

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico para
su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Elmer Wuile PORTAL HINOSTROZA

Asesor:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCIA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico para
su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Jose German RAMIREZ MEDRANO
PRESIDENTE

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 274-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Efecto de la adición de mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico
para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022**

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Elmer Wuile PORTAL HINOSTROZA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

8 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 21 de mayo del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
CONDOR Ruben Edgar FAU
20154625-040-048
Módulo: Firmar el autor del documento
Fecha: 21.05.2025 19:22:39 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por su bendición en mi camino, por compartir su sabiduría conmigo, a mis padres y hermanos, por su inagotable apoyo y amor incondicional, y por haberme brindado el apoyo y el estímulo necesario para alcanzar la meta.

A mis grandes maestros y mentores, por su guía y sabiduría, por haberme inspirado a crecer profesional y personalmente en un mundo competitivo.

Elmer

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por bendecirme con la capacidad de aprender y crecer. A mis padres, cuyo amor incondicional ha sido mi mayor fortaleza. A mis maestros de la universidad, por su guía y paciencia. A mis amigos, por su apoyo constante. Y a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por brindarme las oportunidades necesarias para realizar este trabajo.

Elmer

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022. La metodología que se empleó fue con enfoque cuantitativo, de tipo aplicado con diseño experimental, dado que se hizo comparaciones entre la muestra patrón y muestras con adición al 1%, 2% y 3% de mucílago de cactaceae, que se midieron a través de los resultados de laboratorio. En cuanto a la trabajabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, los resultados obtenidos a los 28 días de curado son los más óptimos, y estos dan cuenta de la evidencia de las diferencias significativas para el esfuerzo a la compresión, módulo de rotura y trabajabilidad entre el concreto patrón y el concreto con adiciones al 1%, 2% y 3% de mucílago, por tanto, cada uno de los elementos analizados aportan a las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos. Se concluye que hubo efecto en la trabajabilidad del concreto patrón y en concretos con adiciones de mucílago cactáceo al 1%, 2% y 3%. Por tanto, la adición del mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora su trabajabilidad. El concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 291.00 kg/cm², para el concreto con adición al 1% de mucílago una resistencia a la compresión de 298.63 kg/cm², para el concreto con 2% de mucílago 259.43 kg/cm² y para el concreto con 3% de mucílago 249.30 kg/cm², evidenciando que después de concluido el ciclo de curación el concreto con adición al 1% de mucílago, es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguido del concreto patrón la cual supera la resistencia a la compresión teórica propuesta que fue de 280 kg/cm². Por otro lado, el concreto con adición al 2% de mucílago y 3% de mucílago no tuvieron aporte a la resistencia a la compresión, ya que estas disminuyeron la resistencia del diseño propuesto teóricamente que fue de 280

kg/cm², por tanto, no son los valores óptimos que se buscan para la resistencia a la compresión para un concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos. Finalmente hubo efecto de la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico en la resistencia a la flexión, ya que el concreto patrón obtuvo una resistencia a la flexión de 77.8 kg/cm², para el concreto con adición de 1% de mucílago una resistencia a la flexión de 83.60 kg/cm², para el concreto con 2% de mucílago 75.57 kg/cm² y para el concreto con 3% de mucílago 68.73 kg/cm², evidenciando que a los 28 días de curación, la adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión al finalizar el periodo de curación.

Palabras clave: Compresión, flexión, resistencia, mucílago, cactaceae, trabajabilidad, pavimento óptimo.

ABSTRACT

The general objective of this research was to analyze the effect of adding cactus mucilage in hydraulic concrete, for its application in rigid pavements, Huánuco 2022. The methodology used was with a quantitative approach, of an applied type with experimental design, given that comparisons were made between the standard sample and samples with the addition of 1%, 2% and 3% of cactaceae mucilage, which were measured through laboratory results. Regarding the workability, compression resistance and flexural resistance of hydraulic concrete for its application in rigid pavements, the results obtained after 28 days of curing are the most optimal, and these account for the evidence of significant differences. . for the compressive stress, modulus of rupture and workability between the standard concrete and the concrete with additions of 1%, 2% and 3% of mucilage, therefore, each of the analyzed elements contributes to the properties of the concrete for its application on rigid pavements. It is concluded that there was an effect on the workability of the standard concrete and in concrete with additions of cactus mucilage at 1%, 2% and 3%. Therefore, the addition of cactus mucilage to hydraulic concrete improves its workability. The standard concrete obtained a compressive strength of 291.00 kg/cm^2 , for the concrete with the addition of 1% mucilage a compressive strength of 298.63 kg/cm^2 , for the concrete with 2% mucilage 259.43 kg/cm^2 and for the concrete with 3% mucilage 249.30 kg/cm^2 , showing that after completing the curing cycle the concrete with the addition of 1% mucilage is the one that has provided the best compression resistance, followed by the standard concrete which exceeds the resistance to the proposed theoretical understanding which was 280 kg/cm^2 . On the other hand, the concrete with the addition of 2% mucilage and 3% mucilage had no contribution to the compressive strength, since these decreased the resistance of the theoretically proposed design, which was 280 kg/cm^2 , therefore, it did not These are the

optimal values sought for compressive strength for hydraulic concrete for application in rigid pavements. Finally, there was an effect of the addition of cactus mucilage to hydraulic concrete on the flexural strength, since the standard concrete obtained a flexural strength of 77.8 kg/cm², for the concrete with the addition of 1% of mucilage a resistance to the bending of 83.60 kg/cm², for the concrete with 2% mucilage 75.57 kg/cm² and for the concrete with 3% mucilage 68.73 kg/cm², showing that after 28 days of curing, the addition of 1% mucilage It is the one that provided the best flexural resistance, followed by the standard concrete, concrete with 2% mucilage and concrete with 3% mucilage respectively. However, concrete with 1% mucilage tends to generate better flexural strength at the end of the curing period.

Key words: Compression, flexural, strength, mucilage, cactaceae, workability, optimal pavement

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la demanda del uso de otros elementos naturales, como el mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico es una tendencia emergente en la ingeniería de materiales y la construcción sostenible. El mucílago, una sustancia viscosa obtenida de plantas como el cactus, ha llamado la atención por sus propiedades adhesivas, lubricantes y de retención de agua, lo que mejora ciertas características del concreto.

La dosificación del concreto utilizando un porcentaje de mucílago cactaceae reduce la permeabilidad mejorando su resistencia a la penetración de agua y, por lo tanto, aumentando su durabilidad frente a la corrosión y los ciclos de congelación-descongelación. Otro punto importante es que mejora la trabajabilidad, gracias a sus propiedades lubricantes, el mucílago mejora la trabajabilidad de la mezcla de concreto, facilitando su colocación y acabado sin comprometer su resistencia. Así también el mucílago tiene la capacidad de retener agua, lo que puede disminuir la cantidad de agua requerida para la mezcla, reduciendo también la posibilidad de segregación y exudación en el concreto fresco. Finalmente, el uso de aditivos naturales como el mucílago contribuye a una construcción más sostenible, ya que reduce la dependencia de productos químicos sintéticos y puede aprovechar recursos locales y renovables.

Para fines de la presente investigación, según los resultados abordados se recomienda utilizar el efecto de la adición al 1% de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, dado que según los resultados obtenidos se encontró que ha desarrollado mejor trabajabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Así también, utilizar el efecto de la adición al 1% de mucílago de cactaceae en la trabajabilidad del concreto hidráulico, según lo analizado en la presente investigación es la que mejor trabajabilidad ha desarrollado en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos. El efecto de la adición al 1%

mucílago de cactaceae al concreto hidráulico en la resistencia a la compresión axial, según lo analizado en la presente investigación es la que mejor resistencia a la compresión ha desarrollado en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos. Finalmente, el efecto de la adición al 1% de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico en la resistencia a la flexión, según lo analizado en la presente investigación es la que mejor resistencia a la flexión ha desarrollado en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos.

El presente trabajo de tesis está constituido de cuatro (4) capítulos. En el capítulo I tocamos el PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, donde se trata de la identificación y determinación del estudio investigativo, se plantea el problema general y los problemas específicos, se plantean los objetivos generales y específicos, se explican las limitaciones y la justificación del trabajo investigativo. En el capítulo II se aborda el MARCO TEÓRICO, donde se revisan trabajos previos nacionales e internacionales, se discuten las bases teóricas-científicas, conceptuales y se definen términos relevantes, así también se formulan la hipótesis general y específicas, se identifican las variables independientes y dependientes, para finalmente definir operacionalmente las variables e indicadores. En el capítulo III se aborda la METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN la cual trata del tipo, nivel, métodos y diseño de investigación, así como la población y la muestra de estudio, además, de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, selección, validación y confiabilidad de los instrumentos, técnicas de procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, orientación ética, filosófica y epistemológica. El capítulo IV trata de los RESULTADOS Y DISCUSIÓN) detallan la descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados con tablas y gráficos, así también la interpretación de los resultados en función de los antecedentes de las investigaciones. Finalmente, conclusiones y recomendaciones del estudio.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	4
1.2.1.	Área geográfica	4
1.2.2.	Tiempo.....	4
1.2.3.	Material a estudiar	4
1.2.4.	Aplicación específica.....	4
1.3.	Formulación del problema.....	5
1.3.1.	Problema general	5
1.3.2.	Problemas específicos	5
1.4.	Formulación de objetivos	5
1.4.1.	Objetivo general	5
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación	6
1.6.	Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.1.1.	Antecedentes internacionales	8
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	9
2.2.	Bases teóricas – científicas	10
2.2.1.	El concreto	10
2.2.2.	Propiedades del Concreto.	16
2.2.3.	Mucílago de cactaceae.....	25
2.2.4.	Estudio de suelos	27
2.2.5.	Diseño de Mezcla	33
2.2.6.	Pavimento Rígido	37
2.3.	Definición de términos básicos	51
2.4.	Formulación de hipótesis.....	53
2.4.1.	Hipótesis general	53
2.4.2.	Hipótesis específicas	53
2.5.	Identificación de variables.....	53
2.5.1.	Variable Independiente.....	53
2.5.2.	Variables Dependientes.....	53
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	54

CAPÍTULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	55
3.2.	Nivel de investigación	55
3.3.	Métodos de investigación	55

3.4.	Diseño de investigación.....	55
3.5.	Población y muestra	57
3.5.1.	Población	57
3.5.2.	Muestra	57
3.6.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	59
3.6.1.	Procedimientos	60
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	62
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	62
3.9.	Tratamiento estadístico.....	63
3.10.	Orientación ética, filosófica y epistémica	64

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	65
4.1.1.	Ubicación geográfica de la zona de trabajo.....	65
4.1.2.	Ubicación geográfica de la cantera.....	66
4.1.3.	Proceso para la obtención de los agregados	67
4.1.4.	Evaluación de los agregados	68
4.1.5.	Diseño del concreto hidráulico	70
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	85
4.2.1.	Diseño de concretos para $F'c=280\text{kg/cm}^2$	85
4.2.2.	Resultados del asentamiento del concreto fresco a través del cono de ABRAMS (Norma NTP 339.035 y ASTM C 143)	88
4.2.3.	Resultados de pruebas de resistencia a la compresión del concreto.....	89
4.2.4.	Resultados de pruebas de resistencia a la flexión.....	90
4.2.5.	Bosquejo de pavimentación rígida por el sistema AASHTO 93	98

4.3.	Prueba de hipótesis	110
4.3.1.	Análisis de normalidad.....	110
4.3.2.	Prueba de hipótesis general	112
4.3.3.	Prueba de las hipótesis específicas	114
4.4.	Discusión de resultados	132

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites Permisibles para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma NTP 339.088	15
Tabla 2 Clasificación de Mezclas Según Slump	16
Tabla 3 Descripción de Calicatas y Muestras.....	30
Tabla 4 Análisis Granulométrico (ASTM D6913)	30
Tabla 5 Clasificación de Suelos.....	30
Tabla 6 Contenido de Humedad (AST M D2216)	30
Tabla 7 Compactación Proctor Modificado (ASTM D1557/MTC E-115)	31
Tabla 8 Datos de Cálculo de Relación de Soporte de California (AST M D1883/MTC E-132)	32
Tabla 9 Penetración (AST M D1883/MTC E-132)	33
Tabla 10 Relación de Soporte de California Corregido (AST M D1883/MTC E-132)	33
Tabla 11 Periodo de Estudios	40
Tabla 12 Cantidad de Iteraciones Acumuladas de EEs (8.2 t), en el Carril de Diseño	41
Tabla 13 Cantidad de Iteraciones Acumuladas de EEs (8.2 t), Dentro del Carril de Diseño	42
Tabla 14 Cantidad de Iteraciones Aglomeradas de EE a 8.2t, Dentro del Carril de Diseño	43
Tabla 15 Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi), Índice de Serviciabilidad Última (Pt) y Diferencia de Servicios en Función del Grado de Tránsito.....	44
Tabla 16 Estimaciones Sugeridas de Credibilidad (R) y Desviación Típica Natural (ZR)	45

Tabla 17 CBR sugeridos para la Sub-Base Granulosa de Pavimentación Rígida en Función de la Intensidad de Circulación en EE, Según Norma de Ensayo MTC E 132	47
Tabla 18 Valores Sugeridos de Resistencia del Hormigón en Función del Rango de Circulación.....	48
Tabla 19 Estados del Drenaje	50
Tabla 20 CD de los Estratos Gránulos.....	50
Tabla 21 Valores del Parámetro J.....	51
Tabla 22 Operacionalización de la Variable Independiente	54
Tabla 23 Operacionalización de la Variable Dependiente	54
Tabla 24 Cuantía Muestral de Probetas Cilíndricas y Prismáticas para los Ensayos de Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	59
Tabla 25 Medidas de la Vía en Estudio	66
Tabla 26 Coordenadas UTM de la Cantera	67
Tabla 27 Coordenadas Geográficas de la Cantera.....	67
Tabla 28 Atributos del Cemento y Agua.....	70
Tabla 29 Atributos de los Áridos.....	71
Tabla 30 Atributos del Concreto	71
Tabla 31 Slump para Tipos de Construcción.....	71
Tabla 32 Volumen Unitario de Agua	72
Tabla 33 Contenido de Aire Atrapado.....	72
Tabla 34 Dosificación cuando no se Cuenta con Experiencia en Obra.....	73
Tabla 35 Relación Agua/cemento por Esfuerzo a la Compresión.....	73
Tabla 36 Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario de Concreto	74
Tabla 37 Valores de Diseño Final	77

Tabla 38 Estudio Granulométrico del Material Fino.....	85
Tabla 39 Estudio Granulométrico del Material Grueso.....	86
Tabla 40 Dosificación en Peso de Muestras de Concreto	87
Tabla 41 Asentamiento de Muestras de Concreto Fresco (SLUMP)	88
Tabla 42 Resistencia a la Compresión de Muestras de Concreto a los Siete Días	89
Tabla 43 Resistencia a la Compresión de Muestras de Concreto a los Catorce Días....	89
Tabla 44 Resistencia a la Compresión de Muestras de Concreto a los Veintiocho Días	90
Tabla 45 Resistencia a la Flexión de Muestras de Concreto a los Siete Días	90
Tabla 46 Resistencia a la Flexión de Muestras de Concreto a los Veintiocho Días.....	91
Tabla 47 Resistencia a la Flexión de Muestras de Concreto a los 28 Días	91
Tabla 48 Promedio de las Resistencias a la Compresión de Muestras de Concreto a los 7 Días.....	92
Tabla 49 Promedio de las Resistencias a la Compresión de Muestras de Concreto a los Catorce Días	93
Tabla 50 Promedio de las Resistencias a la Compresión de Muestras de Concreto a los 28 Días.....	94
Tabla 51 Promedio de las Resistencias a la Flexión de Muestras de Concreto a los 7 Días	95
Tabla 52 Promedio de las Resistencias a la Flexión de Muestras de Concreto a los 14 Días.....	96
Tabla 53 Promedio de las Resistencias a la Flexión de Muestras de Concreto a los 28 Días.....	97
Tabla 54 Determinación de F_d y F_c	98
Tabla 55 Síntesis del Tráfico Semanal	99

Tabla 56 Factor Camión de Vehículos en Estudio	99
Tabla 57 Proyección de Tasa de Crecimiento de PBI Nacional y PBI Huánuco	99
Tabla 58 Calculo del ESAL.....	100
Tabla 59 Periodo de Estudios	101
Tabla 60 Cantidad de Iteraciones Acumuladas de EEs (8.2 t), en el Carril de Diseño	101
Tabla 61 Determinación del (Pi), (Pt) y Δ PSI en Función del Grado de Tránsito	102
Tabla 62 Estimaciones Sugeridas de Credibilidad (R) y Desviación Típica Natural (ZR)	103
Tabla 63 CBR sugeridos para la Sub-Base Granulosa de Pavimentación Rígida en Función de la Intensidad de Circulación en EE, según Norma de Ensayo MTC E 132	104
Tabla 64 Valores Sugeridos de Resistencia del Hormigón en Función del Rango de Circulación.....	105
Tabla 65 Coeficiente de Drenaje	106
Tabla 66 Condición de Drenaje	107
Tabla 67 Valores del parámetro J	107
Tabla 68 Espesores Obtenidos para el Pavimento Rígido en Función a Adiciones de Mucílago	108
Tabla 69 Espesores Calculados de la Pavimentación Rígida	109
Tabla 70 Examen de Normalidad para la Variable Trabajabilidad	110
Tabla 71 Examen de Normalidad para las Variables Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión	111
Tabla 72 Examen de Normalidad para las Variable Espesor de Losa.....	112
Tabla 73 ANOVA Para la Adición de Mucílago de Cactaceae al Concreto en Cuanto a Trabajabilidad, Esfuerzo a la Compresión y Módulo de Rotura del Concreto.....	113

Tabla 74 ANOVA para la Trabajabilidad del Concreto Hidráulico Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactaceae al 1%, 2% y 3%	114
Tabla 75 Prueba Tukey para Pares de Medias de la Trabajabilidad del Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago de Cactaceae al 1%, 2% y 3%	115
Tabla 76 ANOVA Para F'c de Concretos Patrones y con Adiciones de Mucílago de 1%, 2% y 3%.....	117
Tabla 77 Prueba Tukey para F'c de Concretos Patrones y con Adiciones de Mucílago de 1%, 2% y 3%	118
Tabla 78 ANOVA Para la Resistencia a la Flexión del Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago de Cactaceae al 1%, 2% y 3%	124
Tabla 79 Prueba Tukey para la Resistencia a la Flexión del Concreto Patrón y Concretos con Adiciones de Mucílago de Cactaceae	126
Tabla 80 Prueba T para el espesor de la Losa de Concreto Hidráulico Patrón y con Adición de Mucílago Cactaceae al 1%, 2% y 3%	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proporciones Típicas de los Componentes del Concreto.....	11
Figura 2	Representación del Ensayo de Resistencia o Esfuerzo a la Compresión.....	21
Figura 3	Representación del Ensayo de Resistencia o Esfuerzo a la Flexión	24
Figura 4	Cactaceae – Cactus – Opuntia Ficus-Indica.....	26
Figura 5	Coordenadas geográficas de las Calicatas	29
Figura 6	Relación Humedad-Densidad Seca.....	31
Figura 7	Representación del Comportamiento de Pavimentos	37
Figura 8	Sección Típica de un Pavimento Rígido	39
Figura 9	Correspondencia CBR Versus Módulo de Reacción de la Subrasante.....	46
Figura 10	Diagrama de Flujo de Procesos.....	61
Figura 11	Mapa de Localización de la Ciudad de Huánuco.....	65
Figura 12	Mapa de Ubicación del Jirón Javier Pulgar Vidal	66
Figura 13	Ubicación de la Cantera Yanag.....	68
Figura 14	Recojo y Acopio del Cactus.....	78
Figura 15	Limpieza del Cactus.....	78
Figura 16	Lavado del Cactus.....	78
Figura 17	Pelado del Cactus.....	79
Figura 18	Picado en Cubitos del Cactus.....	79
Figura 19	Agregado de Agua a los Cubitos Picados del Cactus	79
Figura 20	Reposado en Agua de los Cubitos Picados del Cactus por 48 Horas	80
Figura 21	Escalado para Obtener Mucílago de Cactaceae	80
Figura 22	Comprobando la Viscosidad del Mucílago de Cactaceae.....	80
Figura 23	Colado Para Separar Mucílago de Trozos de Cactus.....	81
Figura 24	Mucílago Puro Obtenido.....	81

Figura 25 Acopio de Agregados (Cantera Yanag)	81
Figura 26 Preparación de Mezclas de Concreto Hidráulico	82
Figura 27 Fabricación y Medición del Asentamiento	82
Figura 28 Fabricación de Probetas Cilíndricas de 10 cm x 20 cm y Probetas Prismáticas de 15 cm x 15 cm x 50 cm.....	83
Figura 29 Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	83
Figura 30 Ensayo de Resistencia a la Flexión.....	84
Figura 31 Curva del tamaño de Partículas del Material Fino.....	86
Figura 32 Curva del Tamaño de Partículas del Material Grueso	87
Figura 33 Gráfico de Barras del Promedio de Datos del Slump	88
Figura 34 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Compresión de Muestras de Concretos a los 7 Días.....	92
Figura 35 Gráfico de barras 3D del promedio de Resistencia a la Compresión de Concretos con Adición del 1% de Mucílago de Cactácea a los 14 Días	93
Figura 36 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Compresión de Muestras de Concretos a los 28 Días.....	94
Figura 37 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Flexión de Muestras de Concretos a los 7 Días	95
Figura 38 Gráfico de Barras 3D del promedio de Resistencia a la Flexión de Muestras de Concretos a los 14 Días	96
Figura 39 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Flexión de Muestras de Concretos a los 28 Días	97
Figura 40 Resolución de Factor de Reacción de la Sub Rasante y Subbase Granular	104
Figura 41 Estimación del Espesor de la Losa con el Software PavimR.....	108

Figura 42 Gráfico de Barras de Espesores Obtenidos para el Pavimento Rígido	109
Figura 43 Gráfico de Medias Para la Trabajabilidad Según Concreto Patrón y Concretos con Adiciones de Mucílago Cactaceae	115
Figura 44 Gráfico de Medias para la Media de Resistencia a la Compresión del Concreto Hidráulico a los 7 días Según Patrón y Adiciones de Mucílago Cactaceae	121
Figura 45 Gráfico de Medias Para la Media de Resistencia a la Compresión del Concreto a los 14 días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactacea.....	122
Figura 46 Gráfico de Medias para la Media de Resistencia a la Compresión del Concreto a los 28 días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactaceae	123
Figura 47 Gráfico de Medias para la Media de la Resistencia a Flexión del Concreto a los 7 Días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactaceae.....	128
Figura 48 Gráfico de Medias para la Media de la Resistencia a Flexión del Concreto a los 14 Días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago de Cactaceae .	129
Figura 49 Gráfico de Medias para la Media de la Resistencia a Flexión del Concreto a los 28 Días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactaceae.....	130

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En estos tiempos a nivel mundial, aumentó la producción de vehículos de diversos tonelajes y con ello el aumento en el flujo de vehículos, altos requerimientos, cargas cíclicas de ida y vuelta en las vías de transporte terrestre que generalmente son de pavimentos flexibles, este tipo de pavimento tiene una vida útil entre 10 y 15 años, sin embargo, esta vida útil se reduce aún más debido a la afluencia de vehículos, alta demanda, entre otros, generando así mayores costes de mantenimiento. En cambio, el uso de cubiertas macizas es menos común y consiste en una losa de hormigón simple o armado y tiene una vida favorable entre 20 y 30 años. Aunque son mucho más caras de construir debido a los insumos utilizados en el hormigón, requieren menos mantenimiento.

En Latinoamérica se prefiere pavimentación rígida al flexible, porque su uso es más económico a largo plazo, sin embargo, en caso de daño, la reparación es más costosa. En muchos estudios, se ha descubierto que el hormigón tiene una alta resistencia a la compresión, pero baja resistencia a la tracción y a la flexión,

por lo que se desarrollan grietas y fisuras bajo cargas de vehículos que exceden la carga de diseño o sobre cargas repetidas (cargas cíclicas). en la acera. Las grietas provocadas por las altas tensiones permiten que el agua penetre, dañando la base del piso y eventualmente empeorando el problema, esto causa daños a la superficie de la carretera, mayores costos de mantenimiento y perturbaciones del tráfico.

En la industria de la construcción de pisos, se proponen soluciones para la baja resistencia a flexión y tracción del concreto, como aumentar el espesor de la losa o reforzar el fondo de la losa con una malla de acero corrugado; pero aumenta el costo del proyecto y no es posible elegir esta opción. Las losas de pavimentación, ya sean lisas o reforzadas, se ven afectadas por las inclemencias del tiempo, cambios bruscos de temperatura dependiendo de la ubicación del proyecto, esto genera fallas por fatiga en el piso, agravadas por sobrecargas vehiculares imprevistas. Muchas investigaciones nacionales e internacionales llevadas a cabo, con el propósito de perfeccionar las características del concreto mediante el uso de aditivos como el mucílago de cactaceae, el cual contribuye a aumentar la resistencia a la compresión y flexión, pero también solicitamos que esta adición no reduzca las características físicas del concreto como la trabajabilidad. El uso de estos aditivos nos permite obtener hormigones de alta resistencia, reduciendo el agrietamiento y dando como resultado revestimientos con un menor espesor de losa y cumpliendo con el nivel de servicio durante su vida útil.

En el Perú, el mucílago de cactaceae es poco valorado y muy poco utilizado, debido al desconocimiento que se tiene sobre sus propiedades.

Un aspecto importante que me impulsó a realizar esta investigación fue el

estado actual de las principales calles pavimentadas de la ciudad de Huánuco, las cuales se han deteriorado por el volumen de tránsito diario y los efectos climatológicos, lo que obstaculiza e impide el movimiento normal de vehículos y peatones; una medida que se puede tomar a través de la adición del mucílago de cactaceae, que ayudará a incrementar la resistencia a la compresión, no obstante, a la vez buscamos que la añadidura del mucílago no merma los atributos físicos del concreto hidráulico como la trabajabilidad.

Actualmente, no hay investigaciones sobre la integración de mucílago de cactaceae al hormigón en la región de Huánuco y otras regiones de la zona central del Perú, es por tal razón que damos la iniciativa para contribuir a que estos elementos se incorporen en las mezclas de concreto hidráulico, con la finalidad de conocer su comportamiento de esta fusión en las características del concreto hidráulico para ser utilizado en pavimentaciones rígidas en la provincia y región de Huánuco, así como a nivel nacional y mundial, siendo así un caso en particular del Jr. Javier Pulgar Vidal de la ciudad de Huánuco; siendo esta una de las vías muy deterioradas por el tráfico vehicular, cargas cíclicas, altas solicitaciones y factores climáticos, las cuales aceleran el deterioro de la pavimentación rígida o flexible, por lo que requieren de un concreto hidráulico con mejoras en sus propiedades, sin incrementar el aspecto económico de la misma, obteniendo de esta manera una solución económica y técnica favorable.

En vista a lo descrito líneas arriba, este trabajo investigativo tiene como propósito mejorar los atributos del concreto hidráulico mediante la adición de mucílago de cactaceae. En efecto, tendremos un óptimo diseño del pavimento rígido, mejorando su estructura y la economía. Con la aplicación de esta investigación daremos un gran aporte para la futura construcción de pavimentos

rígidos en la ciudad de Huánuco y el Perú, ya que el mucílago de cactaceae es una alternativa diferente para el diseño y la construcción, como adición natural, económico y ecológico, para el mejoramiento de la calidad del elemento estructural.

Esta investigación se realizó para hacer un aporte significativo en el marco de la conservación vial, por lo que se propondrá un porcentaje de dosis óptimo de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico. De esta manera, buscamos reducir el deterioro prematuro de los pavimentos rígidos y reduciendo así los costos de mantenimiento, ya que, al optimizar el espesor de la losa del pavimento rígido, mejoramos los niveles de confort y servicio, al mismo tiempo que se reducen los costos de construcción. ya que se obtendrán mínimos espesores de losas con resistencias superiores a las requeridas.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Área geográfica

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Huánuco, Perú.

1.2.2. Tiempo

Se centró básicamente en el año 2022, lo que significa que se recopiló datos y se realizó experimentos durante ese periodo, sin embargo, la complejidad y diversidad de los trabajos nos obligó la prolongación del estudio.

1.2.3. Material a estudiar

La manipulación del concreto hidráulico fue el objeto de estudio, con un enfoque específico en la adición de mucílago de cactaceae.

1.2.4. Aplicación específica

El fin es evaluar el impacto de dicha adición en pavimentos rígidos, es decir, carreteras o superficies de hormigón en estructuras similares.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de cactaceae en la trabajabilidad del concreto hidráulico?
- ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de cactaceae en la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico?
- ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de cactaceae en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico?
- ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, en el espesor de la losa del pavimento rígido mediante la metodología AASHTO-93?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la trabajabilidad del concreto hidráulico.
- Determinar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico.
- Determinar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.

- Determinar el espesor óptimo de la losa del pavimento mediante la metodología AASHTO-93, a partir de los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con la adición de mucílago de cactaceae.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación de esta tesis se posiciona en la necesidad de encontrar soluciones viables y sostenibles para el rubro construcción de pavimentos rígidos en la ciudad de Huánuco. En la actualidad, el concreto, también conocido como concreto hidráulico, es uno de los materiales más demandados para construir infraestructuras y estructuras, ya que brinda una durabilidad, resistencia y facilidad de mantenimiento. No obstante, su producción libera una elevada cantidad de dióxido de carbono, lo cual contribuye al cambio climático.

En este contexto, se propone investigar la posibilidad de una solución mediante la adición de mucílago de cactaceae de *Opuntia ficus-indica* al concreto hidráulico, como una posibilidad de solucionar el problema. Las cactáceas son plantas que se encuentran en algunas áreas de la región de Huánuco. Su mucílago, una sustancia gelatinosa en su interior, tiene propiedades viscosas que podrían mejorar la resistencia y otras propiedades del concreto. Las propiedades del mucílago de cactaceae pueden mejorar la resistencia y durabilidad del concreto hidráulico, así como reducir la cantidad del agua en la mezcla y aumentar su trabajabilidad.

El uso del mucílago de cactaceae también es una opción ambientalmente sostenible, ya que se obtiene de recursos locales y renovables, lo que reduce la necesidad de usar aditivos químicos importados y reduce el daño ambiental asociado con la producción y transporte de estos materiales.

Es importante destacar que, esta investigación se llevará a cabo de manera específica en la ciudad de Huánuco, debido a las condiciones geográficas, climáticas y de materiales disponibles en la región. Por lo tanto, esto facilitará la obtención de datos más precisos y aplicables a la situación local, lo que ayudará al progreso de la región central del Perú y fomentar prácticas más responsables en el sector de la edificación.

En conclusión, la presente tesis investiga el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico para pavimentos rígidos. Se destaca su papel en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para la construcción de infraestructuras, ya que las propiedades del mucílago de cactaceae podrían mejorar la calidad y durabilidad del concreto y reducir las emisiones de CO₂.

Por último, se espera que los hallazgos contribuyan al avance tecnológico en la construcción de pavimentos rígidos y promuevan prácticas más sostenibles en la industria.

1.6. Limitaciones de la investigación

La presente tesis se limitó a mejorar los atributos o propiedades mecánicas del concreto hidráulico mediante la incorporación de mucílago de cactaceae, con el fin de permitir su utilización en pavimentaciones rígidas en la ciudad de Huánuco. Con este fin, solo se utilizaron ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

Uno de los obstáculos fue la falta de tiempo y mejor presupuesto para llevar a cabo pruebas, ensayos, demostraciones y comprobaciones de los atributos físicos y mecánicos del concreto hidráulico, así como la posibilidad de utilizar mucílagos de cactaceae como refuerzo en varios escenarios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Días, Menchaca y Rocabruno (2019), en su artículo científico tuvieron como objetivo evaluar el efecto del mucílago de cactaceae sobre las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del concreto. Para su desarrollo se diseñaron tres concentraciones de este aditivo con una relación cactaceae-agua de 1:1, 1:2 y 1:3. Las pruebas de compresión se realizaron a los 28 días de curado. Las muestras se evaluaron durante 270 días a través de diversas técnicas electroquímicas como: Potencial a Circuito Abierto (OCP), Ruido Electroquímico (EN) y Resistencia a la Polarización Lineal (LPR). Los resultados de la investigación indican una disminución de la resistencia a la compresión en muestras con mucílago de Cactaceae a los 28 días. El inicio de la corrosión se retrasó y la velocidad de corrosión fue menor para las muestras con mucílago de Cactaceae. La conservación y el almacenamiento de este aditivo antes de usarse en el concreto puede ser un desafío para analizar.

Cano y León (2016), indicaron que los aditivos potenciadores de la viscosidad (VEA) derivados de fuentes biológicas son polímeros que tienen un alto peso molecular, son solubles en agua o forman dispersiones coloidales y se utilizan para aumentar la viscosidad y la cohesión de los materiales a base de cemento para la industria de la construcción. Varios tipos de hormigón, como el submarino, bombeado, proyectado y especialmente los materiales altamente fluidos, como el hormigón autocompactante, dependen del uso de VEA. Los principales biopolímeros son los derivados de la celulosa y los polisacáridos microbianos. Otras alternativas son las gomas vegetales y el mucílago, que son fuentes renovables de bajo costo que la VEA para aplicaciones de tecnología del concreto. Este capítulo presenta la estructura química, los modos de acción, las propiedades reológicas y la influencia sobre la hidratación del cemento de los biopolímeros comúnmente utilizados como VEA, así como aquellos con potencial para uso futuro como VEA.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huerta (2020), en su investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del uso como aditivo del extracto del mucílago del cactus en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto. La metodología aplicada en la investigación fue experimental, aplicada – correlacional, con un enfoque cuantitativo, la muestra estuvo constituido por 96 probetas a ensayarse. Los resultados de la investigación mostraron que con diferentes concentraciones de aditivos (mucílago de cactus) (0,25%, 0,50%; 0,75% y 1.0%) se observó que mejoraron su consistencia (cm) (fluidez), las muestras experimentales con aditivo de mucílago del cactus tuvieron mayor resistencia a la compresión del concreto que sus similares (muestras patrones) durante el tiempo que duro el experimento

(28 días). Finalmente concluyo que el uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo influye en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

Oloya y Ponce (2019), en su tesis tuvieron como objetivo general conocer la influencia del aditivo Natural Mucílago de cactus *Echinopsis Pachanoi* en la resistencia a la compresión, consistencia y la permeabilidad del concreto, estos materiales fueron adicionados (0.5%, 1% y 1.5% en función del peso del cemento) a la mezcla de concreto y se realizó la comparación de los resultados obtenidos. Para su desarrollo se evaluó y comparó el comportamiento del concreto patrón 210 kg/cm² y el concreto patrón + adición de mucílago de cactus *echinopsis pachanoi*, con relación a su resistencia, consistencia y permeabilidad. Concluyeron que se recomienda el uso de mucílago de cactus *Echinopsis pachanoi* al 1.5% en el concreto para la aplicación propuesta en esta investigación (losas y pavimentos), teniendo en consideración los beneficios sociales, económicos y ambientales que ofrece el mucílago de cactus *Echinopsis pachanoi*.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. El concreto

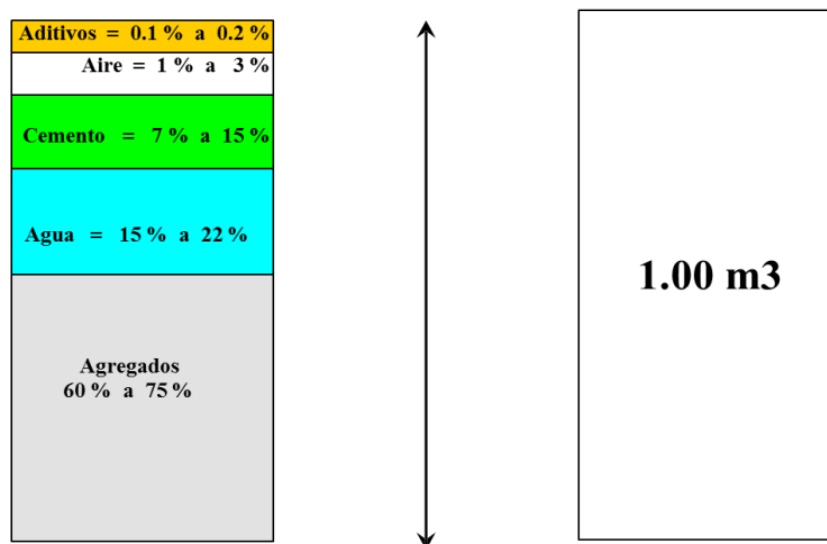
Es un material de construcción tradicional se compone de tres elementos esenciales (cemento, áridos gruesos, áridos finos y agua), pero a veces se agrega un aditivo, un cuarto componente. Los componentes se mezclan entre sí para obtener el hormigón y agregar aire a esta mezcla.

El concreto, una masa plástica que se moldea y compacta fácilmente, pierde su plasticidad y adopta las propiedades de un cuerpo sólido a medida que se endurece.

El hormigón es el material de construcción más utilizado en la actualidad. Sin embargo, para usarlo de manera efectiva, es necesario tener una comprensión

completa de las características del material y de las múltiples aplicaciones para las que se puede utilizar en estos tiempos (Torre, 2004).

Figura 1 *Proporciones Típicas de los Componentes del Concreto*



Nota. Tomado de Diseño de mezclas de concreto, (Ticlla, 2010).

El Cemento.

