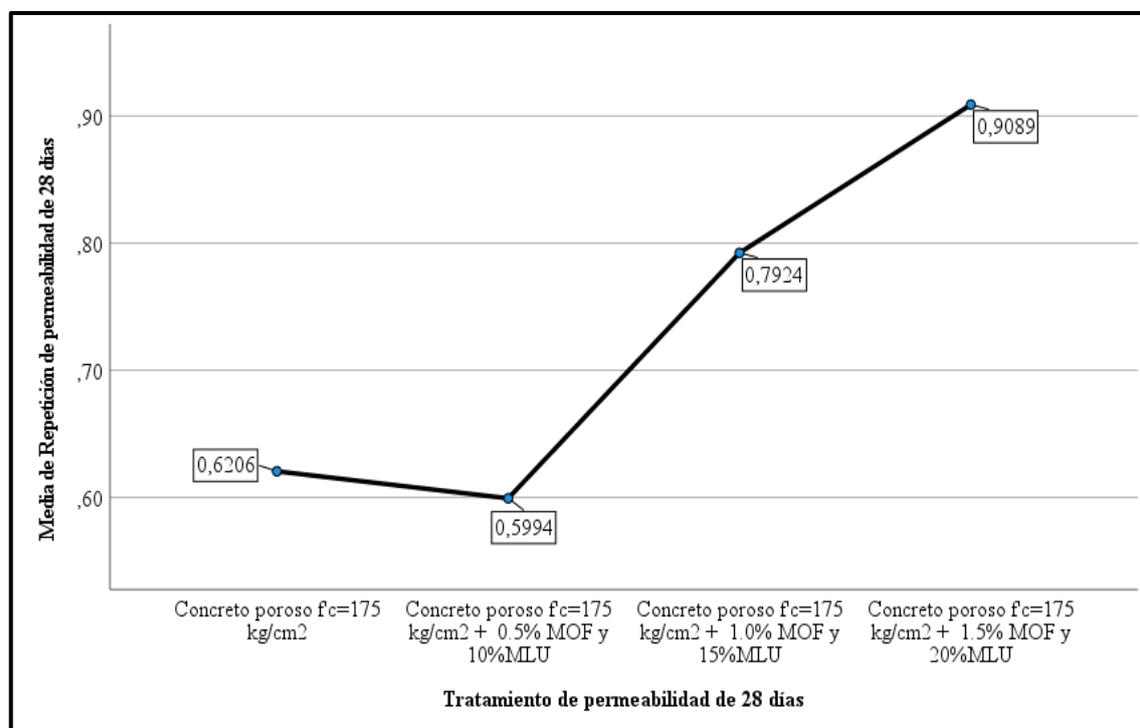
Prueba de Duncan				
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	3	0.6206		
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF y } 10\% \text{ MLU}$	3	0.5994		
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\% \text{ MOF y } 15\% \text{ MLU}$	3		0.7924	
Concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF y } 20\% \text{ MLU}$	3			0.9089
Sig.		0.566	1.000	1.000

Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En la Tabla 70, la prueba de Duncan entre los tratamientos, se observa que existen tres grupos, el primer grupo está conformado por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF y } 10\% \text{ MLU}$ y el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ siendo iguales ambos tratamientos, el segundo grupo se conforma por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\% \text{ MOF y } 15\% \text{ MLU}$ y el tercer grupo por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF y } 20\% \text{ MLU}$. Existiendo diferencia entre los grupos.

Figura 21

Representación de las medias de los tratamientos para la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de curado



Nota: Datos obtenidos del software SPSS V.27. realizada por la investigadora.

En la Figura 21 de medias, se tiene el promedio de cada tratamiento, siendo mayor del concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF y } 20\% \text{ MLU}$ con 0.9089 cm/s , mientras que, el menor es del concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF y } 10\% \text{ MLU}$ con 0.5994 cm/s .

Contrastación de la hipótesis

El tratamiento que mejor efecto tuvo, fue en el tratamiento 1, en la concentración de 0.5% del Mucilago de nopal (*Opuntia Ficus-indica*) y 10% de Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) superando a los valores de resistencia a compresión de las probetas de concreto testigo, en todas las edades de curado, específicamente a los 28 días; por lo tanto, se comprueba que al menos uno de los tratamientos con incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influyen en la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, con fines de restauración de mantos acuíferos, asimismo la concentración de 1.5% del Mucilago de nopal (*Opuntia Ficus-indica*) y 20% de Mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) superó los valores de permeabilidad de las probetas de concreto testigo y demás tratamientos a los 28 días de curado por lo tanto, se comprueba

que al menos uno de los tratamientos con incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influyen en la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos. Además, estadísticamente se demostró que $F_{\text{cal}} \geq F_{\text{tabular}}$ y $P < 5\%$ por tanto, se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

4.2. Discusión

En base a los resultados mostrados en las tablas 30 y 31 donde muestran el diseño de la mezcla del concreto poroso testigo, donde los rangos predispuestos están dentro del rango tal como lo indica Inga (2019) asimismo según ACI 522R-06 (2014) indica que la relación de a/c debe estar dentro del rango de 0.26 a 0.45, el cual en el diseño de mezcla en la investigación se optó la relación de a/c igual a 0.30, teniendo en cuenta la trabajabilidad que debe tener el concreto, por otra parte las propiedades reales de los agregados que obtuvieron tanto como la granulometría, peso unitario, peso específico, contenido de humedad y absorción fueron realizados según la norma ASTM C-136, dado que el diseño de mezcla debe cumplir los rangos límites de la curva granulométrica, así como menciona Chavez (2022), ya que los componentes granulares recogidos de una cantera deben ser representados con precisión por las normas ASTM y ACI, por ello se puede apreciar en los resultados de la Figura 8 y Figura 9. Sin embargo cabe indicar que los parámetros de diseño del concreto poroso es sumamente importante ya que se modifica la resistencia ante un concreto convencional porque en un concreto poroso influye la estructura de vacíos, por ello Pinto et al. (2018) en su investigación propusieron varias relaciones de agua/cemento y agregados/cemento, y las que presentaron mejores resultados fueron de diseño donde predomina la grava de 3/4", 1/2" y 3/8", las cuales están en el rango indicado en la Norma ACI 522 (2013), asimismo para el diseño de mezcla del concreto poroso testigo de esta investigación se optó por las proporciones de diseño de piedra chancada mayores a 3/4" predominando las de tamaño de 1/2" y 3/8", el cual se puede apreciar en la Tabla 14, también se utilizó un 10% de agregado fino respecto al peso del agregado grueso ya que por recomendaciones de Inga (2019) esto genera mayor área de contacto entre las partículas. Además el contenido de vacíos del concreto poroso seleccionado fue de 20%, ya que la resistencia a la compresión de diseño es de 175 Kg/cm^2 , tal como indica Bautista (2018) el concreto poroso debe estar en el rango de contenido de vacíos de 15 a 35%, dependiendo de la resistencia a compresión que se requiera, el cual puede oscilar entre 2.8 a 28 MPa (28.5 a 285 Kg/cm^2).

Los resultados de la Tabla 48, nos muestra el resumen del diseño de mezcla a utilizar en los tratamientos, dentro de las cuales las características físicas de los agregados son las mencionadas según la Norma ACI 522R-06 (2014). En contraste con Inga (2019) los porcentajes usados del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento fueron a su investigación, ya que menciona que en sus concentraciones utilizadas de 1.0%, 3.0% y 5.0% mejora las propiedades del concreto poroso, asimismo Oggu y Sai (2022) que las plantas pertenecientes al género *Opuntia* son super plastificantes el cual ayuda en la adhesión, trabajabilidad y aspectos de homogeneidad de la pasta. Por otra parte Cabrera (2021) en su investigación hace mención que el mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*), mejora las propiedades mecánicas del concreto convencional, por lo que se optó agregar a los tratamientos del concreto poroso, porcentajes de mucilago de la linaza (baba) menores al 25% con respecto al volumen de agua. Según Pinto et al. (2018) el concreto poroso por tener en su diseño de mezcla poco contenido de agregado fino se dificulta la manejabilidad, por lo que en la mayoría de las construcciones que utilizan el concreto poroso utilizan aditivos químicos de tipo superplastificantes, por ello Oggu y Sai (2022), Oyola y Ponce (2019), Díaz-Blanco et al. (2019) entre otros autores aluden que los aditivos químicos son costosos en la ejecución de un proyecto, asimismo son productos no ecológicos, por lo que el uso de aditivos naturales es otra de las alternativas que está dando resultados positivos en el mundo de la construcción, además de mejorar las propiedades del concreto propiamente dicho, entre las más usadas están el nopal, lino, tuna entre otros. Por ello los caracteres enumerados por Khankhaje et al. (2018) y Díaz-Blanco et al. (2019) se consideraron para el diseño de mezcla de los tratamientos en el caso de la correcta extracción del aditivo natural, sin poder contaminar con materiales no deseados, y respectivamente basándonos a los porcentajes propuestos en la investigación: 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respecto al volumen de agua, para el concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, tomando como base el diseño de mezcla del concreto testigo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$. Con respecto al asentamiento como se puede apreciar en la Figura 12, nos muestra una consistencia seca, el comportamiento del concreto poroso tendió a ser más fluido y más trabajable a medida que se incrementaba lo porcentajes de los aditivos del nopal y linaza, por lo que este parámetro es directamente proporcional a las adiciones del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*), sin embargo tal como menciona Inga (2019) según la norma ACI 522R el concreto poroso se caracteriza por tener una consistencia entre el rango de 0" a 2".

A partir de los resultados de la Tabla 53 y Figura 13 se observa que los valores de resistencia a compresión del concreto poroso testigo está cumpliendo el diseño de resistencia a compresión de 175 Kg/cm^2 en todas las edades de curado; cumpliendo así el diseño de compresión promedio según lo indicado por American Concrete Institute, tal como Palma (2022) menciona que la selección de la resistencia promedio si en caso no se tiene datos de desviación estándar de la muestra se debe tener en consideración las resistencia promedios requeridas a la compresión dadas por el reglamento ACI 318S. Asimismo con los datos obtenidos del laboratorio afirmamos que el diseño de mezcla utilizado como la relación agua/cemento, el tipo de cemento utilizado, los agregados y el curado fueron los adecuados para obtener la resistencia requerida para esta investigación, ya que como indica Pasquel (1998) los factores que afecta la resistencia de un concreto es la relación agua – cemento, el contenido y tipo de cemento y las condiciones de curado, además es el producto de seguir con las recomendaciones de la norma ACI 522R-06 (2014). Por otra parte respecto a los resultados de la resistencia a compresión de los tratamientos son:

Tratamiento 1. Los resultados de la Tabla 58 y Figura 14, nos muestran que el concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando el 0.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10% de linaza (*Linum usitatissimum*) respecto al volumen del agua, superan a los valores de resistencia de compresión testigo, además se observa en la Figura 17 que la máxima resistencia en el concreto poroso se dio en esta concentración de 250.17 Kg/cm^2 a comparación con los demás tratamientos y testigo, a los 28 días de curado, guardando una estrecha relación con la investigación de Chavez (2022), quien demostró que la adición del mucilago de linaza en proporciones pequeñas aumentó la resistencia a la compresión, así también tal como sustenta Díaz-Blanco et al. (2019) el efecto del mucilago de nopal aumenta el tiempo de fraguado, es decir atrapa el agua, actuando como un aditivo retardador el cual en estos resultados vemos que el mucilago de nopal favorece el aumento de la resistencia a la compresión a largo plazo, superando los valores de la muestra testigo a los 28 días de curado, asimismo Oyola y Ponce (2019) mencionan que la adición de un porcentaje pequeño de mucílago de la planta de nopal está directamente relacionada con la adición del extracto, por lo tanto, esta concentración de nopal y linaza se considera óptima para añadir en el diseño de la mezcla de concreto poroso, cumpliendo con los requisitos promedio de resistencia a la compresión necesarios para la restauración de mantos acuíferos.

Tratamiento 2. Los resultados de la Tabla 59 y Figura 15, nos muestran que el concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando el 1.0% de nopal (*Opuntia ficus-indica*),

respecto al peso del cemento y 15% de linaza (*Linum usitatissimum*) respecto al volumen del agua, no superan ni igualan los valores de resistencia de compresión testigo, además se observa en la Figura 17 que este tratamiento obtuvo la mínima resistencia en el concreto poroso, a los 7 días de curado, el cual fue de 127.93 Kg/cm² a comparación con los demás tratamientos y testigo, sin embargo a los 28 días de curado obtuvo una resistencia a compresión de 174.33 Kg/cm², un resultado que no llega a la resistencia requerida, por ello en contraste con Cabrera (2021) al aumentar mayor porcentaje de mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*) al concreto no aumenta la resistencia a compresión con respecto al concreto poroso testigo, sin embargo individualmente si aumenta conforme aumenta las edades, pero no llega a la resistencia de compresión promedio requerida para la investigación, asimismo se afirma el acierto de Chavez (2022) donde indica que el aumento de adición en mayor porcentaje del mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) va disminuir la resistencia a compresión, obteniendo un aumento de hasta un 20.66% en la resistencia a compresión con referente a su concreto testigo, este resultado fue con una adición de 1.0% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*). Por otra parte el mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) al igual que el mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), se caracteriza por ser una sustancia viscosa actuando ante el concreto como un aditivo retardante, los cuales absorben agua, por ello como indica Bautista (2018) en la resistencia a compresión también influye el porcentaje de agregado fino con respecto al agregado grueso, la cantidad del aditivo, y especialmente la relación agua/cemento, el cual al tener un 11% de mucilago hace que la mezcla del concreto obtiene una relación de agua/cemento al límite de lo aceptable según ACI 522R-06 (2014) por lo que produce un exceso de agua en la mezcla del concreto, el cual exige que los materiales no absorban agua y produzcan mayor espacios de vacíos. No obstante Inga (2019) menciona que el mucílago de nopal en concentraciones pequeñas acelera el proceso de fraguado en comparación con las mezclas tradicionales, lo que reduce el tiempo de manejabilidad en estado fresco y, por lo tanto, resulta en resistencias más bajas durante las dos primeras semanas.