Considerado aglomerante hidrófilo que se elabora calcinando piedras calizas, areniscas y arcillas para obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece y adquiere propiedades de resistencia y adherentes (Pasquel, 1998).

Los Agregados.

Se definen como los elementos inertes para el hormigón que son aglomerados por la pasta de cemento y así formar una estructura durable. Cubren aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del total de volumen y son primordiales en el producto final (Carbajal, 1993).

La llamada de inertes es relativa, debido a que no tienen un impacto directo en las reacciones químicas que ocurren entre el cemento y el agua, se producen aglomerantes o pastas de cemento, sin embargo, sus propiedades

afectan principalmente el producto final y raras veces son esenciales como el cemento para el logro de propiedades como resistencia, conductibilidad o durabilidad.

Generalmente está compuesto por minerales como areniscas, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de estos, y sus propiedades físicas y químicas afectan prácticamente en todas las propiedades del hormigón (Pasquel, 1998).

Las distribuciones volumétricas de partículas son importantes en el hormigón para una estructura densa, eficiente y una buena trabajabilidad. Se ha demostrado científicamente que debe haber un ensamble casi total entre las partículas para que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté conectado por la pasta cementicio (Carbajal, 1993).

Agregado fino.

Se definen como partículas con tamaño menor a 4,75 mm y pueden ser de procedencia nativa, artificial o una combinación de ambos. Los ensayos del agregado finos están regidos por las siguientes normas:

- **Granoselección (ASTM C136):** Esta prueba estima la proporción del tamaño de partículas en un agregado fino.
- **Prueba de humedad. (ASTM C 566):** Ayuda a calcular la porcentualidad de humedad en **el agregado**. cuyos pasos ordenados consistió en pesar la tara, la cual se llenó con una cantidad de la muestra de agregados y se procedió a pesar: TARA + MUESTRA HÚMEDA, luego se colocó al horno durante 24 horas bajo una temperatura de 110°C. Después de 24 horas se retira la muestra del horno con el fin de obtener el peso seco: TARA + MUESTRA SECA y posterior a esto se aplica la siguiente formula:

$$w = \frac{(Mcws - Mcs)}{(Mcs - Mc) * 100}$$

Dónde:

W: % de humedad

Mcws: Peso del contenedor con el agregado húmedo (en g)

Mcs: Peso del contenedor con el agregado seco, (en g).

Mc: Peso del contenedor (en g)

- **Prueba de finos de menos de 200 mallas (ASTM C117):** esta prueba mide la cantidad de finos, entre arcillas y limos, en un agregado fino.
- **Prueba de cálculo de grumos de arcilla y partículas fragmentables (ASTM C 142):** Determina la existencia de porciones de arcilla y partícula frágiles en el material fino.
- **Prueba de absorción y contenido de humedad (ASTM C128):** Se usa con el fin de estimar la ración de agua que puede absorber un agregado fino.
- **Prueba de gravedad específica y absorción de agua (ASTM C128):** esta prueba evalúa el peso y la absorción de agua de un agregado fino.
- **Prueba de resistencia al sulfato de magnesio (ASTM C88):** Ayuda a evaluar la solidez de los agregados finos a el efecto del sulfato de magnesio, que puede dañar el agregado.
- **Prueba de partículas frágiles (ASTM C113):** Esta prueba evalúa la resistencia al desgaste de agregados finos.

Agregado grueso.

El agregado grueso, también conocido como árido grueso, se refiere a las partículas de tamaño mayor a 4,75 mm que se usan en las mezclas de concreto y otros productos de construcción. Estos materiales pueden ser de procedencia

nativa o artificial, y suelen clasificarse en grava y piedra triturada. Los ensayos de los agregados gruesos están regidos por las siguientes normas:

- **Granoselección (ASTM C 136):** Estima el tamaño de las partículas del material.
- **Prueba de cálculo de grumos de arcilla y partículas fragmentables (ASTM C 142):** Determina la existencia de porciones de arcilla y partícula frágiles en el agregado.
- **Partículas ligeras (ASTM C 123):** ayuda a determinar la proporción de diversos tamaños de los agregados.
- **Prueba de cálculo de grumos de arcilla y partículas fragmentables (ASTM C 142):** Determina la existencia de porciones de arcilla y partícula frágiles en el material fino.
- **Prueba de finos de menos de 200 mallas (ASTM C117):** - Carbón y lignito (ASTM C 123).
- **Ensayo de los Ángeles (ASTM C 131, ASTM C 535):** ayuda determinar la degradación de los agregados.
- **Prueba de resistencia sulfatos (ASTM C 88):** Ayuda a evaluar la solidez de los agregados gruesos a el efecto de los sulfatos que puede dañar el agregado.

El Agua.

Localidad del agua es de suma importancia, "las turbidez o impurezas pueden interferir en el endurecimiento del cemento, afectar negativamente la resistencia del hormigón o causar el manchado de la superficie, también se corroerían los aceros de refuerzo" (Neville, 1998).

Por tal motivo se debe evaluar su conveniencia para fines de la mezclado

y curado.

Según Carbajal (1993), "el agua es un componente clave para el curado del concreto y desarrollar sus propiedades de forma favorable, por lo que este componente debe cumplir ciertos requisitos para poder realizar su función en la combinación química" (p. 59).

El agua utilizada en el hormigón tiene las siguientes funciones:

- Reacciona con el cemento para hidratarlo.
- Se porta como un lubricante y, así ayuda en la trabajabilidad de la mezcla.
- Procura la estructura de vacíos necesaria en la masa para que los productos de hidratación tengan espacios para desarrollarse.
- El agua utilizada para la preparación y el posterior curado del hormigón debe cumplir con especificaciones de la Norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable.

La Norma NTP 339.088 establece los requisitos para el agua de mezclado y posterior curado que se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Límites Permisibles para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma NTP 339.088

Ítem	Descripción	Límite permisible		
01	Sólidos en suspensión	5000	Ppm	Máximo
02	Materia orgánica	3	Ppm	Máximo
03	Alcalinidad ($NaHCO_3$)	1000	Ppm	Máximo
04	Sulfato (ión SO_4)	600	Ppm	Máximo
05	Cloruros (ión Cl^-)	1000	Ppm	Máximo
06	Ph	5 a 8	Ppm	Máximo

Nota. Tomado de "Norma Técnica Peruana NTP 339.088:2006: HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland".

Aditivo

Es un material que, además de los ingredientes habituales como el

cemento, los áridos y el agua, puede adherirse antes o durante el proceso de construcción para alterar las propiedades del terreno.

Los aditivos que deberán utilizarse en la producción del hormigón deben de cumplir con las especificaciones de la Norma NTP 334.088 "Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto)", esta reemplaza a las anteriores normativas nacionales 339.086 y 339.087 del año 1981. El antecedente de la nueva normativa está en la ASTM C494.

2.2.2. Propiedades del Concreto.

Propiedades en Estado Plástico.

a. Trabajabilidad y Consistencia.

Cuando se trabaja con hormigón fresco, es importante tener la capacidad de mezclar, colocar, compactar y acabar el proyecto sin ninguna segregación o exudación.

Aunque no hay pruebas hasta la fecha que puedan cuantificar esta propiedad, las pruebas de consistencia revelan frecuentemente esta propiedad. El grado de humectación de la mezcla determina la consistencia, que depende en gran medida de la proporción de agua utilizada. El cono de Abrahams se utiliza en la prueba de Slump para determinar esto (Castillo, 2009).

Tabla 2 Clasificación de Mezclas Según Slump

Consistencia	Slump (pulg)	Trabajabilidad
Seca	0 a 2	Poco trabajable
Plástica	3 a 4	Trabajable
Fluida	> 5	Muy trabajable

Nota. Tomado de (Rivera, 2014)

b. Segregación.

El hormigón fresco tiene una propiedad que implica que se ha desdoblado en sus elementos constitutivos, lo que significa que se ha aislado los áridos del mortero pesado. Por causas de la disparidad de densidades entre los elementos del hormigón, las partículas más pesadas tienden naturalmente a caer al suelo. Es malo para el hormigón porque causa bolsas de piedra, capas de arena y otros problemas en la zona rellena. El riesgo de segregación aumenta con el aumento de la humedad en una mezcla, mientras que el riesgo disminuye a medida que la mezcla se seca. El fenómeno de segregación en las mezclas suele ser causado por procesos de manipulación y colocación insuficientes (Castillo, 2009).

c. Exudación.

Propiedad en la cual una porción de la mezcla se separa de la arena y se eleva a la superficie del hormigón.

Este es un caso común de sedimentación donde los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo tanto, cuanto más fino es el agregado de este y mayor es la proporción de los materiales menores que la malla Nro. 100, la propiedad de exudación es menor puesto que se retiene el agua de la mezcla.

Dado que la exudación es una propiedad del hormigón, es ineludible. La clave es evaluar y controlarla para minimizar cualquier efecto negativo que pueda tener (Carbajal, 1993).

d. Contracción.

Esta es una característica con mucha importancia debido al problema de las grietas que son producidas de forma habitual.

La pasta de cemento se contrae ineluctablemente como resultado de la combinación química que reduce el volumen original de agua, un proceso conocido como contracción intrínseca que es irreversible. La contracción seca en la pasta de cemento, por otro lado, es la responsable de la mayor parte de problemas de fisura porque se produce tanto en un estado plástico como en un estado endurecido si se permite que el agua escape de la mezcla. Es un proceso reversible, ya que se puede recuperar gran parte de la contracción que se produjo como consecuencia de la sequedad (Carbajal, 1993).

Propiedades en Estado Endurecido.

a. Elasticidad.

La capacidad del hormigón para deformarse bajo carga sin deformarse permanentemente se conoce como deformabilidad plástica. En consecuencia, la relación estrés-deformación para una carga que aumenta continuamente suele adoptar la forma de una curva. Cuando una línea se separa de una línea y comienza a curvarse, se conoce como el módulo elástico. Esta relación mide el estrés a la deformación. (Rivva, 2002).

Los módulos de elasticidad normales varían entre 250 y 350 kg/cm², y están directamente relacionados con la resistencia a la compresión del hormigón, e inversamente proporcional a la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas ricas tienen módulos de

elasticidad mayor magnitud, y mayores capacidades de deformación que las mezclas pobres. (Carbajal, 1993).

b. Resistencia.

Por sus características adhesivas de la mezcla de cemento, el concreto tiene un rendimiento de compresión superior en comparación con la tracción.

Se determina principalmente por la concentración de la pasta, que suele expresarse como una media pesada de la relación agua-cemento. Aparte de la temperatura y el tiempo, también está influenciado por los mismos factores que afectan a las propiedades de la mezcla, como el tipo de cemento utilizado y sus características de resistencia, así como la calidad de los aditivos utilizados para completar la estructura del hormigón. (Carbajal, 1993)

La resistencia a compresión del concreto es una propiedad mecánica fundamental, y es utilizada en los cálculos para diseñar estructuras elaboradas con este material. El hormigón que se usa generalmente tiene una resistencia a compresión que va de 210 a 350 kg/cm². El hormigón de alta resistencia a compresión es al menos 420 kg/cm². Se utilizaron resistencias de 1,400 kg/cm² para aplicaciones de construcciones especiales.

Resistencia o esfuerzo a la compresión. La resistencia o esfuerzo a la compresión es la capacidad del concreto de resistir fuerzas que lo aplastan, la cual se debe a la unión entre estos componentes, que forma una matriz rígida capaz de soportar cargas aplicadas. Cuando se aplica una carga de compresión al concreto, los

poros y vacíos internos se cierran, y los componentes se interbloquean más fuertemente. Esto genera una resistencia interna que se opone a la deformación. El esfuerzo a la compresión del hormigón se debe a diversos factores, como la proporción de agua y cemento, el tipo de agregado, la curación, la temperatura y la edad del concreto.

Conocer el esfuerzo a la compresión es fundamental para diseñar estructuras de concreto, ya que permite determinar las medidas de los elementos estructurales y garantizar su seguridad.

El ensayo de compresión es un examen de laboratorio que tiene por finalidad estimar el esfuerzo a la compresión de una probeta de concreto, en cuyo procedimiento se toman cilindros de concreto de dimensiones estándar (10 cm por 20 ó 15 cm por 30 cm) y se someten a cargas de compresión axial hasta que fallan. Para este ensayo se utiliza una máquina de ensayos universal equipada con placas de compresión para aplicar la carga. El esfuerzo a la compresión se determina dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal del cilindro, según la NTP339,03 y ASTM C39. (Rivva, 2013).

La norma ASTM C39, señala que esta prueba se utiliza para calcular la tensión que soporta el concreto generada por cargas aplicadas antes de la ocurrencia de fallas. Además, es importante señalar que se deben cumplir con los requisitos y la preparación de las muestras tal como recomienda la norma ASTM C31.

Las pruebas de resistencia o esfuerzo a la compresión se deben realizarse en probetas cilíndricas y en condiciones ambientales

húmedas, por ello es necesario que el cilindro tenga protección prohumedad bajo cualquier método durante el periodo pre prueba (NTP 339.034).

El esfuerzo a la compresión después de la prueba se calcula bajo la siguiente fórmula numérica:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

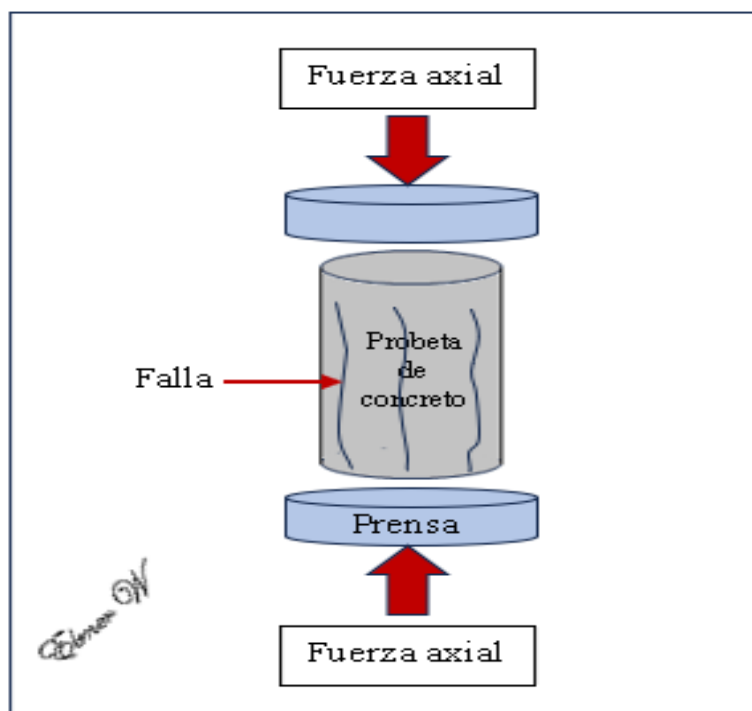
Dónde:

F'c : Resistencia o esfuerzo a la compresión

P : Carga máxima aplicada

A : Área promedio del cilindro.

Figura 2 Representación del Ensayo de Resistencia o Esfuerzo a la Compresión



Resistencia o esfuerzo a la flexión. La resistencia o esfuerzo a la flexión del hormigón o concreto, también conocida como módulo

de ruptura, es una estimación del esfuerzo a la tracción del concreto. Esta propiedad es importante en el diseño de estructuras como pavimentos, losas y elementos sometidos a flexión. Es la capacidad del hormigón para resistir la falla por momento flector. Este esfuerzo es crucial en el diseño de pavimentos y estructuras sometidas bajo cargas de flexión, sus unidades de medida se expresan generalmente en kg/cm² o MPa.

El ensayo o prueba de la resistencia o esfuerzo a la flexión según las normas internacionales son las siguientes:

✓ **Norma ASTM C78 / C78M: "Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (utilizando viga simple con carga en los tercios de la luz)"**

Procedimiento del ensayo:

- a) Se utiliza una viga de concreto de 15 x 15 x 50 cm.
- b) La viga se coloca sobre dos apoyos separados 45 cm.
- c) Se aplican dos cargas equivalentes y simétricas en los tercios de la longitud de la viga.
- d) Se incrementa la carga hasta que la viga falle por flexión.

✓ **Norma EN 12390-5: "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5: Resistencia a flexión de probetas"**

Es una norma europea que describe un método similar al ASTM C78, pero con algunas variaciones en las dimensiones de las probetas y la configuración del ensayo.

● **Método alternativo: ASTM C293 / C293M**

Este método utiliza una carga centrada en lugar de dos cargas

en los tercios, lo que resulta en un valor de resistencia a la flexión ligeramente mayor.

Es importante destacar que los resultados de estos ensayos pueden variar dependiendo del método utilizado, por lo que es crucial especificar la norma seguida al reportar los resultados.

El esfuerzo a la flexión después de la prueba con cargas sobre los puntos tercios se calcula bajo las siguientes fórmulas numéricas:

- Cuando la falla ocurre en el tercio medio:

$$MR = \frac{PL}{bd^2}$$

- Cuando la falla se produce fuera del del tercio medio hasta 5%L:

$$MR = \frac{3Pa}{bd^2}$$

- Cuando la falla se produce fuera del del tercio medio mayor a 5%L, se descarta el ensayo.

Dónde:

R = Módulo de ruptura (MPa o psi)

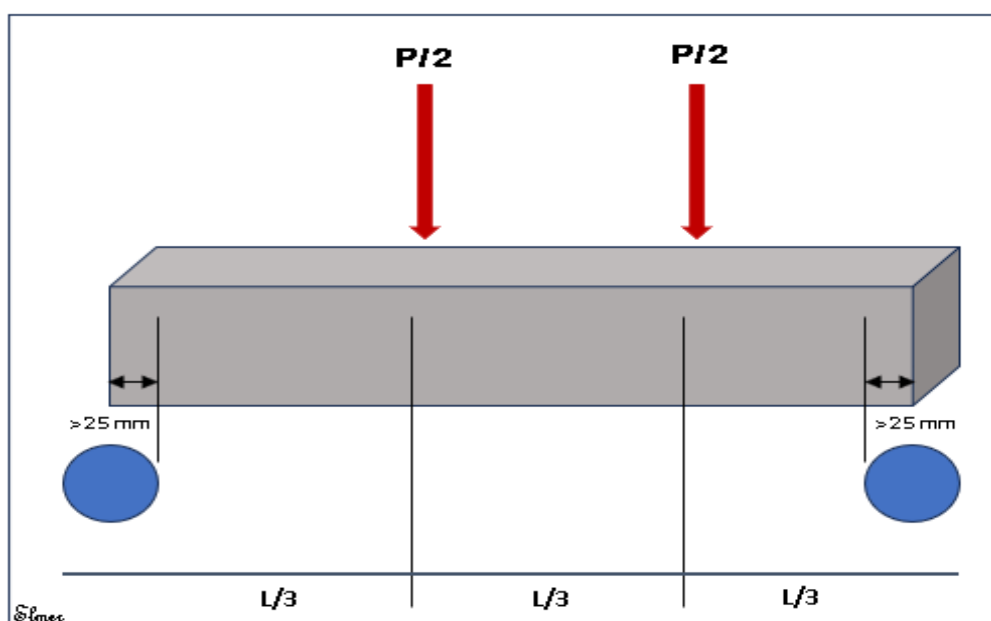
P = Carga máxima aplicada (N o lbf)

L = Longitud entre apoyos (mm o in)

b = Ancho promedio de la viga (mm o in)

d = Altura promedio de la viga (mm o in).

Figura 3 Representación del Ensayo de Resistencia o Esfuerzo a la Flexión



- c. **Extensibilidad.** Un atributo único del hormigón es que puede estirarse y formarse sin romperse. Se utiliza la deformación máxima de la unidad permitida sin fractura del concreto para definir esta propiedad. Depende de la elasticidad y del llamado flujo plástico, que está conformado por la deformación que tiene el hormigón bajo una carga persistente con el tiempo. (Rivva, 2002)

Aunque la contracción y el flujo de plástico son fenómenos nominalmente separados, el flujo de plástico tiene la propiedad única de ser recuperable parcialmente.

Las micro fisuras generalmente ocurren aproximadamente al 60% del esfuerzo último, ya una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración que es visible aparecerá para 0.003 de deformación unitaria. (Rivva, 2002)

- d. **Durabilidad.** Para ser corrosiva y resistente al calor significa que puede soportar agentes externos como las bajas temperaturas y la

penetración del agua durante largos períodos de tiempo sin degradar sus propiedades fisicoquímicas. Cuando se pone en servicio, el hormigón debe ser capaz de soportar los elementos, las reacciones químicas y el desgaste. Este daño meteorológico se debe, sobre todo, a los ciclos repetidos de congelación y descongelación. La resistencia del hormigón a este daño se puede mejorar incrementando la impermeabilidad incluyen donde 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revenimiento protector en la superficie. (Castillo, 2009)

- e. **Impermeabilidad.** Tiene la capacidad de impedir que el agua o el aire pasen por ella. La disminución del contenido de agua en la mezcla suele mejorar esta propiedad crítica del hormigón y después de la evaporación, el agua excesiva deja huecos y cavidades que, si están conectadas, permiten que el agua pase o penetre en el hormigón. La inclusión de aire y la curación adecuada durante un periodo de tiempo prolongado ayudan a mejorar la impermeabilidad (Castillo, 2009).

2.2.3. Mucílago de cactaceae

El cactaceae de la especie *Opuntia ficus-Indica* o Cactaceae de Castilla (ver figura 4), es una planta arbustiva, ramificada, con tamaños variables, desde rastrero hasta arborescente y que puede llegar a alcanzar de 3 a 4m. Originaria de las zonas áridas y semiáridas de Perú, se distribuye en la actualidad por gran parte de las zonas áridas y semiáridas de América, área mediterránea, África, India, China y Australia (Abraján, 2008).

Esta especie se adapta rápidamente a las diferentes condiciones de humedad del suelo, ya que es capaz de recoger el agua superficial de lluvias

puntuales y, al mismo tiempo, puede penetrar en el suelo para aprovechar aguas más profundas. Mientras el suelo permanece seco, no presenta pelos absorbentes. Sin embargo, cuando existe agua disponible, estimula su aparición y la velocidad de absorción de agua y nutrientes es sorprendentemente elevada (Abraján, 2008).

Figura 4 *Cactaceae – Cactus – Opuntia Ficus-Indica*



Las pencas o cladodios poseen en su interior una sustancia llamada mucílago, el cual se compone de hidrocoloides presentes en el tejido y que tienen la capacidad de retener el agua (Abraján, 2008). La composición del mucílago es de glicoproteínas y de un polisacárido ácido formado por L-arabinosa, D-xilosa, D-galactosa, L-ramnosa y ácido D-galacturónico (Matsuhiro, 2013).

Dentro del sector constructivo, hay un interés creciente por el uso del mucílago de cactus, la cual es utilizada como un aditivo natural con el fin de mejorar los atributos físico-mecánicos del hormigón hidráulico convencional. Buscar una alternativa sostenible y amigable con la naturaleza, ha motivado a investigar las potencialidades de este producto con la finalidad de mejorar el desempeño del hormigón, especialmente en aplicaciones de pavimentación rígida (Castro et al., citado por Primo, 2014).

Para esta investigación utilizaremos la familia de cactaceae *Opuntia ficus-*

indica como se muestra en la figura 4 mencionadas líneas arriba.

2.2.4. Estudio de suelos

Un estudio de suelos es esencial para la construcción de un pavimento rígido. El presente trabajo de estudio nos ayuda a evaluar los atributos geotécnicos del suelo y determinar su capacidad de soporte para asegurar la durabilidad y resistencia del pavimento rígido.

Para contar con información correcta sobre las propiedades del suelo, se debe realizar ensayos en el campo y laboratorio. A continuación, presento los pasos clave que se suelen seguir en un estudio de suelos para pavimentos rígidos:

- Investigación inicial: Antes de iniciar el estudio geotécnico, se realiza una recopilación de información sobre el área donde se construirá el pavimento rígido. Esto incluye la identificación de mapas geológicos, investigaciones geotécnicas previas y cualquier otro dato relevante.
- Elección de los puntos de muestreo o calicatas: Se seleccionan los puntos de muestreo en el área del pavimento rígido. De acuerdo con la Norma Técnica CE. 010: Pavimentos Urbanos, las calicatas se realizarán de preferencia en los cruces de las vías, pudiendo considerarse también los puntos intermedios dentro de ellos. La mínima profundidad de las calicatas será de 1.50 m bajo la cota de la rasante terminal.
- Extracción de muestras: Se extraen muestras del suelo en los puntos seleccionados utilizando diferentes métodos, como el uso de sondajes o excavaciones. Dependiendo de la profundidad requerida, las muestras pueden ser superficiales o a mayor profundidad.
- Caracterización de las muestras: Las muestras de suelo se someten a ensayos de laboratorio con el fin conocer sus atributos físicos y mecánicos. Estas

pruebas incluyen el análisis de partículas o granulométrico, determinación del límite líquido y el límite plástico, el contenido de humedad, la densidad, la resistencia al corte y la compresibilidad, entre otros.

- Examen e interpretación de resultados: Los datos obtenidos se analizan e interpretan para evaluar la capacidad portante del suelo. Se determinan parámetros geotécnicos como la capacidad de carga del suelo, el módulo de reacción del suelo, la estabilidad y la deformación del suelo.
- Recomendaciones de diseño: Basándose en los resultados del estudio geotécnico, se formulan recomendaciones para el diseño del pavimento rígido. Estas recomendaciones incluyen el espesor del pavimento, la calidad y cantidad de materiales de subbase y base, y cualquier medida adicional necesaria para fortalecer la capacidad portante del suelo.

Es importante mencionar que los pasos y pruebas específicas pueden variar dependiendo de las regulaciones y estándares locales, así como de las características del terreno.

En este trabajo investigativo se han realizado las siguientes actividades respecto a suelos:

- Apertura de calicatas
- Ensayo de granulometría (tamaños de partículas)
- Ensayo Proctor.
- Ensayo CBR
- Contenido de humedad.
- Etc.

Figura 5 Coordenadas geográficas de las Calicatas



Nota. Datos Tomados de Google Maps

Recojo de muestras

El tramo de estudio ubicado en la ciudad de Huánuco, (república del Perú), abarca una longitud aproximada de 316 m, con un IMDA de 257 vehículos diarios. De acuerdo a lo estipulado en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, a esta vía le corresponde un total de tres calicatas con una profundidad de 1.50 m desde el nivel de la subrasante.

Tabla 3 Descripción de Calicatas y Muestras

CALICATAS	MUESTRAS	PROFUND. (m)	COORD. GEOG.
C-1	M-1	1.50	-9.951600, -76.253171
C-2	M-2	1.50	-9.950789, -76.252246
C-3	M-3	1.50	-9.949753, -76.250972

Resultados de ensayos de suelos:

Tabla 4 Análisis Granulométrico (ASTM D6913)

CALICATAS	MUESTRAS	% DE GRAVA	% DE ARENA	% DE FINO
C-1	M-1	5.6	90.2	4.2
C-2	M-1	1.8	96.1	2.0
C-3	M-1	2.7	92.6	4.8

Tabla 5 Clasificación de Suelos

CALICATAS	MUESTRAS	SUCS (ASTM D2487)	AASHTO (ASTM D3282)
C-1	M-1	SP	A-3 (0)
C-2	M-1	SP	A-3 (0)
C-3	M-1	SP	A-3 (0)

Tabla 6 Contenido de Humedad (AST M D2216)

CALICATAS	MUESTRAS	% DE HUMEDAD
C-1	M-1	2.9
C-2	M-1	0.7
C-3	M-1	2.4

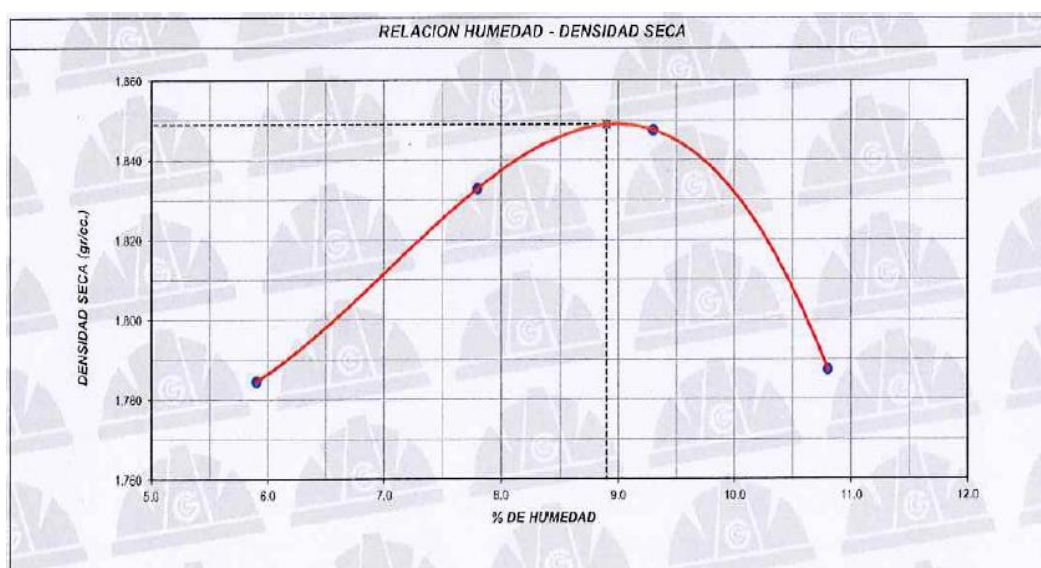
Proctor modificado

Debido a que el tamaño de las partículas en estudio mantiene pocas diferencias, se ha tomado como dato el valor del Proctor modificado que es la óptima (valor crítico).

Tabla 7 Compactación Proctor Modificado (ASTM D1557/MTC E-115)

Número de ensayos		1	2	3	4
Peso del suelo+molde	(g)	10 512	10 694	10 786	10 704
Peso del Molde	(g)	6513	6513	6513	6513
Volumen del molde	(cc)	2116	2116	2116	2116
Peso del suelo Húm. Compactado	(g)	3 999	4 181	4 273	4191
Contenido de agua	%	5.9	7.8	9.3	10.8
Densidad Seca	(g/cc)	1.785	1.833	1.848	1.788

Figura 6 Relación Humedad-Densidad Seca



Del gráfico se obtiene los siguientes resultados:

- Máxima densidad seca (g/cm³): 1.849
- Contenido de humedad óptima: 8.9%

California Baering Ratio (CBR)

Observando que el tamaño de las partículas en estudio mantiene pocas diferencias, se ha aplicado el ensayo CBR a la muestra menos óptima, es decir, se ha tomado el valor más crítico.

*Tabla 8 Datos de Cálculo de Relación de Soporte de California (AST M
D1883/MTC E-132*

Molde N°	C4	A1	B3
N° capas	5	5	5
N° de golpes/capa	56	25	12
Condiciones de la muestra (%H)	No saturado	No saturado	No saturado
Peso suelo + molde (g)	11 488	11 975	11 095
Peso del molde (g)	7 253	7 888	7 228
Peso del suelo compactado (g)	4 235	4 087	3 867
Volumen del molde (cm3)	2 103	2 133	2 122
Densidad húmeda (g/cm3)	2.014	1.916	1.822
Tara + suelo húmedo (g)	564.8	513.4	525.7
Tara + suelo seco (g)	518.6	471.0	482.7
Peso del agua (g)	46.2	42.4	43.0
Peso del suelo seco (g)	518.6	471.0	482.7
%HUMEDAD	8.9	9.0	8.9
DENSIDAD SECA (Kg/m3)	1.849	1.758	1.673

Tabla 9 Penetración (AST M D1883/MTC E-132)

CBR							
Penetración (pulgadas)	Carga Estándar (Kg/cm ²)	C4		A1		B3	
		Carga		Carga		Carga	
		Kg	Kg/cm ²	Kg	Kg/cm ²	kg	Kg/cm ²
0.025		23	1.2	17	0.9	10	0.5
0.050		171	8.7	128	6.5	77	3.9
0.075		322	16.4	242	12.3	145	7.4
0.100	70.307	518	26.3	389	19.7	233	11.8
0.200	105.460	845	42.9	634	32.2	380	19.3
0.300		1147	58.3	860	43.7	516	26.2
0.400		1394	70.8	1046	53.1	627	31.9
0.500		1743	88.5	1307	66.4	784	39.8

Tabla 10 Relación de Soporte de California Corregido (AST M D1883/MTC E-132)

CBR CORREGIDO							
Penetración (pulgadas)	Carga Estándar (Kg/cm ²)	C4		A1		B3	
		Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
0.100	70.307	23.2	33.0	17.6	25.0	10.6	15.1
0.200	105.460	43.1	40.9	32.1	30.4	19.4	18.4

Para el presente estudio se tomó el valor más crítico, es decir 15.1%.

2.2.5. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla de concreto es un proceso en el cual se determina la proporción óptima de los ingredientes que se utilizan para hacer concreto. Esto implica la selección de los tipos y cantidades de cemento, agregados, agua y aditivos químicos que se mezclarán para lograr la resistencia y características deseadas en el concreto final.

El diseño de mezcla de concreto considera varios factores, como la resistencia requerida, el tipo de estructura, las condiciones ambientales, el tamaño máximo del agregado, la trabajabilidad y la durabilidad. También se deben

cumplir con las normas y especificaciones locales.

Para diseñar mezclas de concreto hidráulico, normalmente se llevan a cabo pruebas de laboratorio utilizando diferentes combinaciones de ingredientes para determinar las proporciones óptimas. Estas pruebas incluyen la determinación de la proporción o relación agua-cemento, la resistencia a la compresión, la densidad, la trabajabilidad y otras propiedades.

Obtención del mucílago de cactaceae

La extracción del mucílago de cactus será por el método tradicional, para lo cual seguiremos el siguiente algoritmo:

- 1°. Tomar selectivamente los cactus de buenas características.
- 2°. Eliminar las espinas.
- 3°. Realizar el lavado del cactus con el fin de quitar impurezas.
- 4°. Eliminar la cubierta y cortarlas en trozos cúbicos de 2 a 3 cm de lado aproximadamente.
- 5°. Agregar agua y cactus en una proporción de 1 a 1 y luego dejar reposar por 48 horas para que reaccione y pueda fluir el mucílago.
- 6°. Hervir o someter a secado la muestra hasta eliminar el agua y obtener el mucílago.
- 7°. Realizar el colado para obtener el mucílago puro.

Algoritmos para realizar un diseño de mezcla

a) Determinar la resistencia requerida

Para determinar la resistencia requerida del concreto, es necesario considerar el tipo de estructura y las cargas a las que estarán expuestas.

b) Selección del asentamiento (Slump)

La selección del Slump en el diseño de concreto es un parámetro necesario para garantizar la calidad y durabilidad del concreto. El Slump está referido a la medida de la fluidez del concreto, y un asentamiento adecuado es importante para que el concreto sea colocado y compactado adecuadamente.

c) Determinar el tamaño máximo del agregado

El tamaño máximo del agregado es un factor importante para considerar en el diseño de una mezcla de concreto, ya que afecta la trabajabilidad, la resistencia, la durabilidad y la economía del concreto. Según la Norma Técnica de Edificaciones E. 060, la cual nos indica que el agregado grueso no debe exceder a los $1/5$ de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o el $1/3$ del peralte de la losa; o el $3/4$ del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo.

d) Selección de asentamiento

La selección adecuada del asentamiento en el diseño de una mezcla de concreto es crucial para asegurar que la mezcla tenga la trabajabilidad necesaria para su colocación y compactación. El asentamiento se refiere a la medida de la fluidez y la deformabilidad del concreto fresco. Es importante señalar que si el asentamiento se encuentra en las especificaciones entonces se debe tomar los valores de las tablas que proporciona la Norma de ACI comité 211.

e) Estimación del contenido de aire y volumen de agua

El ACI comité 211 elaboró tablas determinando proporciones en

función al porcentaje del contenido de aire en la mezcla de concreto y el máximo tamaño nominal estimado para el agregado grueso. De igual manera el volumen de agua requerido para un Slump ya determinado, depende básicamente del tamaño máximo del agregado grueso (Ver tabla N° 33 y Tabla N°36).

f) Elección de relación agua/cemento

Tenemos dos maneras seleccionar la relación a/c (por resistencia, y por durabilidad), de estos se tomará el valor menor, ya que de esta manera se aseguran los requisitos recomendados en las especificaciones. Además, la relación agua/cemento estimado por resistencia, también debe garantizar la durabilidad del material. (Laura, 2006).

g) Calcular la cantidad de cemento

La cantidad de cemento requerido se obtendrá dividiendo el volumen del agua entre la relación agua/cemento.

h) Calcular los pesos de los agregados

El peso del agregado grueso depende del tamaño máximo nominal y del módulo de fineza del agregado fino. El peso del agregado grueso se determina multiplicando el volumen del agregado grueso seco compactado por el peso unitario seco compactado.

i) Exhibición del diseño de mezclas en estado fresco

Se muestra el diseño de mezclas en estado fresco con el fin de analizarlos.

j) Corrección por humedad

La corrección por humedad de diseño de mezcla de concreto es

un proceso que se realiza para compensar peso de los agregados que están húmedos. Los agregados, tanto finos como gruesos, pueden absorber agua del ambiente, lo que aumenta su peso. Si no se tiene en cuenta este factor, la mezcla de concreto puede resultar demasiado húmeda, lo que puede afectar su resistencia y durabilidad. Para realizar la corrección por humedad, se utiliza la siguiente fórmula:

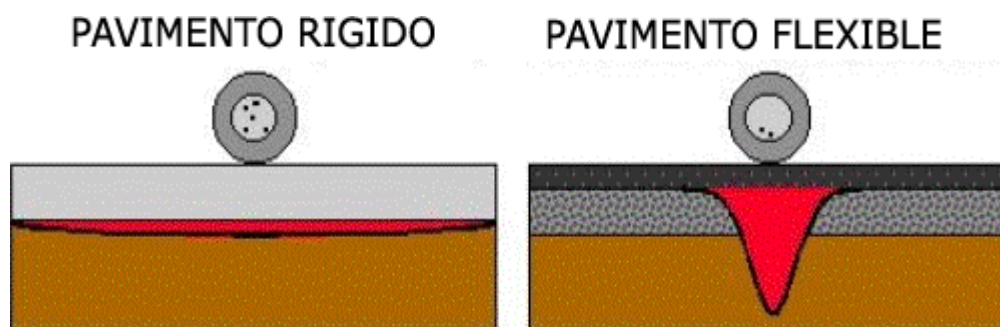
$$\text{Peso húmedo} = \text{Peso seco} * (1 + (\% \text{ de humedad} / 100)).$$

2.2.6. Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos son estructuras que están conformadas por capas superpuesta de material procesado en algún lugar natural, cuyo único propósito es distribuir las cargas aplicadas por los vehículos en la subrasante.