Tratamiento 3. Los resultados de la Tabla 60 y Figura 16, nos muestran que el concreto poroso $f'_c=175$ Kg/cm² adicionando el 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 15% de linaza (*Linum usitatissimum*) respecto al volumen del agua, no superan en ninguna de las edades a los valores de resistencia de compresión testigo, además se observa en la Figura 17 que la mínima resistencia en el concreto poroso se dio en esta concentración de 162.5 Kg/cm² a comparación con los demás tratamientos y

testigo, a los 28 días de curado, bajo este esquema se contrasta que mayor porcentaje de adición del mucilago de nopal y mayor adición del mucilago de linaza la resistencia a compresión disminuye drásticamente, tal como indica Inga (2019), en su investigación que el porcentaje óptimo de mucilago de nopal es de 1% en peso de cemento y con mayor porcentaje disminuye en -4% a la resistencia a compresión requerido. Asimismo en la Figura 18 se puede observar que a mayor concentración de los aditivos naturales, a mayor número de curado (edades) la resistencia a compresión disminuye, teniendo el tratamiento 3 los valores mínimos, es por eso que Palma (2022) afirma que la cantidad de la adición de nopal influye inversamente proporcional en el resultado, no obstante se discrepa con Cabrera (2021) ya que el mucilago de linaza no incrementa la resistencia a compresión, teniendo en cuenta que la investigadora realizó dicho estudio en un concreto convencional mas no en un concreto poroso, el cual en este tipo de concreto la características principal que influye en la resistencia a compresión es la relación de agua/cemento, y al tener un 16.5% de mucilago en la mezcla, se considera como exceso de agua. Así pues Pinto et al. (2018) afirma que el concreto poroso por tener poco o nula presencia de agregados finos fragua muy rápido, pero al usar aditivos superplastificante retardantes (en este caso el mucilago de nopal y linaza) la pasta del cemento en la mezcla de concreto se fluidifica, el cual ocasiona perdida de cemento en las paredes de la mezcladora, así como también poca adherencia entre la grava y el cemento.

A partir de los resultados de la Tabla 61 se observa que los valores de la permeabilidad del concreto poroso testigo está dentro del rango recomendado en la norma ACI 522R, el cual se adopta a lo mencionado por Inga (2019) que el concreto poroso tiene la característica de filtrar fluido liquido en un rango de 0.14 a 1.22 cm/s o 81 a 730 L/min/m², dependiendo del porcentaje de vacíos en diseño. Con respecto a los resultados de la Tabla 62 y la Figura 19 podemos observar que la permeabilidad es directamente proporcional con la adición de los aditivos naturales, mencionando que en el concreto poroso con todos los tratamientos la permeabilidad es mayor al concreto poroso testigo, en este sentido los resultados confirman lo que Sinarahua y Rimarachín (2020) mencionan que a base de los agregados utilizados como 3/4", 1/2" y 3/8" la permeabilidad es mayor a comparación de utilizar agregado grueso solo de 1/2", asimismo al agregar aditivo plastificantes en mucho porcentaje hará que los porcentajes de vacíos aumente, así tenemos a Oggu y Sai (2022) en su investigación utilizaron 0.5% de aloe vera y 10, 30, 50 y 70% de polvo de desecho de mármol con respecto al cemento, donde la permeabilidad disminuye en sus tratamientos, sin

embargo con 70% de polvo de desecho de mármol la permeabilidad aumenta considerablemente a comparación con los demás tratamientos y superando al concreto poroso testigo; asimismo tenemos a Oyola y Ponce, (2019) que cuando adicionan 1.5% de mucilago de cactus (familia Opuntia) la permeabilidad disminuye en su totalidad a comparación con la permeabilidad de diseño con adición de 0.5% y 1% de mucilago de cactus aumenta respectivamente; de igual modo Oviedo et al. (2022) recomienda después de realizar su diseño experimental con aditivos plastificantes, solo debe incorporarse máximo un 0.7% de plastificante con respecto al peso del cemento y 10% de materiales puzolánicos ya que a medida que los aditivos se incrementan la permeabilidad aumenta, sin embargo estos resultados son cuando tiene poca presencia de agregados fino (menores a 10%), sin embargo cuando se manipula dicho material se encuentra dichos resultados como la investigación de Inga (2019) usando 1, 3 y 5% de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) la permeabilidad disminuye, usando un 15% de agregado fino, de igual manera tenemos a Chavez (2022) que al incorporar 0.5% y 1% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) la permeabilidad disminuye, utilizando en su diseño de mezcla un porcentaje mayor a 10% de agregado fino, es decir, en relación con dichos resultados tenemos que Oviedo et al. (2022), Oggu y Sai (2022), Chavez (2022), Inga (2019) en sus investigaciones utilizaron mayor porcentaje de agregado fino y/o incorporaron en su aditivo plastificante en condiciones de polvo, fibra, aloe vera y si utilizaron mucílago fue en porcentajes bajos por lo que su permeabilidad disminuyeron.

De acuerdo a los resultados de las Tablas 65 y 66, los resultados de las medias de la variable de resistencia a compresión del grupo testigo y grupo de tratamientos a los 7 y 14 días de curado resultan ser mayor a 0.05, el cual de manera estadística infiere que no existe ninguna diferencia entre los tratamientos, sin embargo en la Tabla 67 los resultados de la resistencia a compresión a los 28 días de curado las medias de los resultados son menores a 0.05, indicando que dichos resultados son diferentes, por ello se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5%, como se puede observar en la Tabla 68 y Figura 20, la prueba de Duncan nos muestra dos grupo que se diferencian, el cual el primer grupo conformada por el concreto poroso testigo $f'c=175$ kg/cm² y el concreto poroso $f'c=175$ kg/cm² + 0.5% MOF y 10%MLU (tratamiento 1) estadísticamente tienen la misma media, sin embargo dentro de este grupo la mayor resistencia a compresión fue el tratamiento 1 con 250.17 Kg/cm², superando al concreto poroso testigo; por otro lado el concreto poroso $f'c=175$ kg/cm² + 1.0% MOF y 15%MLU

(tratamiento 2) y el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF}$ y $20\% \text{ MLU}$ (tratamiento 3) estadísticamente son iguales ambos tratamientos pero con respecto al primer grupo son los tratamiento con resultados mínimos que se encontraron con 174.33 y 162.5 Kg/cm^2 respectivamente; concluyendo y aceptando nuestra hipótesis alterna: al menos un tratamiento con incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influyen en la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos.

Por otra parte la variable de permeabilidad muestra los resultados de las medias en la Tabla 69, mostrando que los resultados entre el concreto poroso testigo y tratamientos existen diferencias estadísticas, por lo que se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5%, como se puede observar en la Tabla 69 y Figura 21, la prueba de Duncan nos muestra tres grupos que se diferencian en los resultados, el cual el primer grupo conformada por el concreto poroso testigo $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 0.5\% \text{ MOF}$ y $10\% \text{ MLU}$ (tratamiento 1) estadísticamente tienen la misma media, teniendo los coeficientes de permeabilidad más bajas en todo el estudio de 0.62 y 0.60 cm/s respectivamente; por otro lado el grupo dos conformado por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\% \text{ MOF}$ y $15\% \text{ MLU}$ (tratamiento 2) con una permeabilidad de 0.79 cm/s y el tercer grupo conformado por el concreto poroso $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ MOF}$ y $20\% \text{ MLU}$ (tratamiento 3) con una permeabilidad de 0.91 cm/s , viendo estadísticamente que el tratamiento 3 tiene el mayor coeficiente de permeabilidad; concluyendo y aceptando nuestra hipótesis alterna: al menos un tratamiento con incorporación de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) influyen en la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos. Estos resultados se realizaron ya que según R. Hernández (2014) la prueba de hipótesis en un diseño experimental es necesario ya que con ello el investigador de podrá determinar si la hipótesis poblacional es congruente con los datos obtenidos en la muestra, teniendo en cuenta la distribución muestral y el nivel de significancia permitido en un investigación, por ello a comparación de los estudios revisados como Caballero et al. (2019) e Inga (2019), no realizaron la contrastación de sus hipótesis, a contraste con los autores de Oviedo et al. (2022), Oggu y Sai (2022), Chavez (2022), (Palma, 2022), entre otros realizaron la corroboración de sus hipótesis planteadas.

V. CONCLUSIONES

Se determinó la influencia de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso $f'_c=175\text{Kg/cm}^2$ con fines de restauración de mantos acuíferos, concluyéndose que la cantidad del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) que se agrega en el diseño de mezcla de concreto poroso influye inversamente proporcional en el resultado de la resistencia a compresión cuando se le aplica porcentajes de concentraciones mayores a 0.5% de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) e influye directamente proporcional en el resultado de la permeabilidad, es decir que la adición de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en la resistencia a compresión del concreto poroso es positivo en concentraciones pequeñas, pero al ir aumentando las concentraciones nos muestra un efecto negativo, sin embargo en la permeabilidad del concreto poroso es negativo en concentraciones pequeñas, pero al ir aumentando las concentraciones nos muestra un efecto positivo.

El diseño de mezcla para el concreto poroso $f'_c=175\text{ Kg/cm}^2$ testigo, se realizó por el método ACI-522R, con agregados extraídos de la cantera Tacllán, obteniéndose los siguientes resultados; la dosificación para 1 m^3 fue: 483.47 Kg de cemento tipo I, 1072.25 kg de agregado grueso (piedra chancada de 3/4", 1/2" y 3/8"), 107.22 Kg de agregado fino (arena) y 145.04 L de agua, y dosificación en peso para una probeta de concreto poroso es: 2.82 Kg de cemento tipo I, 6.25 Kg de agregado grueso, 0.63 Kg de agregado fino y 0.85 L de agua.

El diseño de mezcla para el concreto poroso $f'_c=175\text{ Kg/cm}^2$ para los tres tratamientos se realizaron teniendo como base el diseño de mezcla del concreto poroso $f'_c=175\text{ Kg/cm}^2$ testigo, con agregados extraídos de la cantera Tacllán, obteniéndose los siguientes resultados; la dosificación en peso para una probeta de concreto poroso fue; tratamiento 1: 2.81 Kg de cemento tipo I, 6.25 Kg de agregado grueso, 0.63 Kg de agregado fino, 0.76 L de agua, 0.01 Kg de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 0.09 L de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*); tratamiento 2: 2.79 Kg de cemento tipo I, 6.25 Kg de agregado grueso, 0.63 Kg de agregado fino, 0.72 L de agua, 0.03 Kg de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 0.13 L de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) y

tratamiento 3: 2.78 Kg de cemento tipo I, 6.25 Kg de agregado grueso, 0.63 Kg de agregado fino, 0.68 L de agua, 0.04 Kg de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 0.17 L de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*).

La resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo fue de 160.63, 174.37 y 237.30 Kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días respectivamente; la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 0.5\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 1) fue de 154.4, 179.03 y 250.17 Kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días respectivamente; la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 1.0\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 15% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 2) fue de 127.93, 152.73 y 174.33 Kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días respectivamente; la resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 1.5\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 20% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 3) fue de 146.93, 170.27 y 162.50 Kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

La permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo fue de 0.62 cm/s; la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 0.5\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 1) fue de 0.60 cm/s; la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 1.0\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 15% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 2) fue de 0.79 cm/s; la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 1.5\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 20% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 3) fue de 0.91 cm/s.

La resistencia a compresión del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo y de los tratamientos adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respecto al volumen de agua, respectivamente, mostraron resultados inversamente proporcional a la adición de concentraciones mayores a 1.0% del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% del mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*), donde el tratamiento óptimo fue el concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 0.5\%$ de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 1) arrojando una resistencia a compresión de 250.17 Kg/cm^2 mayor al concreto poroso testigo a 28 días de curado; por otra parte la permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo y de los tratamientos

adicionando el 0.5%, 1.0% y 1.5% de nopal (*Opuntia ficus-indica*), respecto al peso del cemento y 10%, 15% y 20% de linaza (*Linum usitatissimum*), respecto al volumen de agua, respectivamente, mostraron resultados directamente proporcional a la adición de concentraciones mayores a 1.0% del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% del mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*), donde el tratamiento óptimo fue el concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ + 0.5% de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y 10% de mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) (tratamiento 1) arrojando el coeficiente de permeabilidad de 0.60cm/s menor al concreto poroso testigo y aceptable según la norma ACI-522R, teniendo un porcentaje de vacíos al 20% y resistencia a compresión mayor a 175 Kg/cm^2 el cual es aplicable en construcciones con el fin de poder restaurar los mantos acuíferos.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda para una óptima elaboración del concreto poroso, tener un buen control de calidad de materiales al momento de realizar la mezcla del concreto y agregados a utilizar, asimismo realizar otras investigaciones con diferentes gradaciones de piedra chancada, asimismo tener cuidado con la relación a/c tal como indica la norma ACI 522R.