Este tipo de pavimento, debido su inflexibilidad y su gran módulo elástico, absorbe la mayor parte de los esfuerzos aplicados sobre el mismo, generando así óptimo reparto de pesos de la rueda, cuyo efecto dan tensiones bajísimas sobre la subrasante. En cambio, en los pavimentos flexibles, ocurre todo lo contrario ya que por su baja rigidez, trasladan los esfuerzos sobre las capas profundas que ocasionan grandes presiones sobre la subrasante, lo cual se manifiesta a continuación.

Figura 7 Representación del Comportamiento de Pavimentos



Nota. Tomado de “Guía de pavimentos rígidos para carreteras”

La estructura del pavimento debe poder proporcionar:

- Calidad de transpirabilidad aceptable.
- Resistencia contra la formación de surcos, y grietas.
- Nivel de reflexión de luz suficiente y bajo nivel de ruido.

La finalidad de la estructura es transferir la carga de la llanta para que no exceda la capacidad de carga de la subrasante.

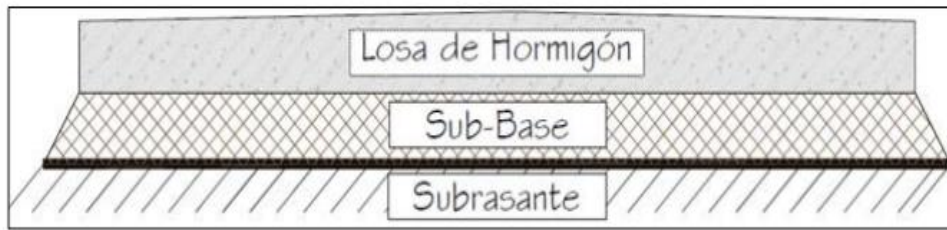
Está conformado por losas de hormigón hidráulico, que en ocasiones están armadas, inicialmente el costo es superior al flexible, y el periodo de vida va de 20 - 40 años.

Componentes del Pavimento Rígido

Guevara (2015) menciona los elementos del pavimento rígido y estas son:

- **Losa:** Esta es la parte superior de la acera, donde la tensión se reparte según la rigidez de la losa, así logrando que las capas inferiores (base y subbase) sostengan menos tensión.
- **Base y Subbase:** Estos estratos o capas soportan las tensiones generadas por solicitaciones, pero las tensiones son menores debido a que hay una losa rígida.
- **Subrasante:** Es una capa conformada de suelo natural donde se asienta el pavimento. El que tiene es la de generar estabilidad al pavimento, los diseños de losa de pavimento comienzan con la subrasante, puesto que en ocasiones necesitan tratar esta capa o reemplazar el material que hay en esta ya que esta soporta toda la estructura de la losa de pavimento rígido.

Figura 8 Sección Típica de un Pavimento Rígido



Nota. Tomado de “Introducción a la ingeniería de Pavimentos”, (Sotil, 2014)

Sistema AASHTO 93 en diseño de pavimentación rígida

La herramienta AASHTO en diseño de pavimentación, se planteó en los EE. UU en 1960 y se utilizó para elaborar gráficos, tablas, y datos.

Los motivos para seleccionar el método AASHTO es que introduce la serviciabilidad para diseñar el pavimento como una propiedad para lograr una superficie suave, lisa y uniforme a los usuarios.

Al diseñar pavimentos rígidos se debe considerar muchos parámetros como: tránsito de vehículos, clima, drenaje, propiedades de suelos, grado de transmisión de pesos, grado de serviciabilidad, así como el nivel de confiabilidad.

La fórmula modular AASHTO para estimar el grosor adecuado que debe tener la pavimentación rígida es:

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W18: Cantidad de EE a 8.2 t dentro del tiempo previsto

ZR: Desviación natural estándar

S₀: Desviación estándar acumulado.

D: Altura de la losa pavimentada (mm).

Δ PSI: Diferencia de servicios.

Pt: Servicio final.

S'_c : Valor del módulo de rotura del hormigón hidráulico (psi).

J: Coeficiente de transmisión de tensión.

Cd: Valor del coeficiente de drenaje.

EC: Valor del módulo elástico del hormigón, (psi).

K: Valor del módulo de reacción del soporte de la subrasante, en PCI.

Parámetros en diseño de pavimentos:

a) Temporal

En este aspecto se toma el ciclo de vida de la pavimentación, el tiempo de duración entre el inicio operativo de la vía y el instante donde la pavimentación necesita una recuperación, en otros términos, cuando logra el grado mínimo de servicio. Otro variable que se toma en cuenta es el lapso de tiempo de la conducción de dicho análisis.

En el presente diseño tomamos en cuenta el período del ciclo de vida, pues la etapa de análisis es utilizada en el análisis de la parte económica del proyecto. A continuación, en la tabla 11 observamos los períodos de análisis propuestos.

Tabla 11 Periodo de Estudios

TIPOS DE VÍA	ETAPA DE ESTUDIO ANUAL
Urbana de mucha circulación	30 a 50
Rural de mucha circulación	20 a 50
Pavimentada de poca circulación	15 a 25
No pavimentada de poca circulación	10 a 20

Nota. Elaboración a partir de “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”, (Guía AASHTO).

b) Tráfico

Usando el sistema AASHTO, la pavimentación es diseñada con el fin resistir una cantidad específica de pesos durante su ciclo de vida. Se entiende por tráfico a un grupo de móviles (vehículos) con distintos pesos y cierta cantidad de ejes, que imponen distintos niveles de pesos y deformaciones sobre la parte superficial de la vía, lo cual se convierte en diferentes tipos de daños en la plataforma vial. El grado de tránsito es convertido en una cantidad de pesos por eje único que equivale a 18 kip, es decir, a 80 kN o ESAL (peso por eje único equivalente), lo que significa que el daño de un eje se sustituya por un valor de presión del eje.

Con la finalidad de estudiar el tráfico y diseñar pavimentos rígidos, se consideran un trío de categorías:

c) Vías de poco tráfico, desde 150 001 hasta los 1 000 000 Ejes Equivalentes, dentro del carril y la etapa de diseño.

Tabla 12 Cantidad de Iteraciones Acumuladas de EEs (8.2 t), en el Carril de Diseño

TIPOS DE TRÁFICO PESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EN EE
TP1	> 150 000 ≤ 300 000
TP2	> 300 000 ≤ 500 000
TP3	> 500 000 ≤ 750 000
TP4	> 750 000 ≤ 1 000 000

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Donde:

T equivale al tráfico pesado expresado en Ejes homólogos dentro del carril de diseño.

P equivale a la vía pavimentada.

X equivale a la cifra de rango (1, 2, 3, 4)

d) Vías con tráfico, desde 1 000 001 EE hasta los 30 000 000 Ejes

Equivalentes dentro del carril y período de diseño.

Tabla 13 Cantidad de Iteraciones Acumuladas de EEs (8.2 t), Dentro del Carril de Diseño

TIPOS DE TRÁNSITO PESADO EN FUNCIÓN DE EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EN EE
TP5	De 1 000 001 a 1 500 000
TP6	De 1 500 001 a 3 000 000
TP7	De 3 000 001 a 5 000 000
TP8	De 5 000 001 a 7 500 000
TP9	De 7 500 001 a 10 000 000
TP10	De 10 000 001 a 12 500 000
TP11	De 12 500 001 a 15 000 000
TP12	De 15 000 001 a 20 000 000
TP13	De 20 000 001 a 25 000 000
TP14	De 25 000 001 a 30 000 000

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Donde:

T equivale al tráfico pesado expresado en ejes homólogos en el carril de diseño

P equivale a la vía pavimentada,

X equivale a la cifra de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

- e) **Vías con tráfico con mayor a 30 000 000 ejes homólogos, dentro del carril y el período para lo cual fue diseñado.**

Tabla 14 *Cantidad de Iteraciones Aglomeradas de EE a 8.2t, Dentro del Carril de Diseño*

TIPOS DE TRÁNSITO PESADO EN EE	CATEGORÍAS DE TRÁNSITO PESADO EN EE
TP15	Mayor a 30 000 000

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Donde:

T equivale al tráfico pesado expresado en ejes homólogos en el carril de diseño

P equivale a vía pavimentada.

X equivale a la cifra de rango (15)

Factor de servicio

El factor de servicio considera los siguientes criterios: Capacidad de servicio o idoneidad. AASHTO 93 describe los servicios utilizando dos indicadores: el índice de servicio inicial (P_i) y el índice de servicio última (P_t). Determinar la diferencial (ΔPSI) entre ambos índices nos lleva al parámetro requerido para el diseño de la pavimentación.

Las calificaciones de usabilidad se toman como la condición del pavimento para manejar el tráfico que se desplaza por el camino, entre los rangos de 0 a 5, siendo 0 intransitable y 5 excelente para el tránsito. Ya que el cero (0) es muy fatalista, AASHTO 93 recomienda el valor de 1,5 de índice servicable última para pavimentos.

Los valores de ΔPSI se dan en función de las condiciones de

la construcción. En el ensayo de vía de la AASHO Road Test, el estado del pavimento de hormigón alcanzó un valor de $P_i = 4,5$.

Valores sugeridos se dan a continuación:

Tabla 15 Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i), Índice de Serviciabilidad Última (P_t) y Diferencia de Servicios en Función del Grado de Tránsito

Tipo de vía	Tránsito	Ejes homólogos Aglomerados		Índice de Servicio Inicial (P_i)	Índice de Servicio Terminal (P_t)	Capacidad de servicio (ΔPSI)
Vías de poco tráfico	TP1	De 150 001	a 300 000	4.10	2.00	2.10
	TP2	De 300 001	a 500 000	4.10	2.00	2.10
	TP3	De 500 001	a 750 000	4.10	2.00	2.10
	TP4	De 750 001	a 1 000 000	4.10	2.00	2.10
Resto de Vías	TP5	De 1 000 001	a 1 500 000	4.30	2.50	1.80
	TP6	De 1 500 001	a 3 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP7	De 3 000 001	a 5 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP8	De 5 000 001	a 7 500 000	4.30	2.50	1.80
	TP9	De 7 500 001	a 10 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP10	De 10 000 001	a 12 500 000	4.30	2.50	1.80
	TP11	De 12 500 001	a 15 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP12	De 15 000 001	a 20 000 000	4.50	3.00	1.50
	TP13	De 20 000 001	a 25 000 000	4.50	3.00	1.50
	TP14	De 25 000 001	a 30 000 000	4.50	3.00	1.50
	TP15	>30 000 000		4.50	3.00	1.50

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

LA CREDIBILIDAD “R” Y LA DESVIACIÓN ESTANDAR (S_o)

Se refiere credibilidad o confiabilidad a aquella posibilidad de respuesta satisfactoria de la pavimentación durante su estancia en el servicio, excluyendo factores que lo deteriore como el tráfico o el medio ambiente.

Para la desviación estándar combinada, AASHTO sugiere utilizar valores comprendido entre $0.30 < S_o < 0.40$.

Tabla 16 Estimaciones Sugeridas de Credibilidad (R) y Desviación Típica

Natural (ZR)

Tipo de vías	Tránsito	EE acumulados		Grado de Credibilidad (r) (%)	Desviación Estándar natural (z _r)
Vías de poco tráfico	TPo	De 100 000	a 150 000	65	-0.385
	TP1	De 150 001	a 300 000	70	-0.524
	TP2	De 300 001	a 500 000	75	-0.674
	TP3	De 500 001	a 750 000	80	-0.842
	TP4	De 750 001	a 1 000 000	80	-0.842
Resto de Vías	TP5	De 1 000 001	a 1 500 000	85	-1.036
	TP6	De 1 500 001	a 3 000 000	85	-1.036
	TP7	De 3 000 001	a 5 000 000	85	-1.036
	TP8	De 5 000 001	a 7 500 000	90	-1.282
	TP9	De 7 500 001	a 10 000 000	90	-1.282
	TP10	De 10 000 001	a 12 500 000	90	-1.282
	TP11	De 12 500 001	a 15 000 000	90	-1.282
	TP12	De 15 000 001	a 20 000 000	90	-1.282
	TP13	De 20 000 001	a 25 000 000	90	-1.282
	TP14	De 25000 001	a 30 000 000	90	-1.282
	TP15	>30 000 000		95	-1.645

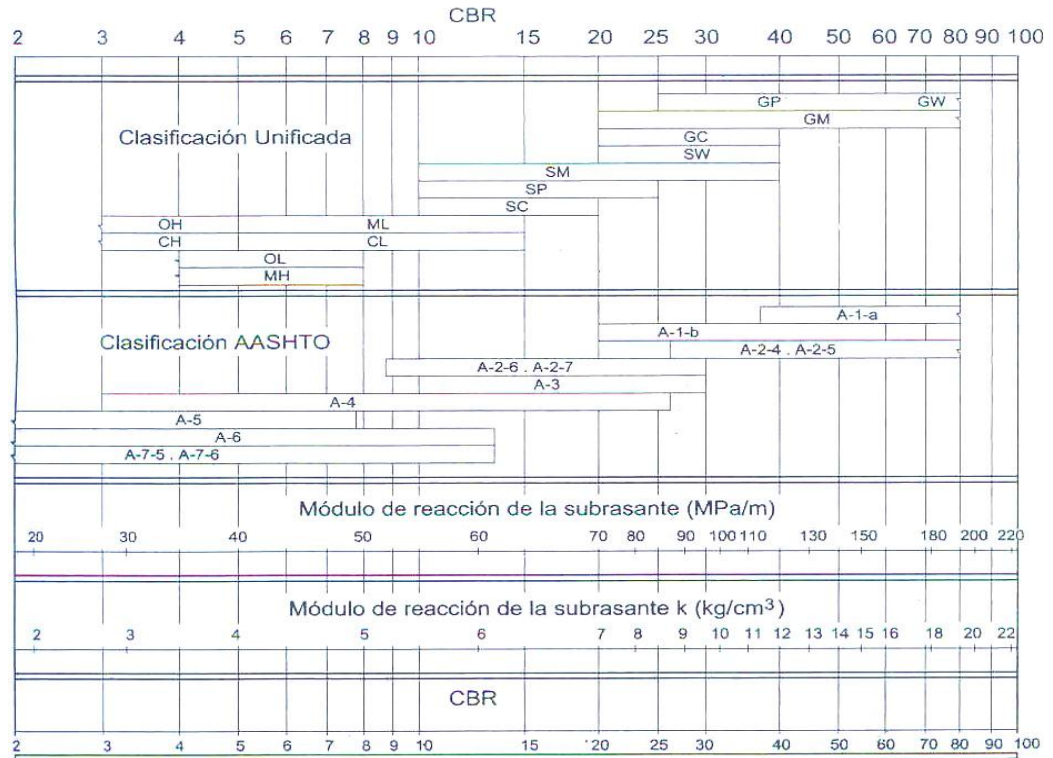
Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”. Coeficiente de reacción combinado (Kc).

Está referido a un indicador del mejoramiento en la resistencia de la subrasante incorporando capas granulosas o capas tratadas, la cual llega a disminuir el grosor previsto de la pavimentación rígida.

En este trabajo se tomará la alternativa recomendada por AASHTO la cual consiste en el uso de las correspondencias directas que ayudan determinar el coeficiente de reacción k en base al tipo que presenta el suelo y el CBR; la cual se detalla a continuación:

Figura 9 Correspondencia CBR Versus Módulo de Reacción de la Subrasante

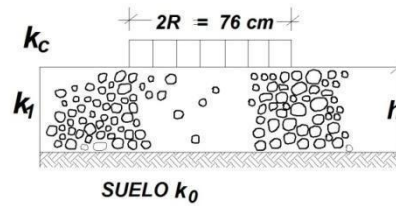
Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos



Nota. Tomado del “Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-Skokie. PCA 1971”.

Si el CBR es equivalente o superior al 6%, indica que son materiales óptimos para el estrato subrasante; y si resulta ser menor indica una subrasante Insuficiente, entonces se buscará estabilizar los suelos, ya sea mecánicamente, reemplazando el suelo, mediante una estabilización con insumos químicos, con geo sintéticos u otros insumos recomendados por el MTC.

Para incrementar el coeficiente de reacción del diseño, recurrimos a la fórmula siguiente:



$$K_C = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{1/2} \times K_0$$

K_1 : Coeficiente reactivo de la subbase granulosa (kg/cm^3)

K_C : Coeficiente reactivo combinado (kg/cm^3)

K_0 : Coeficiente reactivo de la subrasante (kg/cm^3)

h : Espesor o altura de la subbase granulosa

Tabla 17 CBR sugeridos para la Sub-Base Granulosa de Pavimentación Rígida
en Función de la Intensidad de Circulación en EE, Según Norma de Ensayo

MTC E 132

TRÁFICO EN EE	REQUERIMIENTO
$\leq 15 \times 10^6$	CBR mínimo 40 % [1]
$> 15 \times 10^6$	CBR mínimo 60 % [1]

[1] Referido al total de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga del 0.1"

Nota. Elaborado a partir del "Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)".

Resistencia a la flexiotracción del hormigón (M_r)

La pavimentación rígida trabaja en mayor medida a flexión, por esa razón en su diseño se introduce la resistencia a la rotura (M_r) la cual a su vez está regida por ASTM C 78. Para ello el hormigón es ensayado en vigas prismáticas fundamentalmente, las cuales a los 28 días se someterán a ensayos aplicando tensiones en los tercios, y provocando la falla dentro del tercio central.

Tabla 18 Valores Sugeridos de Resistencia del Hormigón en Función del Rango de Circulación

Rangos de tránsito pesado en EE	Mínima resistencia a la Flexotracción del hormigón (Mr) en kg/cm²	Mínima resistencia Equivalente a la Compresión del hormigón (f'c) en kg/cm²
Hasta 5 000 000	40	280
De 5 000 001 a 15 000 000	42	300
Más de 15 000 000	45	350

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Tener en cuenta que hay una correspondencia entre el módulo de rotura (Mr) y la resistencia a la compresión (f'c) del hormigón hidráulico, la cual se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Mr = a\sqrt{f'c}$$

Tener en cuenta que f'c debe considerarse en kg/cm2, recomendados por el ACI 363

Tener en cuenta que los valores “a” son variables desde 1.9 hasta 3.18.

Cabe destacar que esta ecuación es una estimación y puede variar dependiendo de las cualidades específicas del hormigón, como la razón agua-cemento, el tipo y la cantidad de agregados, y otros factores.

Pero, en este trabajo investigativo no se hará uso de esta fórmula matemática, pues el dato del módulo de rotura se determinó en el laboratorio.

El módulo elástico del concreto u hormigón

El pronóstico del módulo elástico se determina diagnosticando las correspondencias con el módulo de compresión del concreto u hormigón.

Asimismo, AASHTO 93 sugiere que el módulo elástico se estima a través de una correspondencia propuesta por el ACI.

$$E = 57\,000(f'c)^{0.5}; \text{ (donde } f'c \text{ en unidad psi)}$$

Es importante mencionar que el módulo elástico del hormigón rígido se calcula con el apoyo de la normatividad ASTM C 469.

Drenaje (Cd)

La situación del drenaje es un indicador de la posibilidad de que el elemento estructural que se encuentra debajo de la losa de hormigón contenga humedad o agua en un período determinado. En términos generales, las estrategias de drenaje, las cualidades de la capa subbase, el tipo de la subrasante, el contexto climático y los niveles de lluvia determinan qué tan bien las capas intermedias se han drenado.

El drenaje de Cd se puede medir en el rango entre 0,70 y 1,25, dependiendo de los factores señaladas anteriormente. La presencia de Cd alto indica un drenaje adecuado, lo que beneficia a la estructura y reduce la necesidad de calcular el espesor del hormigón.

Determinación del Cd

El drenaje se estima en función al tiempo de la retirada del agua infiltrada de la pavimentación.

Tabla 19 Estados del Drenaje

Condiciones del drenaje	50% saturado en:	85% de saturado en:
Excelente	Dos horas	Dos horas
Bueno	Un día	Dos a cinco horas
Regular	Una semana	Cinco a diez horas
Malo	Un mes	Más de diez horas
Tan malo	No evacúa	Mucho más de diez horas

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Para el presente trabajo se tomará un drenaje de buena calidad.

- ✓ Posterior a la determinación de la condición del drenaje, se estima el Cd teniendo en cuenta el nivel de manifestación del pavimento al estado de humedad casi a la saturación, la cual está en función de la precipitación promedio anual y la calidad de la evacuación del agua. Para ello hacemos uso del siguiente.

Tabla 20 CD de los Estratos Gránulos

Condición del drenaje	% de tiempo en la cual el pavimento se expone a grados de humedad carcanos a la saturación			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Traspaso de pesos (J)

Entendida como la condición que tiene la pavimentación de hormigón para transferir pesos entre juntas y grietas. Su valoración depende de la tipología de la pavimentación de hormigón, la permanencia o ausencia de bermas laterales y dispositivos de transmisión de carga.

El parámetro J tiene un valor que es proporcional directa a

altura de la losa de hormigón, la cual disminuye a medida que cae el valor de J.

Tabla 21 Valores del Parámetro J

Tipo de Berma	Transferencia de pesos (J)			
	Granular o asfáltica		Hormigón hidráulico	
Valores de J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 a 4.4	2.8	3.8

Nota. Elaborado a partir del “Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2018)”.

Determinación del grosor de losa

Para estimar las dimensiones de la pavimentación rígida, se consideran como grosor mínimo de losa 15 cm y grosor mínimo de la subbase granular 15 cm.

2.3. Definición de términos básicos

- **Aditivos:** Aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, (...) que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado (...) (Rivera, 2002)
- **Agregado fino:** Es un agregado natural o desintegrado artificialmente que pasa un tamiz estándar de 9.5 mm (3/8 de pulgada) y cumple con los límites establecidos en NTP 400.037-2002.
- **Agregado grueso:** Es el agregado retenido en el tamiz estándar de 4.75 mm (Nº 4) debido a la desintegración natural o artificial de la roca, que cumple con los límites especificados en NTP 400.037-200.
- **Cemento:** Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland

con la adición eventual de yeso natural (NTP 334.090 – 2013).

- **Concreto:** Es un producto conformado por cemento, materiales granulares fino y grueso, agua, con o sin aditivos y en condiciones óptimas (Norma ACI 211).
- **Concreto fresco:** Es un concreto que permite su manipulación y colocación porque está recién hecho (Barzola, 2015)
- **Concreto endurecido:** Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y endurece, tornándose en un concreto endurecido, cuyas propiedades son: resistencia y durabilidad. (Parra y Solís, 2012)
- **Concreto patrón:** Concreto que se tomará de referencia o base para estudios de comparación de otros concretos alterados en su elaboración, estructura, composición, etc. (Ojeda y Huamán, 2016)
- **Diseño de mezcla del concreto:** La mezcla de hormigón es básicamente una combinación de dos componentes: árido y pasta. Una pasta compuesta de cemento Portland y agua se combina con agregados (arena gruesa, piedra triturada y aditivos) para formar una masa similar a una roca. Debido a la reacción química entre el cemento y el agua, la pasta se endurece. (ICG, 2012).
- **Propiedades mecánicas del concreto:** Como todos sabemos, el hormigón mostrará resistencia en el estado endurecido bajo la fuerza externa. Incluyen principalmente: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, rigidez, impacto, etc.
- **Resistencia a la compresión:** Conocido también esfuerzo a la compresión, se llama así a aquel esfuerzo máximo que presenta el concreto a la compresión sin romperse. (E060- RNE).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, mejora sus propiedades para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, mejora su trabajabilidad.
- La adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la compresión axial.
- La adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la flexión.
- El espesor óptimo de la losa del pavimento rígido para la vía en estudio, mediante la metodología AASHTO-93, a partir de los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con adición de mucilago de cactaceae, es menor a 20 cm.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente.

X1: Mucílago de cactaceae

2.5.2. Variables Dependientes.

Y1: Trabajabilidad del concreto

Y2: Resistencia a la compresión del concreto

Y3: Resistencia a la flexión del concreto

Y4: Espesor de losa del pavimento.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 22 Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
X1 Mucílago de cactaceae	Es una sustancia natural orgánica viscosa que luego de unos procesamiento metodológicos se extrae del cactus (Chandra et al., 1998).	El mucílago de cactaceae será medido en relación al peso del cemento, la cual será agregado al concreto hidráulico.	Dosificación de adición de mucílago de cactaceae	0 % en peso y kg con respecto al cemento
				1 % en peso y kg con respecto al cemento
				2 % en peso y kg con respecto al cemento
				3 % en peso y kg con respecto al cemento

Tabla 23 Operacionalización de la Variable Dependiente

VARIABLES DEPENDIENTES				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Y1 Trabajabilidad del concreto	Es la facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado. El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar ni sangrar excesivamente (Kosmatka y Panarese, 1992).	Se medirá la trabajabilidad de las mezclas de concreto patrón, así como del concreto con adición de mucílago de cactaceae en diferentes proporciones, mediante el ensayo de asentamiento.	Slump	Cm
Y2 Resistencia a la compresión del concreto	Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm ² , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (ASTM C31)	Se medirá la resistencia a la compresión axial para muestras cilíndricas de un concreto patrón, así como del concreto con adición de mucílago de cactaceae en diferentes proporciones, mediante ensayos de laboratorios normalizados.	Resistencia a la compresión (F'c)	kg/cm ²
Y3 Resistencia de la flexión del concreto	La resistencia a la flexión en una medida de resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. La resistencia a la flexión se expresa como módulo de rotura (MR) (ASTM C31)	Se medirá la resistencia a la flexión para muestras prismáticas de un concreto patrón, así como del concreto con adición de mucílago de cactaceae en diferentes proporciones, mediante ensayos de laboratorios normalizados.	Módulo de rotura (Mr)	kg/cm ²
Y4 Espesor de losa del pavimento	Esta es la parte superior de la acera, donde la tensión se reparte según la rigidez de la losa, así logrando que las capas inferiores (base y sub-base) sostengan menos tensión. (Guevara, 2015)	Se medirá con cinta métrica en centímetros, a través de una comparación técnica del espesor del pavimento rígido utilizando los resultados de las propiedades mecánicas del concreto patrón y concreto con adiciones de mucílago de cactaceae mediante la metodología AASHTO 93.	Espesor de concreto	cm

CAPÍTULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Este trabajo de investigación fue de tipo aplicada. La investigación aplicada se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad (Carrasco, 2006).

3.2. Nivel de investigación

Este trabajo de investigación, fue de nivel experimental, pues, se llevaron a cabo diferentes ensayos de experimento en el laboratorio.

3.3. Métodos de investigación

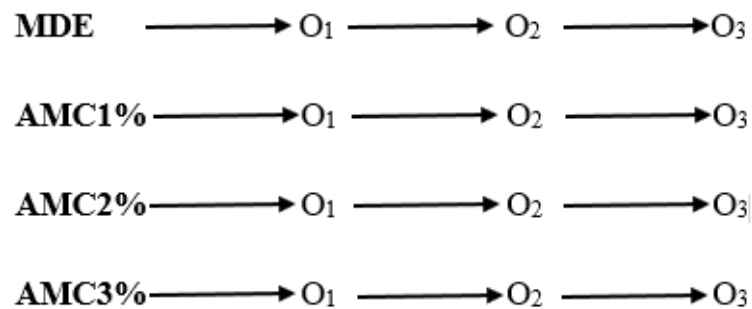
En este trabajo, utilizamos el método cuantitativo, por lo que reúnen datos numéricos, las cuales a su vez, son medidos mediante valores numéricos y posteriormente a través del análisis estadístico.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue **experimental**, y estos se usan cuando el investigador necesita encontrar el supuesto efecto de una variable o más variables

causales o independientes, a la cual (es) se manipula previamente. Sin embargo, para el uso de los diseños experimentales se deben cumplir con ciertos requisitos como la manipulación intencional de una o más variables independientes, medición de variables dependientes y control del experimento (Hernández y Mendoza, 2018).

Este diseño, consiste en medir el efecto de la adición del mucílago de Cactaceae en el concreto hidráulico, para ello se elaboró mezclas y probetas de concreto hidráulico, para luego medir el Slump, esfuerzo a la compresión y esfuerzo a la flexión.



Donde:

MDE : Muestra de diseño estándar o patrón

AMC1% : Muestra con 1% de adición de mucílago

AMC2% : Muestra con 2% de adición de mucílago

AMC3% : Muestra con 3% de adición de mucílago

O₁ : Primera observación

O₂ : Segunda observación

O₃ : Tercera observación

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

“Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación” (Carrasco, 2006)

La población del presente estudio fue el concreto estándar $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ (sin la incorporación de mucílago de cactaceae) y el concreto de $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ con la incorporación en distintas proporciones de mucílago de cactaceae.

Para esta investigación se elaboraron un total de 72 probetas de muestra entre cilíndricas y prismáticas, según la Norma E.060 donde indica que un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad del ensayo establecida para determinar la $f'c$.

Con el fin de determinar los ensayos de trabajabilidad recurrimos a la ASTM C143 o N.T.P. 339.035 para lo cual se elaborarán concretos patrones y concretos con adiciones porcentuales de mucílago de cactaceae (1%, 2% y 3%) para una resistencia de concreto $f'c = 280\text{ Kg/cm}^2$.

3.5.2. Muestra

Es una parte o fragmento representante de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población (Carrasco, 2006).

La muestra fue 9 testigos cilíndricos de un concreto estándar de $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, 27 testigos cilíndricos de un concreto de $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ adicionado de mucílago de cactaceae (con diferentes dosis), así como también 9 viguetas

prismáticas de un concreto patrón de $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ y 27 viguetas prismáticas de un concreto de $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ con la adición de mucílago de cactaceae (en distintos porcentajes).

Se utilizaron métodos de selección normativos en el proceso de muestreo, lo que indica que la muestra es representativa de toda la población. O, para decirlo de otra manera, comparten características con el público objetivo. El uso de una muestra representativa tiene la desventaja de no poder cuantificarse debido a la naturaleza subjetiva de la "representación".

Nos basamos en la NTP E060 Concreto Armado, capítulo 5.6 Evaluación y aceptación del concreto donde nos dice “que un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de $f'c$.”

En la tabla 25 se muestra las cantidades de las probetas para los diferentes ensayos (resistencia a compresión y resistencia a la flexión), asimismo se denominó con abreviatura a la muestra de diseño de concreto patrón o estándar (MDE) y las muestras con adiciones de mucílago de cactaceae (AMC).

Con el fin de determinar el esfuerzo a la compresión, se elaborarán 36 probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm, considerando 3 probetas por edad de ruptura a los 7, 14 y 28 días de curado y 3 probetas por cada muestra (Muestra patrón y muestras con adiciones del 1%, 2% y 3% de adición de mucílago de cactaceae). Asimismo, para determinar el esfuerzo a la flexión se elaborarán 36 vigas prismáticas de 15cm x 15cm x 45cm, considerando 3 probetas por edad de ruptura a los 7, 14 y 28 días de curado y 3 probetas por cada muestra (Muestra patrón y muestras con adiciones del 1%, 2% y 3% de adición de mucílago de

cactaceae).

A continuación, presentamos a detalle el cuadro de resumen del número de probetas cilíndricas y prismáticas para las pruebas de esfuerzo a la compresión y esfuerzo a la flexión después de curado de dichas probetas para su aplicación en la pavimentación rígida en la ciudad de Huánuco.

Tabla 24 *Cuantía Muestral de Probetas Cilíndricas y Prismáticas para los*

Ensayos de Diseño $f'c=280$ kg/cm²

		Resistencia a la compresión axial			Módulo de rotura			
MUESTRAS	DOSIFICACIÓN	Probetas cilíndricas			Probetas prismáticas			Subtotal de muestras
		Nº de días de curado			Nº de días de curado			
		en agua			en agua			
		7	1 4	28	7	1 4	28	
MDE	0%AMC	3	3	3	3	3	3	18
AMC1%	1%AMC	3	3	3	3	3	3	18
AMC2%	2%AMC	3	3	3	3	3	3	18
AMC3%	3%AMC	3	3	3	3	3	3	18
TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR								72

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Las principales técnicas que se utilizaron en este estudio son la observación directa, análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas y viguetas con y sin adición de mucílago de cactaceae.

Entre los instrumentos utilizados se encuentran las fichas técnicas de ensayos de revenimiento, resistencia a la compresión y flexión del hormigón, en las cuales se registran los datos obtenidos en los ensayos realizados.

Equipos utilizados. Entre los equipos utilizados tenemos:

- Tamizador para ensayos granulométricos de áridos.

- Cono de Abrams.
- Prensa para ensayos de resistencia a la compresión.
- Prensa para ensayos de resistencia a la flexión.

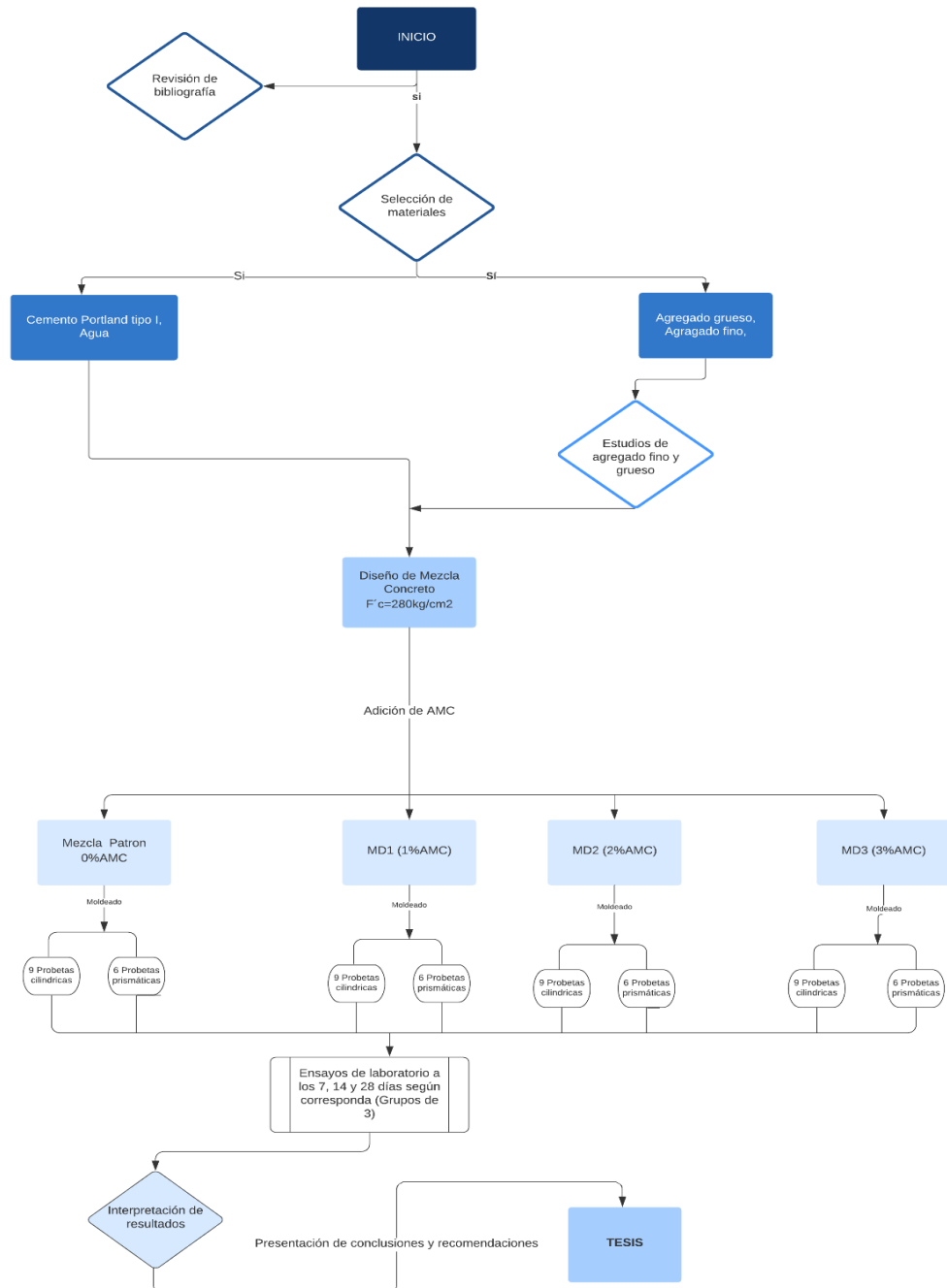
3.6.1. Procedimientos

En el proceso de la presente investigación se realizaron los trabajos siguientes:

- Se buscaron información referente al concreto hidráulico con adiciones mucílago de cactaceae en fuentes bibliográficas confiables.
- Se estudiaron a detalle el agregado fino (Arena Gruesa).
- Se estudiaron a detalle el agregado Grueso (Piedra $\frac{3}{4}$ "
- Se realizaron un diseño de mezcla estándar $f'_c=280\text{Kg/cm}^2$
- Se extrajeron el mucílago de cactaceae y se dará el tratamiento hasta conseguir la cantidad necesaria para su aplicación en las muestras de concreto.
- Se realizaron las respectivas mezclas para cada dosificación de mucílago de cactaceae en el concreto, así como para la muestra patrón
- Se realizaron el ensayo de SLUMP para cada dosificación de mucílago de cactaceae en el concreto, así como para la muestra patrón o estándar.
- Se elaboraron probetas cilíndricas y vigas prismáticas con distintitos porcentajes de mucílago de cactaceae y una muestra de concreto patrón.
- Se realizaron pruebas de resistencia o esfuerzo a la compresión axial ASTM C39, pruebas de resistencia o esfuerzo a la flexión (módulo de rotura) ASTM C78.
- Se recogieron los datos para ser analizados y evaluados para así finalmente diseñar una pavimentación rígida con los resultados de las propiedades del

concreto hidráulico con la adición mucílago de cactaceae, mediante el método AASHTO 93, luego se compararán con un diseño convencional.