Se recomienda continuar con la investigación de los aditivos naturales del nopal y linaza, ya que se puede utilizar otro tipo de componente del lino y/o nopal como la fibra, el bagazo, entre otros, asimismo al utilizar un aditivo retardante natural el uso no debe ser mayor a 0.1% del peso del total del cemento y 10% del volumen del total del agua.

Se recomienda continuar con la investigación adicionando concentraciones en porcentajes menores a 1.0% de nopal y 10% de linaza, conjuntamente y por separado, tomando como base otras resistencias mayores a 175 Kg/cm^2 en un concreto poroso.

Se sugiere llevar a cabo investigaciones utilizando diseños de concreto poroso con porcentajes de vacíos superiores o inferiores al 20%, considerando la relación agua/cemento adecuado para aplicaciones en construcción. Esto se debe a que la pasta puede fluir gravitacionalmente a través de los conductos internos hacia la parte inferior del elemento, lo cual puede obstruir o impedir el paso del agua al manto acuífero, convirtiendo así el concreto poroso en un concreto convencional.

Se recomienda realizar la comprobación de hipótesis en todos los diseños experimentales, teniendo en cuenta la naturaleza de los parámetros, ya que con ello se podrá verificar si los resultados obtenidos tienen coherencia y validez, por otro lado se recomienda realizar investigaciones del concreto poroso relacionado con el manejo de suelo, infiltración y/u otros factores.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2017). *Tecnología Del Concreto Teoría y Problemas* (San Marcos (ed.); 1era ed.).
- American Concrete Institute 522R-06. (2014). *Información técnica en la aplicación de concreto permeable*. <https://www.scribd.com/doc/203022677/ACI-522R>
- American Concrete Institute 522. (2013). Hormigón permeable ACI 522. <https://doi.org/B00E5RIZZ6>
- American Society for Testing and Materials C33. (2011). Astm C33-03 Especificacion estándar para Agregados para concreto.
- American Society for Testing and Materials D448. (2012). Standard Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction. *ASTM International*, 14(December 2003), 1–3. <https://doi.org/10.1520/D0448-12R17.2>
- American Society of Testing Materials C39. (2002). Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto. In *C 39M - 01 ASTM* (pp. 3–9). https://www.astm.org/america_latina/sp/index.html
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigacion* (V. Alvarez, M. Hernandez, O. ANdrade, & E. Di sante (eds.); 6ta ed.). Suplidora Van C.A. <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACIÓN-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- Bañez, C., & Veramendi, E. (2021). *Influencia en el ensayo a compresión del concreto $f'_c=175\text{kg/cm}^2$ adicionando mucilago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz-Ancash-2021*. [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bautista, A. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de agua pluviales según la norma ACI 522R-10*. [Tesis pregrado, Universidad San Martin de Porres]. Repositorio institucional. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4928>

- Caballero, J., Ladino, B., & Sucunchoque, A. (2019). *Diseño de una mezcla de concreto poroso que cumpla con la normatividad vigente en lo concerniente a la resistencia*. [Tesis de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://repository.ucc.edu.co/items/658f317d-712c-4bec-a4e3-2f7fb6b3f080>
- Cabello, S., Campuzano, L., Espinoza, J., & Sánchez, C. (2015). Concreto poroso: constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización. *Cumbres Revista Científica*, 64–69. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6550706.pdf>
- Cabrera, M. (2021). *Influencia de la linaza como aditivo natural en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz - 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5032>.
- Caldas, E. (2022). *Adición del mucilago de linaza y su influencia en las propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, distrito de Santiago de Surco, Lima-2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo, L., & Trujillo, E. (2019). *Elaboración de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de Pariacoto - Áncash* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3456>
- Chandra, S., Eklund, L., & Villarreal, R. R. (1998). Use of Cactus in Mortars and Concrete. *Cement and Concrete Research*, 28(1), 41–51. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00254-8](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00254-8)
- Chavez, J. (2022). *Efecto del mucilago de la linaza como aditivo en la resistencia y la permeabilidad del concreto, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chockalingam, T., Vijayaprabha, C., & Leon, J. (2023). Experimental study on size of aggregates, size and shape of specimens on strength characteristics of pervious concrete [Estudio experimental sobre el tamaño de los agregados, el tamaño y la forma de las

- muestras sobre las características de resistencia del hormigón permeable]. *Construction and Building Materials*, 385(January), 131320. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131320>
- Díaz-Blanco, Y., Menchaca-Campos, E., Rocabrano-Valdés, C., & Uruchurtu-Chavarín, J. (2019). Influencia de un aditivo natural (mucílago de nopal) en las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del concreto. *Revista ALCONPAT*, 9(3), 260–276. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.429>
- Euclid Group Toxement. (2017). Concreto poroso o concreto permeable. *Euclid Group Toxement*, 1, 7. https://www.toxement.com.co/media/3812/concreto_poroso.pdf
- Gobierno Regional Ancash. (2016). *Estrategia Regional de Cambio Climático de la región Ancash* (p. 163).
- Hari, R., & Mini, K. (2022). Mechanical and Durability Properties of Basalt-Steel Wool Hybrid Fibre Reinforced Pervious Concrete – a Box Behnken Approach. [Propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón permeable reforzado con fibras híbridas de lana de acero y basalto: un enfoque de Box Behnken]. *SSRN Electronic Journal*, 70 (Diciembre 2022), 106307. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4217562>
- Hernández, E. (2019). Uso de aditivos naturales en materiales de construcción. *Revista Arquitectura +*, 3(6), 63–68. <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v3i6.9213>
- Hernández, R., Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (O. Alvaro (ed.); 6ta Edició, Vol. 736, Issue Diciembre). McGraw-Hill. <https://doi.org/978-1-4562-2396-0>
- Hernández, Z., & Vanegas, C. (2020). *Concreto permeable como alternativa de recarga de acuíferos y drenaje urbano* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32542/2/2020_Concreto_Alternativa_Recarga.pdf
- Huerta, M. (2020). *Uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4363>

- Inga, T. (2019). *Influencia de la adición de mucílago de nopal (Opuntia ficus-índica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable*. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana Unión. repositorio institucional. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3339>
- Kastro, V., & Anand, K. (2018). Study on identically voided pervious concrete made with different sized aggregates [Estudio sobre hormigón permeable con huecos idénticos elaborado con áridos de diferentes tamaños]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 310(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/310/1/012064>
- Khankhaje, E., Rafieizonooz, M., Salim, M., Khan, R., Mirza, J., Siong, H. C., & Salmiati. (2018). Sustainable clean pervious concrete pavement production incorporating palm oil fuel ash as cement replacement [Producción sostenible de pavimento de hormigón permeable y limpio que incorpora cenizas combustibles de aceite de palma como sustituto del cemento]. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1476–1485. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.10.159>
- La República. (2021, 5 de Febrero). Áncash: piden mantenimiento para redes de alcantarillado y drenaje pluvial. *Yoyse Machuca*, 1–8. <https://larepublica.pe/sociedad/2021/02/06/ancash-piden-mantenimiento-para-redes-de-alcantarillado-y-drenaje-pluvial-lrnd/>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2019). Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. *DS 010-2009-Vivienda*, 201. http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO
- Mora, J., Pinales, A., & Astorga, F. (2019). Recarga de acuíferos con estructuras de concreto permeable. *Universidad Autónoma de Chihuahua*, 14, 3. <https://doi.org/10.1038/nature09549>. Pervious
- Norma Técnica Peruana NTP 400.011. (2008). Norma Técnica Peruana 400.011: Agregados, definición y clasificación.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.021. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad , la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (Vol. 5795583).
- Norma Técnica Peruana NTP 400.022. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado

- para densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012. (2018). Granulometría de los agregados - 3era Edición. Norma Técnica Peruana.
- Oggu, A., & Sai, L. (2022). Study on properties of porous concrete incorporating aloevera and marble waste powder as a partial cement replacement. [Estudio de propiedades del hormigón poroso incorporando aloevera y polvo de residuos de mármol como sustitución parcial del cemento]. *Materials Today: Proceedings*, 52, 1946–1951. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.595>
- Ortiz, M., & Pumayalla, M. (2022). *Adición de mucilago de nopal para mejora de las propiedades físicas del concreto estructural en Nuevo Chimbote* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional. http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2690/42788.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://www.uv.mx/personal/yvelasco/files/2012/08/Implicaciones_educativas_de_la_teor%C3%ADa_sociocultural_de_Vigotsky.pdf
- Oviedo, I., Pradena, M., Link, S., & Balbo, J. (2022). Using Natural Pozzolans to Partially Replace Cement in Pervious Concretes [Uso de puzolanas naturales para reemplazar parcialmente el cemento en concretos permeables]. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142114122>
- Oyola, R., & Ponce, G. (2019). *Influencia del uso de mucilago de Cactus Echinopsis Pachanoi como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4774>
- Palma, D. (2022). *Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus-Indica), en la resistencia a compresión del concreto de 210 Kg/cm², en construcciones hidráulicas, provincia de asunción - 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional. http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033_45522655_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pasquel, E. (1998). Topicos de tecnología del concreto en el Perú. In E. Pasquel (Ed.), *Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo departamental de Lima* (2da Edició). Colegio de Ingenieros del Perú.

- Pinto, M., Carrasco, C., & Caballero, K. (2018, June). Estudio y análisis en la dosificación del concreto poroso. *Memorias Del III Congreso Internacional de Ciencias y Tecnologías Para El Desarrollo Sostenible*, 150(2007), 74–76. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1791/2582>
- Prado, R., & Romero, H. (2021). *Grado de permeabilidad y resistencia estructural del concreto permeable elaborado con agregados comercializados en la ciudad de Iquitos –2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1354>
- Romero, J. (2021). *Aditivos naturales en la construcción con tierra*. Bioconstrucción. <https://bioconstrucciononline.com/aditivos-naturales/>
- Salinas, P. (2012). *Metodología de investigación de Pedro José Salinas | Metodologiaecs*. <https://metodologiaecs.wordpress.com/2016/09/18/metodologia-de-la-investigacion-de-pedro-jose-salinas/>
- Sicakova, A., & Kovac, M. (2020). Relationships between functional properties of pervious concrete. *Sustainability (Switzerland)*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/SU12166318>
- Sinarahua, J., & Rimarachín, C. (2020). *Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54099> .
- The Chemical Company BASF. (2001). *Información de Producto Información de Producto* (Issue 119196, pp. 2–5). BASF Construction Chemicals. <http://arsabasf.com/1/pdf/ConcretoPermeable.pdf>
- Torres, M. (2022). Destacan importancia de las aguas subterráneas en la vida del planeta. *El Universitario*, 1–10. <https://eluniversitario.ues.edu.sv/destacan-importancia-de-las-aguas-subterraneeas-en-la-vida-del-planeta/>
- Trujillo, A., & Quiroz, D. (2013). Pavimentos Porosos como sistemas alternativos al drenaje urbano. *Universidad Pontificia Universidad Javeriana*. https://www.toxement.com.co/media/3812/concreto_poroso.pdf
- Zhang, H., Feng, P., Li, L., & Wang, W. (2019). Effects of starch-type polysaccharide on cement hydration and its mechanism [Efectos del polisacárido tipo almidón sobre la

hidratación del cemento y su mecanismo]. *Thermochimica Acta*, 678(March), 178307.
<https://doi.org/10.1016/j.tca.2019.178307>

Zoitza, O., & Sangronis, E. (2012). Caracterización de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición [ALAN]*, 62(No. 2). <https://www.alanrevista.org/ediciones/2012/2/art-14/>

VIII. ANEXOS

Anexo A. Mapa de ubicación del laboratorio

Figura 22

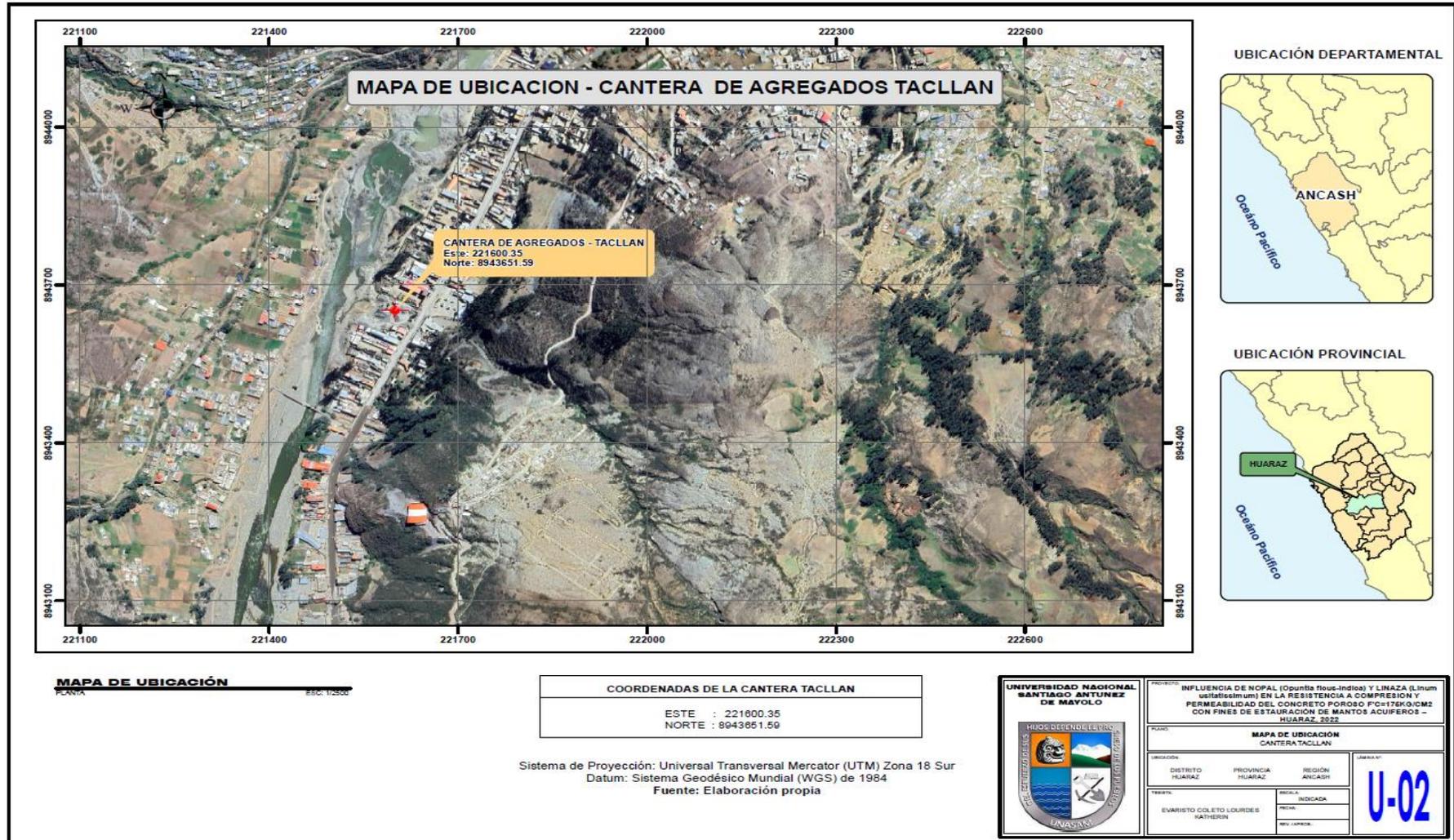
Mapa de ubicación del laboratorio



Anexo B. Mapa de ubicación de la cantera

Figura 23

Mapa de ubicación de la cantera Tacllán



Anexo C. Instrumentos de recolección de información

Diseño de mezcla

 ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.																													
OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: ST122071		RUC N° 20602024190 INDECOPI REGISTRO N° 00114079	OSCE - BIENES CÓDIGO: 00593397																												
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE																															
PROYECTO	"INFLUENCIA DE NOPAL (Opuntia ficus-indica) Y LINAZA (Linum usitatissimum) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F ^c =175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS – HUARAZ, 2022"																														
SOLICITA	: LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO	INFORME N°:	EG-043-DM01-2023																												
UBICACIÓN	: DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH	FECHA:	02-May-2023																												
CANTERA AGREGADO FINO	: TACLÁN	HECHO POR:	Ing. Lynda Karen Alzamora Castromonte																												
CANTERA AGREGADO GRUESO	: TACLÁN																														
MÉTODO DISEÑO	: ACI (COMITÉ 522)																														
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	: CONCRETO POROSO - PATRÓN																														
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	: 175 kg/cm ²	=	17.2 MPa																												
CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150)	: SOL	TIPO :	I																												
																															
1. VALORES DE DISEÑO:																															
<table border="1"> <tr> <td>Tipo de compactación</td> <td>=</td> <td>Compactación ligera</td> </tr> <tr> <td>Tamaño máximo nominal del agregado grueso (pulgadas)</td> <td>=</td> <td>3/4"</td> </tr> <tr> <td>Relación agua cemento (a/c)</td> <td>=</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>Peso específico del cemento (Tn/m³)</td> <td>=</td> <td>3.12</td> </tr> <tr> <td>Huso seleccionado</td> <td>=</td> <td>N°67</td> </tr> </table>				Tipo de compactación	=	Compactación ligera	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (pulgadas)	=	3/4"	Relación agua cemento (a/c)	=	0.30	Peso específico del cemento (Tn/m ³)	=	3.12	Huso seleccionado	=	N°67													
Tipo de compactación	=	Compactación ligera																													
Tamaño máximo nominal del agregado grueso (pulgadas)	=	3/4"																													
Relación agua cemento (a/c)	=	0.30																													
Peso específico del cemento (Tn/m ³)	=	3.12																													
Huso seleccionado	=	N°67																													
2. DATOS DE LABORATORIO:																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">AGREGADO FINO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Especifico de Masa</td> <td>2.67 Tn/m³</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>1.40 %</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td>2.85 %</td> </tr> <tr> <td>Módulo de Finura</td> <td>2.89</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado</td> <td>1770 Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto</td> <td>1620 Kg/m³</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">AGREGADO GRUESO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Especifico de Masa</td> <td>2.70 Tn/m³</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>0.80 %</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td>0.35 %</td> </tr> <tr> <td>Módulo de Finura</td> <td>6.82</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado</td> <td>1450 Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto</td> <td>1330 Kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>				AGREGADO FINO		Peso Especifico de Masa	2.67 Tn/m ³	Absorción	1.40 %	Contenido de Humedad	2.85 %	Módulo de Finura	2.89	Peso unitario compactado	1770 Kg/m ³	Peso unitario suelto	1620 Kg/m ³	AGREGADO GRUESO		Peso Especifico de Masa	2.70 Tn/m ³	Absorción	0.80 %	Contenido de Humedad	0.35 %	Módulo de Finura	6.82	Peso unitario compactado	1450 Kg/m ³	Peso unitario suelto	1330 Kg/m ³
AGREGADO FINO																															
Peso Especifico de Masa	2.67 Tn/m ³																														
Absorción	1.40 %																														
Contenido de Humedad	2.85 %																														
Módulo de Finura	2.89																														
Peso unitario compactado	1770 Kg/m ³																														
Peso unitario suelto	1620 Kg/m ³																														
AGREGADO GRUESO																															
Peso Especifico de Masa	2.70 Tn/m ³																														
Absorción	0.80 %																														
Contenido de Humedad	0.35 %																														
Módulo de Finura	6.82																														
Peso unitario compactado	1450 Kg/m ³																														
Peso unitario suelto	1330 Kg/m ³																														
3. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD:																															
<table> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>=</td> <td>1072.2 Kg</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>=</td> <td>107.2 Kg</td> </tr> </table>				Agregado grueso	=	1072.2 Kg	Agregado fino	=	107.2 Kg																						
Agregado grueso	=	1072.2 Kg																													
Agregado fino	=	107.2 Kg																													
4. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD:																															
<table> <tr> <td>Agua</td> <td>=</td> <td>145.0 Litros</td> </tr> </table>				Agua	=	145.0 Litros																									
Agua	=	145.0 Litros																													
OBSERVACIONES :																															
<ol style="list-style-type: none"> Muestreo e identificación realizada por el solicitante. Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo (si fuera el caso). 																															
		 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Departamental Ancash - Huaraz LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE INGENIERA CIVIL CIP N° 191424 ASTM N° 2415424																													
 Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz		 43-234351  (+51) 937645700																													
		 egeosprojects@gmail.com																													

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: 80593397

INDECOPI REGISTRO N° 00114079

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE

PROYECTO	"INFLUENCIA DE NOPAL (Opuntia ficus-indica) Y LINAZA (Linum usitatissimum) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"	
SOLICITA	: LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO	INFORME N°: EG-043-DM01-2023
UBICACIÓN	: DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ , ÁNCASH	FECHA: 02-May-2023
CANTERA AGREGADO FINO	: TACLLÁN	HECHO POR: Ing. Lynda Karen Alzamora Castromonte
CANTERA AGREGADO GRUESO	: TACLLÁN	
MÉTODO DISEÑO	: ACI (COMITÉ 522)	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	: EDIFICACIONES (CONCRETO PATRÓN)	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS	: 175 kg/cm2	= 17.2 MPa
CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150)	: SOL	TIPO : I



5. CANTIDAD DE MATERIAL PARA 1 m3:

COMPONENTE	PESO HÚMEDO
Cemento	483.47 kg
Agua	145.04 Litros
Agregado grueso	1072.25 kg
Agregado fino	107.22 kg
Aditivo	0.00 kg

FACTOR CEMENTO	11.4	Bolsas
----------------	------	--------

6. VOLÚMENES PARA 1 m3:

COMPONENTE	VOLUMEN
Cemento	0.155 m3
Agua	0.145 m3
Agregado grueso	0.397 m3
Agregado fino	0.737 m3
Aditivo	0.000 m3
Contenido de Vacíos	0.263 m3
Total	1.00 m3

6. PROPORCIONES PARA 1 m3:

COMPONENTE	PROPORCIÓN EN PESO	PROPORCIÓN EN PESO
Cemento	1.0	1.0
Agua	0.3	12.8
Agregado grueso	2.2	2.5
Agregado fino	0.2	0.2

7. PROPORCIONES PARA 1 bolsa:

COMPONENTE	CANTIDAD
Cemento	42.5 Kg/Bolsa
Agua	12.8 Kg/Bolsa
Agregado grueso	94.3 Kg/Bolsa
Agregado fino	9.4 Kg/Bolsa

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizada por el solicitante.
- Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo (si fuera el caso).



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Áncash - Huaraz
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO

UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023

NTP 400.012
ASTM C 136

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : TACLÁN
UBICACIÓN : TACLÁN-HUARAZ
MUESTRA : ARENA GRUESA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-G01-2023

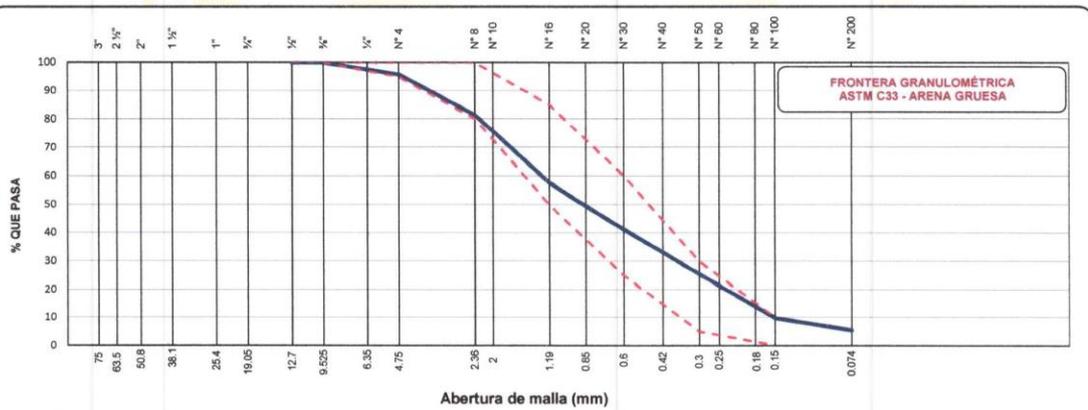
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.00		--	--	100.0
2 1/2"	63.50		--	--	100.0
2"	50.80		--	--	100.0
1 1/2"	38.10		--	--	100.0
1"	25.40		--	--	100.0
3/4"	19.05		--	--	100.0
1/2"	12.70		--	--	100.0
3/8"	9.525		--	--	100.0
N° 4	4.750	69.0	4.2	4.2	95.8
N° 8	2.360	240.0	14.5	18.7	81.3
N° 16	1.190	390.6	23.7	42.4	57.6
N° 30	0.600	270.2	16.4	58.8	41.2
N° 50	0.300	258.6	15.7	74.5	25.5
N° 100	0.150	261.2	15.8	90.3	9.7
N° 200	0.074	69.8	4.2	94.5	5.5
Menor que N° 200		90.6	5.5	100.0	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Peso inicial seco (g) :	1650.0
Peso lavado seco (g) :	1559.4
% Grava :	4.2
% Arena :	90.3
% Pasante N° 200 (Finos) :	5.5
Módulo de fineza :	2.89

GRADACIÓN : A. FINO



% FINOS = 5.5

% ARENA = 90.3

% GRAVA = 4.2

OBSERVACIONES:
- La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.
- Los límites de gradación son los indicados en ASTM C33 - ARENA GRUESA.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash Huaraz
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO

"INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA

: LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO

UBICACIÓN

: DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN

: 02/05/2023

NTP 339.185

ASTM D 2216

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA

: TACLLÁN

UBICACIÓN

: TACLLÁN-HUARAZ

MUESTRA

: ARENA GRUESA

MUESTRA N° : Mab 01

INFORME N° : EG-043-H01-2023

N° RECIPIENTE	59	56
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	1816.2	1631.2
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	1768.5	1589.9
PESO DEL RECIPIENTE (g)	119.8	115.0
PESO DEL AGUA (g)	47.7	41.3
PESO DEL SUELO SECO (g)	1648.7	1474.9
% DE HUMEDAD	2.9	2.8
% HUMEDAD PROMEDIO	2.8	

Método de ensayo	:	B
Método de secado	:	Horno a 110 +/-5°C

OBSERVACIONES:

- La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancaش Huaraz
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424



Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz



43-234351
(+51) 937645700



egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122071

RUC N° 20602024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: 80593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO

UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023

NTP 400.022
ASTM C 128

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : TACLLÁN
UBICACIÓN : TACLLÁN-HUARAZ
MUESTRA : ARENA GRUESA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-PE01-2023

DATOS

AGREGADO		FINO
A	Peso del Material secada al horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$	(g) 493.1
B	Peso de frasco + Agua	(g) 706.7
C	Peso material SSS + Peso del frasco + Agua	(g) 1019.4
S	Peso de la muestra Saturada Superficialmente seca en aire (SSS)	(g) 500.0

RESULTADOS

AGREGADO	FINO
Muestra	01
%Absorción (Ab) = $100 \cdot ((A-D)/D)$	1.4
Pe Bulk (Base seca) o Peso Especifico de Masa (OD) = $A/(B+S-C)$	2.63
Pe Bulk (Base saturada) o Peso Especifico de masa SSS (SSD) = $S/(B+S-C)$	2.67
Pe Aparente (Base seca) o Peso Especifico Aparente (Pea) = $A/(B+A-C)$	2.73

Método de Preparación de la muestra : Desde su humedad natural

OBSERVACIONES: - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash Huaraz

LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INDECOPI REGISTRO N° 00114070

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO
UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ , ÁNCASH
FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023



NTP 400.017
ASTM C 29

PESO UNITARIO (DENSIDAD APARENTE) Y VACIOS DEL AGREGADO FINO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : TACLLÁN
UBICACIÓN : TACLLÁN-HUARAZ
MUESTRA : ARENA GRUESA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-U01-2023

PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2
Peso del molde + muestra seca (g)	7119	7093
Peso del molde (g)	2504.7	2504.7
Peso de la muestra (g)	4614.3	4588.3
Volumen del molde (cm ³)	2836.4	2836.4
Peso unitario suelto seca (g/cm ³)	1.627	1.618
Promedio (kg/m ³)	1620	

PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2
Peso del molde + muestra seca (g)	7513	7538
Peso del molde (g)	2504.7	2504.7
Peso de la muestra (g)	5008.3	5033.3
Volumen del molde (cm ³)	2836.4	2836.4
Peso unitario compactado seca (g/cm ³)	1.766	1.775
Promedio (kg/m ³)	1770	

Peso Especifico de Masa (OD)	2.63
% de Vacios - Muestra Suelta	38.3
% de Vacios - Muestra compactada	32.6

Método utilizado en la compactación : Rodding (Varillado)

OBSERVACIONES: - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 90466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz

LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (Opuntia ficus-indica) Y LINAZA (Linum usitatissimum) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO

UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ , ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023



NTP 400.012
ASTM C 136

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO GRUESO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANtera : TACLLÁN
UBICACIÓN : TACLLÁN-HUARAZ
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-G02-2023

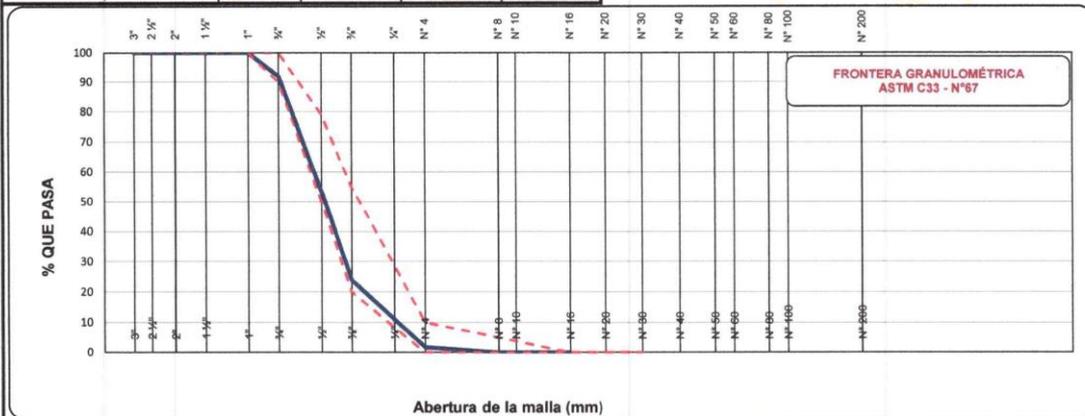
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.000		--	--	100.0
2 1/2"	63.500		--	--	100.0
2"	50.800		--	--	100.0
1 1/2"	38.100		--	--	100.0
1"	25.400		--	--	100.0
3/4"	19.050	405.6	8.0	8.0	92.0
1/2"	12.700	1971.2	38.8	46.7	53.3
3/8"	9.525	1492.0	29.3	76.1	23.9
N° 4	4.750	1126.6	22.2	98.2	1.8
N° 8	2.360	90.2	1.8	100.0	--
N° 16	1.190		--	100.0	--
N° 30	0.600		--	100.0	--
N° 50	0.300		--	100.0	--
N° 100	0.150		--	100.0	--
N° 200	0.074		--	100.0	--
Menor que N° 200		--	--	100.0	--

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Peso inicial seco (g) : 5085.6
% Grava : 98.2
% Arena : 0.0
% Finos : 0.0
Humedad natural (%) : 0.4
Tamaño Máximo Nominal (Pulg) : 3/4"
Módulo de Fineza : 6.8

GRADACIÓN : ASTM HUSO N°67



% FINOS = 0.0 % ARENA = 0.0 % GRAVA = 98.2

OBSERVACIONES: - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DN N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - BIENES CÓDIGO: D0593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO
UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH
FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023



NTP 339.185
ASTM D 2216

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : TACLLÁN
UBICACIÓN : TACLLÁN-HUARAZ
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-H02-2023

N° RECIPIENTE	61	66
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	2633.2	2563.1
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	2625.7	2553.4
PESO DEL RECIPIENTE (g)	89.7	134.2
PESO DEL AGUA (g)	07.5	09.7
PESO DEL SUELO SECO (g)	2536.0	2419.2
% DE HUMEDAD	0.3	0.4
% HUMEDAD PROMEDIO	0.4	

Método de ensayo	: B
Método de secado	: Horno a 110 +/-5°C

OBSERVACIONES: - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash Huaraz

LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com



OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20602024190

INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO

UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023



NTP 400.021
ASTM C 127

GRAVEDAD ESPECÍFICA (DENSIDAD RELATIVA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : TACLÁN
UBICACIÓN : TACLÁN-HUARAZ
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-PE02-2023

DATOS		
AGREGADO		GRUESO
A	Peso del Material secada al horno a 110 ± 5°C (g)	2980.6
B	Peso de la muestra Saturada Superficialmente seca en aire (SSS) (g)	3004.3
C	Peso en el agua de la muestra SSS. (g)	1892.2

RESULTADOS		
AGREGADO		GRUESO
Muestra		01
Tamaño máximo Nominal de la muestra		3/4"
%Absorción (Ab) = (B-A)/A		0.80
Peso Especifico de Masa (OD) = A/(B-C)		2.68
Peso Especifico de masa saturada con superficie seca (SSD) = B/(B-C)		2.70
Peso Especifico Aparente (Pea) = A/(A-C)		2.74

Método de Preparación de la muestra : Desde su humedad natural

OBSERVACIONES: - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: ST122071

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (Opuntia ficus-indica) Y LINAZA (Linum usitatissimum) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITA : LOURDES KATHERIN EVARISTO COLETO

UBICACIÓN : DISTRITO HUARAZ, PROVINCIA HUARAZ, ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN : 02/05/2023

NTP 400.017
ASTM C 29

PESO UNITARIO (DENSIDAD APARENTE) Y VACIOS DEL AGREGADO GRUESO



REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : TACLLÁN
UBICACIÓN : TACLLÁN-HUARAZ
MUESTRA : ARENA GRUESA

MUESTRA N° : Mab 01
INFORME N° : EG-043-U01-2023

PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2
Peso del recipiente + muestra seca (g)	18033	18049
Peso del recipiente (g)	5388.0	5388.0
Peso de la muestra (g)	12645.0	12661.0
Volumen (cm ³)	9488.1	9488.1
Peso unitario suelto seca (g/cm ³)	1.333	1.334
Promedio (kg/m ³)	1330	

PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2
Peso del recipiente + muestra seca (g)	19200	19050
Peso del recipiente (g)	5388.0	5388.0
Peso de la muestra (g)	13812.0	13662.0
Volumen (cm ³)	9488.1	9488.1
Peso unitario compactado seca (g/cm ³)	1.456	1.440
Promedio (kg/m ³)	1450	

Peso Especifico de Masa (OD)	2.68
% de Vacios - Muestra Suelta	50.3
% de Vacios - Muestra compactada	45.8

Método utilizado en la compactación : Rodding (Varillado)

OBSERVACIONES: - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
LYNDA KABEN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

Informe de ensayo de la resistencia a compresión



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071

RUC N° 20082024100
INDECOPI REGISTRO N° 00114070

OSCE - BIENES CÓDIGO: 00503397

INFORME DE ENSAYO

**NTP 339.034
ASTM C39/C39M-20**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F/C=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 23/05/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

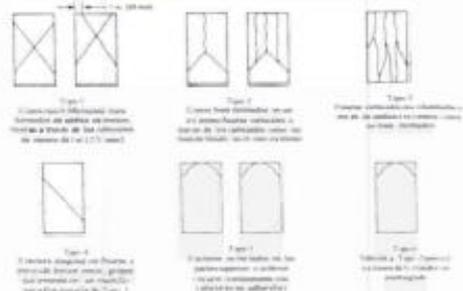
RESISTENCIA (f_c) : 175 kg/cm²

INFORMEN* : EG-043-C001-2023

TÉCNICO : A. S. C.

PÁGINA : 1 de 1

Esquema ASTM C39



(M.L. 30 Normas de los Tipos de Fractura - Tipos 1-6)



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f _c)		f _{orb} (%)
										(kg/cm ²)	(Mpa)	
1	PATRÓN - P01	16/05/2023	23/05/2023	7	150	17671	38070	373.3	Tipo 5	215.4	21.1	123.1%
2	PATRÓN - P02	16/05/2023	23/05/2023	7	150	17671	24130	236.6	Tipo 2	136.5	13.4	78.0%
3	PATRÓN - P04	16/05/2023	23/05/2023	7	150	17671	22970	225.3	Tipo 5	130.0	12.7	74.3%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E. I. R. L.

Angel Alexander San y Rosas Cruz
DNI N° 70465038
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
C.I.P. N° 151424
AS. T.M.N. N° 2415424

LYNDA KAREN ANZAMONA CASTROMONTE
C.I.P. N° 151424
AS. T.M.N. N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 01222071

SUC N° 20682824190

OSCE - BIENES CÓDIGO: 005003197

INRECOMI REGISTRO N° 00114079

INFORME DE ENSAYO

NTP 339034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CLÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'c=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS-HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 24/05/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

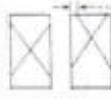
RESISTENCIA (f'c) : 175 kg/cm²

INFORME N° EG-043-C003-2023

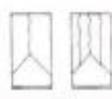
TÉCNICO A. S. C.

PÁGINA 1 de 1

Tipos ASTM Q08



Tipos 1
Probetas cilíndricas de concreto tipo 1. Se fabrican en un molde de concreto con un diámetro de 150 mm y una altura de 300 mm.



Tipos 2
Probetas cilíndricas de concreto tipo 2. Se fabrican en un molde de concreto con un diámetro de 100 mm y una altura de 300 mm.



Tipos 3
Probetas cilíndricas de concreto tipo 3. Se fabrican en un molde de concreto con un diámetro de 100 mm y una altura de 200 mm.



Tipos 4
Probetas cilíndricas de concreto tipo 4. Se fabrican en un molde de concreto con un diámetro de 100 mm y una altura de 150 mm.



Tipos 5
Probetas cilíndricas de concreto tipo 5. Se fabrican en un molde de concreto con un diámetro de 100 mm y una altura de 100 mm.



Tipos 6
Probetas cilíndricas de concreto tipo 6. Se fabrican en un molde de concreto con un diámetro de 100 mm y una altura de 75 mm.

Fig. 1. Tipos de probetas cilíndricas de concreto.



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c)		Fallo (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 02 - P01	17/05/2023	24/05/2023	7	150	17671	24890	244.1	Tipo2	140.8	13.8	80.5%
2	TRATAMIENTO 02 - P02	17/05/2023	24/05/2023	7	150	17671	24000	235.4	Tipo2	135.8	13.3	77.6%
3	TRATAMIENTO 02 - P03	17/05/2023	24/05/2023	7	150	17671	18950	185.8	Tipo2	107.2	10.5	61.3%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Colegio Departamental Ancash - Huaraz
CIVIL
INGENIERA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
CIP N° 191424
ATTA N° 2411424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122071

RUC N° 20682024100

OSCE - BIENES CÓDIGO: 80593397

INDECOPI REGISTRO N° 80114070

INFORME DE ENSAYO

NTP 330.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO FC=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS-HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 24/05/2023

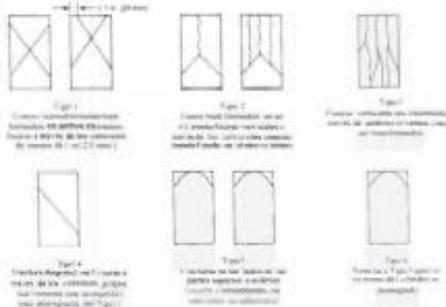
TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

RESISTENCIA (fc) : 175 kg/cm²

INFORME N°	EG-043-C004-2023
TÉCNICO	A. S. C.
PÁGINA	1 de 1

Ensayo ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		fc/fc
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 03 - P01	17/05/2023	24/05/2023	7	150	17671	28140	276.0	Tipo 3	159.2	15.6	91.0%
2	TRATAMIENTO 03 - P02	17/05/2023	24/05/2023	7	150	17671	18360	180.1	Tipo 3	103.9	10.2	59.4%
3	TRATAMIENTO 03 - P03	17/05/2023	24/05/2023	7	150	17671	31400	307.9	Tipo 3	177.7	17.4	101.5%

Observaciones:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EG EOS E.I.R.L.