Figura 10 Diagrama de Flujo de Procesos



3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

En cuanto a este ítem, para la validación y confiabilidad de los instrumentos se tuvo en cuenta el formato ya validado por la empresa Geocontrol y Servicios Perú SAC, en cuyos laboratorios se analizaron las muestras de suelos, y producto de ello se emitieron los certificados de análisis granulométrico de los áridos fino y grueso, el certificado de compactación de Proctor modificado, el certificado de ensayo de Relación de Soporte California, los certificados ensayos de asentamiento del concreto hidráulico, los certificados de ensayos de diseño de mezcla del concreto hidráulico, los certificados de ensayos del esfuerzo a la compresión del concreto cilíndrico, los certificados de ensayos del esfuerzo a la flexión del concreto, los certificados de la medición del peso específico y absorción de los áridos fino y grueso y finalmente los certificados de ensayo del peso unitario de los áridos fino y grueso.

Dichos instrumentos son válidos y confiables debido a que dicha empresa cuenta con personal altamente capacitado y competitivo en la materia, como ingenieros, técnicos de laboratorio, entre otros, aunado a ello el equipamiento de última generación y softwares con tecnología moderna que facilitaron que la información obtenida sea válidos y confiables.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Se recopiló información relevante para la investigación procedente de investigaciones realizadas en el Perú y en el ámbito mundial, a su vez se acopió la información de los resultados obtenidos del análisis en laboratorio, hecho que generó una base de datos en la herramienta Excel, para luego procesarlo y analizarlo en el software estadístico SPSS.
- Para analizar los datos se utilizó los métodos estadísticos descriptivos, donde

se representaron los resultados obtenidos en tablas y gráficos estadísticos debidamente representados, así también se incorpora los estadísticos descriptivos que representan a la distribución de los datos.

Se hizo también uso de la estadística inferencial para comprobar la hipótesis a través de prueba de normalidad, desde la cual elegimos el estadístico de prueba el análisis de varianza con regla de decisión F de Fisher, según la significancia teórica asignada. Para la última hipótesis específica se utilizó la prueba T.

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico consistió en el uso de los tablas y gráficos estadísticos para describir los parámetros que se midieron en la investigación, dentro de ellos está el tratamiento estadístico de resultados de ensayos de suelos y agregados, diseños de mezcla del concreto estándar y concretos con adiciones de mucílago de cactaceae, resultados de asentamiento del concreto fresco a través del cono de ABRAMS, resultados de la prueba a la compresión del concreto hidráulico y resultados de la prueba de resistencia a la flexión.

Para la prueba de normalidad se utilizó el estadístico Shapiro-Wilk, y para la comprobación de la hipótesis general y las hipótesis específicas excepto la última hipótesis específica (Prueba T), se tuvo en cuenta la prueba estadística Análisis de Varianza (ANOVA), cuyo modelo evalúa la incidencia o las diferencias significativas que pueda existir en tres o más grupos, cuya evaluación lo hace en función a su valor central.

El modelo lineal es: $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$

Donde:

y_{ij} : Es la j-ésima observación en el i-ésimo grupo

μ : Es el parámetro de escala común a todos los tratamientos

τ_i : Efecto del tratamiento i

ε_{ij} : Error atribuible en la medición y_{ij}

La regla de decisión para la contrastación de la hipótesis se basa en lo definido por Justiniano-Pio (2023) y la estadística inferencial se realiza con la finalidad de comprobar hipótesis según el criterio de aceptación o rechazo y según el criterio que se establece seguidamente.

a) Nivel de significación: fue de 0,05 conveniente a un grado de error del 5 %.

b) Regla de decisión: cuando el nivel de la significancia asintótica o bilateral:

“p” es $< 0,05$; se deniega H_0 y se admite H_1

“p” es $> 0,05$; se admite H_0 y se deniega H_1

Así también se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey, el cual estableció diferencias entre grupos de análisis estableciendo qué tratamiento aplicado fue el que mejor resultados arrojado en relación a las demás.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

Se evitará el plagio en la investigación actual. Los datos acumulados dentro de la base de datos son auténticos y no han sido alterados. Las herramientas que se utilizaron son de elaboración propia y tienen alta validez y confiabilidad. Además, este estudio consideró el respeto a los derechos de propiedad intelectual, las creencias políticas, religiosas y morales, así como las obligaciones sociales, políticas, legales y éticas y la privacidad, protección e identidad de los participantes. Además, cabe señalar que la confidencialidad fue observada y utilizada por investigadores cuya autoridad puede ser consultada y respetada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica de la zona de trabajo

Figura 11 Mapa de Localización de la Ciudad de Huánuco

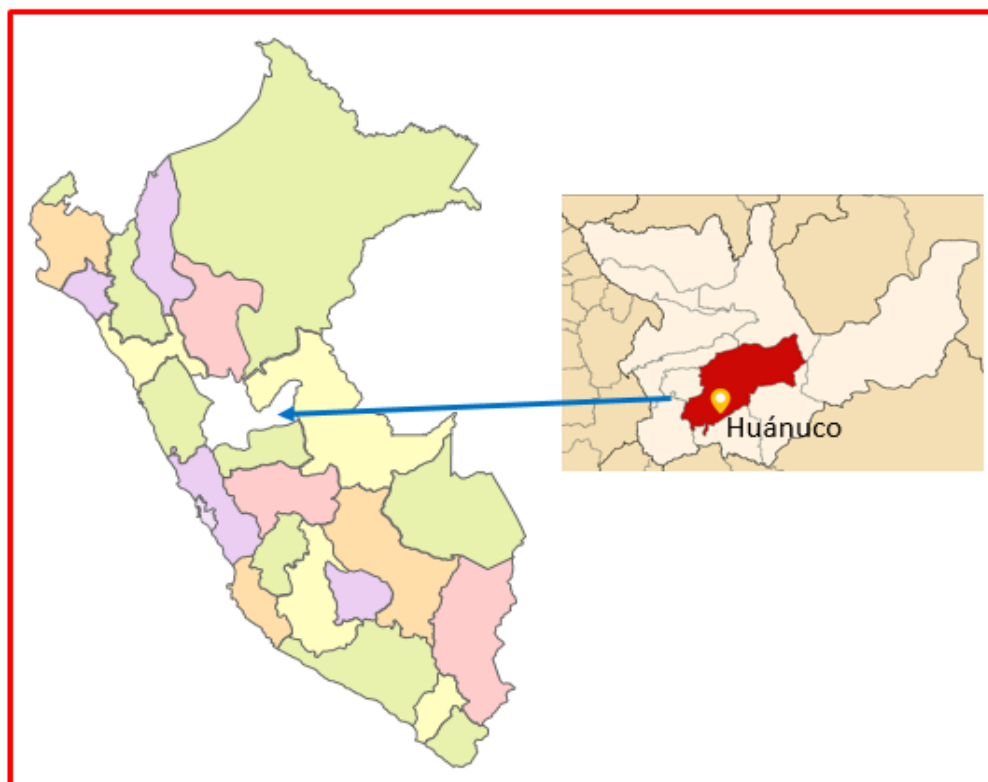


Figura 12 Mapa de Ubicación del Jirón Javier Pulgar Vidal



Nota. Tomado de Google Maps

Tabla 25 Medidas de la Vía en Estudio

LONGITUD (m)	ANCHO (m)
316	5.2

4.1.2. Ubicación geográfica de la cantera

Los áridos o agregados (gruesos y finos) provienen de la cantera de Yanag, la cual se encuentra en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco, región Huánuco, Perú. Exactamente se ubica al margen izquierdo del río Huallaga, en la parte posterior del cuartel General Yanag. En dicha cantera observamos la presencia de arena fina, gruesa y hormigón.

Tabla 26 *Coordenadas UTM de la Cantera*

ZONA Y BANDA	NORTE	ESTE	ALTURA
18L	8895977.10	364115.83	1.935 m

Tabla 27 *Coordenadas Geográficas de la Cantera*

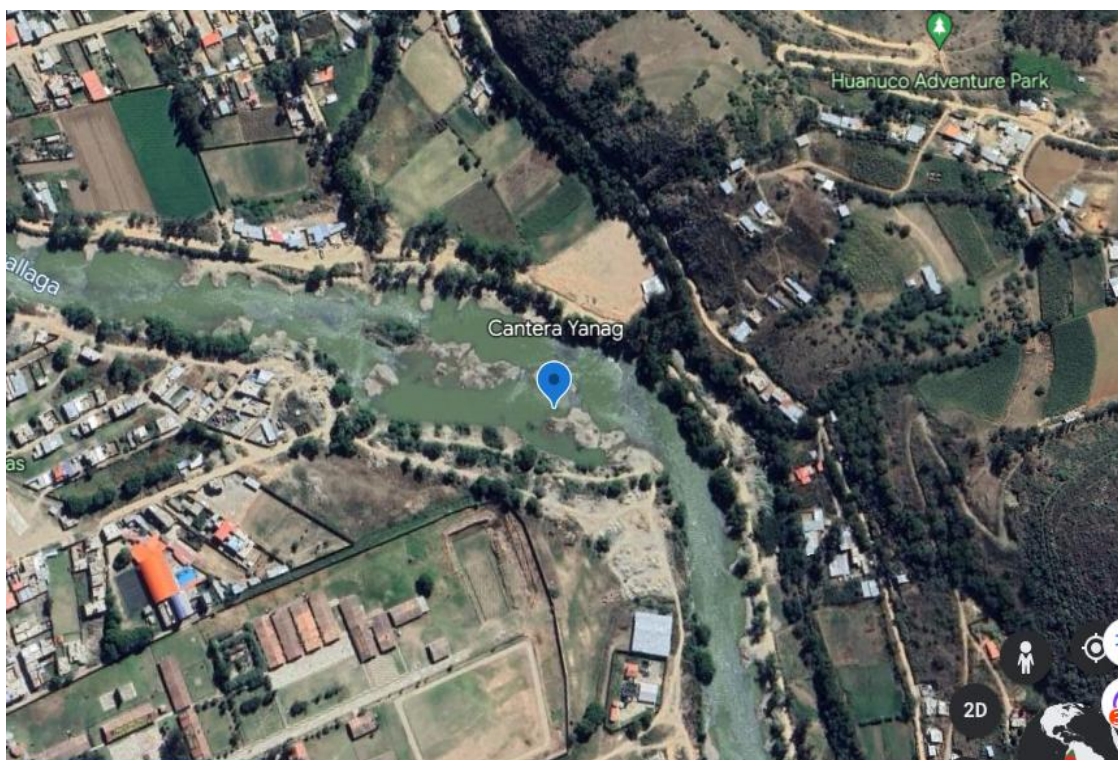
LATITUD	LONGITUD	ALTURA
-9.9851261	-76.239722	1.935 m

4.1.3. Proceso para la obtención de los agregados

El proceso de producción de los agregados finos y gruesos para este trabajo procede del río Huallaga, para este caso se involucra varios pasos:

- En primer lugar, se extrae los materiales requeridos, es decir, se retira la arena y grava del lecho del río utilizando cargador frontal.
- Una vez que se ha extraído el material del río, se lleva a una planta de procesamiento donde se realiza la clasificación y lavado de los agregados. Durante este proceso, los agregados se separan por tamaño utilizando tamices. Los granos más gruesos son retenidos en tamices de mayor abertura, mientras que los granos más finos pasan a través de tamices de menor abertura.
- Se acumula el agregado fino tamizado y la grava retenido por el tamiz.
- Luego se traslada los agregados finos y gruesos al laboratorio para tomar los controles de calidad.
- Finalmente, los materiales están listos para ser utilizados en la ejecución de nuestro proyecto.

Figura 13 Ubicación de la Cantera Yanag



Nota. Tomado de Google Earth

4.1.4. Evaluación de los agregados

La evaluación de los áridos es aquel proceso donde se analizan los atributos de los mismos, con el propósito de estimar su calidad y resistencia. A continuación, damos mayores luces al respecto:

Agregados: (agregado fino y agregado grueso)

Cabe destacar que la forma más utilizada para clasificar los agregados es su tamaño. Según la ASTM C33, la frontera entre el agregado grueso y el fino es la malla N.º 4 (4.5mm).

➤ Ensayo de granulometría

Este ensayo determina la distribución de tamaños tanto de los agregados finos así como también de los agregados gruesos. Se realiza siguiendo las normas como ASTM C136 o EN 933-1.

➤ **Peso unitario de agregado fino:**

El peso unitario se refiere al peso por unidad de volumen del agregado fino. Es una medida de la densidad del agregado fino y se expresa en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). El ensayo se realiza siguiendo normas como ASTM C29.

➤ **Peso unitario de agregado grueso:**

Al igual que el peso unitario del agregado fino, el peso unitario del agregado grueso es el peso por unidad de volumen del agregado grueso. También se expresa en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Se realiza siguiendo normas como ASTM C29.

➤ **Peso específico de agregado fino.**

El peso específico se refiere a la relación entre el peso de un volumen determinado de agregado fino y el peso de un volumen igual de agua destilada a una temperatura dada. Por lo general, se expresa en unidades de kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Su valor se determina utilizando la norma ASTM C128.

➤ **Absorción de agregado fino:**

La absorción del agregado fino se refiere a la cantidad de agua que puede ser absorbida por el agregado fino. Se expresa como un porcentaje del peso seco del agregado fino. Se realiza siguiendo normas como ASTM C128.

➤ **Peso específico de agregado grueso:**

El peso específico del agregado grueso es la relación entre el peso de un volumen determinado de agregado grueso y el peso de un volumen igual de agua destilada a una temperatura determinada. El ensayo se realiza siguiendo normas como ASTM C127.

➤ **Absorción de agregado grueso:**

La absorción del agregado grueso se refiere a la cantidad de agua que puede ser absorbida por el agregado grueso. Se expresa como un porcentaje del peso seco del agregado grueso. El ensayo se realiza siguiendo normas como ASTM C127.

4.1.5. Diseño del concreto hidráulico

Los trabajos en este aspecto, consistió en la elaboración de diseños de mezcla, siguiendo las recomendaciones del comité ACI 211 para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 .

Diseño de mezcla

La mezcla de concreto hidráulico se realizó a través del método ACI 211, para un esfuerzo a la compresión equivalente a 280 kg/cm^2 ; estos diseños estaban formados por el diseño de mezcla patrón o estándar (MDE) y con adición de mucílago de cactaceae (AMC) con porcentajes de 1 %, 2 % y 3 %.

Algoritmo para el diseño de mezcla:

Para determinar el diseño de mezcla requerido, se siguió el siguiente algoritmo:

➤ **Determinación de los atributos de los materiales:**

Tabla 28 Atributos del Cemento y Agua

	Cemento	Agua
Tipo	Sol-Tipo I	Potable
P. específico	3.12	$1\ 000 \text{ kg/m}^3$

Tabla 29 Atributos de los Áridos

<i>Áridos</i>		
	<i>Fino</i>	<i>Grueso</i>
<i>Perfil</i>		<i>Angular</i>
<i>Peso unitario suelto (kg/m³)</i>	1535.0	1420.0
<i>Peso unitario compactado (kg/m³)</i>	1762.0	1615.0
<i>Módulo de fineza</i>	2.95	6.82
<i>TMN</i>		3/4"
<i>% de absorción</i>	1.3	1.2
<i>Contenido de humedad (%)</i>	2.0	0.4
<i>Peso específico (g/cc)</i>	2.65	2.69

Tabla 30 Atributos del Concreto

Concreto	
Esfuerzo a la compresión	280 kg/ cm ²
Consistencia	Plástica

➤ **Determinación del tipo de slump**

Tabla 31 Slump para Tipos de Construcción

Tipo de construcción	Slump	
	Máxim o	Mínim o
Zapatas, muros y muros de cimentación	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Nota. Tomado de Norma ACI comité 211

➤ **Determinación del volumen de agua**

Tabla 32 *Volumen Unitario de Agua*

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

Nota. Tomado de Norma ACI comité 211

➤ **Determinación del aire atrapado**

Tabla 33 *Contenido de Aire Atrapado*

<i>Tamaño Máximo</i>	<i>Aire atrapado</i>
<i>Nominal</i>	
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Nota. Tomado de Norma ACI comité 211

➤ **Cálculo del esfuerzo promedio requerida**

Tabla 34 Dosificación cuando no se Cuenta con Experiencia en Obra

$f'c$ (kg/cm ²)	$f'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
>350	$f'c + 98$

Nota. tomado en base a lo propuesto por RNE.

Reemplazando la ecuación obtenemos como resultado:

$$f'cr = 364 \text{ kg/cm}^2$$

➤ **Calcular la relación a/c**

Tabla 35 Relación Agua/cemento por Esfuerzo a la Compresión

$f'cr$ 28 días	Relación a/c de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Nota. Tomado de Norma ACI comité 211

Para determinar el valor de la relación a/c para un $f'cr = 364 \text{ kg/cm}^2$ hay que interpolar los valores extremos conocidos.

350 0.48

364 a/c

400 0.43

De dónde se obtiene: $a/c = 0.466$.

➤ **Cálculo del contenido del cemento**

$$\text{Cont. cemento} = \frac{205}{0.466} = 440 \text{ kg} \diamond 10.35 \text{ bol/m}^3$$

➤ **Cálculo del contenido de agregado grueso:**

Tabla 36 Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario de Concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino (b/bo)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Tomado de Norma ACI comité 211

Se estimó el contenido de agregado grueso, tomando en cuenta el TMN $\frac{3}{4}$ " y el módulo de fineza de 2.42" y según la tabla del ACI (ver tabla N°37) proporcionando datos un módulo de fineza de 2.80 y 3.00, entonces se tuvo que interpolar para hallar 2.95:

2.8 0.62

2.95 x

3 0.6

De dónde se obtiene: $x = 0.61$

Una vez obtenido el volumen del árido para un metro cúbico de concreto la cual es 0.61 m^3 se determinó el peso del agregado grueso:

Peso A.G. = (V.A.G. para 1 m^3) x (peso unitario seco compactado)

Peso A.G. = $0.61 \times 1615.0 = 985.15 \text{ kg/m}^3$

➤ **Cálculo del volumen absoluto de los componentes del concreto:**

$$\text{Cemento} = \frac{440}{3.12 \times 1000} = 0.141 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{205 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2 \% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Árido grueso} = \frac{985.15 \text{ kg}}{2.69 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 0.366 \text{ m}^3$$

Sumando los valores de los volúmenes de la pasta se tiene un total de:

$$0.732 \text{ m}^3.$$

➤ **Cálculo del volumen de árido fino**

$$V. \text{ A.F.} = 1 - 0.732 = 0.268 \text{ m}^3$$

➤ **Cálculo del peso del árido fino**

$$P.A.F. = V.A.F. \times P.E.A.F.$$

$$P.A.F. = 0.268 \text{ m}^3 \times 2650 \text{ Kg/m}^3$$

$$P.A.F. = 710.2 \text{ kg}$$

➤ **Cálculo de los volúmenes absolutos de todos los componentes del concreto**

$$\text{Cemento} = 440 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado fino} = 710.2 \text{ kg.}$$

$$\text{Agregado grueso} = 985.15 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ litros}$$

➤ **Corrección por humedad**

a) **Peso húmedo de los áridos o agregados:**

$$\text{Agregado fino} = 710.2 \times \left(\frac{2.0}{100} + 1\right) = 724.40 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 985.15 \times \left(\frac{0.4}{100} + 1\right)$$

$$\text{Agregado grueso} = 989.09 \text{ kg/m}^3$$

b) **Humedad superficial de los áridos o agregados:**

Humedad superficial del agregado = % de humedad - % de absorción

$$\text{Agregado fino} = 2.0 - 1.3 = 0.7 \%$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.4 - 1.2 = - 0.8 \%$$

c) **Aporte de humedad de los áridos:**

$$\text{Aporte de humedad de Áridos} = \frac{(\%w - \%abs) \times \text{agregado seco}}{100}$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{(2 - 1.3) \times 724.40}{100} = 5.071$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{(0.4 - 1.2) \times 989.09}{100} = -7.91$$

Aporte de humedad del agregado

$$\text{Total} = 5.07 + (-7.91) = - 2.84$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-2.9) = 207.9 \text{ L.}$$

➤ **Diseño de mezcla final**

Tabla 37 Valores de Diseño Final

Material	Cantidad
Cemento	440.86 kg/m ³
Agua de diseño	207.9 L/m ³
Agregado fino	724.40 kg/m ³
Agregado grueso	989.09 kg/m ³

Obtenido el diseño de mezcla patrón o estándar (MDE), se calculó además las cantidades de los materiales para los ensayos de esfuerzo a compresión, flexión y trabajabilidad respectivamente, la cual se puede observar en los anexos.

Referente a los diseños de mezclas con incrementos de mucílago de cactaceae al 1 %, 2 % y 3 % respectivamente, también se pueden ver en los anexos.

Procedimiento

Cabe recordar que el procedimiento requerido ya se detalló anteriormente, lo que ahora vamos a pasar a presentar con imágenes los pasos ordenados según también el orden de las variables en estudio, y las imágenes o fotografías complementarias lo evidenciaremos en los anexos.

Figura 14 Recojo y Acopio del Cactus



Figura 15 Limpieza del Cactus



Figura 16 Lavado del Cactus



Figura 17 Pelado del Cactus



Figura 18 Picado en Cubitos del Cactus



Figura 19 Agregado de Agua a los Cubitos Picados del Cactus



Figura 20 Reposado en Agua de los Cubitos Picados del Cactus por 48 Horas



Figura 21 Escalado para Obtener Mucilago de Cactaceae



Figura 22 Comprobando la Viscosidad del Mucilago de Cactaceae



Figura 23 Colado Para Separar Mucílago de Trozos de Cactus



Figura 24 Mucílago Puro Obtenido



Figura 25 Acopio de Agregados (Cantera Yanag)



Figura 26 Preparación de Mezclas de Concreto Hidráulico



Figura 27 Fabricación y Medición del Asentamiento



Figura 28 *Fabricación de Probetas Cilíndricas de 10 cm x 20 cm y Probetas Prismáticas de 15 cm x 15 cm x 50 cm*



Figura 29 *Ensayo de Resistencia a la Compresión*



Figura 30 Ensayo de Resistencia a la Flexión



Cabe destacar, que se diseñaron mezclas de concreto patrón y concreto hidráulico con adición de distintas proporciones de mucílago de cactaceae (1%, 2% y 3%), teniendo en cuenta los parámetros establecidos por las normativas de construcción.

Luego de la preparación de las mezclas, se realizaron trabajos de revenimiento y luego se procedió a la fabricación de probetas de concreto (cilíndricas y prismáticas), las cuales fueron sometidas a distintas pruebas de resistencia y según edades de curación (7 días, 14 días, y 28 días). Estas pruebas incluyeron la trabajabilidad, análisis de resistencia a la compresión y análisis de resistencia a la flexión.

Finalmente, se compararon los resultados obtenidos de las probetas (cilíndricas y prismáticas) con la adición de mucílago de cactaceae en diferentes

proporciones con los resultados de las probetas sin esta adición. De esta manera, se pudo evaluar el efecto de la adición en las propiedades del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, contribuyendo así al conocimiento científico en este campo.

Cabe destacar que los trabajos de campo se llevaron a cabo a fines del año 2022 y los primeros meses del siguiente año (2023) en la ciudad de Huánuco, y los resultados determinados son de suma utilidad para la industria de la construcción, la cual contribuye al mejoramiento de los materiales requeridos en la construcción de pavimentos rígidos.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Diseño de concretos para $F'c=280\text{kg/cm}^2$

✓ Estudio granulométrico

El material fue tamizado para analizar el tamaño de partícula según el método pruebo por la norma ASTM C136, el cual nos arroja los siguientes resultados:

Tabla 38 Estudio Granulométrico del Material Fino

Mallas	Abertura (mm)	Material retenido		% Acumulado	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	7.4	0.9	0.9	99.1
Nº8	2.38	134.1	16.2	17.1	82.9
N.º 16	1.19	191.8	23.2	40.3	59.7
N.º 30	0.60	198.6	24.1	64.4	35.6
N.º 50	0.30	134.6	16.3	80.7	19.3
N.º 100	0.15	91.8	11.1	91.8	8.2
FONDO	--	67.0	8.1	99.9	0.1

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

Figura 31 Curva del tamaño de Partículas del Material Fino

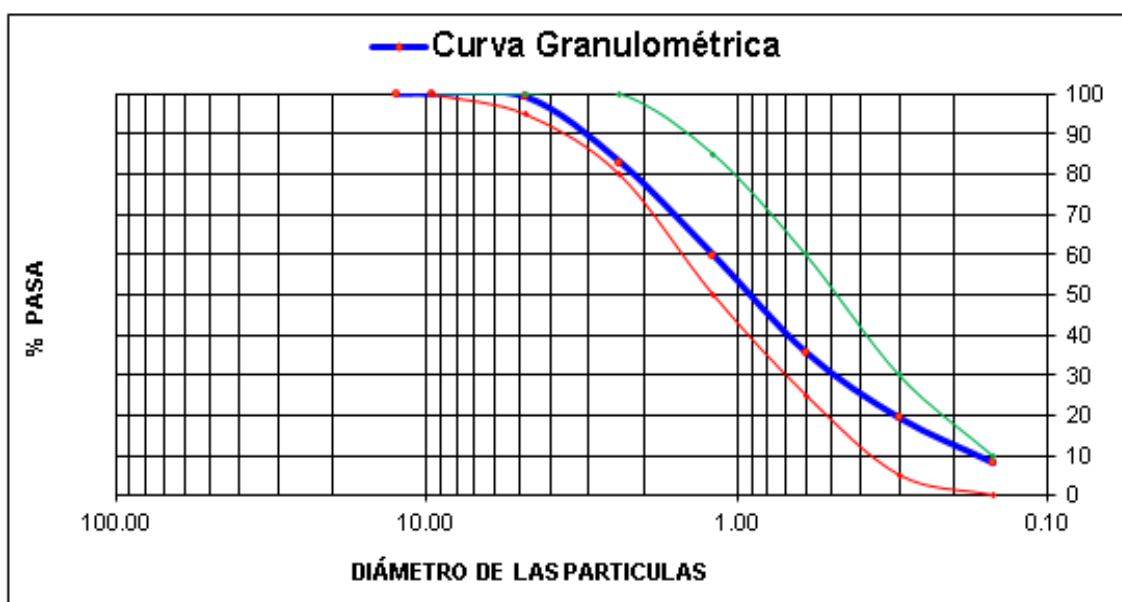
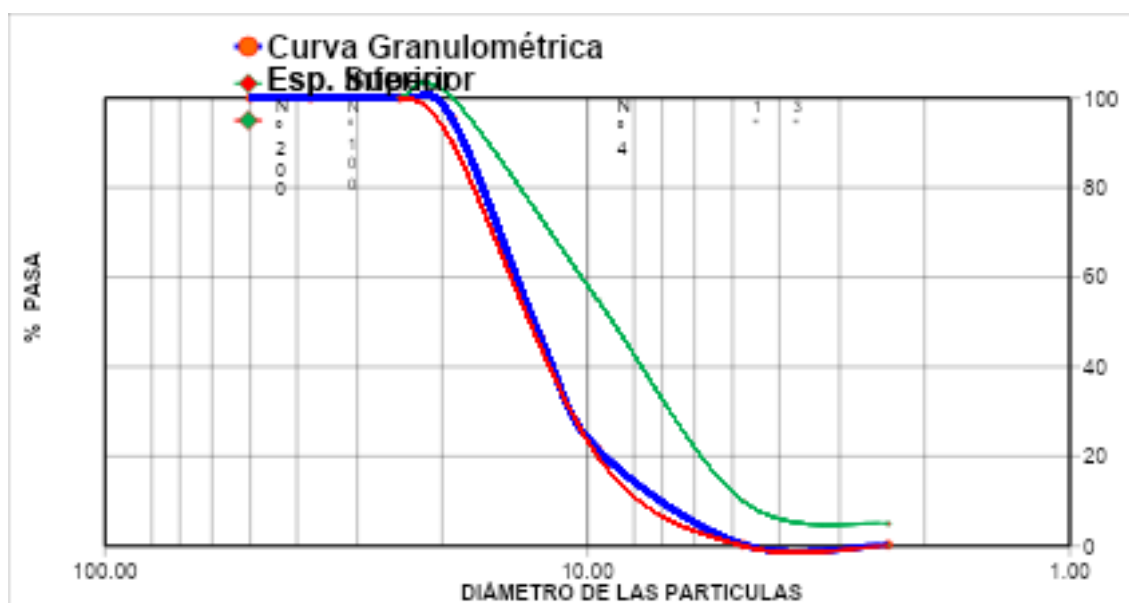


Tabla 39 Estudio Granulométrico del Material Grueso

Mallas	Abertura (mm)	Material retenido (g)	Material retenido (%)	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasa
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.05	99.1	4.7	4.7	95.3
1/2"	12.50	1,027.5	48.8	53.5	46.5
3/8"	9.53	524.2	24.9	78.4	21.6
N.º 4	4.76	448.7	21.3	99.7	0.3
N.º 8	2.38	0.8	0.0	99.7	0.3
N.º 16	1.18	0.0	0.0	99.7	0.3
FONDO	--	5.1	0.2	99.9	0.1

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

Figura 32 Curva del Tamaño de Partículas del Material Grueso



✓ Diseño de concreto base

Tabla 40 Dosificación en Peso de Muestras de Concreto

Tipo	Materiales	Dosificación en peso (kg/m ³)	Dosificación en Peso (130 L)
Concreto patrón o base	Cemento	440 kg/m ³	57.17 kg
	Material fino	724 kg/m ³	94.11 kg
	Material grueso	989 kg/m ³	128.58 kg
	Agua	208 L/m ³	27.03 L
	Total	2361 kg/m ³	
Concreto con adición de 1% de mucílago de cactaceae	Cemento	440 kg/m ³	57.17 kg
	Material fino	724 kg/m ³	94.11 kg
	Material grueso	989 g/m ³	128.58 kg
	Agua	208 kg/m ³	27.03 L
	Mucílago de cactaceae 1%	4 kg/m ³	0.57 kg
	Total	2365 kg/m ³	
Concreto con adición de 2% de mucílago de cactaceae	Cemento	440 kg/m ³	57.17 kg
	Material fino	724 kg/m ³	94.11 kg
	Material grueso	989 kg/m ³	128.58 kg
	Agua	208 kg/m ³	27.03 L
	Mucílago de cactaceae 2%	9 kg/m ³	1.14 kg
	Total	2365 kg/m ³	
Concreto con adición de 3% de mucílago de cactaceae	Cemento	440 kg/m ³	57.17 kg
	Material fino	724 kg/m ³	94.11 kg
	Material grueso	989 kg/m ³	128.58 kg
	Agua	208 kg/m ³	27.03 L
	Mucílago de cactaceae 3%	13 kg/m ³	1.72 kg
	Total	2365 kg/m ³	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

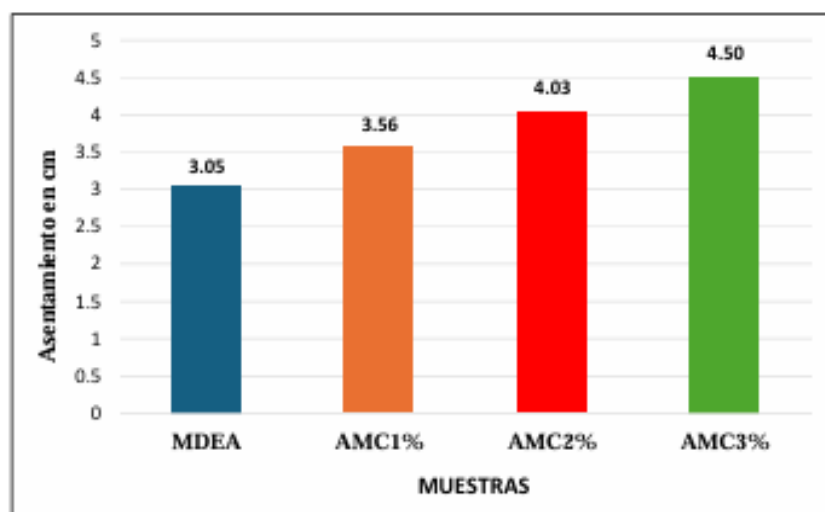
4.2.2. Resultados del asentamiento del concreto fresco a través del cono de ABRAMS (Norma NTP 339.035 y ASTM C 143)

Tabla 41 Asentamiento de Muestras de Concreto Fresco (SLUMP)

Tipo concreto	Identificación	Slump de diseño	Asentamiento (plg)	Promedio (plg)	% de trabajabilidad
Patrón o estándar	MDEA	3	3.16	3.05	101.67
	MDEB	3	3.00		
	MDEC	3	3.00		
Con 1% de mucílago	AMC1%A	3	3.55	3.56	118.67
	AMC1%B	3	3.63		
	AMC1%C	3	3.50		
Con 2% de mucílago e	AMC2%A	3	4.00	4.03	134.33
	AMC2%B	3	4.10		
	AMC2%C	3	4.00		
Con 3% de mucílago	AMC3%A	3	4.50	4.50	150.00
	AMC3%B	3	4.75		
	AMC3%C	3	4.25		

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

Figura 33 Gráfico de Barras del Promedio de Datos del Slump



En la figura 33, se observa que la muestra estándar alcanza un slump de 3.05 cm, y las muestras con 1%, 2% y 3% de adición de mucílago de cactaceae alcanzan 3.56 cm, 4.03 cm y 4.50 cm respectivamente, de los cuales se puede inferir que las muestras alcanzan mayor trabajabilidad a medida que se aumentan la cantidad de mucílago de cactaceae, es decir, que la trabajabilidad es proporcional a la cantidad de mucílago de cactaceae.

4.2.3. Resultados de pruebas de resistencia a la compresión del concreto

- **Pruebas a los siete (7) días de curación.**

Tabla 42 Resistencia a la Compresión de Muestras de Concreto a los Siete Días

Tipo concreto	Identificación	Fuerza máxima (kg*f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	F'c diseño (kg/cm ²)	% F'c	Esfuerzo promedio (kg/ cm ²)
Patrón o estándar	MDEA	16851.8	78.5	214.60	280.00	76.6	200.8
	MDEB	15162.8	78.5	193.10	280.00	69.0	
	MDEC	15283.5	78.5	194.60	280.00	69.5	
Con 1% de mucílago	AMC1%A	18632.8	78.5	237.20	280.00	84.7	229.9
	AMC1%B	17195.7	78.5	218.90	280.00	78.2	
	AMC1%C	18351	78.5	233.70	280.00	83.5	
Con 2% de mucílago	AMC2%A	16230.9	78.5	206.70	280.00	73.8	214.8
	AMC2%B	17439.3	78.5	222.00	280.00	79.3	
	AMC2%C	16948.3	78.5	215.80	280.00	77.1	
Con 3% de mucílago	AMC3%A	16368.8	78.5	208.40	280.00	74.4	195.8
	AMC3%B	15590.3	78.5	198.50	280.00	70.9	
	AMC3%C	14169.1	78.5	180.40	280.00	64.4	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

- **Pruebas a los catorce (14) días de curación.**

Tabla 43 Resistencia a la Compresión de Muestras de Concreto a los Catorce

Días

Tipo concreto	Identificación	Fuerza máx. (kg*f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	F'c diseño (kg/cm ²)	% f'c	F'c promedio (kg/ cm ²)
Patrón o estándar	MDEA	19516.9	78.5	248.50	280.00	88.8	254.8
	MDEB	19835.1	78.5	252.50	280.00	90.2	
	MDEC	20685.4	78.5	263.40	280.00	94.1	
Con 1% de mucílago	AMC1%A	20924.3	78.5	266.40	280.00	95.1	262.8
	AMC1%B	19995.6	78.5	254.60	280.00	90.9	
	AMC1%C	21008.4	78.5	267.50	280.00	95.5	
Con 2% de mucílago	AMC2%A	19064.4	78.5	242.70	280.00	86.7	237.3
	AMC2%B	17986.2	78.5	229.00	280.00	81.8	
	AMC2%C	18856.2	78.5	240.10	280.00	85.8	
Con 3% de mucílago	AMC3%A	17576	78.5	223.90	280.00	80.0	218.2
	AMC3%B	16814.2	78.5	214.10	280.00	76.5	
	AMC3%C	17007.5	78.5	216.50	280.00	77.3	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

- **Pruebas a los veintiocho días (28) de curación.**

Tabla 44 Resistencia a la Compresión de Muestras de Concreto a los

Veintiocho Días

Tipo concreto	Identificación	Fuerza máx. (kg*f)	Área (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	F'c diseño (kg/cm ²)	% f'c	F'c promedio (kg/ cm ²)
Patrón o estándar	MDEA	22598.7	78.5	287.70	280.00	102.8	291.00
	MDEB	23187.9	78.5	295.20	280.00	105.4	
	MDEC	22786.4	78.5	290.10	280.00	103.6	
Con 1% de mucílago	AMC1%A	23577.9	78.5	300.20	280.00	107.2	298.63
	AMC1%B	22986.5	78.5	292.70	280.00	104.5	
	AMC1%C	23798.3	78.5	303.00	280.00	108.2	
Con 2% de mucílago	AMC2%A	20528.1	78.5	261.40	280.00	93.4	259.43
	AMC2%B	19542.7	78.5	248.80	280.00	88.9	
	AMC2%C	21056.2	78.5	268.10	280.00	95.8	
Con 3% de mucílago	AMC3%A	19643.9	78.5	250.10	280.00	89.3	249.30
	AMC3%B	20086.9	78.5	255.80	280.00	91.4	
	AMC3%C	19007.5	78.5	242.00	280.00	86.4	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

4.2.4. Resultados de pruebas de resistencia a la flexión

- **Pruebas a los siete (7) días de curación.**

Tabla 45 Resistencia a la Flexión de Muestras de Concreto a los Siete Días

Tipo concreto	Identificación	Ubicación de falla	Luz libre (cm)	Mr (kg/cm ²)	Mr Promedio
Patrón o estándar	MDEA	Tercio medio	45	57.20	56.2
	MDEB	Tercio medio	45	55.40	
	MDEC	Tercio medio	45	56.00	
Con 1% de mucílago	AMC1%A	Tercio medio	45	57.90	59.2
	AMC1%B	Tercio medio	45	60.00	
	AMC1%C	Tercio medio	45	59.70	
Con 2% de mucílago	AMC2%A	Tercio medio	45	54.80	54.7
	AMC2%B	Tercio medio	45	55.90	
	AMC2%C	Tercio medio	45	53.50	
Con 3% de mucílago	AMC3%A	Tercio medio	45	52.00	51.3
	AMC3%B	Tercio medio	45	51.40	
	AMC3%C	Tercio medio	45	50.60	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

Pruebas a los catorce (14) días de curación.