Angel Ale...
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
LINDA KARRER ALVARO CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
SIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122971

BOC N° 20602024100

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 04503397

INDECOPÍ REGISTRO N° 80114078

INFORME DE ENSAYO

NTP 338.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LHAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'c=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS- HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 30/05/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

RESISTENCIA (fc) : 175 kg/cm²

INFORMEN* EG-043-C005-2023

TÉCNICO A. S. C.

PÁGINA 1 DE 1

Figuras ASTM C39

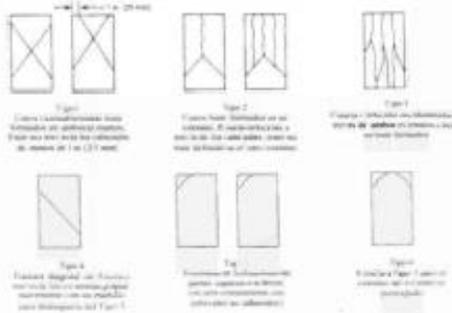


Fig. 2.1. Tipos de las Probetas de Ensayo (en cm)

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		fcfc (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PATRÓN- P06	18/05/2023	30/05/2023	14	150	17671	34110	334.5	Tipo2	193.0	18.9	110.3%
2	PATRÓN- P07	18/05/2023	30/05/2023	14	150	17671	29700	291.3	Tipo 2	168.1	16.5	96.0%
3	PATRÓN- P08	18/05/2023	30/05/2023	14	150	17671	28620	280.7	Tipo2	162.0	15.9	92.6%

OBSERVACIONES:

- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- † Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOSE.I.R.L.

Angel Alexander Saly Rosas Cruz
DNI N° 70496528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 101424
ASTM N° 2435424



Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz



43-234351
(+51) 937645700



egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122071

SUC N° 29002924196

OSCE - BIENES CÓDIGO: 94593307

INDECOPI REGISTRO N° 80114878

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO FC=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 30/05/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

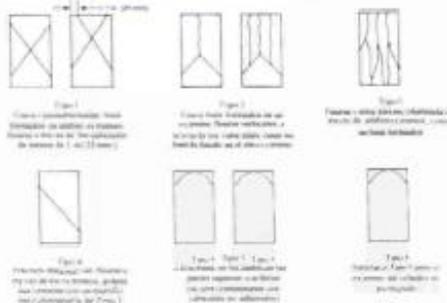
RESISTENCIA (fc) : 175 kg/cm²

INFORME N° EG-043-0206-2023

TÉCNICO A. S. C.

PÁGINA 1 de 1

Exhibe ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		fc/fo (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 01 - P05	16/05/2023	30/05/2023	14	150	17671	31890	312.7	Tipo 3	180.5	17.7	103.4%
2	TRATAMIENTO 01 - P07	16/05/2023	30/05/2023	14	150	17671	33210	325.7	Tipo 3	187.9	18.4	107.4%
3	TRATAMIENTO 01 - P08	16/05/2023	30/05/2023	14	150	17671	29920	292.4	Tipo 3	168.7	16.5	96.4%

- OBSERVACIONES:**
- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
 - Muestras elaboradas por el solicitante.
 - Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E. I. R. L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
D.N. N° 704 665 28
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
CINBARRÓN AZAYUA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 131424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeoprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51222871

RDC N° 20682624198

OSCE - BIENES CÓDIGO: 88582387

INDECOPI REGISTRO N° 8014878
INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'c=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACION DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 31/05/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solotante

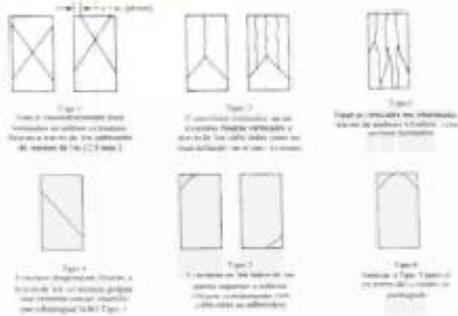
RESISTENCIA (f'c) : 175 kg/cm²

INFORME N° EG-043-C007-2023

TÉCNICO A. S. C.

PÁGINA 1 de 1

Clase ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		Futb (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 02 - P04	17/05/2023	31/05/2023	14	150	17671	28860	263.4	Tipo 3	152.0	14.9	86.9%
2	TRATAMIENTO 02 - P05	17/05/2023	31/05/2023	14	150	17671	29720	291.5	Tipo 3	168.2	16.5	96.1%
3	TRATAMIENTO 02 - P06	17/05/2023	31/05/2023	14	150	17671	24390	239.2	Tipo 3	138.0	13.5	78.9%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Ángel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Código Deontológico Ancash - Huaraz
ING. MARGARITA MONICA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 151424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122971

RUC N° 20602024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: B0503397

INDECOPI REGISTRO N° 00114079

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (Opuntia ficus-indica) Y LINAZA (Linum usitatissimum) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO FC=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 31/05/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

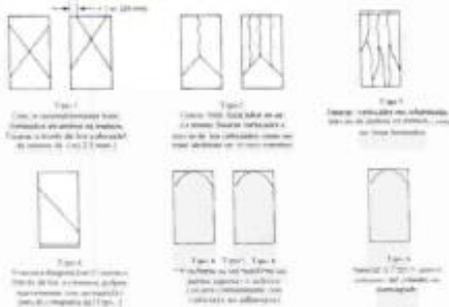
RESISTENCIA (fc) : 175 kg/cm²

INFORME N° EG-043-0008-2023

TÉCNICO A. S. C.

PÁGINA 1 de 1

Ensayo ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (KN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		fc/ft (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 03 - P04	17/05/2023	31/05/2023	14	150	17671	21790	213.7	Tipo 2	123.3	12.1	70.5%
2	TRATAMIENTO 03 - P05	17/05/2023	31/05/2023	14	150	17671	37240	365.2	Tipo 3	210.7	20.7	120.4%
3	TRATAMIENTO 03 - P06	17/05/2023	31/05/2023	14	150	17671	31250	306.5	Tipo 2	176.8	17.3	101.1%

OBSERVACIONES

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la conexión de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Gal y Mosa Cruz
C.I. N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE INGENIEROS - HUARAZ
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓNOMO-51122071

BDC N° 20002624190

OSCE - BIENES CÓNOMO-30 5633 97

IMDECOP REGISTRADO N° 00114070

INFORME DE ENSAYO

NTP 338.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'c=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 13/06/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

RESISTENCIA (f'c) : 175 kg/cm²

INFORME N° : EG-043-C009-2023

TÉCNICO : A. S. C.

PÁGINA : 1 de 1

Forma ASTM C39

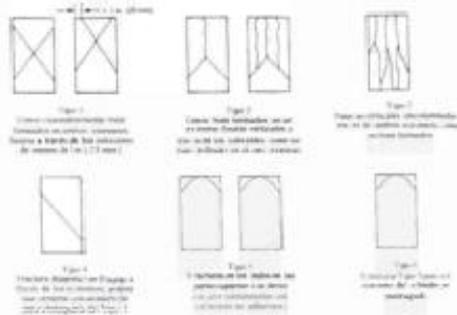


FIG. 1.1 Tipos de las "Muestras de ensayo" Tipo 1 a Tipo 6

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE RÓTURA (Kg)	CARGA DE RÓTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c)		f'c/f'c
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PATRÓN - P09	16/05/2023	13/06/2023	28	150	17671	44820	439.5	Tipo 3	253.6	24.9	144.9%
2	PATRÓN - P11	16/05/2023	13/06/2023	28	150	17671	44030	431.8	Tipo 3	249.2	24.4	142.4%
3	PATRÓN - P12	16/05/2023	13/06/2023	28	150	17671	43770	429.2	Tipo 3	247.7	24.3	141.5%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Saúl y Rosas Cruz
IDM N° 204136528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Grupo de Ingeniería Civil - Huaraz
LINDA KAREN AZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA C.I.V.
COP 14-115-14-24
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Bañón - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: ST122071

NOC N° 20002024190

OSCE - BIENES CÓDIGO: 00503307

INDECOPI REGISTRO N° 0014070

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034
ASTM C39C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO FC=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 13/06/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

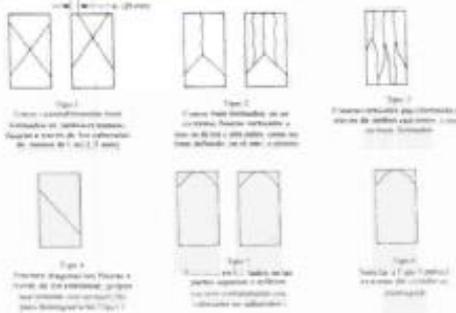
RESISTENCIA (F_c) : 175 kg/cm²

INFORME N° EG-043-C910-2023

TÉCNICO : A. S. C.

PÁGINA : 1 de 1

Fig. 06, ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f _c)		F _{ef} (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 01 - P09	16/05/2023	13/06/2023	28	150	17671	30590	300.0	Tipo 3	173.1	17.0	98.9%
2	TRATAMIENTO 01 - P11	16/05/2023	13/06/2023	28	150	17671	20490	200.9	Tipo 3	115.9	11.4	66.3%
3	TRATAMIENTO 01 - P12	16/05/2023	13/06/2023	28	150	17671	18770	184.1	Tipo 2	106.2	10.4	60.7%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Ángel Alejandro Torres y Rojas CPD
CNP 70486528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Código Deontológico: Ancash - Huaraz
INGENIERA ROSAMONTE CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CNP 150424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antónex 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122871	ROC N° 20682024190 INDECOPI REGISTRO N° 00114079	OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397
-----------------------------------	---	--------------------------------

INFORME DE ENSAYO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

NTP 339.034 ASTM C39/C39M-20	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO	
PROYECTO	"INFLUENCIA DE NOPAL (<i>Opuntia ficus-indica</i>) Y LINAZA (<i>Linum usitatissimum</i>) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'c=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUIFEROS - HUARAZ, 2022"	
SOLICITANTE	: EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN	
UBICACIÓN	: HUARAZ, ANCASH	
FECHA DE EMISIÓN	: 14/06/2023	
TIPO DE MUESTRA	: Concreto endurecido	INFORME N° EG-043-C011-2023
MUESTREO POR	: Solicitante	TÉCNICO A. S. C.
RESISTENCIA (f'c)	: 175 kg/cm ²	PÁGINA 1 de 1

Fig. 1. Tipos de probetas de concreto.

Fig. 1. Tipos de probetas de concreto. Este diagrama muestra seis tipos de probetas de concreto cilíndricas con diferentes configuraciones de refuerzo y fibra. Cada tipo incluye una descripción de sus características y un dibujo correspondiente.



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c)		f'c/f'c (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 02 - P07	17/05/2023	14/06/2023	28	150	17671	37810	370.8	Tipo 2	214.0	21.0	122.3%
2	TRATAMIENTO 02 - P08	17/05/2023	14/06/2023	28	150	17671	28420	278.7	Tipo 2	160.8	15.8	91.9%
3	TRATAMIENTO 02 - P09	17/05/2023	14/06/2023	28	150	17671	26180	256.8	Tipo 3	148.2	14.5	84.7%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

<p>EGEOS E.I.R.L.</p> <p>Angel Alexander Saez y Rosas Cruz D.N.I. N° 70466328 JEFE DE LABORATORIO</p>	<p>ASTM MYS RACIONAL</p>	<p>COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU Colegio de Ingenieros de Civil Huaraz</p> <p>LINA KATER ALZAMORA CASHIMONTE INGENIERA CIVIL CIP N° 151424 ASTM N° 2415424</p>
Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz	43-234351 (+51)937645700	egeosprojects@gmail.com

OSCE - SERVICIOS C00100: 51122071

BBC N° 20 0028 24190

OSCE - SERVICIOS C00100: 00503357

INDICAPI REGISTRO N° 00110079

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034
ASTM C39/C39M-20

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y LNAZA (*Linum usitatissimum*) EN LA RESISTENCIA A COMPRESION Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO F'c=175KG/CM2 CON FINES DE RESTAURACIÓN DE MANTOS ACUÍFEROS – HUARAZ, 2022"

SOLICITANTE : EVARISTO COLETO LOURDES KATHERIN

UBICACIÓN : HUARAZ, ANCASH

FECHA DE EMISIÓN : 14/06/2023

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

MUESTREO POR : Solicitante

RESISTENCIA (f'c) : 175 kg/cm²

INFORMEN° : EG-043-C012-2023

TÉCNICO : A. S. C.