Tabla 46 Resistencia a la Flexión de Muestras de Concreto a los Veintiocho

Días

Tipo concreto	Identificación	Ubicación de falla	Luz libre (cm)	Mr (kg/cm ²)	Mr Promedio
Patrón o estándar	MDEA	Tercio medio	45	66.10	67.9
	MDEB	Tercio medio	45	68.30	
	MDEC	Tercio medio	45	69.30	
Con 1% de mucílago	AMC1%A	Tercio medio	45	71.60	71.9
	AMC1%B	Tercio medio	45	72.30	
	AMC1%C	Tercio medio	45	71.90	
Con 2% de mucílago	AMC2%A	Tercio medio	45	67.60	66.7
	AMC2%B	Tercio medio	45	66.10	
	AMC2%C	Tercio medio	45	66.50	
Con 3% de mucílago	AMC3%A	Tercio medio	45	63.40	63.8
	AMC3%B	Tercio medio	45	63.40	
	AMC3%C	Tercio medio	45	64.70	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

● **Pruebas a los veintiocho (28) días de curación.**

Tabla 47 Resistencia a la Flexión de Muestras de Concreto a los 28 Días

Tipo concreto	Identificación	Ubicación de falla	Luz libre (cm)	Mr (kg/cm ²)	Mr Promedio
Patrón o estándar	MDEA	Tercio medio	45	78.60	77.80
	MDEB	Tercio medio	45	77.30	
	MDEC	Tercio medio	45	77.50	
Con 1% de mucílago	AMC1%A	Tercio medio	45	85.20	83.60
	AMC1%B	Tercio medio	45	82.10	
	AMC1%C	Tercio medio	45	83.50	
Con 2% de mucílago	AMC2%A	Tercio medio	45	76.60	75.57
	AMC2%B	Tercio medio	45	76.00	
	AMC2%C	Tercio medio	45	74.10	
Con 3% de mucílago	AMC3%A	Tercio medio	45	70.50	68.73
	AMC3%B	Tercio medio	45	66.80	
	AMC3%C	Tercio medio	45	68.90	

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

- **Resumen promedio de resistencia a la compresión del concreto**

Tabla 48 Promedio de las Resistencias a la Compresión de Muestras de Concreto a los 7 Días

% DE ADICIÓN DE MUCÍLAGO	0%	1%	2%	3%
F'c en kg/cm ²	200.77	229.93	214.83	195.77

Nota. Resultados obtenidos en laboratorio

Figura 34 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Compresión de Muestras de Concretos a los 7 Días



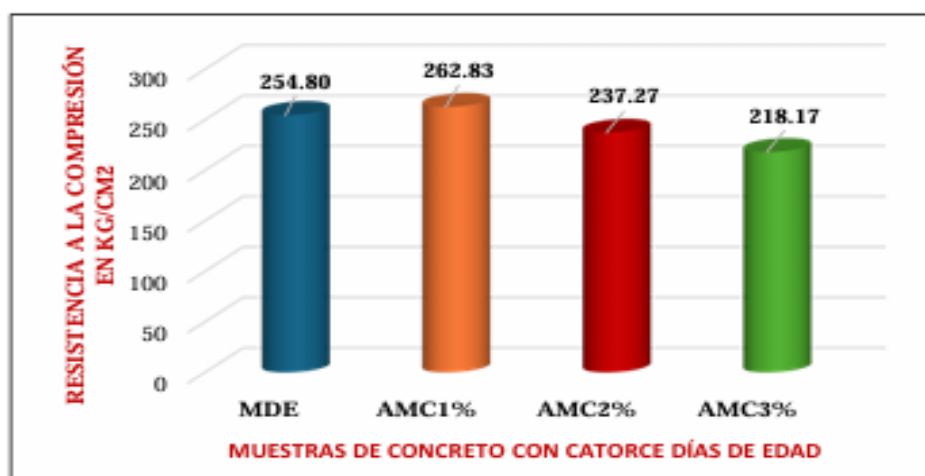
De acuerdo con la norma ASTM C 39, a los siete días la resistencia a la compresión del concreto debe alcanzar mínimamente el 70% de la resistencia de diseño, y en la figura 34 se observa que para la muestra estándar se obtuvo una $F'c = 200.77 \text{ kg/cm}^2$ equivalente al 71.70%, la cual se encuentra dentro de los límites establecidos. Se observa, además, que al añadir el 1% de mucílago de cactaceae se obtuvo una $F'c = 229.93 \text{ kg/cm}^2$ equivalente al 82.12%, lo cual supera a los valores normados. Si añadimos el 2% de mucílago de cactaceae disminuye la resistencia a una $F'c = 214.83 \text{ kg/cm}^2$, es decir, hasta el 76.73%. Si aumentamos en 3% el

mucílago de cactaceae, el concreto disminuyó a una $F'c = 195.77 \text{ kg/cm}^2$, la cual representa el 69.92%, esto nos indica que no alcanza los parámetros establecidos por la norma.

Tabla 49 Promedio de las Resistencias a la Compresión de Muestras de Concreto a los Catorce Días

% DE ADICIÓN DE MUCÍLAGO	0%	1%	2%	3%
$F'c$ en kg/cm^2	254.80	262.83	237.27	218.17

Figura 35 Gráfico de barras 3D del promedio de Resistencia a la Compresión de Concretos con Adición del 1% de Mucílago de Cactácea a los 14 Días



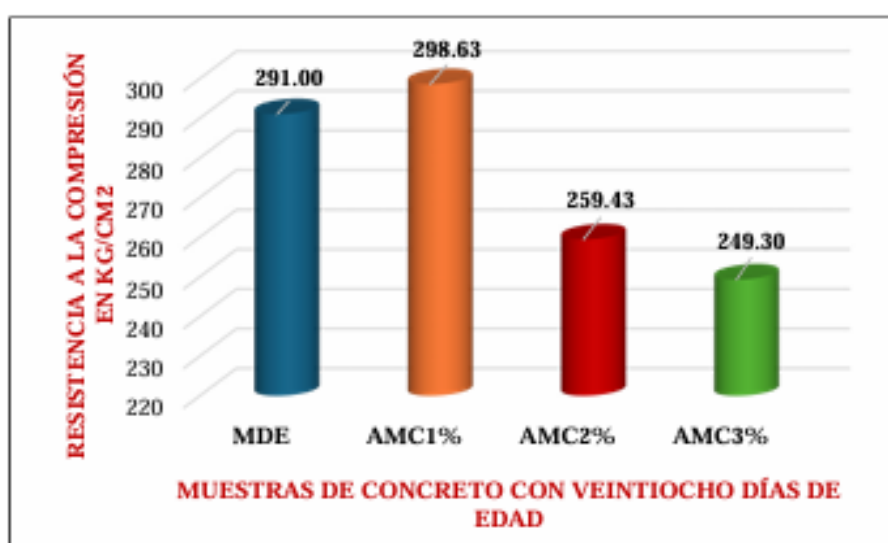
Tomando en cuenta la norma ASTM C 39, a los catorce días la resistencia a la compresión del concreto debe alcanzar mínimamente el 80% de la resistencia de diseño, y en la figura 35 se observa que para la muestra patrón se obtuvo una $F'c = 254.80 \text{ kg/cm}^2$ equivalente al 91.00%, la cual supera los límites establecidos. Se observa, además, que al añadir el 1% de mucílago de cactaceae se obtuvo una $F'c = 262.83 \text{ kg/cm}^2$ equivalente al 93.87%, lo cual supera a los valores normados. Si añadimos el 2% de mucílago de cactaceae disminuye la resistencia a una $F'c =$

237.27 kg/cm², es decir, hasta el 84.74% pero supera los parámetros normativos. Si aumentamos en 3% el mucílago de cactaceae, el concreto disminuyó a una $F'c = 218.17 \text{ kg/cm}^2$, la cual representa el 77.92%, esto nos indica que no alcanza los parámetros establecidos por la norma.

Tabla 50 Promedio de las Resistencias a la Compresión de Muestras de Concreto a los 28 Días

% DE ADICIÓN DE MUCÍLAGO	0%	1%	2%	3%
$F'c$ en kg/cm ²	291.00	298.63	259.43	249.30

Figura 36 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Compresión de Muestras de Concretos a los 28 Días



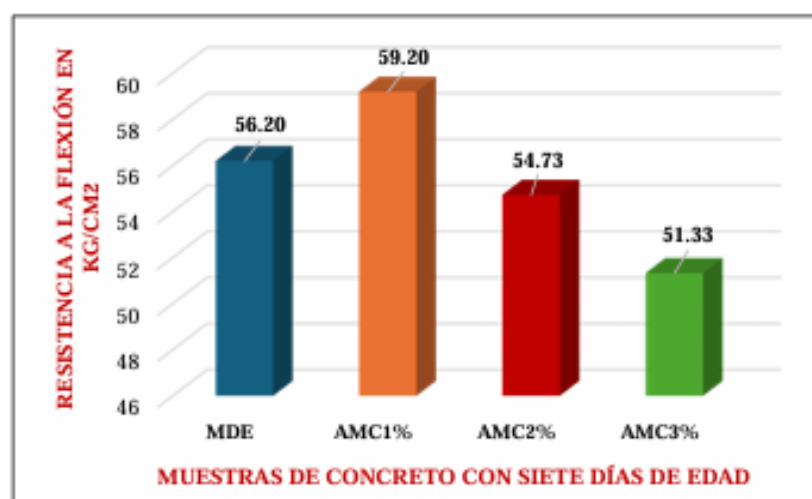
Como señala la norma ASTM C 39, a los veintiocho días la resistencia a la compresión del concreto debe alcanzar el 100% de la resistencia de diseño, y en la figura 36 se observa que para la muestra patrón se obtuvo una $F'c = 291.00 \text{ kg/cm}^2$ equivalente al 103.93%, la cual supera los límites establecidos. Se observa, además, que al añadir el 1% de mucílago de cactaceae se obtuvo una $F'c = 298.63 \text{ kg/cm}^2$ equivalente

al 106.65%, lo cual supera a los valores normados. Si añadimos el 2% de mucílago de cactaceae disminuye la resistencia a una $F'c = 259.43 \text{ kg/cm}^2$, es decir, hasta el 92.65% la cual no alcanza los parámetros mínimos normativos. Si aumentamos en 3% el mucílago de cactaceae, el concreto disminuyó a una $F'c = 249.30 \text{ kg/cm}^2$, la cual representa el 89.04%, esto nos indica que no alcanza los parámetros establecidos por la norma.

Tabla 51 Promedio de las Resistencias a la Flexión de Muestras de Concreto a los 7 Días

% de mucílago	0%	1%	2%	3%
F'c en kg/cm ²	56.20	59.20	54.73	51.33

Figura 37 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Flexión de Muestras de Concretos a los 7 Días



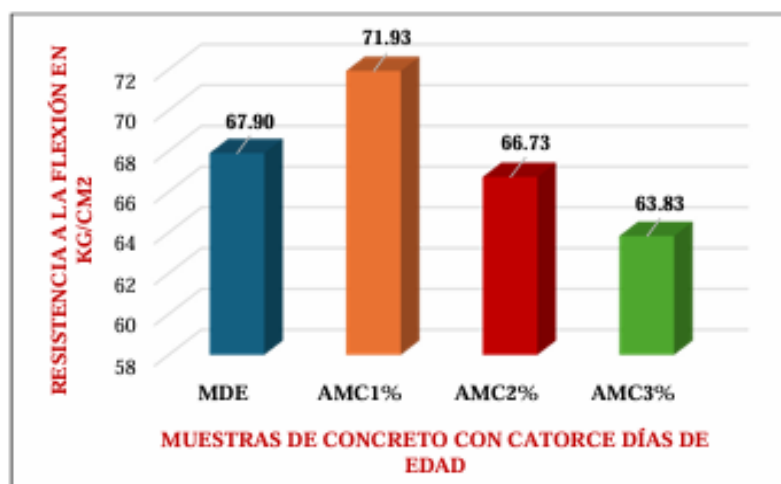
Al evaluar la resistencia a la flexión del concreto a los siete días de edad, en la figura 37 se aprecia que la muestra patrón alcanza una resistencia de 56.2 kg/cm². Se observa, además, que al añadir el 1% de mucílago de cactaceae hay un incremento en la resistencia en 5.34%, es

decir, alcanza el 59.20 kg/cm². Si añadimos el 2% de mucílago de cactaceae disminuye la resistencia a 54.73 kg/cm², es decir, tuvo una disminución del 2.62% respecto al concreto patrón. Si aumentamos en 3% el mucílago de cactaceae, el concreto disminuyó a una resistencia de 51.33 kg/cm², es decir, tuvo una disminución del 8.67%, respecto al concreto patrón.

Tabla 52 Promedio de las Resistencias a la Flexión de Muestras de Concreto a los 14 Días

% de mucílago	0%	1%	2%	3%
F'c en kg/cm2	67.90	71.93	66.73	63.83

Figura 38 Gráfico de Barras 3D del promedio de Resistencia a la Flexión de Muestras de Concretos a los 14 Días



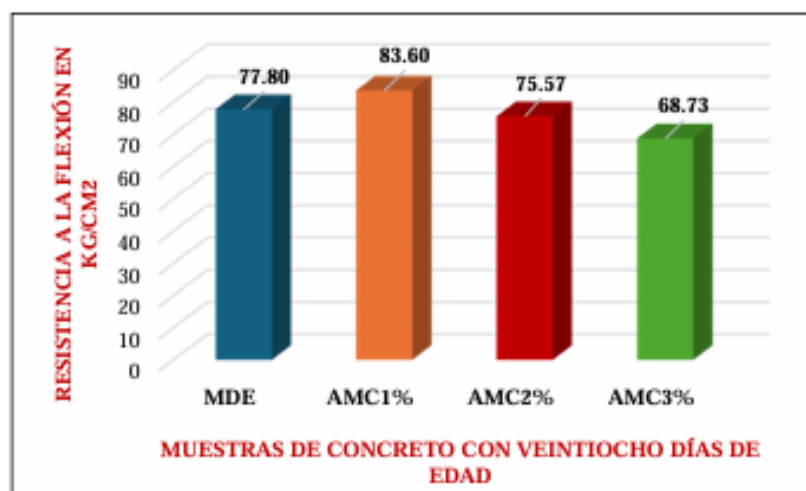
La resistencia a la flexión del concreto patrón a los catorce días de edad alcanza 67.90 kg/cm². En la figura 38 se observa, además, que al añadir el 1% de mucílago de cactaceae hay un incremento del 5.94% en la resistencia del concreto, es decir, alcanza el 71.93 kg/cm². Si añadimos el 2% de mucílago de cactaceae disminuye la resistencia a 66.73 kg/cm², es decir, tuvo una disminución del 1.72% respecto al concreto patrón. Si

aumentamos en 3% el mucílago de cactaceae, el concreto disminuyó a una resistencia de 63.83 kg/cm², es decir, tuvo una disminución del 6.02%, respecto al concreto patrón.

Tabla 53 Promedio de las Resistencias a la Flexión de Muestras de Concreto a los 28 Días

% de mucílago	0%	1%	2%	3%
F'c en kg/cm2	77.80	83.60	75.57	68.73

Figura 39 Gráfico de Barras 3D del Promedio de Resistencia a la Flexión de Muestras de Concretos a los 28 Días



La resistencia a la flexión del concreto patrón a los veintiocho días de edad alcanza 77.80 kg/cm². En la figura 39 se observa, además, que al añadir el 1% de mucílago de cactaceae hay un incremento del 7.46% en la resistencia del concreto, es decir, alcanza el 83.60 kg/cm². Si añadimos el 2% de mucílago de cactaceae disminuye la resistencia a 75.57 kg/cm², es decir, tuvo una disminución del 2.87% respecto al concreto patrón. Si aumentamos en 3% el mucílago de cactaceae, el concreto disminuyó a una resistencia de 63.73 kg/cm², es decir, tuvo una disminución del 11.66%,

respecto al concreto patrón.

4.2.5. Bosquejo de pavimentación rígida por el sistema AASHTO 93

✓ Estudio de tránsito

● Determinación de factores carril y direccional

Tabla 54 Determinación de F_d y F_c

Nro de calzadas	Nro de sentidos	Nro de carriles por sentido	F_d	F_c	$F_d \times F_c$
1 calzada	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Elaboración a partir de Diseño de estructuras de pavimentos, 1993, (Guía AASHTO).

Tabla 55 Síntesis del Tráfico Semanal

Día	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión		Total	Porcentaje
			Pick up	Panel	Combi rural		2E	>=3E	2E	3E		
Lunes	226	35	34	-	14	2	-	-	15	2	328	15
Martes	200	49	29	-	11	3	-	-	11	3	306	14
Miércoles	208	66	36	-	8	5	-	-	8	6	337	16
Jueves	172	56	39	-	10	3	-	-	10	4	294	14
Viernes	196	68	52	-	13	4	-	-	8	7	348	16
Sábado	156	63	50	-	7	3	-	-	7	3	289	14
Domingo	142	47	30	-	6	2	-	-	6	4	237	11

Nota. Tomado de (Cespedes, 2023)

- Factor carga camión

Tabla 56 Factor Camión de Vehículos en Estudio

VEHÍCULOS	FC
AUTOS	0.001
STATION WAGON	0.001
PICK UP	0.001
PANEL	0.001
COMBI RURAL	0.001
MICROS	0.001
C2	4.504
C3	3.285

- Cálculo del factor de crecimiento

$$\text{Coeficiente de Crecimiento} = (1 + r)^n - 1 / r$$

$$r = \text{tasa}/100$$

Tabla 57 Proyección de Tasa de Crecimiento de PBI Nacional y PBI Huánuco

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
HUÁNUCO	3200861	3464132	3499798	3739082	3955589	4380310	4642728	4799787	5114983	5345445	5832171	6010056	6081484	5413863	5918883	---	---
ΔTC PBI-PERÚ	---	9.1%	1.1%	8.3%	6.3%	6.1%	5.9%	2.4%	3.3%	4.0%	2.5%	4.0%	2.2%	-11.0%	13.3%	2.7%	2.5%
ΔTC PBI-HCO.	---	8.2%	1.0%	6.8%	5.8%	10.7%	6.0%	3.4%	6.6%	4.5%	9.1%	3.1%	1.2%	-11.0%	9.3%	2.9%	2.6%

Nota. Tomado del INEI

Tasa de crecimiento anual (r) = 2.6%

Periodo de análisis de años (n) = 20

Reemplazando valores en la fórmula tenemos:

$$\text{Factor de Crecimiento} = (1 + 0.026)^{20} - 1 = 25.80$$

0.026

- **Cálculo del Esal**

Tabla 58 Calculo del ESAL

TIPO DE VEHÍCULO	IMD	VEH/AÑO	VEH/CARRIL	FACTOR CAMIÓN	ESAL CARRIL	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESAL
Autos	157	57143	28572	0.001	28.572	25.80	737.149
SW	46	16879	8440	0.001	8.440	25.80	217.743
PICK UP	33	11868	5934	0.001	5.934	25.80	153.100
PANEL	0	0	0	0.001	0.000	25.80	0.000
COMBI RURAL	8	3033	1516	0.001	1.516	25.80	39.126
MICROS	3	967	484	0.001	0.484	25.80	12.475
BUSES 2E	0	0	0	0	0.000	25.80	0.000
BUSES 3E	0	0	0	0	0.000	25.80	0.000
CAMIONES 2E	7	2667	1334	4.608	6145.616	25.80	158556.881
CAMIONES 3E	3	1190	595	4.729	2813.888	25.80	72598.321
ESAL TOTAL							232314.795

Nota. Elaborado a partir de Diseño de estructuras de pavimentos, 1993, (Guía AASHTO).

La ecuación AASHTO en bosquejo de pavimentación rígida, se muestra a continuación:

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \log_{10} \left(\frac{M, C_{dt} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

✓ Elección del tiempo de diseño

Tabla 59 Periodo de Estudios

TIPOS DE VÍA	ETAPA DE ESTUDIO ANUAL
Urbana de mucha circulación	30 a 50
Rural de mucha circulación	20 a 50
Pavimentada de poca circulación	15 a 25
No pavimentada de poca circulación	10 a 20

Nota. Elaboración a partir de Diseño de estructuras de pavimentos, 1993, (Guía AASHTO).

Tiempo de diseño = **20 años**

✓ Elección del tipo de tráfico

Tabla 60 Cantidad de Iteraciones Acumuladas de EEs (8.2 t), en el Carril de
Diseño

TIPOS DE TRÁFICO PESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EN EE
TP1	> 150 000 ≤ 300 000
TP2	> 300 000 ≤ 500 000
TP3	> 500 000 ≤ 750 000
TP4	> 750 000 ≤ 1 000 000

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos).

De la tabla anterior recibimos un tipo de tráfico **TP1**

✓ Determinación de la serviciabilidad

Tabla 61 Determinación del (Pi), (Pt) y ΔPSI en Función del Grado de Tránsito

TIP O DE VÍA	TRÁNSI TO	EJES HOMÓLOGOS AGLOMERADOS		ÍNDICE DE SERVICIO INICIAL (PI)	ÍNDICE DE SERVICIO TERMI NAL (PT)	CAPACI DAD DE SERVICIO (ΔPSI)
Vías de poco tráfico	TP1	De 150 001	a 300 000	4.10	2.00	2.10
	TP2	De 300 001	a 500 000	4.10	2.00	2.10
	TP3	De 500 001	a 750 000	4.10	2.00	2.10
	TP4	De 750 001	a 1 000 000	4.10	2.00	2.10
Rest o de Vías	TP5	De 1 001	a 1 500 000	4.30	2.50	1.80
	TP6	De 1 501	a 3 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP7	De 3 001	a 5 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP8	De 5 001	a 7 500 000	4.30	2.50	1.80
	TP9	De 7 501	a 10 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP10	De 10 001	a 12 500 000	4.30	2.50	1.80
	TP11	De 12 501	a 15 000 000	4.30	2.50	1.80
	TP12	De 15 001	a 20 000 000	4.50	3.00	1.50
	TP13	De 20 001	a 25 000 000	4.50	3.00	1.50
	TP14	De 25 001	a 30 000 000	4.50	3.00	1.50
	TP15	>30 000 000		4.50	3.00	1.50

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (**Suelos, Geología, Geotecnia y**

Pavimentos)

✓ **Determinación de confiabilidad (R)**

Tabla 62 Estimaciones Sugeridas de Credibilidad (R) y Desviación Típica Natural (Z_R)

TIPO DE VÍAS	TRÁNSITO	EE ACUMULADOS		GRADO DE CREDIBILIDAD (R) (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NATURAL (Z _R)
Vías de poco tráfico	TPo	De 100 000	a 150 000	65	-0.385
	TP1	De 150 001	a 300 000	70	-0.524
	TP2	De 300 001	a 500 000	75	-0.674
	TP3	De 500 001	a 750 000	80	-0.842
	TP4	De 750 001	a 1 000 000	80	-0.842
Resto de Vías	TP5	De 1 000 001	a 1 500 000	85	-1.036
	TP6	De 1 500 001	a 3 000 000	85	-1.036
	TP7	De 3 000 001	a 5 000 000	85	-1.036
	TP8	De 5 000 001	a 7 500 000	90	-1.282
	TP9	De 7 500 001	a 10 000 000	90	-1.282
	TP10	De 10 000 001	a 12 500 000	90	-1.282
	TP11	De 12 500 001	a 15 000 000	90	-1.282
	TP12	De 15 000 001	a 20 000 000	90	-1.282
	TP13	De 20 000 001	a 25 000 000	90	-1.282
	TP14	De 25000 001	a 30 000 000	90	-1.282
	TP15	>30 000 000		95	-1.645

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

✓ **Determinación de la desviación estándar total o combinada (S_o)**

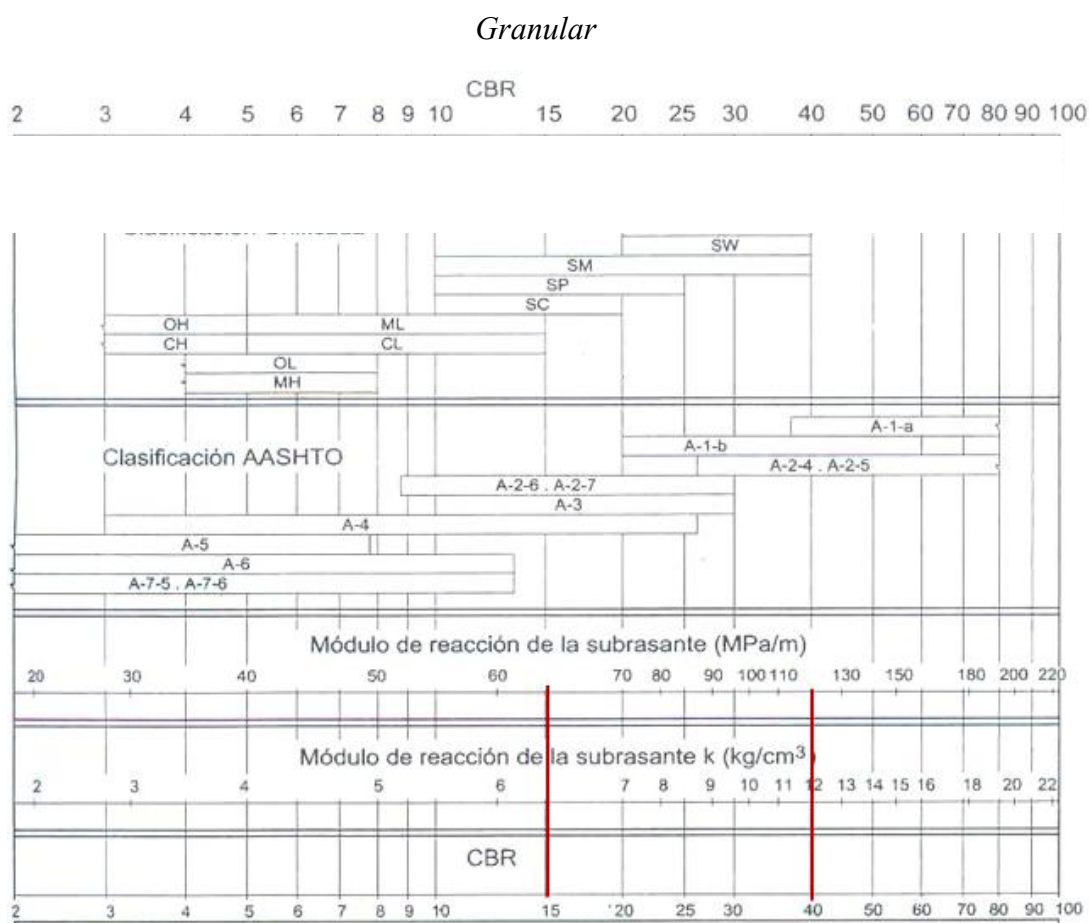
En esta investigación, se considera un valor para **S_o = 0.35**, el cual es sugerido por el Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

$$S_o = 0.35$$

✓ **Determinación del factor de reacción de la subrasante (K)**

Para un valor crítico de CBR equivalente a 15.1%

Figura 40 Resolución de Factor de Reacción de la Sub Rasante y Subbase



Del gráfico obtenemos:

$$K_0 = 63 \text{ Mpa/m equivalente a } K_0 = 6.43 \text{ kg/cm}^3$$

Tabla 63 CBR sugeridos para la Sub-Base Granulosa de Pavimentación Rígida
en Función de la Intensidad de Circulación en EE, según Norma de Ensayo

MTC E 132

TRÁFICO EN EE	REQUERIMIENTO
$\leq 15 \times 10^6$	CBR mínimo 40 % [1]
$> 15 \times 10^6$	CBR mínimo 60 % [1]

[1] Referido al total de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga del 0.1"

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

De la figura anterior se obtiene el valor del módulo de reacción de la subbase granular equivalente a 120 Mpa/m, es decir, $k_1 = 120$ Mpa/m o $k_1 = 12 \text{ kg/cm}^3$

Calculando el valor del coeficiente de reacción combinado (K_C) para una altura mínima de 15 cm como indica la norma, utilizamos la siguiente expresión:

$$K_C = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{1/2} \times K_0$$

Para: $K_0 = 6.43 \text{ kg/cm}^3$

$K_1 = 12 \text{ kg/cm}^3$

$H = 15 \text{ cm}$

$$K_C = [1 + (15/38)^2 \times (12/6.43)^{2/3}]^{1/2} \times 6.43$$

$$K_C = 7.15 \text{ kg/cm}^3 = 258.35 \text{ lb/pulg}^3$$

✓ **Determinación de la resistencia a la flexión del concreto**

Tabla 64 *Valores Sugeridos de Resistencia del Hormigón en Función del Rango de Circulación*

RANGOS DE TRÁNSITO PESADO EN EE	MÍNIMA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN (M_r) EN kg/cm^2	MÍNIMA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) EN kg/cm^2
Hasta 5 000 000	40	280
De 5 000 001 a 15 000 000	42	300
Más de 15 000 000	45	350

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

Calculamos $f'c$ con el valor más óptimo obtenido a los 28 días de edad, lo cual se logró con 1% de adición de mucílago.

$$f'c = 298.63 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{para } a = 3$$

$$Mr = a(f'c)^{0.5}$$

$$Mr = 3(298.63)^{0.5} \quad Mr = 51.84 \text{ kg/cm}^2 = 737.46 \text{ psi.}$$

Bajo el mismo criterio se obtuvo los siguientes resultados.

$$Mr (\text{MDE}) = 727.95 \text{ psi}$$

$$Mr (\text{AMC1\%}) = 737.34 \text{ psi}$$

$$Mr (\text{AMC2\%}) = 687.27 \text{ psi}$$

$$Mr (\text{AMC3\%}) = 673.33 \text{ psi}$$

✓ **Determinación del factor de elasticidad del concreto**

$$f'c = 298.63 \text{ kg/cm}^2 = 4238.61 \text{ psi}$$

$$E = 57\,000(f'c)^{0.5} \quad E = 57\,000(4247.51)^{0.5} \quad E = 3714856.66$$

✓ **Determinación del coeficiente de drenaje**

Tabla 65 Coeficiente de Drenaje

Condiciones del drenaje	50% saturado en:	85% de saturado en:
Excelente	Dos horas	Dos horas
Bueno	Un día	Dos a cinco horas
Regular	Una semana	Cinco a diez horas
Malo	Un mes	Más de diez horas
Tan malo	No evacúa	Mucho más de diez horas

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (**Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos**)

El suelo tipo de suelo **SP** o **(A-3)** tiene un buen drenaje, por lo tanto, su coeficiente de drenaje es **bueno**.

✓ **Determinación del Cd de los Estratos Granulónicos**

Condición de drenaje	% de tiempo en la cual el pavimento se expone a grados de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Tabla 66 Condición de Drenaje

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (**Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos**)

Del gráfico se recibe un Cd = 1.00

✓ **Determinación módulo de transferencia de carga**

Tabla 67 Valores del parámetro J

TIPO DE BERMA	Transferencia de pesos (J)			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		HORMIGÓN HIDRÁULICO	
	Con pasadores	Sin pasadores	Con pasadores	Sin pasadores
Valores de J	3.2	3.8 a 4.4	2.8	3.8

Nota. Elaborado a partir del Manual de carreteras (**Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos**).

De la tabla anterior, es decir, de la tabla número 67 se obtiene el valor de la junta sin pasadores:

Por tanto:

$$\mathbf{J = 3.8}$$

Figura 41 Estimación del Espesor de la Losa con el Software PavimR

Diseño de Pavimento Rígido
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final
PSI Inicial: 4.1
PSI Final: 2.0

Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]
Zr: -0.524
So: 0.35

Información Adicional
Módulo de Elasticidad del Concreto Ec [psi]: 3714856.66
Coeficiente de Transmisión de Carga [J]: 3.8
Módulo de Rotura de Concreto Sc [psi]: 737.34
Coeficiente de Drenaje [Cd]: 1

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18
W18: 232314.795

Módulo de Reacción de la Subrasante
K: 258.35 pci

Resultado
D: 4.08631 plg

pci= Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi= Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg= Pulgadas

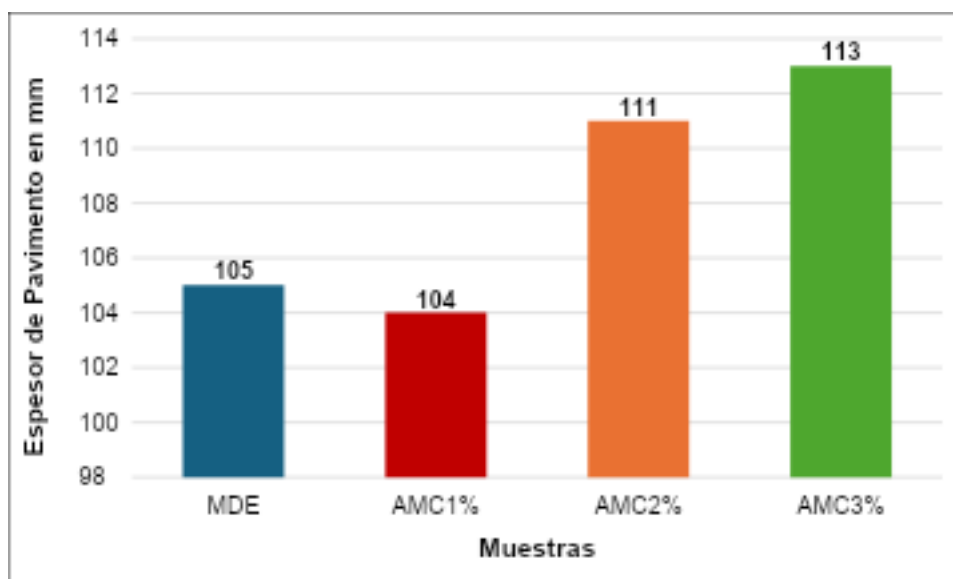
De donde se obtiene un espesor del pavimento **D = 4.08631 pulgadas**, transformada a centímetros equivale a **10 cm. de espesor**.

Tabla 68 Espesores Obtenidos para el Pavimento Rígido en Función a Adiciones de Mucílago

Muestras	Espesores		Variación en %
	En pulg	En mm	
MDE	4.14	105	0%
AMC1%	4.09	104	Se reduce en 1%
AMC2%	4.36	111	Aumenta en 6%
AMC3%	4.44	113	Aumenta en 8%

Nota. Las muestras de concreto para el cálculo de espesores tienen una edad de 28 días.

Figura 42 Gráfico de Barras de Espesores Obtenidos para el Pavimento Rígido



En la figura 42 se observa las variaciones de los espesores de la losa del pavimento en estudio, donde la muestra con 1% de adición de mucílago cactaceae ayuda a reducir en 1% el espesor del pavimento, mientras que las muestras con adiciones del 2% y el 3% aumentan espesores de dicho pavimento.

Tabla 69 Espesores Calculados de la Pavimentación Rígida

Capas	Altura o espesor (cm)
Subbase	15
Losa de concreto hidráulico	10

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Análisis de normalidad.

Los exámenes de normalidad nos ayudan a conocer qué tipo de distribución tienen los datos de nuestra investigación (distribución normal o distribución no normal), es decir, qué tipo de pruebas (paramétrica o no paramétrica) se va realizar en el contraste estadístico. Las pruebas de bondad de ajuste para el contraste de distribución normal de la presente investigación será el Shapiro-Wilk, ya que nuestro tamaño muestral por variable es menor que 50. (Romero-Saldaña, 2016).

Análisis de normalidad para la hipótesis específica 1

Ha1: Los datos no tienen una distribución normal.

Ho1: Los datos tienen una distribución normal.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 70 Examen de Normalidad para la Variable Trabajabilidad

Pruebas de normalidad						
Trabajabilidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Slump	,145	12	,200	,953	12	,677

En la tabla 71, se observan los resultados del examen de normalidad para la variable trabajabilidad, donde la significancia tiene un valor de 0.677, por tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, y a la vez nos indica que nuestros datos presentan una distribución normal, y en consecuencia para la contrastación de la hipótesis se utilizará la prueba ANOVA.

Análisis de normalidad para las hipótesis específicas 2 y 3

Ha2 y Ha3: Los datos no tienen una distribución normal.

Ho2 y Ho3: Los datos tienen una distribución normal.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 71 Examen de Normalidad para las Variables Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión

Esfuerzo	Edad	Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
f_c	7 días	,100	12	,200*	,979	12	,979
	14 días	,109	12	,200*	,932	12	,402
	28 días	,221	12	,110	,891	12	,123
Mo	7 días	,113	12	,200*	,959	12	,776
	14 días	,148	12	,200*	,926	12	,338
	28 días	,137	12	,200*	,964	12	,841

En la tabla 71, se observan los resultados del examen de normalidad para las variables resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, donde la significancia para cada grupo es mayor a 0.05, la cual nos indica que nuestros datos presentan una distribución normal.

Cabe destacar que, por la distribución normal de nuestros datos, a la contrastación de estas hipótesis le corresponden aplicar las pruebas paramétricas, y por la naturaleza de la investigación, la prueba más adecuada es el ANOVA.

Análisis de normalidad para la hipótesis específica 4

Ha4: Los datos no tienen una distribución normal.

Ho4: Los datos tienen una distribución normal.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 72 Examen de Normalidad para las Variable Espesor de Losa

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Espesor	,878	4	,332

En la tabla 72, se observan los resultados del examen de normalidad para la variable espesor de losa del pavimento, donde la significancia tiene un valor de 0.332, la cual nos indica que nuestros datos presentan una distribución normal, en consecuencia, por la naturaleza de la variable se utilizará el estadístico Prueba T.

4.3.2. Prueba de hipótesis general

Ha: La adición de mucílago de cactácea en el concreto hidráulico, mejora las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022.

Ho: La adición de mucílago de cactácea en el concreto hidráulico, no mejora las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos. Huánuco 2022.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 73 ANOVA Para la Adición de Mucilago de Cactaceae al Concreto en
Cuanto a Trabajabilidad, Esfuerzo a la Compresión y Módulo de Rotura del
Concreto

		SC	gl	MC	F	Sig.
Esfuerzo a la compresión	Entre grupos	8261.730	2	4130.865	10.310	0.005
	Dentro de grupos	3605.961	9	400.662		
	Total	11867.691	11			
Módulo de rotura	Entre grupos	894.777	2	447.388	22.468	0.000
	Dentro de grupos	179.213	9	19.913		
	Total	1073.989	11			
Trabajabilidad	Entre grupos	2.871	2	1.435	16.925	0.001
	Dentro de grupos	0.763	9	0.085		
	Total	3.634	11			

Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio.

De lo referido en la tabla 73, respecto al efecto del mucílago en las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos, se aprecia que para el esfuerzo a la compresión del concreto le corresponde un valor F de 10.310 y una significancia 0.005, la cual es menor a 0.05 teórico, refiriendo que existe significancia entre los niveles de medición realizadas, es decir, que cada una de las adiciones realizadas fueron significativas, es decir, que se encontró la existencia de diferencias entre el concreto patrón y los concretos con adiciones de mucílagos al 1%, 2% y 3%. Así también, respecto al módulo de rotura se aprecia que el valor F es 22.468, con una significancia de 0.000, la cual es menor a 0.05, refiriendo que hubo diferencias significativas entre las mediciones realizadas para la muestra patrón y las muestras con adiciones de mucílago al 1%, 2% y 3%. Del mismo modo, para la trabajabilidad se aprecia que el resultado del estadístico de prueba F es 16.925, con una significancia de 0.001, indicando que hubo diferencias significativas entre las mediciones encontradas para el concreto patrón

y concretos con adiciones de mucílago al 1%, 2% y 3%. En consecuencia, para un nivel de confianza del 95% y un límite de error del 5%, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. Por tanto, los resultados obtenidos indican que se encontró diferencias significativas para el esfuerzo a la compresión, módulo de rotura y trabajabilidad, por tanto, cada uno de los elementos analizados aportan mejoras en la resistencia del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos.

4.3.3. Prueba de las hipótesis específicas

Prueba de la primera hipótesis específica

Hi1: La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora su trabajabilidad.

Ho1: La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, no mejora su trabajabilidad

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 74 ANOVA para la Trabajabilidad del Concreto Hidráulico Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactaceae al 1%, 2% y 3%

	SC	gl	CM	F	Sig.
Entre grupos	2.871	2	1.435	16.925	0.001
Dentro de grupos	0.763	9	0.085		
Total	3.634	11			

Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la trabajabilidad

De lo referido en la tabla 74, respecto a la trabajabilidad del concreto hidráulico para aplicación en pavimentos rígidos, el ANOVA cuya regla de decisión es la prueba F de Fisher, resultó con un valor de 16.925, con significancia de 0.001, la cual es menor a la significancia

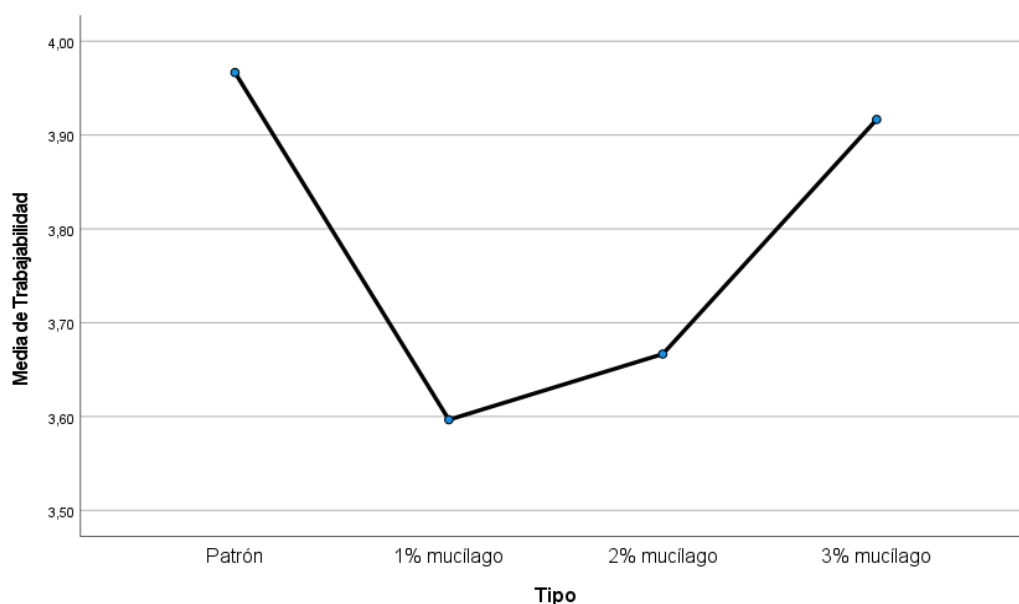
teórica 0.05, por tanto, indica que hubo efecto de la adición de mucílago en la trabajabilidad del concreto patrón concretos con adiciones de mucílago cactáceo al 1%, 2% y 3%, en consecuencia, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. Por tanto, la adición del mucílago cactáceo al concreto hidráulico, mejora su trabajabilidad.

Tabla 75 Prueba Tukey para Pares de Medias de la Trabajabilidad del Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago de Cactaceae al 1%, 2% y 3%

(I) Tipo	(J) Tipo	DM (I-J)	ES	Sig.	IC 95%	
					LI	LS
Patrón	1% mucílago	0.37000	0.52714	0.894	-1.3181	2.0581
	2% mucílago	0.30000	0.52714	0.939	-1.3881	1.9881
	3% mucílago	0.05000	0.52714	1.000	-1.6381	1.7381

Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la trabajabilidad.

Figura 43 Gráfico de Medias Para la Trabajabilidad Según Concreto Patrón y Concretos con Adiciones de Mucílago Cactaceae



Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la trabajabilidad.

En la tabla 75, podemos apreciar los resultados obtenidos de la prueba de Tukey para evaluar diferencias significativas entre sus pares de medias; en ellas se encontró que la significancia del par de medias Patrón – 1% de mucílago es 0.894, para el par patrón – 2% es 0.939 y para el par patrón – 3% de mucílago es 1.00, por tanto, se evidencia que no hubo diferencias entre sus pares de medias, por lo que los valores no son muy distantes del uno y el otro, indicando que la variación de la trabajabilidad no fue muy pronunciada en todas las verificaciones realizadas. Sin embargo, es preciso destacar que la trabajabilidad fue buena para las diferentes mediciones realizadas, dado que se aprecia que la trabajabilidad de diseño fue de 3'', sin embargo, en las mediciones realizadas se obtuvo un promedio de 3.97'' para el concreto patrón o estándar, 3.60 para el concreto con adición de mucílago al 1%, 3.67 para el concreto con adición de mucílago al 2% y 3.92 para el concreto con adición de mucílago al 3%; obteniéndose de esta manera un mejor resultado de trabajabilidad con la adición de mucílago al 3%, la cual supera en un 50% al diseño de trabajabilidad.

Prueba de la segunda hipótesis específica

Hi2: La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la compresión axial.

Ho2: La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, no mejora significativamente su resistencia a la compresión axial.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 76 ANOVA Para F'c de Concretos Patrones y con Adiciones de Mucilago
de 1%, 2% y 3%

Días de curación	FV	SC	gl	MC	F	Sig.
7 días	Entre grupos	2124.356	3	708.119	5.673	0.022
	Dentro de grupos	998.547	8	124.818		
	Total	3122.903	11			
14 días	Entre grupos	3545.647	3	1181.882	24.928	0.000
	Dentro de grupos	379.300	8	47.412		
	Total	3924.947	11			
28 días	Entre grupos	5150.036	3	1716.679	36.692	0.000
	Dentro de grupos	374.293	8	46.787		
	Total	5524.329	11			

Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para f'c del concreto.

De lo referido en la tabla 76, respecto al análisis de varianza para la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico a los 7 días, el valor del estadístico de prueba F es 5.673, con significancia de 0.022, la cual es menor a 0.05, lo que indica que existe diferencias significativas entre pares de medias, es decir, que los resultados obtenidos para la compresión axial del concreto patrón o estándar, concreto con adición al 1% de mucilago, concreto con adición al 2% de mucilago y concreto con adición al 3% de mucilago, son diferentes y significativos, lo mismo ocurre en el cálculo del esfuerzo a la compresión del concreto a los 14 y 28 días cuyos valores F son 24.928 y 36.692 respectivamente, con significancia de 0.000 y 0.000 respectivamente, por tanto se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. En consecuencia, la adición de mucilago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la compresión axial.

Tabla 77 Prueba Tukey para F'c de Concretos Patrones y con Adiciones de
Mucílago de 1%, 2% y 3%

Días de curación	(I) Tipo	(J) Tipo	DM (I-J)	ES	Sig.	IC 95%	
						LI	LS
7 días	Patrón	1% mucílago	-29.16667	9.12207	0.050	-58.3788	0.0454
		2% mucílago	-14.06667	9.12207	0.459	-43.2788	15.1454
		3% mucílago	5.00000	9.12207	0.944	-24.2121	34.2121
	1% mucílago	Patrón	29.16667	9.12207	0.050	-0.0454	58.3788
		2% mucílago	15.10000	9.12207	0.404	-14.1121	44.3121
		3% mucílago	34,16667*	9.12207	0.024	4.9546	63.3788
	2% mucílago	Patrón	14.06667	9.12207	0.459	-15.1454	43.2788
		1% mucílago	-15.10000	9.12207	0.404	-44.3121	14.1121
		3% mucílago	19.06667	9.12207	0.235	-10.1454	48.2788
	3% mucílago	Patrón	-5.00000	9.12207	0.944	-34.2121	24.2121
		1% mucílago	-34,16667*	9.12207	0.024	-63.3788	-4.9546
		2% mucílago	-19.06667	9.12207	0.235	-48.2788	10.1454
14 días	Patrón	1% mucílago	-8.03333	5.62213	0.517	-26.0374	9.9707
		2% mucílago	17.53333	5.62213	0.056	-0.4707	35.5374
		3% mucílago	36,63333*	5.62213	0.001	18.6293	54.6374
	1% mucílago	Patrón	8.03333	5.62213	0.517	-9.9707	26.0374
		2% mucílago	25,56667*	5.62213	0.008	7.5626	43.5707
		3% mucílago	44,66667*	5.62213	0.000	26.6626	62.6707
	2% mucílago	Patrón	-17.53333	5.62213	0.056	-35.5374	0.4707
		1% mucílago	-25,56667*	5.62213	0.008	-43.5707	-7.5626
		3% mucílago	19,10000*	5.62213	0.038	1.0960	37.1040
	3% mucílago	Patrón	-36,63333*	5.62213	0.001	-54.6374	-18.6293
		1% mucílago	-44,66667*	5.62213	0.000	-62.6707	-26.6626
		2% mucílago	-19,10000*	5.62213	0.038	-37.1040	-1.0960
28 días	Patrón	1% mucílago	-7.63333	5.58490	0.551	-25.5181	10.2515
		2% mucílago	31,56667*	5.58490	0.002	13.6819	49.4515
		3% mucílago	41,70000*	5.58490	0.000	23.8152	59.5848
	1% mucílago	Patrón	7.63333	5.58490	0.551	-10.2515	25.5181
		2% mucílago	39,20000*	5.58490	0.001	21.3152	57.0848
		3% mucílago	49,33333*	5.58490	0.000	31.4485	67.2181
	2% mucílago	Patrón	-31,56667*	5.58490	0.002	-49.4515	-13.6819
		1% mucílago	-39,20000*	5.58490	0.001	-57.0848	-21.3152
		3% mucílago	10.13333	5.58490	0.334	-7.7515	28.0181
	3% mucílago	Patrón	-41,70000*	5.58490	0.000	-59.5848	-23.8152
		1% mucílago	-49,33333*	5.58490	0.000	-67.2181	-31.4485
		2% mucílago	-10.13333	5.58490	0.334	-28.0181	7.7515

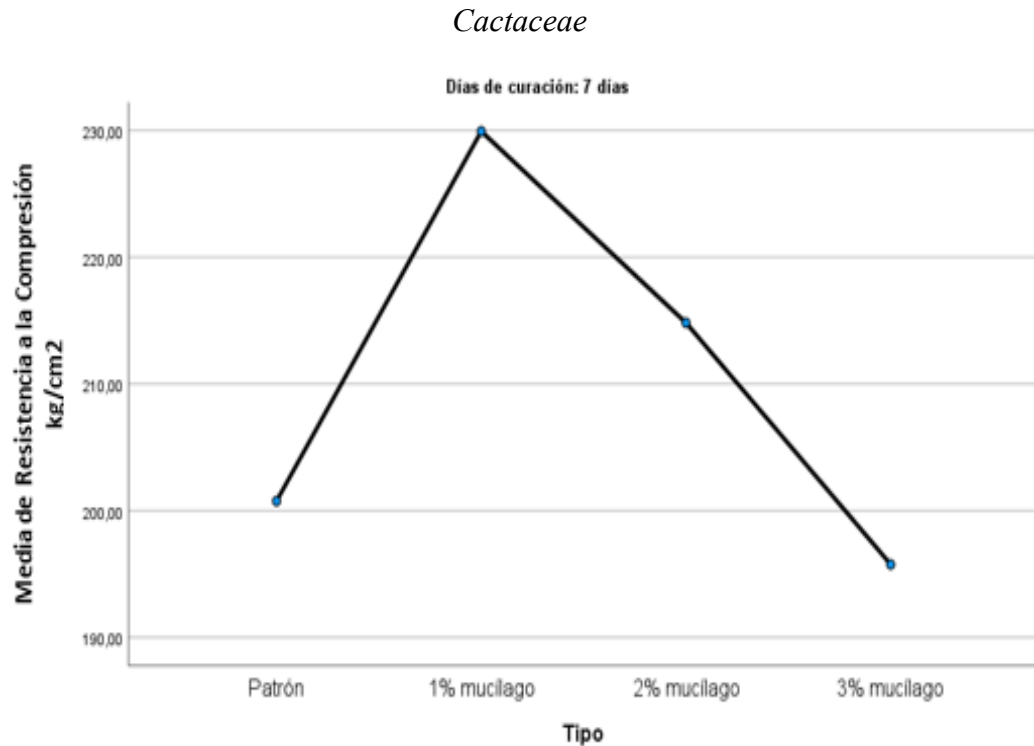
Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico.

En la tabla 77, se muestra el análisis realizado mediante la prueba
Tukey para la resistencia a la compresión axial para el concreto hidráulico

patrón o estándar (MDE) y concretos con adición de mucílago de cactaceae al 1%, 2% y 3%, cuyos valores que arrojaron para la resistencia a la compresión a los 7 días son: la significancia para el par Patrón – concreto con 1% de mucílago es 0.050, para el par Patrón – concreto con 2% de mucílago es 0.459 y para el par Patrón – concreto con 3% de mucílago es 0.944, lo que indica que no hubo diferencias significativas para las mediciones obtenidas para la resistencia a la compresión, debido a que el valor promedio para cada uno de ellos estuvo cercano al otro, para el concreto patrón 200.77 kg/cm^2 , para concreto con 1% mucílago 229.93 kg/cm^2 , para concreto con 2% mucílago 214.83 kg/cm^2 y para concreto con 3% mucílago 195.77 kg/cm^2 , estadísticamente no se aprecian diferencias muy marcadas. Para la resistencia a la compresión a los 14 días la significancia para el par Patrón – concreto con 1% de mucílago es 0.050, para el par Patrón – concreto con 2% de mucílago es 0.404, por tanto no se evidencian diferencias marcadas en sus pares de medias por lo tanto no son significativos, sin embargo, para el par Patrón – concreto con 3% de mucílago es 0.024, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existe diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. Esto explica los resultados promedios obtenidos cuyos valores para el concreto patrón es 254.8 kg/cm^2 , para el concreto con 1% mucílago es 262.83 kg/cm^2 , para el concreto con 2% mucílago es 237.27 kg/cm^2 y para el concreto con 3% mucílago es 218.17 kg/cm^2 , estadísticamente no se aprecian diferencias muy marcadas, salvo en el par Patrón – concreto con 3% de mucílago. Finalmente, para la resistencia a la compresión a los 28 días la significancia para el par Patrón

– concreto con 1% de mucílago es 0.551, por tanto, no hubo diferencias significativas entre dichos pares de medias, dado que sus valores promedios no son estadísticamente diferentes. Sin embargo, para el par Patrón – concreto con 2% de mucílago es 0.002, para el par Patrón – concreto con 3% de mucílago es 0.000, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existe diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. Por tanto, los resultados promedios para la resistencia a la compresión para el concreto hidráulico patrón es 291.00 kg/cm², para el concreto con 1% mucílago es 298.63 kg/cm², para el concreto con 2% mucílago es 259.43 kg/cm² y para el concreto con 3% mucílago es 249.30 kg/cm². Es importante destacar la dosificación realizada con la adición del 1% de mucílago, ya que ha sido el que mejor resistencia a la compresión ha experimentado en los ensayos realizados, pero queda estadísticamente comprobado que no hubo diferencias significativas entre la media de la resistencia a la compresión del concreto patrón 291.00 kg/cm² frente a 298.63 kg/cm² para la dosificación del concreto con 1% de mucílago, así también se aprecia que los demás adiciones del 2% y 3% de mucílago aportan resistencia a la compresión del concreto hidráulico pero dicho aporte es bajo y no superan al valor del concreto patrón.

Figura 44 Gráfico de Medias para la Media de Resistencia a la Compresión del Concreto Hidráulico a los 7 días Según Patrón y Adiciones de Mucílago

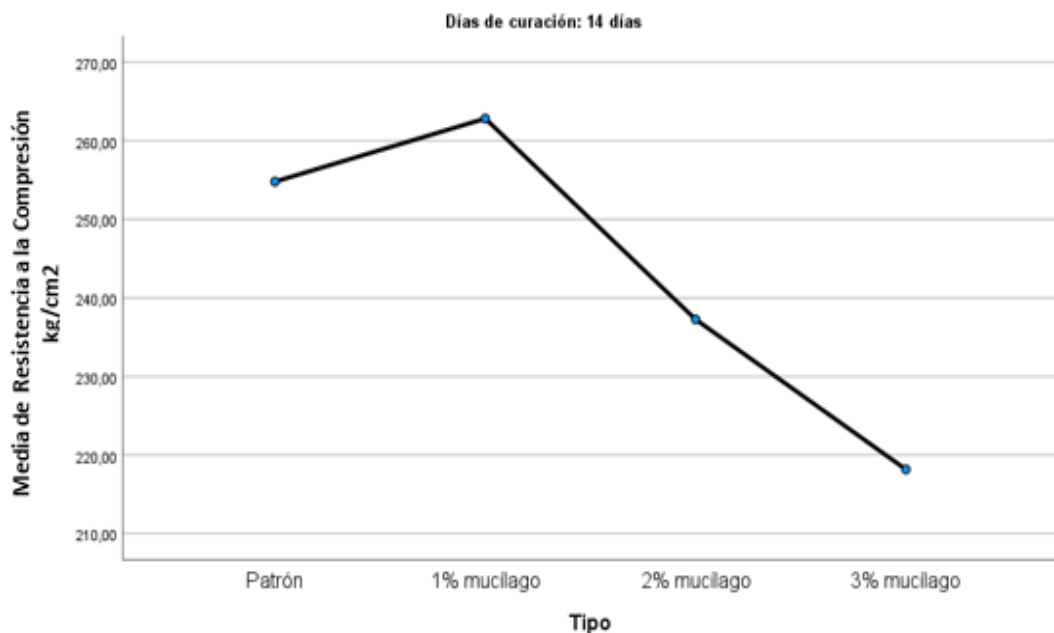


Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico.

En la figura 44 se aprecia el promedio de la resistencia a la compresión por cada elemento analizado, tal es así, que a los 7 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 200.77 kg/cm², para concreto con adición al 1% de mucílago una resistencia a la compresión de 229.93 kg/cm², para concreto con 2% de mucílago 214.83 kg/cm² y para concreto con 3% 195.77 kg/cm², evidenciando que en los primeros 7 días la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Si bien se aprecia que hubo poquísimo aporte de los demás, estas no superaron el

diseño propuesto teóricamente que fue de 280 kg/cm^2 , en donde el concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago no se acercan a lo más mínimo. Sin embargo, el concreto con el 1% de adición de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la compresión a medida que el tiempo de curado sea mayor.

Figura 45 Gráfico de Medias Para la Media de Resistencia a la Compresión del Concreto a los 14 días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago Cactacea

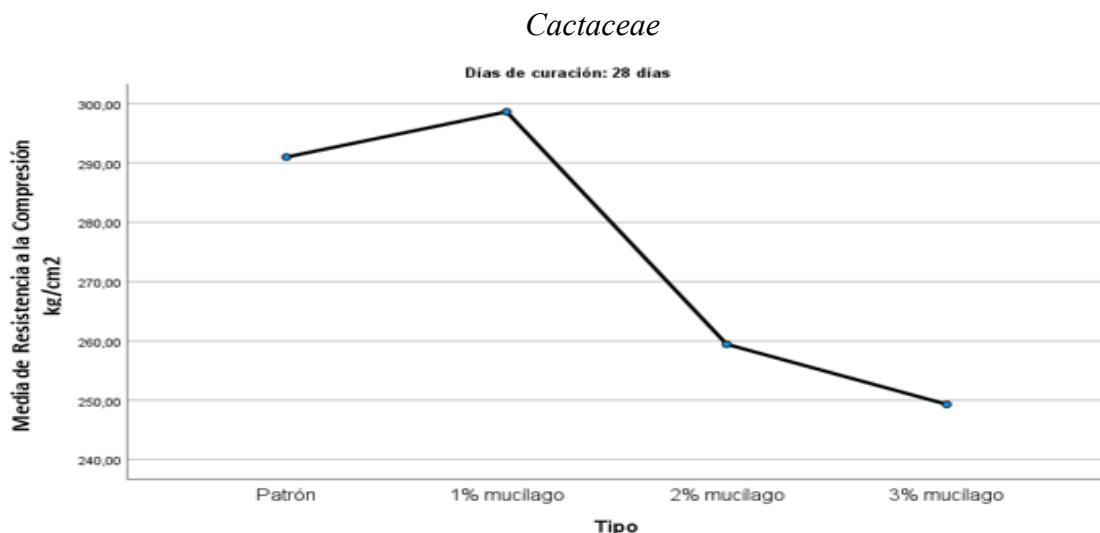


Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la compresión del concreto.

En la figura 45 se aprecia el promedio de la resistencia a la compresión por cada elemento analizado, tal es así, que a los 14 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 254.80 kg/cm^2 , para concreto con adición al 1% de mucílago una resistencia a la compresión de 262.83 kg/cm^2 , para concreto con 2% de mucílago 237.27 kg/cm^2 y para concreto con 3% 218.17 kg/cm^2 , evidenciando que a los 14 días la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la

compresión ha aportado, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Si bien se aprecia que hubo poquísimo aporte de los demás, estas no superaron el diseño propuesto teóricamente que fue de 280 kg/cm² en donde el concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y 3% de mucílago no se acercan a lo más mínimo. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la compresión a los 14 días.

Figura 46 Gráfico de Medias para la Media de Resistencia a la Compresión del Concreto a los 28 días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago



Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico.

En la figura 46 se puede apreciar el promedio del esfuerzo a la compresión axial por cada elemento analizado, tal es así, que a los 28 días de curado el concreto estándar obtuvo un esfuerzo a la compresión de 291.00 kg/cm², para concreto con adición de 1% de mucílago un esfuerzo a la compresión de 298.63 kg/cm², para concreto con 2% de mucílago 259.43 kg/cm² y para concreto con 3% 249.30 kg/cm², evidenciando que

a los 28 días la adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguido del concreto patrón o estándar, la cual supera la resistencia a la compresión teóricamente propuesta, que fue de 280 kg/cm². Por otro lado, el concreto con la adición de 2% de mucílago y 3% de adición de mucílago no tuvo aporte al esfuerzo a la compresión, y no se acercan al diseño propuesto teóricamente que fue de 280 kg/cm², por tanto, no son los valores óptimos que se buscan para la resistencia a la compresión para un concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos.

Prueba de la tercera hipótesis específica

Hi3: La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la flexión.

Ho3: La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, no mejora significativamente su resistencia a la flexión.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 78 ANOVA Para la Resistencia a la Flexión del Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago de Cactaceae al 1%, 2% y 3%

Días	FV	SC	gl	MC	F	Sig.
7 días	Entre grupos	96.173	3	32.058	31.532	0.000
	Dentro de grupos	8.133	8	1.017		
	Total	104.307	11			
14 días	Entre grupos	101.420	3	33.807	34.062	0.000
	Dentro de grupos	7.940	8	0.993		
	Total	109.360	11			
28 días	Entre grupos	339.809	3	113.270	56.306	0.000
	Dentro de grupos	16.093	8	2.012		
	Total	355.903	11			

Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.

De lo referido en la tabla 78, respecto al análisis de varianza para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico a los siete días, el valor del estadístico de prueba F es 31.532, con significancia de 0.000, la cual es menor a 0.05, señalando que existe diferencias significativas entre pares de medias, es decir, que los resultados obtenidos para la resistencia a la flexión del concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago son diferentes y significativos, lo mismo ocurre para el cálculo del esfuerzo a la flexión del concreto a los catorce y veintiocho días cuyos valores F son 34.062 y 56.306 respectivamente y con significancia de 0.000 y 0.000 respectivamente, por tanto, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. En consecuencia, podemos señalar que la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia flexión.

Tabla 79 Prueba Tukey para la Resistencia a la Flexión del Concreto Patrón y
Concretos con Adiciones de Mucílago de Cactaceae

Días de curación	(I) Tipo	(J) Tipo	DM (I-J)	ES	Sig.	IC 95%	
						LI	LS
7 días	Patrón	1% mucílago	-3,00000*	0.82327	0.027	-5.6364	-0.3636
		2% mucílago	1.46667	0.82327	0.347	-1.1697	4.1031
		3% mucílago	4,86667*	0.82327	0.002	2.2303	7.5031
	1% mucílago	Patrón	3,00000*	0.82327	0.027	0.3636	5.6364
		2% mucílago	4,46667*	0.82327	0.003	1.8303	7.1031
		3% mucílago	7,86667*	0.82327	0.000	5.2303	10.5031
	2% mucílago	Patrón	-1.46667	0.82327	0.347	-4.1031	1.1697
		1% mucílago	-4,46667*	0.82327	0.003	-7.1031	-1.8303
		3% mucílago	3,40000*	0.82327	0.014	0.7636	6.0364
	3% mucílago	Patrón	-4,86667*	0.82327	0.002	-7.5031	-2.2303
		1% mucílago	-7,86667*	0.82327	0.000	-10.5031	-5.2303
		2% mucílago	-3,40000*	0.82327	0.014	-6.0364	-0.7636
14 días	Patrón	1% mucílago	-4,03333*	0.81343	0.005	-6.6382	-1.4284
		2% mucílago	1.16667	0.81343	0.515	-1.4382	3.7716
		3% mucílago	4,06667*	0.81343	0.005	1.4618	6.6716
	1% mucílago	Patrón	4,03333*	0.81343	0.005	1.4284	6.6382
		2% mucílago	5,20000*	0.81343	0.001	2.5951	7.8049
		3% mucílago	8,10000*	0.81343	0.000	5.4951	10.7049
	2% mucílago	Patrón	-1.16667	0.81343	0.515	-3.7716	1.4382
		1% mucílago	-5,20000*	0.81343	0.001	-7.8049	-2.5951
		3% mucílago	2,90000*	0.81343	0.030	0.2951	5.5049
	3% mucílago	Patrón	-4,06667*	0.81343	0.005	-6.6716	-1.4618
		1% mucílago	-8,10000*	0.81343	0.000	-10.7049	-5.4951
		2% mucílago	-2,90000*	0.81343	0.030	-5.5049	-0.2951
28 días	Patrón	1% mucílago	-5,80000*	1.15806	0.005	-9.5085	-2.0915
		2% mucílago	2.23333	1.15806	0.289	-1.4752	5.9419
		3% mucílago	9,06667*	1.15806	0.000	5.3581	12.7752
	1% mucílago	Patrón	5,80000*	1.15806	0.005	2.0915	9.5085
		2% mucílago	8,03333*	1.15806	0.001	4.3248	11.7419
		3% mucílago	14,86667*	1.15806	0.000	11.1581	18.5752
	2% mucílago	Patrón	-2.23333	1.15806	0.289	-5.9419	1.4752
		1% mucílago	-8,03333*	1.15806	0.001	-11.7419	-4.3248
		3% mucílago	6,83333*	1.15806	0.002	3.1248	10.5419
	3% mucílago	Patrón	-9,06667*	1.15806	0.000	-12.7752	-5.3581
		1% mucílago	-14,86667*	1.15806	0.000	-18.5752	-11.1581
		2% mucílago	-6,83333*	1.15806	0.002	-10.5419	-3.1248

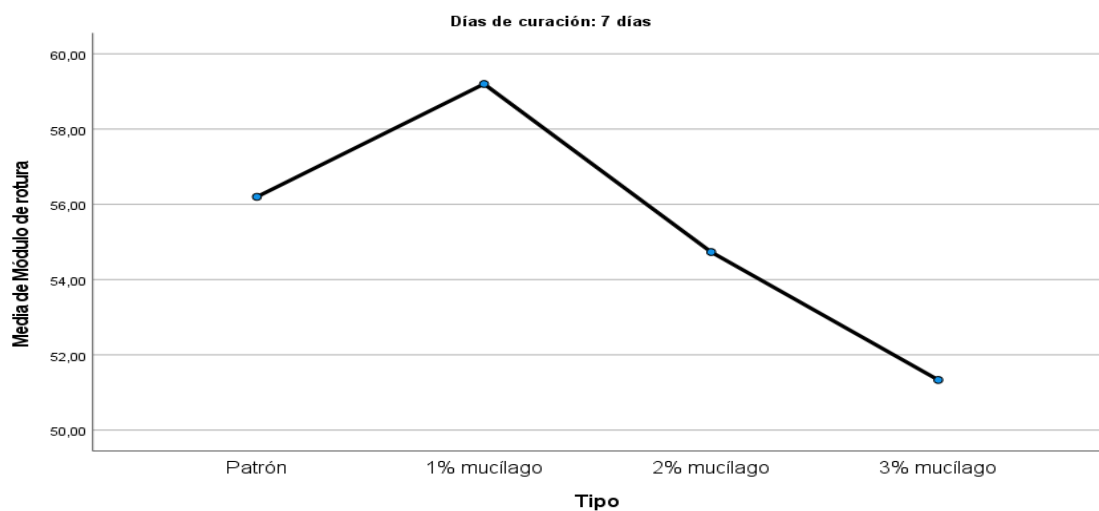
Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.

En la tabla 79 se muestra el análisis realizado mediante la prueba Tukey para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico patrón y concretos con adiciones de mucílago de cactaceae al 1%, 2% y 3%, cuyos valores que arrojaron la significancia para la resistencia a la compresión a los 7 días son: para el par Patrón – concreto con 1% de mucílago es 0.027, indicando que hubo diferencias significativas para la resistencia a la flexión, para el par Patrón – concreto con concreto con 2% de mucílago es 0.347, no hay diferencias significativas y para el par Patrón – concreto con 3% de mucílago es 0.002, lo que indican que hubo diferencias significativas para las mediciones obtenidas para la resistencia a la flexión. Para la resistencia a la compresión a los 14 días, la significancia para el par Patrón – concreto con 1% de mucílago es 0.0050, para el par Patrón – concreto con 2% de mucílago es 0.515, por tanto, no se evidencian diferencias marcadas en sus pares de medias, por lo tanto, no son significativos, sin embargo, para el par Patrón – concreto con 3% de mucílago es 0.005, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existe diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. Finalmente, para la resistencia a la compresión a los 28 días, cuya significancia para el par Patrón – concreto con 1% de mucílago es 0.005, por tanto, no hubo diferencias significativas entre dichos pares de medias, dado que sus valores promedios no son estadísticamente diferentes. Sin embargo, para el par Patrón – concreto con 2% de mucílago es 0.289, para el par Patrón – concreto con 3% de mucílago es 0.000, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existe diferencias marcadas entre sus

pares de medias encontradas. En fin, es importante destacar la dosificación realizada para el concreto con 1% de mucílago, ya que ha sido el que mejor resistencia a la flexión ha experimentado en los ensayos realizados y queda estadísticamente comprobado debido a que no hubo diferencias significativas entre la media de la resistencia a la flexión del concreto patrón 77.80 kg/cm² frente a 83.60 kg/cm² para la dosificación del concreto con 1% de mucílago, así también, se aprecia que los demás adiciones del 2% y 3% de mucílago aportan resistencia a la flexión del concreto hidráulico en menor medida, pero no aportan resistencia respecto al concreto patrón.

Figura 47 Gráfico de Medias para la Media de la Resistencia a Flexión del Concreto a los 7 Días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago

Cactaceae

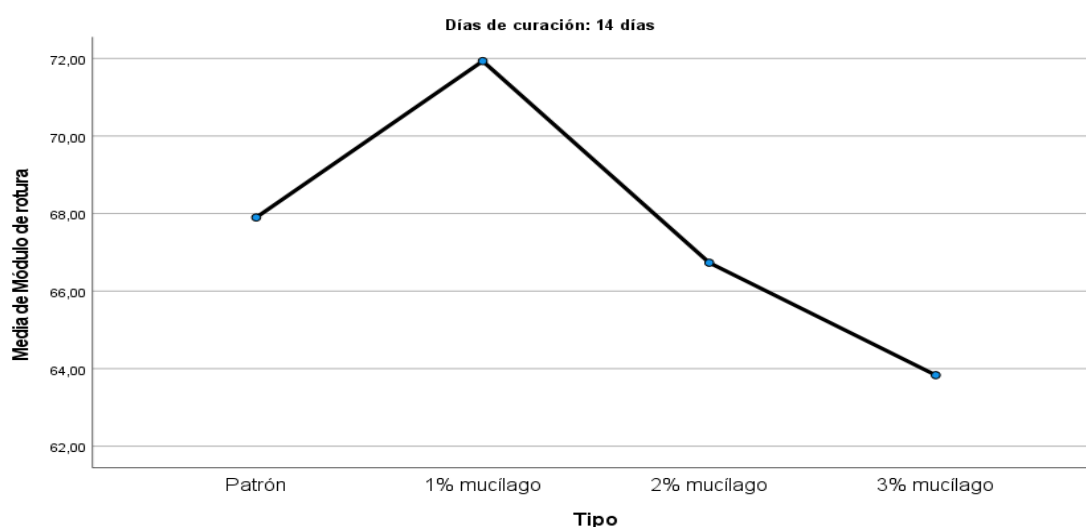


Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.