PÁGINA : 1 de 1

Fuente: ASTM C39

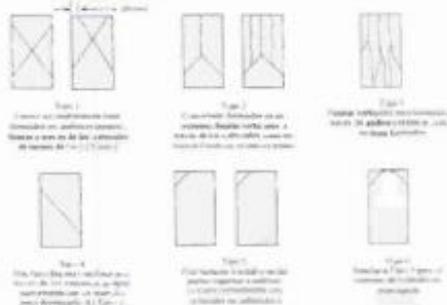


Fig. 2. Esquema de las Probetas de Fractura Típicas



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (KN)	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c)		f'c/f'c
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	TRATAMIENTO 03 - P07	17/05/2023	14/06/2023	28	150	1767t	25270	247.8	Tipo 3	143.0	14.0	81.7%
2	TRATAMIENTO 03 - P08	17/05/2023	14/06/2023	28	150	1767t	23290	228.4	Tipo 2	131.8	12.9	75.3%
3	TRATAMIENTO 03 - P09	17/05/2023	14/06/2023	28	150	1767t	37580	368.5	Tipo 3	212.7	20.9	121.5%

RESERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la conexión de esfuerzo.

EGEOS E.J.R.L.

Angel Alexa Rosas Cruz
D.N.I.° 70436528
JEFE DE LABORATORIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Lynda Karen Alzamora Castromonte
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

43-234351
(+51)937645700

egeosprojects@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración

TC - 15695 - 2022

Proforma : 13685A Fecha de emisión : 2022-08-26
Solicitante : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : Jr. Damaso Antunez Nro. 756 Bar. Belen Ancash-Huaraz-Huaraz

Instrumento de medición : Balanza
Tipo : Electronica
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
N° de Serie : 8339380120
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 1 g
Division de Verificacion : 1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 50 g
Procedencia : China
Identificación : No indica
Ubicación : Laboratorio de suelos
Variacion de Δ Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2022-08-26

Lugar de calibración
Instalaciones de EGEOS E.I.R.L.

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04

Página : 1 de 3



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-15693-2022

PROFORMA : 13685AC1 Fecha de emisión : 2022 - 09 - 02 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : Jr. Damaso Antunez Nro. 756 Bar. Belen Ancash-Huaraz-Huaraz

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESA DE CONCRETO
 Marca : PERUTEST
 Modelo : PC-100
 N° Serie : 232
 Intervalo de indicación : 100000 kg
 Resolución : 10 kg
 Procedencia : No Indica
 Código de Identificación : NO INDICA
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2022 - 08 - 26

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de EGEOS E.I.R.L.

METODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se efectuó por comparación indirecta tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 376. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza utilizados para la verificación de las maquinas de ensayo uniaxial.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18,2°C	20,4°C
HUMEDAD RELATIVA	64,0%	64,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



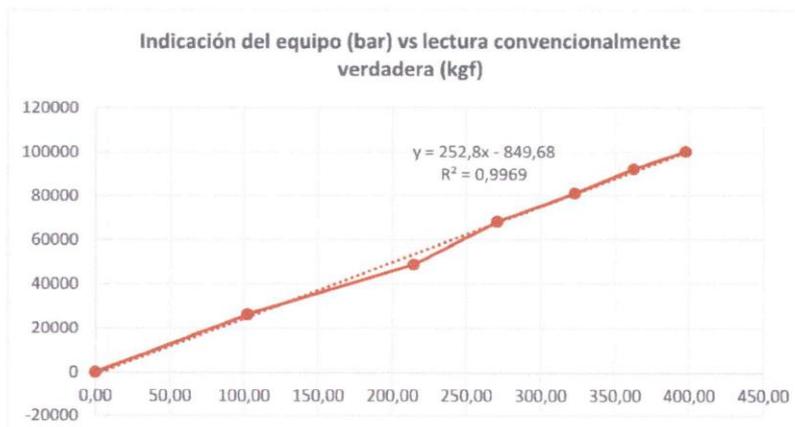
Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión Clase de Exactitud 0,005 DM-INACAL	Manómetro de 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-064-2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (bar)	Indicación del Equipo	Lectura Convencionalmente Verdadera	Error	Incertidumbre
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
0,00	0	0	0	8
102,20	26220	26220	0	8
214,33	48800	48810	-10	10
270,69	68060	68080	-20	10
322,95	81020	81050	-30	12
362,52	92010	92060	-50	12
397,50	100020	100060	-40	12



OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Certificado de Calibración

TC - 15694 - 2022

Proforma : 13685A Fecha de Emisión : 2022-09-02

Solicitante : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : JR. DAMASO ANTUNEZ NRO. 756 BAR. BELEN ÁNCASH-HUARAZ-HUARAZ

Equipo : Horno
Marca : METROTEST
Modelo : MS-H1
Número de Serie : 818
Identificación : No indica
Procedencia : No indica
Circulación del aire : Ventilación forzada
Ubicación : Laboratorio de suelos
Fecha de Calibración : 2022-08-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	0 °C a 200 °C	1 °C
Selector	DIGITAL	0 °C a 200 °C	1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración
Instalaciones de EGEOS E.I.R.L.

Método de calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM/ INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Condiciones de calibración

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	18,5 °C	38 %hr	220 V
Final	18,4 °C	38 %hr	220 V

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado de Calibración

LO23-103

Número de OT: 178-2023

CLIENTE

Razón Social : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : JR. DAMASO ANTUNEZ 756 BAR. A MEDIA CUADRA DE HUARAZ QUERIDO (HUARAZ-HUARAZ-ANCASH)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-04-19
Lugar de Calibración : Instalaciones del Cliente
Fecha de Emisión : 2023-04-25

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CONO SLUMP

Marca	: No Indica	Identificación	: CS.203-01
Modelo	: No Indica	Procedencia	: No Indica
Serie	: No Indica	Ubicación	: Laboratorio De Mecánica de Suelos, Concreto y Control de Calidad De Materiales

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Diámetro Mayor : 20,32 cm

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración ha sido realizada mediante la determinación del error de indicación por comparación directa usando como referencia la norma ASTM C143 " Slump of Hydraulic Cement Concrete".

Sello

Metrólogo

Director Técnico



Alex Rios Vallejo

Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Certificado de Calibración

LO23-105

Número de OT: 178-2023

CLIENTE

Razón Social : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : JR. DAMASO ANTUNEZ 756 BAR. A MEDIA CUADRA DE HUARAZ QUERIDO (HUARAZ-HUARAZ-ANCASH)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-04-04
Lugar de Calibración : Instalaciones del Cliente
Fecha de Emisión : 2024-04-10

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EQUIPO DE ABSORCIÓN DE ARENA

Marca	: No Indica	Identificación	: EABS-01
Modelo	: No Indica	Procedencia	: No Indica
Serie	: No Indica	Ubicación	: Laboratorio De Mecánica de Suelos, Concreto y Control de Calidad De Materiales

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Diámetro de molde : No indica

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración ha sido realizada mediante la determinación del error de indicación por comparación directa usando como referencia la norma ASTM-C128 "Método de prueba estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del agregado fino".

Sello

Metrólogo

Director Técnico



Alex Rios Vallejo

Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Certificado de Calibración

LM23-044

Número de OT: 178-2023

CLIENTE

Razón Social : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : JR. DAMASO ANTUNEZ 756 BAR. A MEDIA CUADRA DE HUARAZ QUERIDO (HUARAZ-HUARAZ-ANCASH)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-04-04
Lugar de Calibración : Instalaciones del Cliente
Fecha de Emisión : 2023-04-10

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : RECIPIENTE CALIBRADO DE PESO UNITARIO

Marca	: No Indica	Identificación	: RPU-01
Modelo	: No Indica	Procedencia	: No Indica
Serie	: No Indica	Ubicación	: Laboratorio De Mecánica de Suelos, Concreto y Control de Calidad De Materiales

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Diámetro de molde : 200 mm

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración ha sido realizada mediante la determinación del error de indicación por comparación directa usando como referencia la norma ASTM C 29/C 29M - 97 "Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos".

Sello

Metrólogo

Director Técnico



Alex Rios Vallejo



Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Certificado de Calibración

LO23-104

Número de OT: 178-2023

CLIENTE

Razón Social : EGEOS E.I.R.L.
Dirección : JR. DAMASO ANTUNEZ 756 BAR. A MEDIA CUADRA DE HUARAZ QUERIDO (HUARAZ-HUARAZ-ANCASH)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-04-04
Lugar de Calibración : Instalaciones del Cliente
Fecha de Emisión : 2023-04-10

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CANASTA DE DENSIDADES

Marca	: No Indica	Identificación	: C.DEN-01
Modelo	: No Indica	Procedencia	: No Indica
Serie	: No Indica	Ubicación	: Laboratorio De Mecánica de Suelos, Concreto y Control de Calidad De Materiales

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Diámetro de molde : No indica

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración ha sido realizada mediante la determinación del error de indicación por comparación directa usando como referencia la norma ASTM C127 "Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Grueso".

Sello

Metrologo

Director Técnico



Alex Rios Vallejo

Wilfredo Reyes Yzaquirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

N° PE22-C-0828

Cliente: <i>Customer</i>	TEST & CONTROL S.A.C.	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i></p>
Dirección: <i>Address</i>	Jr. Condesa De Lemos N° 117 Urb. San Miguel (Lima/Lima/San Miguel)	
Instrumento de medición: <i>Measuring instrument</i>	Juego de Pesas	
Marca: <i>Brand</i>	No indica	
Modelo: <i>Model</i>	No indica	
Número de Serie: <i>Serial Number</i>	No indica	
Identificación: <i>Identification</i>	OP-MAS-013 (*)	
Lugar de Calibración: <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio de Masa - KOSSODO METROLOGÍA S.A.C.	
Orden de Trabajo: <i>Work Order</i>	OT-02201129	
Fecha de Calibración: <i>Date of Calibration</i>	2022-06-20 al 2022-06-21	
Fecha de Emisión: <i>Date of issue</i>	2022-06-23	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Technical characteristics of the calibrated object

Valor Nominal <i>Nominal Value</i>	Clase <i>Class</i>	Material <i>Material</i>	Forma <i>Form</i>	Marcas <i>Marks</i>
1 mg a 1 kg	F1 (**)	Acero inoxidable	Laminar / Cilíndrica con botón	Ninguna

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibration Method

La calibración se realizó por comparación directa, de las indicaciones de lectura de la comparadora entre las pesas patrones del laboratorio y las pesas a calibrar; por el método de sustitución con corrección por empuje de aire; siguiendo el procedimiento, P-CAL-12 "Procedimiento de Calibración de Pesas de Clase de Exactitud F1, E2". (Versión 01). Este procedimiento de calibración cumple con los ensayos a realizar de acuerdo a la Recomendación Internacional OIML R -111:2004. La determinación de la densidad de las pesas ha sido tomada de tablas de acuerdo al material a menos que se especifique lo contrario.

Calibration was performed by direct comparison, indications of the comparative reading between laboratory standard weights and weights to calibrate, by the method of replacement air buoyancy correction, following the procedure, P-CAL-12 "Procedure calibration Accuracy Class Weights F1, E2". (Version 01). This calibration procedure meets the tests to be performed according to the International Recommendation OIML R -111:2004. The determination of the density of the weights is taken from tables according to the material unless otherwise specified.

Jefe de Laboratorio
Laboratory Boss



[Signature]

Olga Toro Sayas

Supervisor de Laboratorio
Laboratory Supervisor

[Signature]

Jano Ahumada M.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° FA-0654-2022**Solicitante : SPECIALIZED METROLOGY CENTER S.A.C.****Dirección : Jr. Río Chotano N° 5308 - Los Olivos**

1.- Instrumento : Pie de rey
Tipo de indicación : Digital
Intervalo de indicación : 0,00 mm a 200 mm
Resolución : 0,01 mm
Fabricante : Insize
Procedencia : No indica
Modelo : No indica
Código : 1108-200W
N° de Serie : 2704131035
Código (Solicitante) : LD-IM-04
Otro Código : No indica

Expediente N° 0398-2022

2.- Lugar y fecha de calibración

Laboratorio de Calibración Fesepsa S.A. 2022-07-12

3.- Patrones utilizados en la calibración

Anillo patron, N° de serie 120470 certificado de calibración N° LLA-027-2022.
Cilindro patron, N° de serie 1005812 certificado de calibración N° LLA-035-2022.
Bloque patrón grado 0, N° de serie 2004901 certificado de calibración N° LLA-258-2021.
Bloque patrón grado 0, N° de serie BP-LC-05 certificado de calibración N° LLA-C-032-2021
Calibrados por el INACAL-DM, con trazabilidad a los patrones nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de medida (SI).

4.- Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa según **PC-012 Edición 5ta - Agosto 2012**.
Procedimiento de calibración de pie de rey.

5.- Condiciones ambientales

Temperatura 20 °C ± 2 °C

6.- Resultados de medición

Los resultados de medición se muestran en la página siguiente

7.- Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color anaranjado con la indicación calibrado.
La periodicidad de la calibración esta en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



Firmado digitalmente por:
MIGUEL ANTONIO BAUTISTA BACA
Cargo: JEFE DE LABORATORIO
Empresa: FESEPSA S.A
Fecha/Hora: 13-07-2022
13:38:33

pag. 1/3

Este certificado no deberá ser reproducido en forma parcial sin la autorización por escrito de FESEPSA. Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av Elmer Faucett N°390 - Callao**Telfs: 451-1052 Anexo:142 ó 140 / cel: 924799490****laboratorio@fesepsa.pe / calibracion@fesepsa.pe**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 21586 - 2022

PROFORMA : 16597

Fecha de emisión: 2022-12-22

SOLICITANTE : TEST & CONTROL S.A.C.

Dirección : Jr. Condesa De Lemos Nro. 117 Urb. San Miguelito Lima-Lima-San Miguel

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PIE DE REY
Tipo : Digital
Marca : INSIZE
Modelo : 1108-300W
N° de Serie : 2604131692
Intervalo de Indicación : 0 mm a 300 mm
División de Escala : 0,01 mm
Procedencia : No Indica
Identificación : LON-020
Fecha de Calibración : 2022 - 12 - 22

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro bloques patrón según procedimiento PC - 012 " Procedimiento de calibración de pie de rey". Quinta Edición - Agosto 2012. SNM - INDECOPI

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	53,8 %	55,1 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 21168 - 2021

PROFORMA : 7759A Fecha de emisión: 2021-12-11

SOLICITANTE : TEST & CONTROL S.A.C.

Dirección : Jr. Condesa De Lemos Nro. 117 Urb. San Miguelito Lima-Lima-San Miguel

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PIE DE REY
Tipo : Digital
Marca : INSIZE
Modelo : 1108-300W
N° de Serie : 2604131692
Intervalo de Indicación : 0 mm a 300 mm
División de Escala : 0,01 mm
Procedencia : No Indica
Identificación : LON-020
Fecha de Calibración : 2021 - 12 - 11

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro bloques patrón según procedimiento PC - 012 " Procedimiento de calibración de pie de rey". Quinta Edición - Agosto 2012. SNM - INDECOPI

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	54,3 %	57,3 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP - 117 - 2022

Página 1 de 4

Expediente	1047281
Solicitante	TEST & CONTROL S.A.C.
Dirección	URB. SAN MIGUELITO
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA
Intervalo de Indicaciones	-1 bar a 5 bar
Resolución	0,0005 bar
Clase de Exactitud	0,05 % FS (*)
Marca	AEP TRANSDUCERS
Modelo	LAB DMM
Número de Serie	923026
Procedencia	ITALIA
Fecha de Calibración	2022-05-18

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

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

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

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

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

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	 <p>Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA Legando FAU 20600283015 soft Fecha: 2022-05-20 12:14:16</p>	 <p>Firmado digitalmente por SANCHEZ AVILES Ricardo Alfonso FAU 20600283015 soft Fecha: 2022-05-20 08:27:11</p>
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

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

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



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración

LM - C - 211 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1047627	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i></p>
Solicitante	TEST & CONTROL S.A.C.	
Dirección	JR. CONDESA DE LEMOS Nº 117 URB. SAN MIGUELITO - SAN MIGUEL - LIMA	
Instrumento de Medición	PESA	
Valor Nominal	10 kg (*)	
Clase de Exactitud	F1 (*)	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Número de Serie	OP-MAS-023 (**)	
Cantidad	1	
Fecha de Calibración	2022-07-05	

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

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente por
DE LA CRUZ GARCIA
Leonardo FAU
20600283015 soft
Fecha: 2022-07-07
19:43:31



Firmado digitalmente por TAIFE
ARAUJO Danny Nimer FAU
20600283015 soft
Fecha: 2022-07-07 09:07:48

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración

LM - C - 210 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1047627	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i></p>
Solicitante	TEST & CONTROL S.A.C.	
Dirección	JR. CONDESA DE LEMOS N° 117 URB. SAN MIGUELITO - SAN MIGUEL - LIMA	
Instrumento de Medición	JUEGO DE PESAS	
Valor Nominal	1 kg a 5 kg (**)	
Clase de Exactitud	F1 (**)	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Número de Serie	OP-MAS-031 (***)	
Cantidad	4	
Fecha de Calibración	2022-07-05	

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

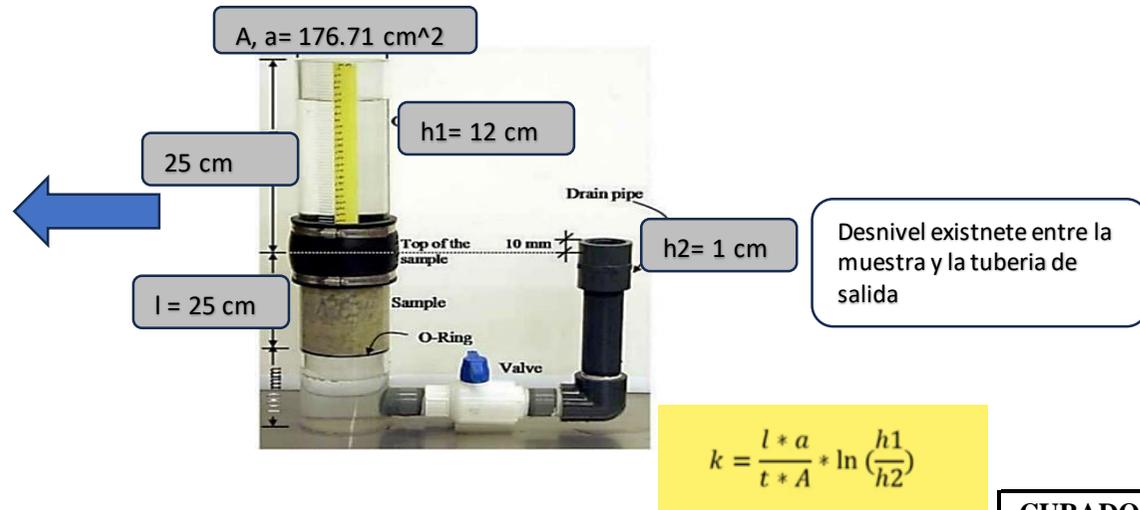
	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	 Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA, Leonardo FAU 20600283015 soft Fecha: 2022-07-07 19:43:31	 Firmado digitalmente por TAIPE ARAUJO Donny Nirmer FAU 20600283015 soft Fecha: 2022-07-07 09:07:48
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

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



Anexo D. Cuadro de cálculo de la permeabilidad usando Permeámetro de carga variable según Neithalath – ACI 522R – 06

PERMEABILIDAD (cm/s)



Longitud muestra		Área muestra		Área de la tubería de carga		Tiempo de h1 a h2		Altura N.R.		Alt tub salida		CURADO	CURADO	Permeabilidad (cm/s)						
												28 (DIAS)								
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²	a=	176.71	cm ²	t=	95.32	s	h1=	12	cm	h2=	1	cm	Concreto poroso	0.652	0.621
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		99.12	s		12	cm		1	cm	f'c=175 kg/cm ²	0.627	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		106.48	s		12	cm		1	cm		0.583	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		103.35	s		12	cm		1	cm	Concreto poroso	0.601	0.599
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		100.25	s		12	cm		1	cm	f'c=175 kg/cm ² +	0.620	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		107.58	s		12	cm		1	cm	0.5% MOF y	0.577	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		84.50	s		12	cm		1	cm	Concreto poroso	0.735	0.792
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		79.16	s		12	cm		1	cm	f'c=175 kg/cm ² +	0.785	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		72.48	s		12	cm		1	cm	1.0% MOF y	0.857	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		65.12	s		12	cm		1	cm	Concreto poroso	0.954	0.909
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		68.18	s		12	cm		1	cm	f'c=175 kg/cm ² +	0.911	
l=	25	cm	A=	176.71	cm ²		176.71	cm ²		72.10	s		12	cm		1	cm	1.5% MOF y	0.862	



Anexo E. Panel fotográfico

Figura 24

Reconocimiento y extracción del material de agregados – cantera Tacllán



Figura 25

Muestreo del material del agregad grueso: piedra chancada.



Figura 26

Muestreo del material del agregad grueso: Arena gruesa.



Figura 27

Peso de los agregados – Piedra chancada



Figura 28

Peso de los agregados - arena



Figura 29

Agregados secados en el horno de 110 °C



Figura 30

Tamices para los agregados



Figura 31

Muestras retenidas por cada tamiz de los agregados



Figura 32

Muestras para los ensayos de contenido de humedad y peso específico



Figura 33

Pelado de las pencas de nopal



Figura 34

Pencas de nopal debidamente cortadas en cuadrados aprox. 5cm



Figura 35

Obtención del mucilago de nopal



Figura 36

Semillas de lino



Figura 37

Preparación para la extracción del mucilago de linaza (baba de linaza)



Figura 38

Separación del mucilago de linaza y las semillas



Figura 39

Elaboración del diseño de concreto poroso.



Figura 40

Agregados a utilizar para el concreto poroso



Figura 41

Asentamiento del concreto poros testigo



Figura 42

Moldes engrasados para la elaboración de las probetas de concreto poroso



Figura 43

Mezcla de concreto poroso testigo



Figura 44

Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo



Figura 45

Peso de aditivos naturales – tratamiento 1



Figura 46

Preparación del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1



Figura 47

Asentamiento del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1



Figura 48

Moldeo de la mezcla del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1



Figura 49

Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 1



Figura 50

Peso de aditivos naturales – tratamiento 2



Figura 51

Preparación del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 2



Figura 52

Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 2



Figura 53

Peso de aditivos naturales – tratamiento 3



Figura 54

Preparación del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3



Figura 55

Asentamiento del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3



Figura 56

Moldeo de la mezcla del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3



Figura 57

Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – tratamiento 3



Figura 58

Probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$



Figura 59

Curado de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$



Figura 60

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo a los 7 días

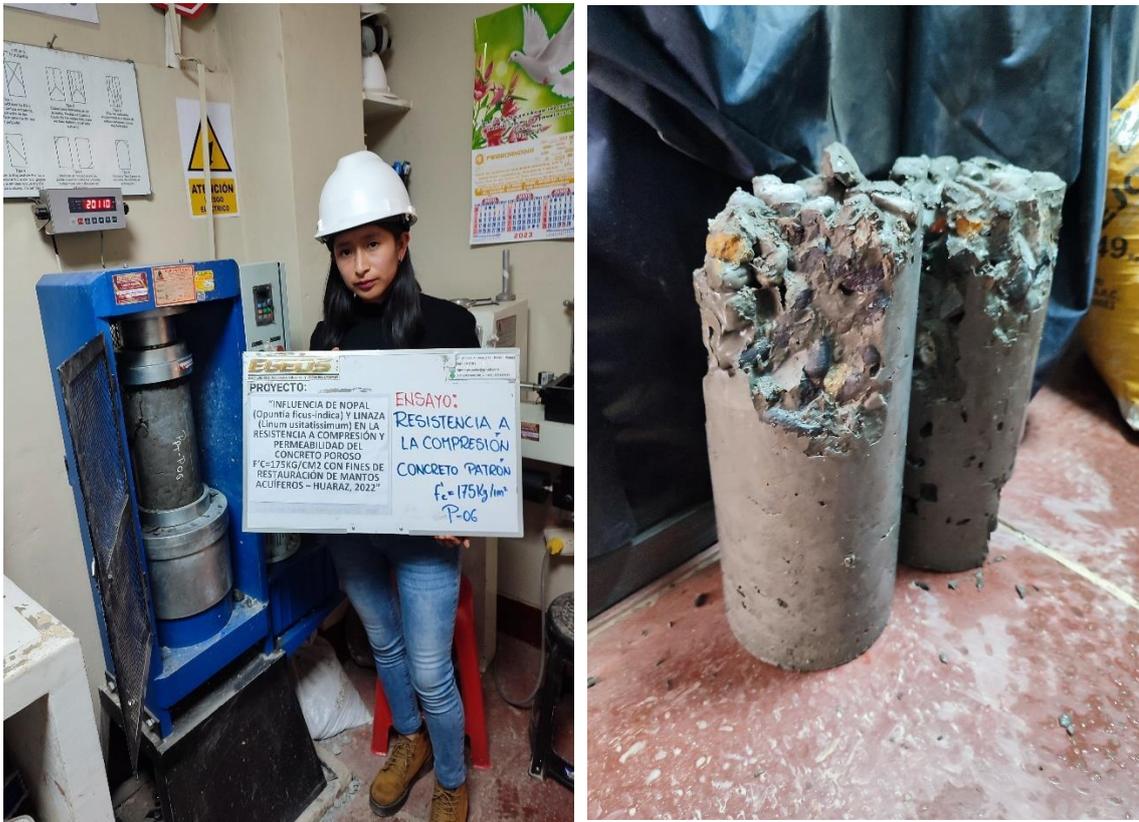


Figura 61

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo a los 14 días



Figura 62

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ testigo a los 28 días



Figura 63

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 1 a los 7 días



Figura 64

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 1 a los 14 días



Figura 65

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 1 a los 28 días



Figura 66

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 2 a los 7 días



Figura 67

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 2 a los 14 días



Figura 68

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 2 a los 28 días



Figura 69

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 3 a los 7 días



Figura 70

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 3 a los 14 días



Figura 71

Roturas de probetas del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – Tratamiento 3 a los 28 días



Figura 72

Prueba de permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ – testigo



Figura 73

Prueba de permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ - tratamientos



Figura 74

Probetas realizadas la prueba de permeabilidad del concreto poroso $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$



Figura 75

Permeámetro de carga variable, según ACI 522R.