En la figura 47 se aprecia el promedio del esfuerzo a la flexión por cada elemento analizado, tal es así, que a los 7 días el concreto estándar obtuvo un esfuerzo a la flexión de 56.20 kg/cm², para el concreto con

adición al 1% de mucílago un esfuerzo a la flexión de 59.20 kg/cm², para el concreto con adición al 2% de mucílago 54.73 kg/cm² y para el concreto con adición al 3% de mucílago 51.33 kg/cm², evidenciando que en los primeros 7 días la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión a medida que el tiempo de curado sea mayor.

Figura 48 Gráfico de Medias para la Media de la Resistencia a Flexión del Concreto a los 14 Días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago de *Cactaceae*

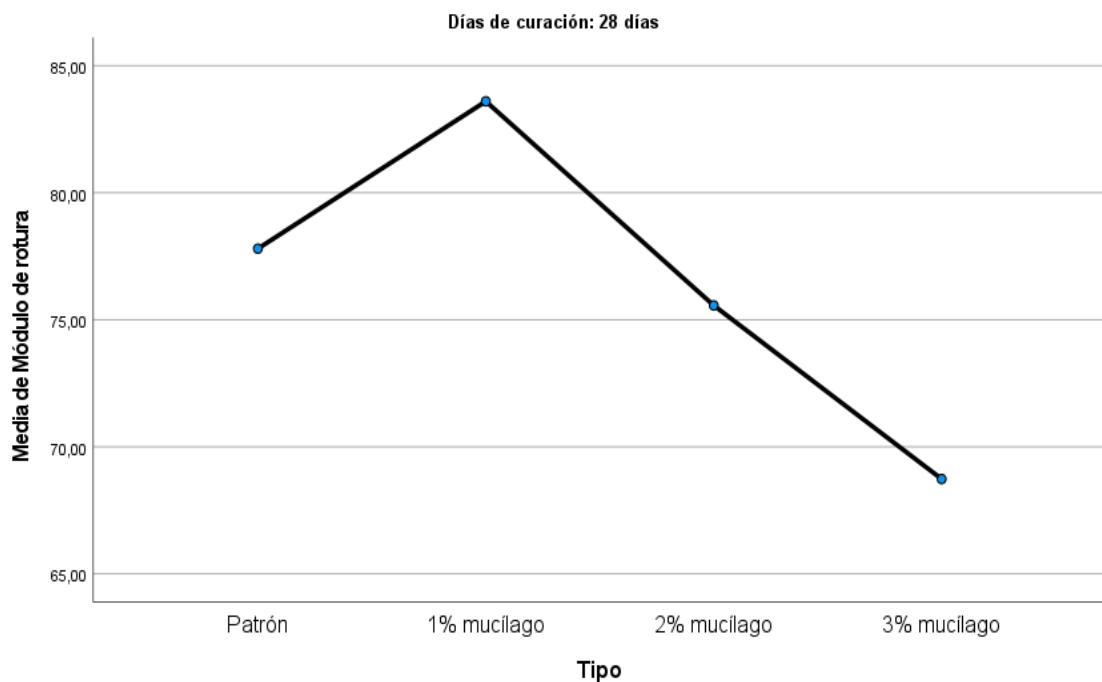


Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.

En la figura 48 se aprecia el promedio del esfuerzo a la flexión por cada elemento analizado, tal es así, que a los 14 días el concreto estándar marcó un esfuerzo a la flexión de 67.90 kg/cm², el concreto con adición de 1% de mucílago un esfuerzo a la flexión de 71.93 kg/cm², el concreto

con adición de 2% de mucílago 66.73 kg/cm² y el concreto con adición de 3% de mucílago 63.83 kg/cm², evidenciando que a los 14 días el concreto con adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del concreto estándar, concreto con 2% de adición mucílago y concreto con 3% de adición de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión a los 14 días de realizado los ensayos.

Figura 49 Gráfico de Medias para la Media de la Resistencia a Flexión del Concreto a los 28 Días Según Concreto Patrón y con Adiciones de Mucílago *Cactaceae*



Nota. Análisis realizado a partir de los resultados obtenidos en laboratorio para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico.

En la figura 49, se aprecia el promedio del esfuerzo a la flexión por cada elemento analizado, tal es así, que a los 28 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la flexión de 77.8 kg/cm², el concreto con adición

al 1% de mucílago un esfuerzo a la flexión de 83.60 kg/cm², el concreto con 2% de mucílago 75.57 kg/cm² y el concreto con 3% de mucílago 68.73 kg/cm², evidenciando que en los 28 días la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión a los 28 días.

Prueba de la cuarta hipótesis específica

Hi4: El espesor óptimo de la losa del pavimento, para la vía en estudio mediante la metodología AASHTO-93, a partir de los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con adición de mucilago de cactaceae, es menor a 20 cm.

Ho4: El espesor óptimo de la losa del pavimento, para la vía en estudio mediante la metodología AASHTO-93, a partir de los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con adición de mucilago de cactaceae, no es menor a 20 cm.

Nivel de confianza: 0.95 (95%), Margen de error: 0.05 (5%)

Tabla 80 Prueba T para el espesor de la Losa de Concreto Hidráulico Patrón y con Adición de Mucílago Cactaceae al 1%, 2% y 3%

Prueba para una muestra					
Valor de prueba = 200					
95% de intervalo de					
		Sig.	Diferencia	confianza de la diferencia	
T	gl	(bilateral)	de medias	Inferior	Superior
-41,466	3	,001	-91,750	-98,79	-84,71

En la tabla 80 se observa que la significancia es menor a 0.05, por tanto, descartamos la hipótesis nula y admitimos la hipótesis alterna, por tanto, el espesor de la losa de la pavimentación rígida para la vía en estudio es menor a 20 cm. En términos precisos, se concluye que el espesor óptimo de losa para la vía en estudio, mediante la metodología AASHTO-93, a partir de los resultados de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con la adición de mucílago de cactaceae es menor a 20 cm.

4.4. Discusión de resultados

La adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico se ha convertido en una interesante línea de investigación en el campo de la construcción sostenible. Este biopolímero, extraído de diversas especies de cactus, presenta propiedades que pueden modificar significativamente las características del concreto tradicional, ofreciendo potenciales y beneficios tanto técnicos como ambientales.

El mucílago de cactaceae, es una sustancia viscosa y gelatinosa presente en el interior de los tallos y frutos de muchas especies de cactus. Está compuesto principalmente por polisacáridos y agua, y posee propiedades como la humedad, es plastificante natural, puede promover mayor adherencia y es impermeable.

Respecto al objetivo general, que consistió en analizar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022. El análisis inferencial realizado respecto al efecto del mucílago en las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos, se aprecia que para el esfuerzo a la compresión del concreto se obtuvo un valor F de 10.310 y una significancia de 0.005, la cual es menor a 0.05 teórico, refiriendo que existe significancia entre los niveles de medición

realizadas, es decir, que cada una de las adiciones realizadas fueron significativas, es decir, que se encontró diferencias entre el concreto patrón y los concretos con adiciones de mucílago al 1%, 2% y 3%. Así también, respecto al módulo de rotura se aprecia que el valor F fue de 22.468, con significancia de 0.000, la cual es menor a 0.05, indicando que hubo diferencias significativas entre las mediciones realizadas para la muestra estándar y las muestras con adiciones de mucílago al 1%, 2% y 3%. Del mismo modo para la trabajabilidad se aprecia que el resultado del estadístico de prueba F fue de 16.925, con significancia de 0.001, indicando que hubo diferencias significativas entre las mediciones encontradas para el concreto estándar y concretos con adiciones de mucílago al 1%, 2% y 3%. En consecuencia, a un nivel de confianza del 95% y una margen de error del 5%, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. Por tanto, los resultados obtenidos indican que se encontró diferencias para el esfuerzo a la compresión, módulo de rotura y trabajabilidad, por tanto, cada uno de los elementos analizados aportan a las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos.

Estos resultados se asemejan parcialmente a lo analizado por Días y otros (2019) quienes sostienen que la resistencia del concreto disminuyó, el inicio de la corrosión se retrasó y la velocidad de corrosión fue menor para las muestras con mucílago de cactaceae. La conservación y el almacenamiento de este aditivo antes de usarse en el concreto, puede ser un desafío para analizar. De lo estipulado por los investigadores, quienes hacen referencia al cuidado que se debe tener con la corrosión del concreto, hecho que se aprecia cuando no se maneja bien la dosificación del mucílago, sin embargo, para la presente investigación el porcentaje que mejor ha portado a la trabajabilidad, fue el concreto con adición

de 3% de mucílago, seguidos por concretos con adiciones del 1% y 2%; así como también, para la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, el porcentaje de mejor aporte fue la adición del 1% de mucílago; observándose además, resultados desfavorables de la adición de 2% y 3% de mucílago, las cuales no superan las asignaciones teóricas planteadas para el concreto hidráulico para aplicación en pavimentos rígidos.

Respecto al primer objetivo específico que consistió en determinar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la trabajabilidad del concreto hidráulico, los resultados descriptivos dan cuenta que la trabajabilidad a través del asentamiento estuvo en un rango promedio de 3.05'' para el concreto patrón, 3.56'' para el concreto con adición de mucílago de 1%, 4.03'' para el concreto con adición de 2% y 4.50'' para el concreto con adición de mucílago de 3%; obteniéndose un mejor resultado de trabajabilidad con la adición de 3% de mucílago, la cual supera en 50% a la trabajabilidad obtenida en el diseño patrón. Así también, respecto al análisis inferencial mediante el Análisis de Varianza (ANOVA), cuya regla de decisión es la prueba F de Fisher, cuyo valor es 16.925, con significancia de 0.001, la cual es menor a 0.05 (significancia teórica), entonces hubo efecto de la adición de mucílago en la trabajabilidad del concreto en prueba patrón y pruebas con adiciones de mucílago de cactaceae de 1%, 2% y 3%. Por tanto, la adición del mucílago cactáceo al concreto hidráulico, mejora su trabajabilidad. Los resultados evaluados son confirmados mediante la prueba de Tukey, que evalúa diferencias significativas entre sus pares de medias, en ellas se encontró que la significancia del par de medias Patrón – Concreto con 1% de mucílago fue de 0.894, para el par Patrón – Concreto con 2% de mucílago fue de 0.939 y para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago fue de 1.00, por tanto,

se evidencia que no hubo diferencias significativas entre sus pares de medias, por lo que los valores no son muy distantes del uno y el otro, indicando que la variación de la trabajabilidad no fue muy pronunciada en todas las verificaciones realizadas.

Los resultados obtenidos se contrastan con lo analizado por Cano y León (2016) quienes sostienen que los potenciadores de viscosidad derivados de fuentes biológicas son polímeros que tienen un alto peso molecular, son solubles en agua o forman dispersiones coloidales y se utilizan para aumentar la viscosidad y la cohesión de los materiales a base de cemento para la industria de la construcción. De lo establecido por los investigadores, es preciso señalar que la viscosidad es un factor importante para la trabajabilidad del concreto, tal es así, que dependerá plenamente de la capacidad de dosificación en el porcentaje de adición de mucílago para que la trabajabilidad del concreto sea el esperado, pues, en el caso de la presente investigación, la trabajabilidad del concreto hidráulico han sido los correctos, debido a que según las mediciones realizadas mediante el cono Abrams, la trabajabilidad para el concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% y 3% de mucílago se mantuvieron mayor a 3''; observándose así, mayor trabajabilidad con la adición de mucílago de 3%, haciendo inferir que a mayor porcentaje de adición de mucílago, mayor será la trabajabilidad del concreto.

Respecto al segundo objetivo específico, que consistió en determinar el efecto de la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico en la resistencia a la compresión axial. Los resultados obtenidos dan cuenta que la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto patrón fue de 200.77 kg/cm², para concreto con adición al 1% de mucílago una resistencia a la compresión de

229.93 kg/cm², para concreto con 2% de mucílago 214.83 kg/cm², para concreto con 3% de mucílago 195.77 kg/cm², evidenciando que en los primeros 7 días la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y 3% de mucílago, si bien se aprecia que hubo aporte de los demás, estas no superaron el diseño propuesto teóricamente que fue de 280 kg/cm², en donde el concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago, no se acercan a lo más mínimo. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la compresión a medida que el tiempo de curado sea mayor. A los 14 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 254.80 kg/cm², el concreto con adición de 1% de mucílago una resistencia a la compresión de 262.83 kg/cm², el concreto con 2% de mucílago 237.27 kg/cm² y el concreto con 3% de mucílago 218.17 kg/cm² evidenciando que a los 14 días el concreto con adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguido del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente, si bien se aprecia que en estos dos últimos no hubo aporte, ya que estas no superaron al concreto patrón, ni se acercan a lo más mínimo. Y a los 28 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 291.00 kg/cm², para concreto con adición de 1% de mucílago una resistencia a la compresión de 298.63 kg/cm², para concreto con 2% de mucílago 259.43 kg/cm² y para concreto con 3% de mucílago 249.30 kg/cm², evidenciando que a los 28 días, la adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguido del concreto patrón la cual supera la resistencia a la compresión teórica propuesta que fue de 280 kg/cm². Por otro lado, en concretos con adición de 2% de mucílago y 3% de mucílago,

hubo poquísimo aporte a la resistencia a la compresión, pero, estas se alejan negativamente al diseño propuesto teóricamente que fue de 280 kg/cm^2 , por lo tanto, estos dos últimos no son los valores óptimos que se buscan para la resistencia a la compresión para un concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos.

El resultado inferencial, mediante al análisis de varianza para la resistencia a la compresión axial para el concreto hidráulico a los 7 días, el valor obtenido del estadístico de prueba F fue de 5.673, con significancia de 0.022, la cual es menor a 0.05, lo que indica que existe diferencias significativas entre pares de medias, es decir, que los resultados obtenidos para la compresión axial del concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago, son diferentes y significativos, lo mismo ocurre para la medición de la resistencia a la compresión del concreto a los 14 y 28 días, cuyos valores F son 24.928 y 36.692 respectivamente, con significancia de 0.000 y 0.000 respectivamente, por tanto, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. En consecuencia, la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la compresión axial. La prueba Tukey, que evalúa diferencias significativas entre tratamientos aplicados, muestra que la resistencia a la compresión axial para el concreto hidráulico patrón y con adición de mucílago cactáceo de 1%, 2% y 3%, a los 7 días, donde la significancia para el par Patrón – Concreto con 1% de mucílago fue de 0.050, para el par Patrón – Concreto con 2% de mucílago fue de 0.459 y para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago es 0.944, lo que indica que no hubo diferencias significativas para las mediciones obtenidas para la resistencia a la compresión, debido a que el valor promedio para cada uno de ellos estuvo cercano al otro. Por

otro lado los esfuerzos a la compresión para el concreto patrón fue de 200.77 kg/cm², para el concreto con 1% mucílago 229.93 kg/cm², para el concreto con 2% mucílago 214.83 kg/cm² y para el concreto con 3% mucílago 195.77 kg/cm², estadísticamente no se aprecian diferencias muy marcadas. A los 14 días la significancia para el par Patrón – Concreto con 1% de mucílago es 0.050, para par Patrón – Concreto con 2% de mucílago es 0.404, por tanto, no se evidencian diferencias marcadas en sus pares de medias, por lo tanto, no son significativos, sin embargo, para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago es 0.024, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existen diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. Esto explica los resultados promedios obtenidos en el esfuerzo a la compresión, cuyos valores para el concreto patrón es 254.8 kg/cm², para el concreto con 1% mucílago es 262.83 kg/cm², para el concreto con 2% mucílago 237.27 kg/cm² y para el concreto con 3% mucílago 218.17 kg/cm², estadísticamente no se aprecian diferencias muy marcadas salvo en el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago. Finalmente, para la resistencia a la compresión a los 28 días, la significancia para el par Patrón – Concreto con 1% de mucílago es 0.551, por tanto, no hubo diferencias significativas entre dichos pares de medias dado que sus valores promedios no son estadísticamente diferentes. Sin embargo, para el par Patrón – Concreto con 2% de mucílago es 0.002, para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago es 0.000, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existen diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. Por tanto, los resultados promedios para la resistencia de compresión para el concreto hidráulico patrón es 291.00 kg/cm², para el concreto con 1% mucílago 298.63 kg/cm², para el concreto con 2% mucílago 259.43

kg/cm² y para el concreto con 3% mucílago 249.30 kg/cm², es importante destacar la dosificación realizada al 1% de mucílago, ya que ha sido el que mejor resistencia a la compresión ha experimentado en los ensayos realizados y queda estadísticamente comprobado, debido a que no hubo diferencias significativas entre la media de la resistencia a la compresión del patrón 291.00 kg/cm², frente a 298.63 kg/cm² para el concreto con 1% de mucílago, así también se aprecia que los demás concretos con adiciones del 2% y 3% de mucílago no aportan resistencia a la compresión del concreto hidráulico respecto al diseño propuesto de 280 kg/cm².

Estos resultados contrastan con lo analizado por Huerta (2020) quien en su investigación mostraron que con diferentes concentraciones de aditivos (mucílago de cactus) (0,25%, 0,50%; 0,75% y 1.0%) se observó que mejoraron su consistencia (cm) (fluidez), las muestras experimentales con aditivo de mucílago del cactus tuvieron mayor resistencia a la compresión del concreto que sus similares (muestras patrones) durante el tiempo que duró el experimento (28 días). Finalmente concluyó que el uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo influye en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto. Los resultados evaluados por el investigador se relacionan con lo encontrado para la resistencia a la compresión en la presente investigación, lo cual se evidencia en que la adición de 1% de mucílago ha mostrado mejor resistencia en comparación con el concreto patrón y los concretos con adiciones de 2% y 3% de mucílago, sin embargo, es preciso destacar que las dos últimas no han aportado resistencia al concreto, al contrario se debilitaron sus resistencias, debido a que fue menor a lo requerido, la cual debe ser superior a 280 kg/cm².

Respecto del tercer objetivo específico, que consistió en determinar el

efecto de la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico en la resistencia a la flexión, los resultados descriptivos para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico a los 7 días fueron: para el concreto patrón el esfuerzo a la flexión fue de 56.20 kg/cm², para concreto con adición de 1% de mucílago fue de 59.20 kg/cm², para concreto con 2% de mucílago fue de 54.73 kg/cm², para concreto con 3% de mucílago fue de 51.33 kg/cm², evidenciando que en los primeros 7 días la adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión a medida que el tiempo de curado sea mayor. A los 14 días el concreto patrón obtuvo una resistencia a la flexión de 67.90 kg/cm², el concreto con adición al 1% de mucílago un esfuerzo a la flexión de 71.93 kg/cm², el concreto con 2% de mucílago 66.73 kg/cm² y el concreto con 3% de mucílago 63.83 kg/cm², evidenciando que a los 14 días, la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguido del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión a los 14 días de realizado los ensayos. Y a los 28 días el concreto patrón obtuvo un esfuerzo a la flexión de 77.8 kg/cm², el concreto con adición de 1% de mucílago un esfuerzo a la flexión de 83.60 kg/cm², el concreto con 2% de mucílago 75.57 kg/cm², y el concreto con 3% de mucílago 68.73 kg/cm², evidenciando que en los 28 días la adición al 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de

mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión a los 28 días.

Respecto al análisis inferencial mediante el Análisis de Varianza para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico a los 7 días, el valor del estadístico de prueba F fue de 31.532, con una significancia de 0.000, la cual es menor a 0.05, indicando que existe diferencias significativas entre pares de medias, es decir, que los resultados obtenidos para el esfuerzo a la flexión del concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago son diferentes y significativos, lo mismo ocurre para la medición del esfuerzo a la flexión del concreto a los 14 y 28 días cuyos valores F fueron 34.062 y 56.306 respectivamente y con significancia de 0.000 y 0.000 respectivamente, por tanto, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. En consecuencia, la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia flexión. Estos resultados se analiza a más detalle con la prueba de diferencias medias de Tukey para la resistencia a la flexión, cuyos resultados a los 7 días fueron: la significancia para el par Patrón – Concreto con 1% de mucílago fue de 0.027, indicando que hubo diferencias significativas para el esfuerzo a la flexión, para el par Patrón – Concreto con 2% de mucílago fue de 0.347, indicando que no hay diferencias significativas, y para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago fue de 0.002, lo que indica que hubo diferencias significativas para las mediciones obtenidas para el esfuerzo a la flexión. Para el esfuerzo a la compresión a los 14 días, la significancia para el par Patrón – Concreto con 1% de mucílago fue de 0.0050, por tanto, se evidencian diferencias significativas en sus pares de medias, por lo tanto, son significativos, para el par Patrón – Concreto con 2% de mucílago fue de 0.515, por tanto, no se evidencian diferencias marcadas en sus pares de medias, por lo tanto, no son significativos,

sin embargo, para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago fue de 0.005, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existe diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. Finalmente, para el esfuerzo a la compresión a los 28 días, la significancia para el par Patrón – Concreto con 1% de mucílago fue de 0.005, por tanto, se evidencia que hubo diferencias significativas entre dichos pares de medias, dado que sus valores promedios son estadísticamente diferentes. Sin embargo, para el par Patrón – Concreto con 2% de mucílago fue de 0.289, lo que evidencia que no hubo diferencias significativas entre sus pares de medias, para el par Patrón – Concreto con 3% de mucílago fue de 0.000, lo que indica que hubo diferencias significativas para la medición obtenida, por tanto, existe diferencias marcadas entre sus pares de medias encontradas. En fin, es importante destacar la dosificación realizada para el Concreto con 1% de mucílago ya que ha sido el que mejor resistencia a la flexión ha experimentado en los ensayos realizados y queda estadísticamente comprobado debido a que no hubo diferencias marcadas entre la media de la resistencia a la flexión del concreto patrón que fue de 77.80 kg/cm², frente a 83.60 kg/cm² del concreto con 1% de mucílago, así también, se aprecia que las demás muestras con adiciones del 2% y 3% de mucílago, no mejoran la resistencia a la flexión del concreto hidráulico respecto al concreto patrón.

Estos resultados se asemejan a lo estudiado por Oloya y Ponce (2019), quien en su investigación concluyó que el cactus *Echinopsis pachanoi* al 1.5% en el concreto para la aplicación propuesta en esta investigación (losas y pavimentos), teniendo en consideración los beneficios sociales, económicos y ambientales que ofrece el mucílago de cactus *Echinopsis pachanoi*. De lo referido por el investigador es importante destacar que los beneficios del mucílago con

adición al 1.5% de mucílago cuyos resultados mejoraron el comportamiento del esfuerzo a la compresión mayor a 210 kg/cm² así como también al esfuerzo a la flexión, por tanto, también es necesario destacar que en la presente investigación, se encontró diferencias significativas entre la adición de mucílago al 1% para la resistencia a la flexión, que es muy superior a la del concreto patrón, así como también a las del concreto con adición del 2% y 3% de mucílago, cuyas resistencias a la flexión de las dos últimas está por debajo del estándar permitido. Finalmente, el que mejor aporta en resistencia a la flexión, es la adición al 1% de mucílago al concreto hidráulico.

Respecto al cuarto objetivo específico, que consistió en determinar el espesor óptimo de losa del pavimento rígido para la vía en estudio, mediante la metodología AASHTO-93, en función de los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con la adición de mucílago de cactaceae, se determinó que el espesor óptimo de la losa mediante dicha metodología es menor a 20 cm.

CONCLUSIONES

- Se analizó el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico, para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022. Puesto que se evidenció diferencias para el esfuerzo a la compresión, módulo de rotura y trabajabilidad entre el concreto patrón y concretos con adiciones de 1%, 2% y 3% de mucílago, por tanto, cada uno de los elementos analizados tienen efectos sobre las propiedades del concreto para su aplicación en pavimentos rígidos.
- Se determinó el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la trabajabilidad del concreto hidráulico, por tanto, la trabajabilidad para el concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago se mantuvieron mayor a 3'' observándose mayor trabajabilidad con la adición de 3% de mucílago, la cual supera en 50% al diseño teórico, haciendo inferir que a mayor porcentaje de adición de mucílago, también se logra mayor trabajabilidad. Según el Análisis de Varianza (ANOVA) cuya regla de decisión es la prueba F de Fisher, que arrojó un valor de 16.925, con significancia de 0.001, la cual es menor a 0.05 (significancia teórica), entonces se infiere que hubo efecto en la trabajabilidad del concreto patrón y en concretos con adiciones de mucílago de cactaceae al 1%, 2% y 3%. Por tanto, la adición del mucílago cactáceo al concreto hidráulico, mejora su trabajabilidad
- Se determinó el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico, puesto que el concreto patrón o estándar obtuvo una resistencia a la compresión de 291.00 kg/cm², el concreto con adición de 1% de mucílago una resistencia a la compresión de 298.63 kg/cm², el concreto con 2% de mucílago 259.43 kg/cm² y el concreto con 3% de mucílago 249.30 kg/cm², evidenciando que después de concluido el ciclo de curación la adición al 1% de

mucílago es el que mejor resistencia a la compresión ha aportado, seguido del concreto patrón la cual supera la resistencia a la compresión teórica propuesta que fue de 280 kg/cm^2 . Por otro lado, el concreto con adición de 2% de mucílago y 3% de mucílago no tuvieron aportes a la resistencia a la compresión propuesto teóricamente que fue de 280 kg/cm^2 . El análisis de varianza para la resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico a los 7 días de curación, arroja un valor del estadístico de prueba F igual a 5.673, con significancia de 0.022, la cual es menor a 0.05, lo que indica que existe diferencias significativas entre pares de medias, es decir, que los resultados obtenidos para la compresión axial para el concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente, son diferentes y significativos, lo mismo ocurre para la medición de la resistencia a la compresión del concreto a los 14 y 28 días de curación, cuyos valores F son 24.928 y 36.692 respectivamente, con significancia de 0.000 y 0.000 respectivamente, por tanto, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. En consecuencia, la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia a la compresión axial, siendo la muestra con adición del 1% de mucílago de cactaceae y con 28 días de curación el que incrementa la resistencia a la compresión por encima de la resistencia requerida de 280 kg/cm^2 .

- Se determinó el efecto de la adición de mucílago de cactaceae en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico. Ya que el concreto patrón obtuvo una resistencia a la flexión de 77.8 kg/cm^2 , el concreto con adición de 1% de mucílago una resistencia a la flexión de 83.60 kg/cm^2 , el concreto con 2% de mucílago 75.57 kg/cm^2 y el concreto con 3% 68.73 kg/cm^2 , evidenciando que a los 28 días de curación la adición de 1% de mucílago es el que mejor resistencia a la flexión aportó, seguidos del

concreto patrón, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago respectivamente. Sin embargo, el concreto con el 1% de mucílago tiende a generar mejor resistencia a la flexión al finalizar el periodo de curación. En el Análisis de Varianza para la resistencia a la flexión del concreto hidráulico a los 7 días, el valor del estadístico de prueba F es 31.532, con significancia de 0.000, la cual es menor a 0.05, lo que indica que existe diferencias significativas entre pares de medias, es decir, que los resultados obtenidos para la resistencia a la flexión del concreto patrón, concreto con 1% de mucílago, concreto con 2% de mucílago y concreto con 3% de mucílago, son diferentes y significativos, lo mismo ocurre para la medición de la resistencia a la flexión del concreto a los 14 y 28 días de curación cuyos valores F son 34.062 y 56.306 respectivamente y con significancia de 0.000 y 0.000 respectivamente, por tanto, se admite la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula. En consecuencia, la adición de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico, mejora significativamente su resistencia flexión, siendo la muestra con adición del 1% de mucílago y con de 28 días de curación el que incrementa la resistencia a la flexión por encima de la resistencia requerida de 280 kg/cm².

- Se determinó el espesor óptimo de la losa de la pavimentación para la vía en estudio, mediante la metodología AASHTO-93, a partir de los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico con la adición de mucílago de cactaceae. Pues, el espesor óptimo de la losa se logró con la muestra de 28 días de curación adicionada al 1% de mucílago de cactaceae, siendo ésta menor a 20 cm.

RECOMENDACIONES

- En la presente investigación se recomienda utilizar la adición de 1% de mucílago de cactaceae en el concreto hidráulico y con 28 de días de curación, para su aplicación en pavimentos rígidos, dado que según los resultados obtenidos se encontró que este ha desarrollado mejor trabajabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.
- Se recomienda adicionar el 1% de mucílago de cactaceae para mejorar la trabajabilidad del concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, dado que según lo analizado en la presente investigación la adición del 3% es la que mejor trabajabilidad ha desarrollado en el concreto hidráulico, sin embargo, no es el apropiado para su aplicación en pavimentos rígidos, ya que reduce su resistencia.
- Se recomienda adicionar el 1% de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico para mejorar su resistencia a la compresión axial, y con 28 de curación, dado que según lo analizado en la presente investigación, es la que mejor resistencia a la compresión ha desarrollado en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos.
- Se recomienda adicionar el 1% de mucílago de cactaceae al concreto hidráulico para mejorar su resistencia a la flexión, y con 28 de curación, dado que según lo analizado en la presente investigación, es la que mejor resistencia a la flexión ha desarrollado en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos.
- Se sugiere diseñar pavimentos rígidos con el 1% de adición de mucílago de cactaceae en el concreto a los 28 días de curación, con la finalidad de obtener una reducción de los espesores de losa en los pavimentos rígidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraján Villaseñor, M. A. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Benites Espinoza, J. & Jaramillo Cotrina, C. J. (2022). *Diseño de pavimento rígido con el método de losas cortas de la avenida Walker Soberon*. (Tesis de pregrado). Repositorio institucional-Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, 2022.
- Briceño Flores, H. (2021). *Propuesta de diseño de un pavimento rígido para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la localidad de Leoncio Prado-Picota-San Martín*. (Tesis de pregrado). Repositorio institucional-Universidad Científica del Perú, Tarapoto, 2021.
- Carbajal, E. P. (1993). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Carrasco Díaz, S. (2006). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA (A. J. Paredes Galván (ed.); Primera ed).**
- Cano-Barrita, P. D. J., & León-Martínez, F. M. (2016). Biopolymers with viscosity-enhancing properties for concrete. In *Biopolymers and biotech admixtures for eco-efficient construction materials* (pp. 221-252). Woodhead Publishing.
- Cespedes Martinez, J. (2023). *Propuesta de diseño de capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de pavementdesigner para la rehabilitación del pavimento flexible en el jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023*. Huánuco.
- Díaz-Blanco, Y., Menchaca-Campos, C., Rocabrúno-Valdés, C. I., & 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.

Fernández Quispe, W. & Galván Cabrera, D.(2021). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe incluyendo mucílago de cactus, Víctor fajardo, Ayacucho-2021.* (Tesis de pregrado). Repositorio institucional- Universidad César vallejo, Lima, 2021.

Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Sexta ed, Vol. 148).

Huerta Maza, M. A. (2020). *Uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de inventarios viales.* MTC, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.* MTC, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos.* MTC, Perú

Neville, A. (1998). *Mantenimiento y Durabilidad de las Estructuras.*

Oloya Pérez, R. A., & Ponce Mendoza, G. V. J. (2019). *Influencia del uso del mucílago de cactus echinopsis pachanoi como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo.*

Ticlla, J. (2010). *Diseño de Mezcla de Concreto*

Rivva López, E. (2002). *Concreto de Alta Resistencia* (1ra ed). Fondo Editorial ICG.

Primo, C. (2014). Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opundia Ficus- Indica) en la resistencia a la compresión del concreto.

Romero-Saldaña , M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal.


Rodríguez González, S. (2013). *Caracterización química del mucílago de seis especies de Opuntia colectadas en Morelia, Michoacán y municipios aledaños.*

Sotil, A. (2014). *Estado del arte de la ingeniería de pavimentos. Saber y Hacer, 1(1), 77-83.*

ANEXOS

Anexo 01. Instrumentos de recolección de datos

- Instrumento para la clasificación de suelos



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/01/2023

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022
SOLICITANTE : Elmer Walle Portar Hinostroza
UBICACIÓN : Cayhuayna- Pilloco Marca- Huánuco- Huánuco
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Profundidad : 0.10 - 1.50 m **Fecha de ensayo:** 1/12/2022

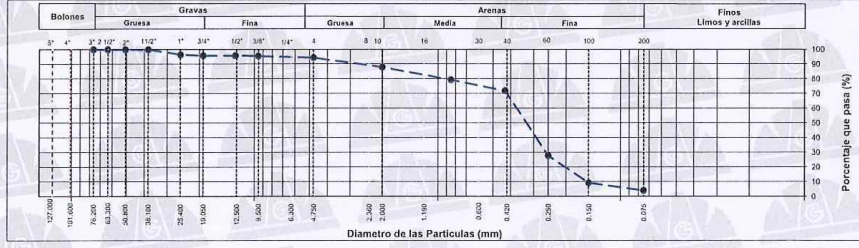
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)
2 1/2"	63.500	100.00		Contenido Humedad (%) 2.9
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)
1 1/2"	38.100	100.00		Límite Líquido (LL) N.P
1"	25.400	96.54		Límite Plástico (LP) N.P
3/4"	19.050	95.95		Índice Plástico (IP) N.P
1/2"	12.700	95.95		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913)
3/8"	9.530	95.64		Grava (%) 5.6
Nº 4	4.750	94.44		Arena (%) 90.2
Nº 10	2.000	87.96		Finos (%) 4.2
Nº 20	0.850	79.40	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Nº 40	0.430	71.96	Clasificación SUCS (ASTM D2487) SP	
Nº 60	0.250	27.80	Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-3 (0)	
Nº 100	0.150	9.36	Nombre del Grupo	
Nº 200	0.075	4.19	Arena pobremente gradada	

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: SP Arena pobremente gradada
ASTM 2488

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:




- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110 ± 5 °C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodríguez Téc. de Laboratorio	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 29974	 José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/01/2023
PROYECTO : EFECTO DE LA ADICION DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022			
SOLICITANTE : Elmer Wulle Portar Hinojosa			
UBICACIÓN : Cayhuayna- Píllco Marca- Huánuco- Huánuco			
Calicata : C-2			
Muestra : M-1			
Profundidad : 0.10 - 1.50 m			
Fecha de ensayo:			1/12/2022

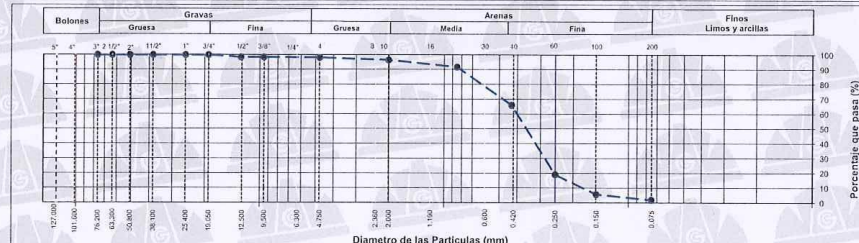
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76.200	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
2 1/2"	63.500	100.00		Contenido Humedad (%)		0.7
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		
1 1/2"	38.100	100.00		Límite Líquido (LL)		N.P
1"	25.400	100.00		Límite Plástico (LP)		N.P
3/4"	19.050	100.00		Índice Plástico (IP)		N.P
1/2"	12.700	98.43		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913)		
3/8"	9.530	98.43		Grava (%)		Arena (%)
N° 4	4.750	98.17		1.8		96.1
N° 10	2.000	96.54				Finos (%)
N° 20	0.850	91.85				2.0
N° 40	0.430	66.05		CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
N° 60	0.250	19.12		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		SP
N° 100	0.150	5.75		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)		A-3 (0)
N° 200	0.075	2.04		Nombre del Grupo		
				Arena pobremente gradada		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: SP Arena pobremente gradada
ASTM 2488

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodriguez Jefe de Laboratorio	 JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
Mz B, Lt 57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
Urb. San Antonio de Carabayllo
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/01/2023

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICION DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUANUCO 2022
SOLICITANTE : Elmer Wulle Portar Hinostroza
UBICACIÓN : Cayhuayna- Pilco Marca- Huanuco- Huanuco
Calicata : C-3
Muestra : M-1
Profundidad : 0.10 - 1.50 m **Fecha de ensayo:** 1/12/2022

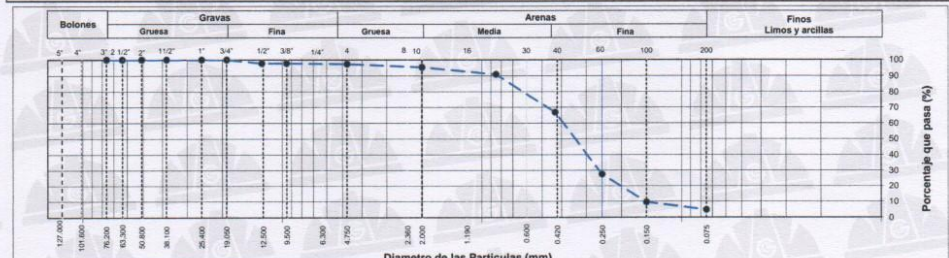
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 2.4
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) N.P. Límite Plástico (LP) N.P. Índice Plástico (IP) N.P.
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	97.79		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913) Grava (%) 2.7 Arena (%) 92.6 Finos (%) 4.8
3/8"	9.530	97.79		
Nº 4	4.750	97.34		CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SP Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-3 (0)
Nº 10	2.000	95.33		
Nº 20	0.850	90.94		Nombre del Grupo Arena pobremente graduada
Nº 40	0.430	66.90		
Nº 60	0.250	27.53		
Nº 100	0.150	9.56		
Nº 200	0.075	4.79		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: SP Arena pobremente graduada
ASTM 2486

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110±5°C.

CURVA GRANULOMÉTRICA




OBSERVACIONES:
• Muestra provista e identificada por el solicitante.
• Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

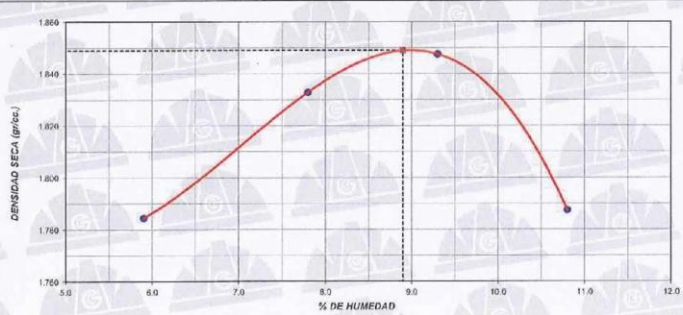



Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe


- Instrumento para el ensayo compactación Proctor Modificado






GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD


RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
 www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Código</td> <td>FOR-LAB-MS-011</td> </tr> <tr> <td>Revisión</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Aprobado</td> <td>CC</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>02/01/2022</td> </tr> </table>	Código	FOR-LAB-MS-011	Revisión	2	Aprobado	CC	Fecha	02/01/2022																																																																												
Código	FOR-LAB-MS-011																																																																																					
Revisión	2																																																																																					
Aprobado	CC																																																																																					
Fecha	02/01/2022																																																																																					
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1557 / MTC E - 115																																																																																						
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Elmer Wuile Portar Hinojosa PROYECTO : EFECTO DE LA ADICION DE MUCILAGOS DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUANUCO 2022 UBICACIÓN : Cayhuayna- Píllco Marca- Huánuco- Huánuco CALICATA : C-3 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m																																																																																						
Fecha de ensayo: 01/12/2022																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Volumen Molde</td> <td>2116</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td>6513</td> <td>gr.</td> </tr> </table>			Volumen Molde	2116	cm ³	Peso Molde	6513	gr.																																																																														
Volumen Molde	2116	cm ³																																																																																				
Peso Molde	6513	gr.																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">NUMERO DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Suelo + Molde</td> <td>gr.</td> <td>10,512</td> <td>10,694</td> <td>10,785</td> <td>10,704</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo Compactado</td> <td>gr.</td> <td>3,999</td> <td>4,181</td> <td>4,273</td> <td>4,191</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Volumétrico Humedo</td> <td>gr/cm³</td> <td>1,890</td> <td>1,976</td> <td>2,019</td> <td>1,981</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recipiente Numero</td> <td></td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo + Tara</td> <td>gr.</td> <td>613.4</td> <td>628.1</td> <td>605.4</td> <td>594.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco + Tara</td> <td>gr.</td> <td>579.2</td> <td>582.6</td> <td>553.9</td> <td>536.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Tara</td> <td>gr.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>gr.</td> <td>34.2</td> <td>45.5</td> <td>51.5</td> <td>58.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>gr.</td> <td>579</td> <td>583</td> <td>554</td> <td>537</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de agua</td> <td>%</td> <td>5.9</td> <td>7.8</td> <td>9.3</td> <td>10.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca</td> <td>gr/cm³</td> <td>1.785</td> <td>1.833</td> <td>1.848</td> <td>1.788</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5	Peso Suelo + Molde	gr.	10,512	10,694	10,785	10,704		Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,999	4,181	4,273	4,191		Peso Volumétrico Humedo	gr/cm ³	1,890	1,976	2,019	1,981		Recipiente Numero		A	B	C	D		Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	613.4	628.1	605.4	594.6		Peso Suelo Seco + Tara	gr.	579.2	582.6	553.9	536.6		Peso de la Tara	gr.						Peso del agua	gr.	34.2	45.5	51.5	58.0		Peso del suelo seco	gr.	579	583	554	537		Contenido de agua	%	5.9	7.8	9.3	10.8		Densidad Seca	gr/cm ³	1.785	1.833	1.848	1.788	
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5																																																																																
Peso Suelo + Molde	gr.	10,512	10,694	10,785	10,704																																																																																	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,999	4,181	4,273	4,191																																																																																	
Peso Volumétrico Humedo	gr/cm ³	1,890	1,976	2,019	1,981																																																																																	
Recipiente Numero		A	B	C	D																																																																																	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	613.4	628.1	605.4	594.6																																																																																	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	579.2	582.6	553.9	536.6																																																																																	
Peso de la Tara	gr.																																																																																					
Peso del agua	gr.	34.2	45.5	51.5	58.0																																																																																	
Peso del suelo seco	gr.	579	583	554	537																																																																																	
Contenido de agua	%	5.9	7.8	9.3	10.8																																																																																	
Densidad Seca	gr/cm ³	1.785	1.833	1.848	1.788																																																																																	
Densidad Máxima Seca: 1.848 gr/cm ³ Contenido Humedad Óptima: 8.9 %																																																																																						
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA																																																																																						
																																																																																						
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante. * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.																																																																																						
Elaborado por:  Katherine R. Toribio Rodríguez JEFE DE LABORATORIO DE LABORATORIO	Revisado por:  Glider García Guzmán INGENIERO DE SUELOS Y FUNDACIONES	Aprobado por:  José L. López García TÉCNICO DE LABORATORIO																																																																																				
GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS																																																																																						
Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe Gerencia@geocontrolperu.com.pe																																																																																						

- 

GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD
- RUC 20609900327**
- Cel: 963 583 788 - 933 910 417
- Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
- www.geocontrolperu.com.pe
- | | | | | |
|--|--|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | | Revisión | 2 |
| | | | Aprobado | CC |
| | | | Fecha | 02/01/2022 |
| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132 | | | | |
| <p>REFERENCIA : Datos de laboratorio</p> <p>SOLICITANTE : Elmer Wulle Portar Hinojosa</p> <p>PROYECTO : EFECTO DE LA ADICION DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRAULICO PARA SU APLICACION EN PAVIMENTOS RIGIDOS, HUANUCO 2022</p> <p>UBICACION : Cayhuayna- Pillo Marca- Huánuco- Huánuco</p> <p>CALIGATA : C-3</p> <p>MUESTRA : M-1</p> <p>PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m</p> <p>Fecha de ensayo : 05/12/2022</p> | | | | |
- | CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------|---------------------|--------------------------------|-------------|-----------|---------------------|--------------------------------|-------|----------------|---------------------|--------------------------------|-------|
| Molde (in ²) | C4 | | A1 | | B3 | | | | | | | | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | |
| Número de golpes | 66 | | 25 | | 12 | | | | | | | | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | | | | | | | |
| Peso suelo + molde (gr.) | 11,486 | | 11,075 | | 11,095 | | | | | | | | |
| Peso molde (gr.) | 7,253 | | 7,868 | | 7,228 | | | | | | | | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,235 | | 4,087 | | 3,867 | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2,103 | | 2,133 | | 2,122 | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (gr./cm ³) | 2,014 | | 1,916 | | 1,822 | | | | | | | | |
| Humedad (%) | 8.9 | | 9.0 | | 8.9 | | | | | | | | |
| Densidad Seca (gr./cm ³) | 1,849 | | 1,758 | | 1,673 | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | |
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 564.8 | | 513.4 | | 525.7 | | | | | | | | |
| Tara+suelo seco (gr.) | 518.6 | | 471.0 | | 482.2 | | | | | | | | |
| Peso de agua (gr.) | 46.2 | | 42.4 | | 43.0 | | | | | | | | |
| Peso de tara (gr.) | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 518.6 | | 471.0 | | 482.2 | | | | | | | | |
| Humedad (%) | 8.9 | | 9.0 | | 8.9 | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Dial | Expansión mm % | | Dial | Expansión mm % | | Dial | Expansión mm % | | | |
| NO EXPANSIVO | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| Penetración (mm/g) | Carga Standard (kg/cm ²) | C4 | | | | A1 | | | | B3 | | | |
| | | Carga kg. | kg./cm ² | Corrección kg./cm ² | CBR % | Carga kg. | kg./cm ² | Corrección kg./cm ² | CBR % | Carga kg. | kg./cm ² | Corrección kg./cm ² | CBR % |
| 0.025 | | 23 | 1.2 | | | 17 | 0.9 | | | 10 | 0.5 | | |
| 0.050 | | 171 | 8.7 | | | 128 | 6.5 | | | 77 | 3.9 | | |
| 0.075 | | 322 | 16.4 | | | 242 | 12.3 | | | 145 | 7.4 | | |
| 0.100 | 70.307 | 518 | 26.3 | 23.2 | 33.0 | 369 | 19.7 | 17.6 | 23.0 | 233 | 11.8 | 10.6 | 15.1 |
| 0.150 | | 714 | 36.3 | | | 536 | 27.2 | | | 321 | 16.3 | | |
| 0.200 | 105.460 | 845 | 42.9 | 43.1 | 40.9 | 634 | 32.2 | 32.1 | 30.4 | 380 | 19.3 | 19.4 | 18.4 |
| 0.300 | | 1147 | 58.3 | | | 860 | 43.7 | | | 516 | 26.2 | | |
| 0.400 | | 1394 | 70.8 | | | 1046 | 53.1 | | | 627 | 31.9 | | |
| 0.500 | | 1743 | 88.5 | | | 1307 | 66.4 | | | 784 | 39.6 | | |
- OBSERVACIONES:**
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.
- | | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  <p>GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS</p> <p>Jefe de Laboratorio</p> |  <p>GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS</p> <p>Glader García Guzmán
INGENIERO CIVIL
CIP N° 293143</p> |  <p>GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS</p> <p>CONTROL DE CALIDAD
José L. López García
Técnico de laboratorio</p> |
- Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

- Instrumento para el ensayo relación de soporte california



GEOCONTROL PERU SAC
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

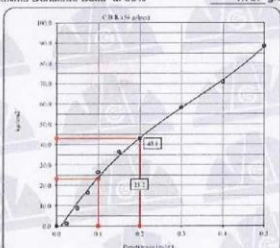
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2022

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1883 / MTC E - 132

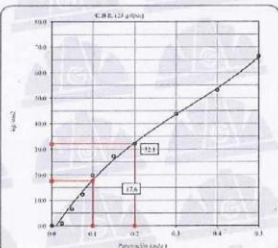
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Elmer Wulle Portar Hinojosa		
PROYECTO	: EFECTO DE LA ADICION DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022		
UBICACIÓN	: Cayhuayna- Pilco Marca- Huánuco- Huánuco		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	05/12/2022
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		

Datos de muestra
 Máxima Densidad Seca : 1.849 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.757 gr./cm³

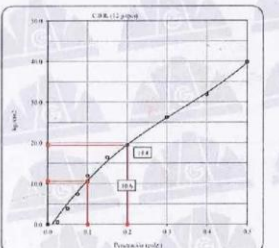
Optimo Contenido de Humedad : 8.9 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 33.0 %

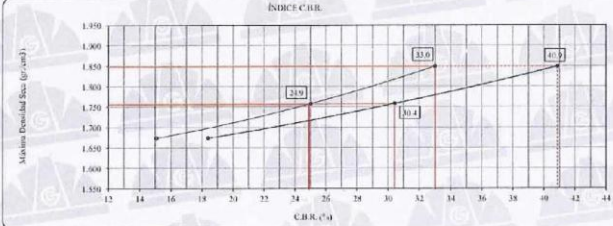


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 25.0 %






C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 15.1 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 33.0 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 24.9 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 40.9 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 30.4 %

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine B. Barrios Rodríguez <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small> Jefe de Laboratorio	 Gilder García Guzmán <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small> Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 José L. López García <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small> Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

- Instrumento para el análisis granulométrico de agregado fino



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro m z B, Lt 57, Los Olivos
 www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA : Datos de laboratorio

SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinojosa

PROYECTO : "Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022"

UBICACIÓN : Lima. Fecha de ensayo: 10/12/2022

MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO INICIAL HÚMEDO (g): 842.2

PESO INICIAL SECO (g): 825.3


CANTERA: YANAG

% W = 2.0




MF = 2.95

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	7.4	0.9	0.9	99.1	95 - 100
Nº8	2.38	134.1	16.2	17.1	82.9	80 - 100
Nº 16	1.19	191.8	23.2	40.3	59.7	50 - 85
Nº 30	0.60	198.6	24.1	64.4	35.6	25 - 60
Nº 50	0.30	134.6	16.3	80.7	19.3	5 - 30
Nº 100	0.15	91.8	11.1	91.8	8.2	0 - 10
FONDO	—	67.0	8.1	99.9	0.1	


— Curva Granulométrica — Esp. Superior — Esp. Inferior



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García TÉCNICO DE CALIDAD Técnico de laboratorio
Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe Gerencia@geocontrolperu.com.pe	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC	

- Instrumento para ensayo de peso específico y absorción de agregado fino.



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128




REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Elmer Wuile Portal Hinojosa		
PROYECTO	: "Efecto de la adición de Muclago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022"		
UBICACIÓN	: Lima		Fecha de ensayo: 10/12/2022

MATERIAL : AGREGADO FINO	CANTERA : YANAG
--------------------------	-----------------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	PROMEDIO
1 Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	966.8	966.9
2 Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	g	653.1	652.6
3 Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	313.7	314.3
4 Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	646.3	646.8
5 Peso del Balón	g/cc	153.1	153.1
6 Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	493.2	493.7
7 Volumen del Balón (V)	cc	500.3	500.3


RESULTADOS			
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.64	2.65
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = ((2)-(5))/(V-W))	g/cc	2.68	2.69
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/((V-W)-(((2)-(5))-A)))	g/cc	2.74	2.74
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((2)-(5))-A)/A*100	%	1.4	1.3

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  Katherine R. Terribio Rodriguez <small>TÉC. DE LABORATORIO</small>	Revisado por:  Glider Garcia Guzman <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small>	Aprobado por:  José L. López García <small>Técnico de laboratorio</small>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

- Instrumento para ensayo de peso unitario de agregado fino.



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

REFERENCIA : Datos de laboratorio

SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinojosa

PROYECTO : "Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022"

UBICACIÓN : Lima. **Fecha de ensayo:** 10/12/2022




MATERIAL : AGREGADO FINO **CANTERA** YANAG

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	5925	5920	5915
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4303	4298	4293
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.537	1.535	1.533
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.535		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6550	6559	6554
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4928	4937	4932
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.760	1.763	1.761
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.762		

OBSERVACIONES:


* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodríguez TEG. DE LABORATORIO Jefe de Laboratorio	Revisado por:  GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 298744 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC
---	--	--

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@geocontrolperu.com.pe

- Instrumento para análisis granulométrico de agregado grueso.



GEOCONTROL PERU
SAC Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro m/z B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LTC-AG-002
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO	Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

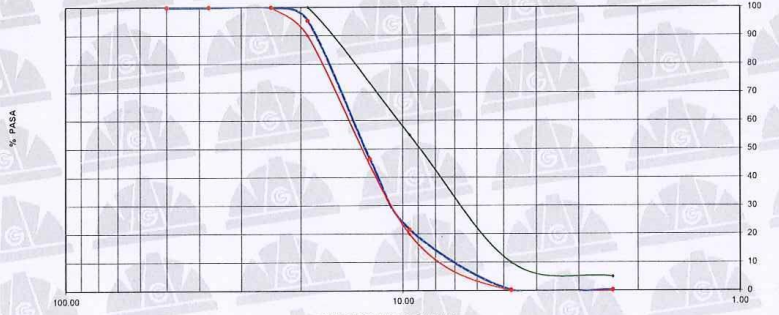
REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinojosa
PROYECTO : "Efecto de la adición de Muclago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022"

UBICACIÓN : Lima **Fecha de ensayo:** 10/12/2022




MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA:** YANAG
PESO INICIAL HÚMEDO (g): 2.114.5 **% W =** 0.4
PESO INICIAL SECO (g): 2.105.4 **MF =** 6.82

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO#67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	99.1	4.7	4.7	95.3	100
1/2"	12.50	1,027.5	48.8	53.5	46.5	90 - 100
3/8"	9.53	524.2	24.9	78.4	21.6	20 - 55
Nº 4	4.76	448.7	21.3	99.7	0.3	0 - 10
Nº 8	2.38	0.8	0.0	99.7	0.3	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	99.7	0.3	
FONDO	--	5.1	0.2	99.9	0.1	


— Curva Granulométrica — Esp. Superior — Esp. Inferior



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodríguez <small>Téc. de Laboratorio</small>	 Gilder García Guzmán <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small>	 José L. López García <small>Técnico de Laboratorio</small>
Jefe de Laboratorio Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe Gerencia@geocontrolperu.com.pe		Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

- Instrumento para ensayo de peso unitario de agregado grueso.



GEOCONTROL PERU SAC
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LTC-AG-018
	PESO UNITARIO	Revisión	2
	DE AGREGADO GRUESO	Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA : Datos de laboratorio

SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinostroza

PROYECTO : "Efecto de la adición de Muclago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022"

UBICACIÓN : Lima. **Fecha de ensayo:** 10/12/2022

MATERIAL : AGREGADO GRUESO




CANTERA: YANAG

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3
1 Peso de la Muestra + Molde	g	29262	29268	29260
2 Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3 Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20062	20068	20060
4 Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5 Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.420	1.420	1.420
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.420		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3
1 Peso de la Muestra + Molde	g	32012	32021	32015
2 Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3 Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22812	22821	22815
4 Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5 Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.614	1.615	1.615
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.615		

OBSERVACIONES:


* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

<p>Elaborado por:</p> <div style="text-align: center;">  <p>Katherine R. Toribio Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO</p> </div> <p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p> <div style="text-align: center;">  <p>Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299744</p> </div> <p>Gerencia de Obras y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p> <div style="text-align: center;">  <p>José L. López García Técnico de laboratorio</p> </div> <p>Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC</p>
--	--	--

GEOCONTROL PERU SAC
Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

- Instrumento para ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso.



GEOCONTROL PERU
SAC
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LAB-MS-009	
		Revisión	2	
		Aprobado	CC-GCP	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

REFERENCIA : Datos de laboratorio

SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinostroza

PROYECTO : "Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022"

UBICACIÓN : Lima **Fecha de ensayo:** 10/12/2022




MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA : YANAG

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A	g	1521.0	1519.0	1520.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca B	g	2401.0	2398.0	2399.5
3	Peso muestra Seco C	g	2365.0	2375.0	2370.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A	g/cc	2.73	2.73	2.73
5	Peso específico de masa = C/B-A	g/cc	2.69	2.70	2.69
6	Peso específico aparente = C/C-A	g/cc	2.80	2.77	2.79
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100	%	1.5	1.0	1.2

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodríguez TEG. DE LABORATORIO	Revisado por:  GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe Gerencia@geocontrolperu.com.pe	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

- Instrumento para medir el asentamiento del concreto de cemento hidráulico



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO
-------------------------------------	--



LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FECHA DE ENSAYO:	20/12/2022
-------------------------	------------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
MDEA (Concreto patrón A)	3.16
MDEB (Concreto patrón B)	3.00
MDEC (Concreto patrón C)	3.00

OBSERVACIONES:
*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:  ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodríguez <small>TÉC. DE LABORATORIO</small>	Revisado por:  Gilder García Guzmán <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small>	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD José L. López García <small>Ing. de laboratorio</small>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO
DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN


FECHA DE ENSAYO:

20/12/2022

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	3.55
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	3.63
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	3.50

OBSERVACIONES:

*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <p>ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Cortés Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO</p>	 <p>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p>	 <p>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de laboratorio</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO
DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FECHA DE ENSAYO:	20/12/2022
------------------	------------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	4.00
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	4.10
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	4.00

OBSERVACIONES:

*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  José L. López García TÉCNICO DE LABORATORIO Control de Calidad GEOCONTROL PERU
--	---	---

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO
DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FECHA DE ENSAYO: 20/12/2022


IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	4.50
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	4.75
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	4.25

OBSERVACIONES:

*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 José L. López García TÉCNICO DE LABORATORIO
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

- Instrumento para el ensayo diseño de mezcla de concreto



GEOCONTROL PERU S.A. Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código: FOR-LAB-CO-001 Revisión: 1 Aprobado: CC-JJ Fecha: 01/01/2022
-------------------------------------	---	---

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio

SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinojosa

TESIS : Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022

UBICACION : LIMA

Fecha de ensayo: 14/12/2022

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MÓDULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA YANAG	2.65	2.95	2.0	1.3	1535.0	1762.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA YANAG	2.69	6.82	0.4	1.2	1420.0	1615.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA YANAG

A) VALORES DE DISEÑO	
1. ASENTAMIENTO	3 pulg
2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
3. RELACIÓN AGUA CEMENTO	0.466
4. AGUA	205
5. TOTAL DE AIRE ATRAPADO %	2.0
6. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.61
7. TEMPERATURA C°	25.5
B) ANÁLISIS DE DISEÑO	
FACTOR CEMENTO	439.771
Volumen absoluto del cemento	Kg/m³
Volumen absoluto del Agua	0.1410 m³/m³
Volumen absoluto del Aire	0.2050 m³/m³
Volumen absoluto del Agregado fino	0.0200 m³/m³
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS	
Volumen absoluto del Agregado fino	0.2678 m³/m³
Volumen absoluto del Agregado grueso	0.3562 m³/m³
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO	
CEMENTO	440 Kg/m³
AGUA	205 Litro
AGREGADO FINO	710 Kg/m³
AGREGADO GRUESO	985 Kg/m³
PESO DE MEZCLA	2340 Kg/m³
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD	
AGREGADO FINO HUMEDO	723.9 Kg/m³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	989.1 Kg/m³
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS	
AGREGADO FINO	-0.70 %
AGREGADO GRUESO	-0.80 %
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA	7.9 Lt/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO	
CEMENTO	440 Kg/m³
AGUA	209 Lt/m³
AGREGADO FINO	724 Kg/m³
AGREGADO GRUESO	989 Kg/m³
PESO DE MEZCLA	2381 Kg/m³
G) CANTIDAD DE MATERIALES (130 Lt.)	
CEMENTO	57.17 Kg
AGUA	27.03 Lt
AGREGADO FINO	94.11 Kg
AGREGADO GRUESO	128.58 Kg
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)	
C	1.0
A.F	1.65
A.G	2.25
H2o	20.1
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0
A.F	1.61
A.G	2.38
H2o	20.1

Elaborado por:

[Firma]

ENSAYO DE MATERIALES
Katherine R. Toribio Rodríguez
Jefe de Laboratorio

Revisado por:

[Firma]

GEOCONTROL PERU S.A. Y SERVICIOS
Óliver García Guzmán
Ingeniero de Control de Calidad
C.O.P. N° 299741

Aprobado por:

[Firma]

GEOCONTROL PERU S.A. Y SERVICIOS
CONTROL DE CALIDAD
José L. López García
Técnico de Laboratorio
Control de Calidad GEOCONTROL PERU

GEOCONTROL PERU S.A. Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	01/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Elmer Wulle Portal Hinostroza
TESIS : Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022
UBICACION : LIMA Fecha de ensayo: 14/12/2022

f'c 280 kg/cm² (1% MUCILAGO DE CACTACEAE)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA YANAG	2.65	2.95	2.0	1.3	1535.0	1762.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA YANAG	2.69	6.82	0.4	1.2	1420.0	1615.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA YANAG

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3	pu/q	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.468		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.61		
7	TEMPERATURA C°			25.5		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO						
	Volumen absoluto del cemento	439.771		Kg/m³	16.3	Bls/m³
	Volumen absoluto del Agua			0.1418	m³/m³	
	Volumen absoluto del Aire			0.2050	m³/m³	
	Volumen absoluto del Grueso			0.0200	m³/m³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2678	m³/m³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3662	m³/m³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			440	Kg/m³	
	AGUA			205	L/m³	
	AGREGADO FINO			710	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			985	Kg/m³	
PESO DE MEZCLA						
				2340	Kg/m³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			723.9	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			989.1	Kg/m³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			%	Lts/m³	
	AGREGADO GRUESO			-0.70	-5.0	
				0.80	7.9	
					2.9	
					207.9	Lts/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			440	Kg/m³	
	AGUA			208	Lts/m³	
	AGREGADO FINO			724	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			989	Kg/m³	
	1% MUCILAGO CACTACEAE			4	Kg/m³	
PESO DE MEZCLA						
				2365	Kg/m³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (130 IL)						
	CEMENTO			57.17	Kg	
	AGUA			27.03	Lts	
	AGREGADO FINO			94.11	Kg	
	AGREGADO GRUESO			128.58	Kg	
	1% MUCILAGO CACTACEAE			0.57	Kg	
PORPORCION EN PESO p3 (húmedo)						
	C	1.0				
	A.F	1.65				
	A.G	2.25				
	H2o	20.1				
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
	C	1.0				
	A.F	1.61				
	A.G	2.38				
	H2o	20.1				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio ING. DEPT. 1000 Rodríguez	Ingeniero de Registro Gilder García Guzmán CIP. N° 299741	Control de Calidad José L. López García Técnico de laboratorio

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	01/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio					
SOLICITANTE	: Elmer Wulle Portal Hinostrero					
TESIS	: Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022					
UBICACION	: LIMA				Fecha de ensayo:	14/12/2022
f'c 280 kg/cm² (2% MUCÍLAGO DE CACTACEAE)						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA YANAG	2.65	2.95	2.0	1.3	1535.0	1762.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA YANAG	2.69	6.82	0.4	1.2	1420.0	1615.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA YANAG						
A)	VALORES DE DISEÑO					
	1	ASENTAMIENTO		3	pulg	
	2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/4"		
	3	RELACION AGUA CEMENTO		0.466		
	4	AGUA		205		
	5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0		
	6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.61		
	7	TEMPERATURA C°		25.5	°c	
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO		439.771			
	Volumen absoluto del cemento			Kg/m³	10.3	Bls/m³
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.1410	m³/m³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.2050	m³/m³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m³/m³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2678	m³/m³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3662	m³/m³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO					
	CEMENTO			440	Kg/m³	
	AGUA			205	L/m³	
	AGREGADO FINO			710	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			985	Kg/m³	
	PESO DE MEZCLA			2340	Kg/m³	
D)	CORRECCION POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			723.9	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			989.1	Kg/m³	
E)	CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
	AGREGADO FINO			%	Lts/m³	
	AGREGADO FINO			-0.70	-5.0	
	AGREGADO GRUESO			0.80	7.9	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				2.9	
					207.9	Lts/m³
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO					
	CEMENTO			440	Kg/m³	
	AGUA			208	Lts/m³	
	AGREGADO FINO			724	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			989	Kg/m³	
	2% MUCÍLAGO CACTACEAE			9	Kg/m³	
G)	PESO DE MEZCLA					
	CANTIDAD DE MATERIALES (130 lt.)			2369	Kg/m³	
	CEMENTO			57.17	Kg	
	AGUA			27.03	Lts	
	AGREGADO FINO			94.11	Kg	
	AGREGADO GRUESO			128.58	Kg	
	2% MUCÍLAGO CACTACEAE			1.14	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
	C	1.0		C	1.0	
	A.F	1.65		A.F	1.61	
	A.G	2.25		A.G	2.38	
	H2o	20.1		H2o	20.1	

Elaborado por:	Aprobado por:
	
Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	José L. López García CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Control de Calidad

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

Instrumento para diseño de mezcla de concreto



RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	01/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Elmer Wulle Portal Hinostroza
TESIS	: Efecto de la adición de Mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022
UBICACION	: LIMA
Fecha de ensayo: 14/12/2022	

f'c 280 kg/cm² (3% MUCILAGO DE CACTACEAE)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA YANAG	2.65	2.95	2.0	1.3	1535.0	1762.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA YANAG	2.69	6.82	0.4	1.2	1420.0	1615.0


MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA YANAG

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.466		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.61		
7	TEMPERATURA C°			25.5	%	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO		439.771		Kg/m³	10.3	Bls/m³
Volumen absoluto del cemento				0.1410	m³/m³	
Volumen absoluto del Agua				0.2050	m³/m³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m³/m³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2578	m³/m³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3662	m³/m³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				440	Kg/m³	
AGUA				205	Lts/m³	
AGREGADO FINO				710	Kg/m³	
AGREGADO GRUESO				985	Kg/m³	
PESO DE MEZCLA				2340	Kg/m³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				723.9	Kg/m³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				989.1	Kg/m³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				0.70	Lts/m³	
AGREGADO GRUESO				0.80	-5.0	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					7.9	
					2.9	
					287.9	Lts/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				440	Kg/m³	
AGUA				208	Lts/m³	
AGREGADO FINO				724	Kg/m³	
AGREGADO GRUESO				989	Kg/m³	
3% MUCILAGO CACTACEAE				13	Kg/m³	
PESO DE MEZCLA				2374	Kg/m³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (130 lt.)						
CEMENTO				57.17	Kg	
AGUA				27.03	Lts	
AGREGADO FINO				94.11	Kg	
AGREGADO GRUESO				128.58	Kg	
3% MUCILAGO CACTACEAE				1.72	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
C				1.0		
A.F				1.61		
A.G				2.38		
H2o				20.1		
PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
C				1.0		
A.F				1.61		
A.G				2.38		
H2o				20.1		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toibio Rodríguez Jefe de Laboratorio	 Gilder García Guzmán Ingeniero de Control de Calidad CIP N° 299741	 José L. López García Técnico de Laboratorio Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

Instrumento para resistencia a la compresión de muestras de concreto cilíndrico.



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO		Código	FOR-LAB-CO-009
			Revisión	2
			Aprobado	CC-GCP
			Fecha	19/01/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11




REFERENCIA	: DATOS DE LABORATORIO
TESISTA	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
TÍTULO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Fecha de emisión: 19/01/2023

IDENTIFICACION DE ESPECIMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MAXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO Kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
MDEA (Concreto patrón A)	20/12/2022	27/12/2022	7	16851.8	78.5	214.6	280.0	76.6
MDEB (Concreto patrón B)	20/12/2022	27/12/2022	7	15162.8	78.5	193.1	280.0	68.9
MDEC (Concreto patrón C)	20/12/2022	27/12/2022	7	15283.5	78.5	194.6	280.0	69.5
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	18632.8	78.5	237.2	280.0	84.7
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	17195.7	78.5	218.9	280.0	78.2
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	18351.0	78.5	233.7	280.0	83.4
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	16230.9	78.5	206.7	280.0	73.8
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	17439.3	78.5	222.0	280.0	79.3
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	16948.3	78.5	215.4	280.0	77.1
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	16368.8	78.5	208.4	280.0	74.4
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	15590.3	78.5	198.5	280.0	70.9
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7	14169.1	78.5	180.4	280.0	64.4

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas.
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de material refrentante (Almohadillas de Neopreno).
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad GEOCONTROL PERU
---	---	--

GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLÍNDRICO		Código	FOR-LAB-CO-009
			Revisión	2
			Aprobado	CC-GCP
			Fecha	19/01/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: DATOS DE LABORATORIO
TESTISTA	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
TÍTULO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
Fecha de emisión: 19/01/2023	

IDENTIFICACION DE ESPECIMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MAXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO Kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
MDEA (Concreto patrón A)	20/12/2022	3/01/2023	14	19516.9	78.5	248.5	280.0	88.7
MDEB (Concreto patrón B)	20/12/2022	3/01/2023	14	19835.1	78.5	252.5	280.0	90.2
MDEC (Concreto patrón C)	20/12/2022	3/01/2023	14	20585.4	78.5	263.4	280.0	94.1
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	20924.3	78.5	266.4	280.0	95.1
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	19995.5	78.5	254.6	280.0	90.9
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	21008.4	78.5	267.5	280.0	95.5
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	19064.4	78.5	242.7	280.0	86.7
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	17986.2	78.5	229.0	280.0	81.8
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	18856.2	78.5	240.1	280.0	85.7
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	17579.0	78.5	223.9	280.0	80.0
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	16814.2	78.5	214.1	280.0	76.5
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14	17007.5	78.5	216.5	280.0	77.3

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas elípticas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de material referente (Almohadillas de Neopreno).
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:  Katherine R. Tarilio Rodríguez Téc. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLÍDRICO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	19/01/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: DATOS DE LABORATORIO
TESISTA	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
TÍTULO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCILAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
Fecha de emisión: 19/01/2023	

IDENTIFICACION DE ESPECIMENES	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MAXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO Kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
MDEA (Concreto patrón A)	20/12/2022	17/01/2023	28	22598.7	78.5	287.7	280.0	102.8
MDEB (Concreto patrón B)	20/12/2022	17/01/2023	28	23187.9	78.5	295.2	280.0	105.4
MDEC (Concreto patrón C)	20/12/2022	17/01/2023	28	22786.4	78.5	290.1	280.0	103.6
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	23577.9	78.5	300.2	280.0	107.2
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	22986.5	78.5	292.7	280.0	104.5
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	23798.3	78.5	303.0	280.0	108.2
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	20528.1	78.5	261.4	280.0	93.3
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	19542.7	78.5	248.8	280.0	88.9
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	21056.2	78.5	268.1	280.0	95.7
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	19643.9	78.5	250.1	280.0	89.3
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	20086.9	78.5	255.8	280.0	91.3
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28	19007.5	78.5	242.0	280.0	86.4

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN


OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de material referente (Almohadillas de Neopreno).
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodriguez Jefe de Laboratorio	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 289744 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA CONTROL DE CALIDAD Técnico de laboratorio

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

Instrumento para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto.



GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, ROCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	01
		Fecha	19/01/2023
		Página	1 de 1

TÍTULO : "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"

TESISTA : ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZAE LMER WUILE PORTAL HINOSTROZA

UBICACIÓN : LIMA

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Tipo de muestra : CONCRETO ENDURECIDO

Presentación : ESPECÍMENES PRISMÁTICOS



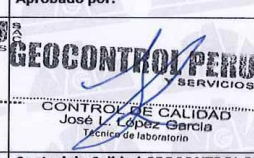
F'c de diseño : 280 kg/cm² Fecha de emisión: 19/01/2023

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
MDEA (Concreto patrón A)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	57.2 kg/cm ²
MDEB (Concreto patrón B)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	55.4 kg/cm ²
MDEC (Concreto patrón C)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	56.0 kg/cm ²
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	57.9 kg/cm ²
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	60.0 kg/cm ²
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	59.7 kg/cm ²
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	54.8 kg/cm ²
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	55.9 kg/cm ²
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	53.5 kg/cm ²
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	52.0 kg/cm ²
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	51.4 kg/cm ²
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	27/12/2022	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	50.6 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

<p>Elaborado por:</p> <div style="text-align: center;">  Katherine A. Toribio Rodríguez JEFE DE LABORATORIO </div>	<p>Revisado por:</p> <div style="text-align: center;">  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 </div>	<p>Aprobado por:</p> <div style="text-align: center;">  José J. López García TÉCNICO DE LABORATORIO </div>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	01
		Fecha	19/01/2023
		Página	1 de 1

TÍTULO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
TESISTA	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZAE LMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
UBICACIÓN	: LIMA
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Presentación	: ESPECÍMENES PRISMÁTICOS
F'c de diseño	: 280 kg/cm ²
Fecha de emisión: 19/01/2023	

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
MDEA (Concreto patrón A)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	66.1 kg/cm ²
MDEB (Concreto patrón B)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	68.3 kg/cm ²
MDEC (Concreto patrón C)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	69.3 kg/cm ²
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	71.6 kg/cm ²
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	72.3 kg/cm ²
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	71.9 kg/cm ²
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	67.6 kg/cm ²
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	66.1 kg/cm ²
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	66.5 kg/cm ²
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	63.4 kg/cm ²
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	63.4 kg/cm ²
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	3/01/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	64.7 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodríguez Téc. de Laboratorio	 Glider García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@gepcontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	01
		Fecha	19/01/2023
		Página	1 de 1

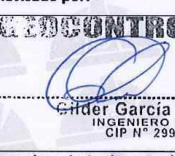
TÍTULO	: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE CACTACEAE EN EL CONCRETO HIDRÁULICO PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, HUÁNUCO 2022"
TESISTA	: ELMER WUILE PORTAL HINOSTROZAE LMER WUILE PORTAL HINOSTROZA
UBICACIÓN	: LIMA
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Presentación	: ESPECÍMENES PRISMÁTICOS
P'c de diseño	: 280 kg/cm ²
Fecha de emisión: 19/01/2023	

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
MDEA (Concreto patrón A)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	78.6 kg/cm ²
MDEB (Concreto patrón B)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	77.3 kg/cm ²
MDEC (Concreto patrón C)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	77.5 kg/cm ²
AMC1%A (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	85.2 kg/cm ²
AMC1%B (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	82.1 kg/cm ²
AMC1%C (MDE más 1% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	83.5 kg/cm ²
AMC2%A (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	76.6 kg/cm ²
AMC2%B (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	76.0 kg/cm ²
AMC2%C (MDE más 2% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	74.1 kg/cm ²
AMC3%A (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	70.5 kg/cm ²
AMC3%B (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	66.8 kg/cm ²
AMC3%C (MDE más 3% de mucilago)	20/12/2022	17/01/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	68.9 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodríguez <small>TEC. DE LABORATORIO</small> Jefe de Laboratorio	 Gilder García Guzmán <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small> Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 José L. López García <small>Técnico de Laboratorio</small> Control de Calidad GEOCONTROL PERU

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia: Gerencia@geocontrolperu.com.pe

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Efecto de la adición de mucilago de cactaceae en el concreto hidráulico para su aplicación en pavimentos rígidos, Huánuco 2022”

[illegible]

Panel Fotográfico



Imagen 1. Un sector del Jirón Javier Pulgar Vidal (Huánuco)



Imagen 2. Excavación de calicatas



Imagen 3. Acopio de agregados en la cantera Yanag (Huánuco)



Imagen 4. Ensayo de granulometría del agregado fino



Imagen 5. Ensayo del peso específico del agregado fino



Imagen 6. Ensayo del peso unitario suelto del agregado fino



Imagen 7. Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino



Imagen 8. Ensayo de granulometría del agregado grueso



Imagen 9: Ensayo del peso específico del agregado grueso



Imagen 10: Ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso



Imagen 11: Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso