



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Bach. Caruajulca Vasquez, Edilberto (orcid.org/0000-0003-3058-3529)

Bach. Rojas Tucunango, Marcos (orcid.org/0000-0001-9789-6656)

ASESOR:

Mg. Vildoso Flores, Alejandro (orcid.org/0000-0003-3998-5671)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios y a la memoria de mis padres Felipe Santiago Caruajulca Becerra y Estaurófila Vásquez Idrogo, quienes desde el cielo me iluminan; a mis adorados hijos Larkin Hanns, Kary Kimberly, Nátali Meisel Caruajulca Saldaña; a mi esposa Elvira Saldaña Alvarado por haberme apoyado y hacer realidad este sueño.

EDILBERTO

A Dios por darme vida y salud para lograr mis objetivos, y ponerlos al servicio de la sociedad.

A mis padres por el apoyo incondicional y sus valores inculcados a lo largo de toda su formación como tales, de esa manera ponerme en la senda del conocimiento.

A tu paciencia, comprensión, bondad y sacrificio, que me inspiraron a ser mejor para tí y para nuestros adorados hijos , Anghy Yozu Rojas Anya y Marco Antonio David Rojas Anaya; ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ustedes, gracias por estar siempre a mi lado, Editha.

MARCOS

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo, por darnos la oportunidad de formarnos con una nueva carrera profesional, a los docentes por el compromiso, motivación permanente para lograr nuestros objetivos, a nuestros compañeros con quienes hemos compartido momentos sobre todo de alegría, a nuestros familiares ya que sin el apoyo de ellos no se haría realidad este sueño, a Dios por darnos salud y fuerza, para conseguir lo que años atrás nos propusimos, al Asesor: Mg. Ing. Alejandro Vildoso Flores , por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

Los autores.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Autenticidad del
Asesor**

Yo, VILDOSO FLORES ALEJANDRO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO UN CONCRETO $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CENIZA DE FAIQUE PARA LA VÍA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHOTA - CAJAMARCA - 2023", cuyos autores son CARUAJULCA VASQUEZ EDILBERTO, ROJAS TUCUNANGO MARCOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 07 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VILDOSO FLORES ALEJANDRO DNI: 10712728 ORCID: 0000-0003-3998-5671	Firmado electrónicamente por: AVILDOSOFL el 18- 12-2023 08:57:46

Código documento Trilce: TRI - 0687126



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Originalidad de los
Autores**

Nosotros, CARUAJULCA VASQUEZ EDILBERTO, ROJAS TUCUNANGO MARCOS estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO UN CONCRETO $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CENIZA DE FAIQUE PARA LA VÍA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHOTA - CAJAMARCA - 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
EDILBERTO CARUAJULCA VASQUEZ DNI: 27374406 ORCID: 0000-0003-3058-3529	Firmado electrónicamente por: CVASQUEZED el 07- 12-2023 17:07:16
MARCOS ROJAS TUCUNANGO DNI: 41783152 ORCID: 0000-0001-9789-6656	Firmado electrónicamente por: RTUCUNANGOMA el 07-12-2023 18:46:44

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de Contenidos.....	vi
Índice Tabla.....	vii
Índice Figura	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1 Tipo de Diseño de Investigación.....	26
3.2 Variables y operaciones.....	27
3.3 Población, muestra y muestreo población.....	28
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Técnica.....	29
3.5 Procedimiento.....	29
3.6 Método de análisis de datos.....	30
3.7 Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	67

ÍNDICE TABLA

Tabla 1 Distribución de probetas y viguetas.....	38
Tabla 2 Propiedades químicas de las cenizas de faique.....	44
Tabla 3 Trabajabilidad	45
Tabla 4 Temperatura	46
Tabla 5 Compresión a los 7 días	48
Tabla 6 Compresión a los 14 días	49
Tabla 7 Compresión a los 28 días	50
Tabla 8 Flexión a los 7 días	51
Tabla 9 Flexión a los 14 días	52
Tabla 10 Flexión a los 28 días	54
Tabla 11 Abrasión a los 7 días	56
Tabla 12 Abrasión a los 14 días.....	57
Tabla 13 Abrasión a los 28 días.....	58
Tabla 14 Cálculo del W18.....	61
Tabla 15 Índice Inicial de serviciabilidad (Pi), Índice Final o Terminal de Serviciabilidad (Pt) y Diferencial de Serviciabilidad, Según el rango de trafico	61
Tabla 16 Valores para los Niveles de Confiabilidad	62
Tabla 17 Condiciones para el Drenaje.....	64
Tabla 18 Coeficiente para el Drenaje de las Capas Granulares Cd	65
Tabla 19 Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J.....	65
Tabla 20 Resumen para la obtención del espesor del pavimento rígido $f'c=231.67$ kg/cm ²	66
Tabla 21 Resumen para la obtención del espesor del pavimento rígido $f'c=210.00$ kg/cm ²	67
Tabla 22 Análisis de Precios.....	68
Tabla 23 Presupuesto adicionando ceniza de faique	68
Tabla 24 Prueba del supuesto de Normalidad para la Trabajabilidad y Temperatura.....	81
Tabla 25 Prueba del supuesto de Homogeneidad para la resistencia a la Trabajabilidad y Temperatura	82
Tabla 26 Prueba de ANOVA de un factor para la Trabajabilidad y Temperatura.....	82
Tabla 27 Prueba del supuesto de Normalidad para la resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado	85
Tabla 28 Prueba del supuesto de Homogeneidad para la resistencia a la Compresión y Flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado.....	86
Tabla 29 Prueba de ANOVA de un factor para para la resistencia a la Compresión y Flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado	88
Tabla 30 Pruebas post hoc de Tukey para la Compresión a los 7 días.....	89

Tabla 31 Pruebas post hoc de Tukey para la Compresión a los 14 días.....	90
Tabla 32 Pruebas post hoc de Tukey para la Compresión a los 28 días.....	90
Tabla 33 Pruebas post hoc de Tukey para la Flexión a los 7 días	91
Tabla 34 Pruebas post hoc de Tukey para la Flexión a los 14 días	92
Tabla 35 Pruebas post hoc de Tukey para la Flexión a los 28 días	92
Tabla 36 Pruebas post hoc de Tukey para la Abrasión a los 14 días.....	93
Tabla 37 Pruebas post hoc de Tukey para la Abrasión a los 28 días.....	93
Tabla 38 Pruebas T3 de Dunnett para la Abrasión a los 7 días	94
Tabla 39 Espesor compactado por cada por tipo de vía	147
Tabla 40 Número de controles por cada 100	147
Tabla 41 Subrasante (Categorías).....	148
Tabla 42 Solicitud de granulometría para subbase granular	148
Tabla 43 Espesor por tipo de vía.	148
Tabla 44 Las losa y sus dimensiones	148
Tabla 45 Granulometría del fino para los pavimentos de hormigón hidráulico.	149
Tabla 46 Granulometría agregado grueso para los pavimentos de hormigones hidráulicos.....	149
Tabla 47 Valores que se recomiendan para resistencia del hormigón según tráfico	150
Tabla 48 Fuerza a la compresión promedio.	150
Tabla 49 Clasificación de mezclas y asentamiento.	150

ÍNDICE FIGURA

Figura 1 Estructura de un pavimento rígido.....	20
Figura 2 Junta de contracción con y sin barras de unión.....	22
Figura 3 Junta de contracción con barra de unión corrugada.....	22
Figura 4 Junta ensamblada longitudinal y sin barras de unión.....	23
Figura 5 Junta con barra de unión corrugada.....	23
Figura 6 Junta de contracción transversal con y sin pasadores.....	23
Figura 7 Junta con pasador transversal de construcción.....	23
Figura 8 Junta de expansión.....	24
Figura 9 Junta de aislamiento.....	24
Figura 10 Clasificación de pavimentos rígidos.....	25
Figura 11 Pavimento sin pasadores de concreto simple.....	25
Figura 12 Pavimento con pasadores de concreto simple.....	26
Figura 13 Medida de Trabajabilidad.....	46

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo determinar el diseño de pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota, en la cual el tipo de investigación fue aplicada y el diseño de investigación es cuasi-experimental, esto hace que sea más factible de implementar y permite cierto control sobre las variables, el Nivel de investigación es explicativa y el enfoque de investigación es cuantitativa como una forma de contrastar las teorías

existentes con una serie de hipótesis que surgen de ellas, se fabricaron un total de 36 probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de largo, y 24 viguetas de 15 cm x 15 cm x 53 cm para los ensayos de compresión y flexión, respectivamente, para lo cual se planteó la hipótesis que al sustituir parcialmente el cemento por ceniza de faique, si influye positivamente en el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota, del mismo modo, que para la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días el diseño con el valor más alto fue el diseño con el 5% de ceniza de faique, con respecto a la resistencia a flexión al igual que en la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días el diseño con el valor más alto fue el diseño que el 5% de ceniza de faique y por último en cuanto a la abrasión en este caso el diseño con los valores más altos fueron los del diseño con el 10% de ceniza de faique y también demuestra que a medida que pasan los días la abrasión va aumentando al igual que aumenta a medida que aumenta la ceniza.

Palabras clave: cemento, ceniza, faique.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the design of rigid pavement using a concrete $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, partially replacing the cement with faique ash for the access road to the autonomous university of Chota, in which the type of research was applied and the research design is quasi-experimental, this makes it more feasible to implement and allows some control over the variables, The research level is explanatory and the research approach is quantitative as a way of contrasting the existing theories with a series of hypotheses that arise from them. A total of 36 specimens of 15 cm in diameter and 30 cm long, and 24 joists of 15 cm x 15 cm x 53 cm were manufactured for the compression and flexural tests, respectively, for which it was hypothesized that by partially replacing the cement with faique ash, it does have a positive influence on the design of rigid pavement for the access road to the autonomous university of Chota, similarly, that for the compressive strength at 7, 14 and 28 days the design with the highest value was the design with 5% of faique ash, with respect to the flexural strength as in the compressive strength at 7, 14 and 28 days the design with the highest value was the design with 5% of faique ash, 14 and 28 days the design with the highest value was the design with 5% of faique ash and finally regarding the abrasion in this case the design with the highest values were those of the design with 10% of faique ash and also shows that as the days pass the abrasion increases as well as it increases as the ash increases.

Keywords: cement, ash, faique.

I. INTRODUCCIÓN.

A nivel Internacional, En Colombia no están especificados los diseños de pavimento rígido, por lo que se ofrece una gama de métodos que recomiendan diseños de pavimento en función de las cualidades o de características del suelo, los requisitos de tráfico y el entorno, y recomiendan la mejor relación costo/beneficio. El mejoramiento de las vías es fundamental para que el país crezca económicamente, por lo que es necesario realizar proyectos de pavimentación vial en diversas ciudades de Colombia. Por otro lado, en el 4to. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología realizado en Argentina, el Centro de Geología, Medio Ambiente y Agua de la Provincia de Buenos Aires (CGAMA) hizo una investigación estadística en la ciudad de Puerto Blanca, donde se estudiaron 15,776 losas y concluye que el 48% se encontraban dañadas, de las cuales el 47% fue por daño estructural y el 14% de las cuales requirieron reposición. La degradación se produce en directo al hormigón según factores, como los daños materiales e incumplimiento del diseño con las características del tráfico. (1)

A nivel Nacional, En el Perú, para enero del 2022, la venta de cemento tuvo un incremento hasta el 5%, según la (ASOCEM) Asociación de Productores de Cemento en su reporte mensual estadístico, aumentando el costo en su producción, el sistema vial está en mal estado por lo que las superficies viales de acuerdo al Manual de Inventario Vial del Ministerio de Transporte (MTC) aprobado por Resolución de la Dirección General. Según el informe que realizó Banco Interamericano de Desarrollo (BID), está muy cercano al promedio de la América Latina y del Caribe (20%); pero, sin embargo, la nación se encuentra por detrás de México y Chile, cuyos sistemas viales también están en mal estado y no superan el 5 %. (Bautista y Rojas, 2022)

Con el fin de producir ahorros en los costos, optimizar los materiales, mejorar la calidad y, se han estudiado varios aditivos para agregar al hormigón, como los aceleradores de fraguado, inclusores de aire, minimizantes de agua de alta eficiencia, aislante, impermeabilizantes, etc.; Tipos como barras de acero, además, mallas soldadas, así como también fibras de acero, etc.

A nivel Regional, En la región Cajamarca, existe un gran crecimiento de las vías carrozables, de la misma forma el crecimiento de las ciudades, por lo que los investigadores pretenden sustituir parcialmente el cemento por cenizas de faique, con la finalidad de diseñar un concreto que facilite en la utilización para los pavimentos rígidos en calles y vías de comunicación de lugares importantes.

Las **causas** por lo que no se diseñan este tipo de pavimentos es la falta de iniciativa de

los estudiantes de ingeniería civil y presupuesto que han sido destinados a la investigación por parte de autoridades locales y nacionales.

Las **consecuencias** de no diseñar estos pavimentos es el elevado costo en la pavimentación de calles y vías de comunicación en lugares de importancia para la población, la poca durabilidad en el transcurso del tiempo.

Por lo anteriormente expuesto, se planteará el problema general: ¿Qué influencia tendrá el diseñar un pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el cemento parcialmente por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023?

Se plantearon los problemas específicos: ¿Cuál es el procedimiento de obtención de ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023? ¿Cuáles son las propiedades químicas de las cenizas de faique? ¿Cuáles son las propiedades físicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, al sustituir de manera parcial el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023? ¿Cuáles son las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, al ser sustituidas parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023? ¿De qué forma se determinará el espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, al ser sustituido parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023? ¿Cuál es el costo – beneficio de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?

Para ello se tiene una justificación teórica: En este estudio tendremos que determinar el porcentaje para la sustitución del cemento por la ceniza de faique en el diseño para los pavimentos rígidos utilizando un hormigón $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca, es importante porque se tendrá la dosificación para futuros pavimentos rígidos.

Para el estudio, RNE utilizará únicamente la Norma de Pavimentos Urbanos CE 010 y la MTC -05 -14 para diseñar pavimentos rígidos utilizando un enfoque de diseño estructural a largo plazo y basado en la teoría. Experiencias como el método PCA comúnmente utilizado en el Perú. También nos basaremos en el estándar GH 020, que

aborda el componente de diseño urbano, que servirá como un caso de estudio para poder diseñar de acuerdo con los estrictos requisitos de diseño de pavimentos.

También se tiene una justificación metodológica, Se utilizan métodos de investigación como la identificación observacional y la comprensión del estado actual del área para lograr el objetivo de investigación de un buen diseño de pavimentos rígidos con sustitución parcial de cemento por ceniza volante. Vamos a diseñar el pavimento mencionado, así como también analizar el suelo, porque es muy importante saber el tipo de suelo donde se construirá la nueva infraestructura vial, y también se debe tener en cuenta que se realizarán pruebas para evaluar la resistencia del hormigón sustituido el cemento por la ceniza de faique.

En la justificación técnica, en vista de que esta manera beneficia al sector de la construcción en la parte de mejoramiento de sus propiedades físico mecánicas del hormigón para el diseño de la infraestructura vial, al tener una nueva alternativa sustituyendo el cemento con ceniza de faique, por otro lado, hay un beneficio económico y medio ambiental.

Justificación Social, este proyecto propone un diseño para el pavimento rígido que sustituye parcialmente el cemento por ceniza de faique, para mejorar la resistencia del hormigón en el diseño de la infraestructura de la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota, mejorando la calidad de vida a personas que tienen sus viviendas en la zona y también para los estudiantes universitarios haciendo más accesible y transitable para todo tipo de vehículos y moradores de la comunidad.

Justificación Económica, por medio de este estudio se buscará disminuir el espesor del pavimento reduciendo el costo para elaborar el concreto, por otro lado, se reducirá el pasaje para los estudiantes ya que los vehículos utilizarán menor tiempo y el costo de mantenimiento para sus unidades de transporte también será de la misma forma.

Como justificación ambiental, porque se utilizará las cenizas que se emanan de los hornos de panadería que utilizan la leña de faique para su calentamiento, siendo de ayuda positivamente al impacto del medio ambiente.

Tenemos como Objetivo General. Determinar el diseño de pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023.

Siendo los objetivos específicos: Realizar el procedimiento de la obtención de la ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Determinar las propiedades

químicas de las cenizas de faique. Determinar las propiedades físicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Determinar las propiedades mecánicas de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por la ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Determinar el espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Realizar el costo – beneficio de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

La hipótesis general: La sustitución del cemento por la ceniza de faique, si influye en lo positivo en el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023.

Las hipótesis específicas serán: Si se obtuvo eficazmente ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023. Los compuestos químicos de la ceniza de faique han sido positivos como complemento para concretos $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Si fue factible determinar con precisión las propiedades físicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Si fue factible determinar con precisión las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Si fue factible determinar con precisión el espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023. Es positivo en el costo – beneficio de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

II MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Antecedentes internacionales

Como primer antecedente tenemos que, Coyasamin (2018) en una investigación que realizó para la Universidad técnica de Ambato con el fin es construir hormigón mediante la adición de materiales con propiedades puzolánicas en sustitución del cemento Portland, determinar el óptimo porcentaje que sustituya la ceniza de la cascarilla de arroz (CCA) y la ceniza de bagazo al 15% y recomendar una mayor resistencia a la que está establecida de 240 kg/cm², la cual se logró observar que al aumentar el monto de cenizas volantes en el concreto disminuyó su resistencia, por otro lado, se encontró que el reemplazo con las cenizas de bagazo dio la resistencia máxima a compresión (CBC) en el día 28, 15% y una resistencia con promedio de 304,30 Kg/cm². Finalmente, se determina que la reposición parcial del 15% y 30% en concreto tiene menores costos de producción debido a que la cascarilla de arroz y los ingenios son desechos de las fábricas e ingenios azucareros, por lo que no tienen valor monetario, se compara con el concreto de cenizas volantes con cascarilla de arroz (Comparado con CCA), el beneficio económico es de 7.45%; después del análisis de costo-beneficio, en comparación con el concreto de cáscara de arroz (CBC), el beneficio económico es del 7,29%, que se logra económicamente.

Sin embargo, Muhammad Faheem Mohd Tahir (2022). El objetivo determinar el Potencial del geopolímero a base de subproductos industriales para aplicación en pavimentos de hormigón rígido, se puede concluir que, además de una alta resistencia, los requisitos para el material de pavimento rígido de hormigón deben incluir un tiempo de fraguado rápido, buena trabajabilidad y alta durabilidad. La revisión enfatizó que se ha demostrado que los geopolímeros tienen una excelente resistencia, durabilidad y procesabilidad que cumplen con los requisitos para la aplicación de pavimentos rígidos. Finalmente, esta revisión también presenta oportunidades futuras de investigación sobre el potencial de los geopolímeros como alternativa al OPC para pavimentos rígidos.

Por otra parte, Nicolae Mindra (2017) El objetivo de este trabajo es demostrar que se pueden desarrollar TPM para pavimentos rígidos utilizando valores IRI de un período corto, con un paso de tiempo de medio año, para una red vial donde el tiempo desde la última rehabilitación importante varía en cada tramo y donde el mantenimiento y las actividades de rehabilitación se llevan a cabo simultáneamente. Los resultados demuestran que las secciones de carretera rígidas pueden saltar dos estados de condición en una transición, en lugar de permanecer únicamente en el mismo estado de

condición o pasar al siguiente. Las matrices obtenidas dan una visión general de las tendencias de deterioro de los pavimentos rígidos y se ajustan mejor a los datos reales si se compara una gran proporción de secciones no rehabilitadas o mantenidas con los valores previstos.

Por otra parte, Fonseca (2016) El objetivo que tiene estudio la determinación del efecto de las cenizas volantes colombianas utilizadas como material cementante adicional sobre la capacidad de la fijación de cloruros de las mezclas de hormigón por medio de las cualidades de las cenizas volantes que se producen en el país como material. Los materiales cementicios adicionales determinan que las cenizas volantes, un subproducto que genera energía a base de carbón, se han utilizado como material de relleno durante muchos años. Estas cenizas son un subproducto de la combustión del carbón que se puede utilizar como sustituto del cemento o como aditivo en el hormigón. Es un material heterogéneo con una composición química que varía, al depender del tipo de carbón utilizado y las condiciones de combustión. La manera y el tamaño de las partículas también varían, afectando las propiedades de las cenizas volantes. Etc.

Por otro lado, Díaz (2020) en un estudio destinado a analizar el desempeño del concreto a nivel de laboratorio se determinó como unidad la THERMOPAIPA (tercera unidad) como sustituto para el cemento, reduciendo la compresión que resiste el concreto en varios porcentajes del 10%, 20%, 30% el desarrollo del concreto es favorable en algunas cenizas volantes reemplazadas con cemento, pero también se puede observar un retardo del fraguado con el tiempo en mezclas donde se ha reemplazado más cemento por cenizas volantes, y se considera que se requiere un mayor porcentaje de aditivo Plastol 8000. para mayor reemplazo de cenizas y menor relación agua-cemento. (suavizante). Se observó que la apariencia (color) del concreto cambiaba debido a la naturaleza oscura de la ceniza, y finalmente en experimentos de laboratorio se encontró que mientras más ceniza se reemplaza con cemento, más frío está el concreto. más bajo.

También, Barrientos (2019) publicó un trabajo de investigación con el fin de analizar los ensayos y estudios realizados sobre el uso de concreto y materiales en la mezcla (como fibra de vidrio, fibra metálica y puzolana) utilizando métodos descritos descriptivamente en la literatura de bases de datos como Scopus. determinaron que el diseño estándar (DP) sin porcentajes adicionados presentaba mayor fluidez que otras mezclas con recambio constante de agua y cenizas, por lo que, a mayor contenido de cenizas, mayor fluidez. El mismo modelo muestra la mayor densidad, que disminuye a medida que va aumentando la porción de cenizas volantes. La compresión de las mezclas

(D1, D2, D3, D4, D5, D6) fue mayor que la construcción estándar cuando cada material se reemplazó con 10% de cenizas volantes a los 28 y 56 días de edad. Reemplazar las cenizas volantes con cemento reduce la unidad de masa de la mezcla en menor medida que agregar cenizas volantes con arena triturada. Entonces, las cenizas volantes tienen la ventaja de reducir la masa de hormigón fresco por metro cúbico, lo que lo hace más ligero que el hormigón estándar.

Por último, Flores (2012) La investigación que citó encontró que la CE que se analizó la podemos clasificar como la ceniza volante de Tipo F mencionada por NTC (NTC 3493, 2017). Esto se debe a que los valores sumados de $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$ es superior al 70% (86,87%), tiene un contenido de SO_3 inferior al 5% y un % PPI < 6 (1,1%). Una ceniza volante tipo F es un material puzolánico, lo que significa que puede reaccionar con el agua y la cal para formar un material cementoso. Esto lo convierte en un buen candidato para usar en concreto liviano, ya que puede ayudar a mejorar la durabilidad y resistencia del concreto. La CE, en cambio, se puede clasificar como una ceniza bituminosa. Esto se debe a que $\%Fe_2O_3 > \%CaO + \%MgO$. Las cenizas bituminosas suelen ser más reactivas que las cenizas volantes tipo F y también pueden mejorar la durabilidad y resistencia del hormigón ligero. El estudio encontró que las mezclas con CE mecánicamente activado cumplieron con la resistencia mecánica más alta a 15 MPa a los 28 días, que exige la normativa ASTM C1670/C1670M-16 para piedra prefabricada en USA. Esto significa que el CE activado mecánicamente se puede utilizar para producir hormigón ligero que pueda cumplir con los requisitos de resistencia de la piedra prefabricada. Sin embargo, el estudio también encontró que, si se toma en cuenta la aplicación de concreto liviano para los prefabricados de concreto con procesos de desencofrado de menos de 24 horas, la resistencia a tempranas edades es fundamental. En este caso, las mezclas idóneas con CE activado mecánicamente serían solo aquellas con 10, 15 y 20% de CE. Esto se debe a que el CE activado mecánicamente tarda más en hidratarse que el CE no activado. Esto significa que las mezclas con porcentajes más altos de CE no alcanzarán su fuerza completa tan rápido como las mezclas con porcentajes más bajos de CE. En general, el estudio encontró que tanto EC como CE se pueden usar para producir concreto liviano con buena resistencia y durabilidad. Sin embargo, el CE activado mecánicamente es más reactivo y puede producir hormigón con mayor resistencia inicial. Esto lo convierte en una buena opción para aplicaciones donde la resistencia temprana es importante, como hormigón prefabricado con procesos de decapado de menos de 24 horas.

Antecedentes Nacionales

Como antecedentes nacionales se tiene a, Mendoza (2022) la finalidad fue evaluar de qué manera la sustitución de ceniza molle por cemento afectaba las características mecánicas y características físicas del hormigón. El hormigón utilizado en el experimento tuvo una compresión de 210 kg/cm². Muestran los resultados del estudio, la ceniza molle tiene un impacto insignificante en las características físicas y mecánicas del hormigón con una compresión de 210 kg/cm². A los 28 días, la resistencia del hormigón había aumentado en un 14,41%, pero sus resistencias a la tracción y a la flexión habían fluctuado. Después de 28 días, la compresión del hormigón había aumentado un 14,41%. En el caso del 3% de ceniza molle, la tracción del hormigón aumentó en un 14,97% a los 28 días, mientras que en los otros casos disminuyó. El valor máximo de fuerza a flexión del hormigón osciló entre el 16 y el 2% de ceniza molle. En general, el estudio encontró que la ceniza molle tenía un impacto insignificante en las características mecánicas y físicas del hormigón con una densidad de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Aunque la fuerza a tracción y a la flexión del hormigón variaron, su compresión aumentó ligeramente. Encontrar la dosis ideal de ceniza molle para concreto con un conjunto determinado de propiedades requerirá más investigación.

Condori (2022) en la investigación donde se ha formulado como problema ¿Como influye en el pavimento rígido el adicionar cenizas de rastrojo de trigo?, este estudio tuvo como finalidad calcular el efecto de agregar ceniza de rastrojo de trigo en pavimentos rígidos. Los investigadores plantearon la hipótesis de que sería factible agregar ceniza de rastrojo de trigo en el pavimento rígido. El estudio fue un estudio experimental explicativo, lo que significa que los investigadores querían comprender la relación causal entre agregar CRT al pavimento rígido y la resistencia a la compresión resultante. Los investigadores utilizaron una variedad de técnicas de investigación, incluida la investigación documental, registros y varias pruebas. También utilizaron fichas técnicas como instrumentos. Los investigadores concluyeron que el pavimento rígido con rastrojo de trigo tiene una buena compresión.

Chuco (2021) El objetivo principal de este proyecto era sustituir el cemento por cenizas volantes de plantas termoeléctricas, concretamente pavimentos rígidos con una compresión de 280 kg/cm². La investigación fue de forma experimental y cuasi-experimental. Se tomaron 96 muestras y se realizaron ensayos de compresión y flexión. Se realizaron cuatro diseños: concreto estándar sin adición de cenizas volantes, concreto con 5% de cenizas volantes, concreto con 10% de cenizas volantes y concreto con 15% de cenizas volantes. Los resultados fueron excelentes en términos de compresión ya la flexión, con una fuerza máxima de compresión de 385 kg/cm² y fuerza

a flexión de 38,7 kg/cm² añadiendo un 10 % de ceniza volante en lugar de cemento. El estudio encontró que la ideal dosificación de la ceniza volante para reemplazar el cemento en concreto con $F'c=280\text{Kg/cm}^2$ es del 10%. Con esta dosificación se mejoran las propiedades del hormigón y se hace trabajable. Además, el estudio demostró que la fuerza a flexión, fuerza a compresión y la trabajabilidad del hormigón se reducen en más de un 10 % por el aumento de cenizas volantes.

El principal objetivo del informe de investigación de Domínguez y Fernández (2020) fue conocer las cualidades mecánicas de un concreto con una compresión de 280 kg/cm² al reemplazar un 5% del cemento por ceniza de cáscara de arroz. Al crear componentes de hormigón para pavimentos rígidos que utilizan CCA en lugar de cemento, los investigadores querían mejorar las cualidades mecánicas del concreto. Dado que contiene mucha sílice y óxido de cal, la CCA se comporta de manera muy parecida al cemento. Es un material sostenible. Los investigadores calentaron la cáscara de arroz durante dos horas a 510°C y luego examinaron su composición química. El siguiente paso fue realizar un estudio cuasiexperimental con 6 grupos de control. Se utilizaron nueve muestras de hormigón estándar y nueve experimentales para calcular la compresión. Asimismo, para calcular la fuerza a tracción se utilizaron 9 probetas de hormigón estándar y 9 probetas de hormigón experimentales. Finalmente, se utilizaron nueve vigas de hormigón estándar y nueve vigas de hormigón experimentales para calcular la resistencia a la flexión. Los hallazgos del estudio indicaron que las características mecánicas del hormigón que contenía un 5% de CCA eran comparables a las del hormigón que no contenía nada de ella. Esto sugiere que se puede fabricar un sustituto del cemento en el hormigón de bajo costo y respetuoso con el medio ambiente a partir de cenizas de cáscara de arroz.

Bases Teóricas

Estructura del pavimento rígido

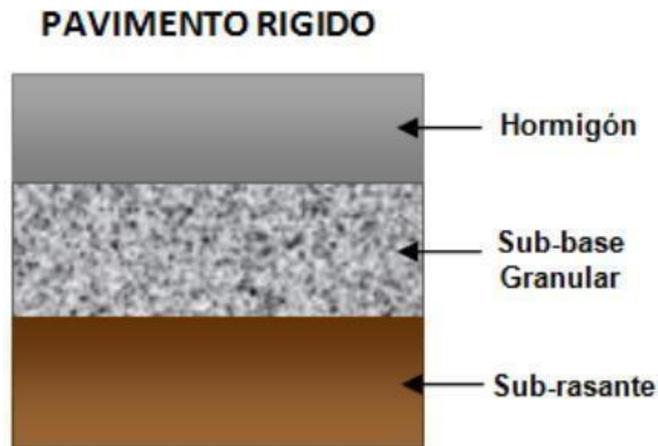
Definición de pavimento rígido

El MTC define a los pavimentos de hormigón como "rígidos" porque están formados por una losa de hormigón que absorbe los repetitivos esfuerzos de la carga del tráfico. Luego, la losa proyecta estas tensiones a las inferiores capas del pavimento y luego, por último, a la subrasante. (1)

Pavimento rígido (Elementos)

Se compone por los siguientes elementos: la subrasante, así como la subbase y la losa de concreto.

Figura 1 Estructura de un pavimento rígido.



Fuente: propia.

A. Subrasante

Son naturales capas, preparadas y compactadas de suelo que soportan los pavimentos. Proporcionan un soporte estable para el pavimento, en lugar de una capacidad de carga alta. Esto se debe a que el valor de soporte de la subrasante no cambia repentinamente. Por lo tanto, es importante considerar la expansión de la subrasante al diseñar y construir pavimentos.

La norma NTP CE.010 especifica que la subrasante para pavimentos urbanos debe compactarse teóricamente al 95% de su densidad seca máxima. Se va a utilizar el método Proctor Modificado para los suelos granulares y el método Proctor Estándar para los suelos cohesivos. No se debe desviar la humedad de compactación de la cantidad de contenido de humedad ideal en más o menos del 2% para alcanzar el porcentaje estándar de compactación. (2).

La tabla 39 en anexos muestra el espesor de compactación del subsuelo en función del tipo de vía. El campo CBR se determina como esta mostrado en la tabla 40 en anexos. Dichos valores, junto con la densidad de que posee el campo, se utilizan para comparar con los modelos CBR. (2)

B. Subbase:

Una parte crucial en la estructura de la pavimentación rígida es la subbase. Está compuesto por materiales estables o partículas densas y está situada entre la subrasante y la losa rígida. El objetivo principal de la subbase que se evite la succión del suelo de finos granos. Esto es importante porque puede hacer que la subrasante se vuelva inestable y puede provocar el bombeo, que es el movimiento ascendente del agua y la tierra a través del pavimento.

La subbase también cumple otras funciones, que incluyen:

- a. Proporcionar un uniforme soporte y la estabilidad del pavimento.
- b. Incrementar el módulo (k) con que reacciona la subrasante, que es una medida de cuánto se desvía la subrasante bajo carga.
- c. Minimizar los efectos de la congelación
- d. Adecuar drenaje.
- e. Proporcionar a los equipos de construcción una superficie de trabajo

La Norma Técnica para edificaciones CE.010 de Pavimentos Urbanos especifica los mínimos requisitos para subbase que se muestran en la tabla 41 que se encuentra en anexos:

C. Losa:

El hormigón utilizado para pavimentos rígidos está compuesto por cemento y áridos. Con base en experiencias previas y de ensayos de laboratorio de durabilidad y resistencia, se debe determinar el contenido mínimo de cemento. Cuando sea necesario, se debe utilizar concreto con aire incluido para mejorar la trabajabilidad del mezclado, evitar la degradación de la superficie y el contenido de sal debido a los ciclos de congelación y descongelación y otros problemas relacionados.

D. Juntas:

La finalidad de las juntas en pavimentos rígidos es evitar que se agriete, ya que causa retracción del concreto. Las magnitudes de los paneles muestran la ubicación de las juntas. El largo del panel no debe exceder 1,25 veces el ancho, y no debe exceder los 4,5 metros. En áreas con grandes altitudes, se recomienda utilizar losas cuadradas con el espesor definido. (3)

Juntas longitudinales

a. Juntas de contracción longitudinales:

Los carriles de circulación en pavimentos rígidos están divididos por juntas llamadas juntas de contracción longitudinal. Ayudan a controlar el agrietamiento y también la formación de fisuras al proporcionar una manera para que el concreto se expanda y contraiga sin agrietarse. Cuando se construyen dos o más carriles a la vez, las juntas de contracción longitudinales se realizan al cortar 1/3 del espesor de la losa con un disco de 3 mm de diámetro. Esto crea un corte de sierra que permite que el concreto se expanda y contraiga libremente. El traslado de carga que hay en la junta longitudinal es lograda entrelazando los agregados en el concreto. Este enclavamiento proporciona una conexión mecánica entre las losas, lo que ayuda a que se transfiera la carga de una losa a la siguiente. También se utilizan amarres de acero corrugado para ayudar a transferir la carga por medio de la junta. (MTC., - Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014,)

Figura 2 Junta de contracción con y sin barras de unión

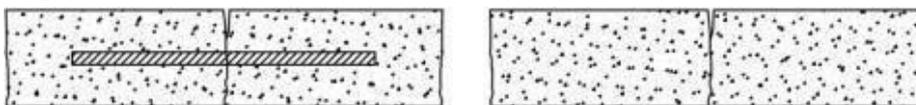
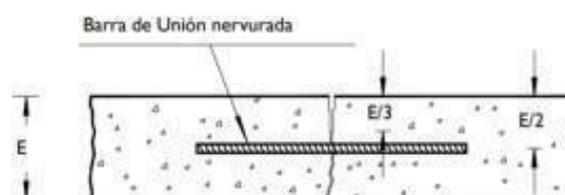


Figura 3 Junta de contracción con barra de unión corrugada



a. Juntas de construcción longitudinales:

Se ubican perpendiculares al flujo de tráfico en pavimentos rígidos. Suelen encontrarse donde finaliza el encofrado o donde se encuentra el acceso a la extendedora de encofrado deslizante. Transferir la carga a través de las juntas transversales se puede lograr usando juntas machihembradas. Las uniones machihembradas no se recomiendan para losas de menos de 25 centímetros de grosor, ya que requieren el uso de amarres para mantener las losas lo suficientemente cerca para que las chavetas funcionen. Como el tráfico se va dirigiendo a los carriles de la carretera, los tirantes pueden transferir toda la carga cuando no son utilizadas juntas críticas. (1)

Figura 4 Junta ensamblada longitudinal y sin barras de unión.

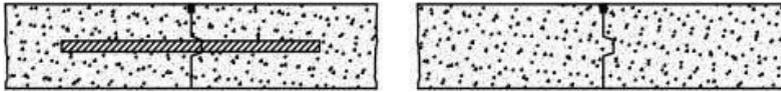
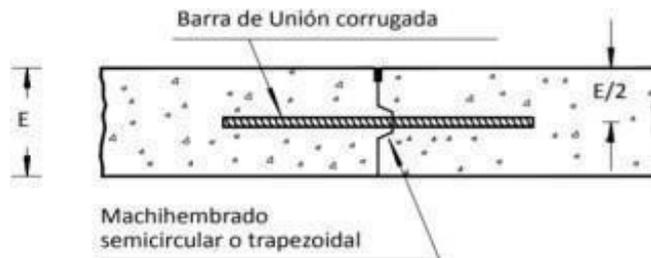


Figura 5 Junta con barra de unión corrugada



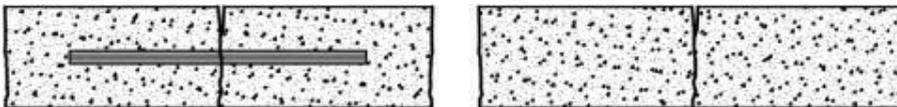
D.2. Juntas transversales

- Juntas de contracción transversales:

Para evitar el agrietamiento que provoca la contracción del hormigón, los cambios de las temperaturas y provocan la humedad, se construyen juntas en la parte central del pavimento.

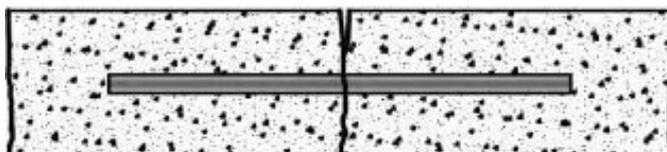
Están espaciados a intervalos de no más de 4,5 metros. Con un disco de 3 mm de corte se realizan las juntas aserrando el hormigón a 1/3 del espesor de la losa. El corte crea aberturas que permiten que las losas se agrieten sin causar daños. La transferencia de carga se logra entrelazando polímeros o usando pines. (1)

Figura 6 Junta de contracción transversal con y sin pasadores



Son juntas que dividen estructuras adyacentes colocadas en diversos lugares, como por ejemplo al finalizar la jornada laboral. La utilización de pasadores permite la transmisión de carga. (1)

Figura 7 Junta con pasador transversal de construcción



- Juntas de aislación transversales:

Las juntas de aislamiento se utilizan para aislar pavimentos que se cruzan. Esto ayuda a reducir las tensiones de compresión provocadas por la expansión relacionada con la temperatura. Además, las estructuras existentes se pueden aislar mediante juntas aislantes.

Figura 8 Junta de expansión.

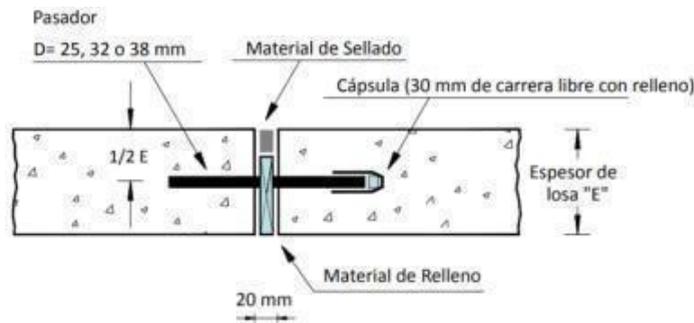
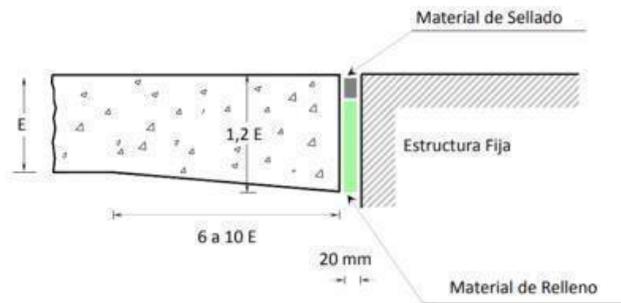


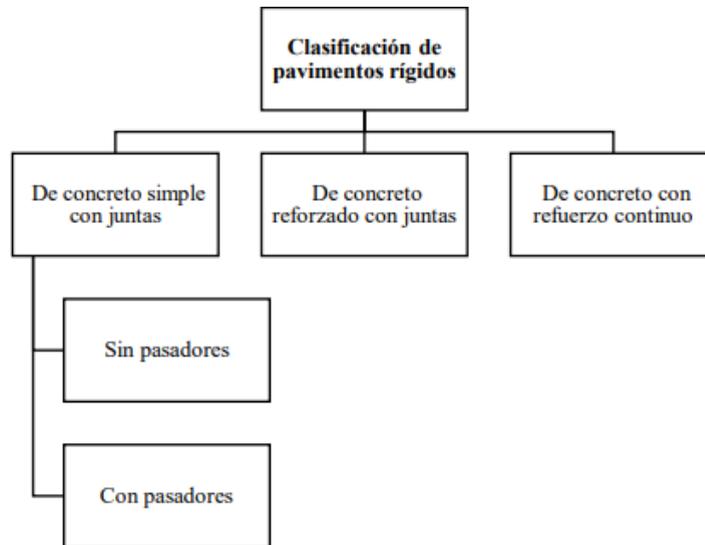
Figura 9 Junta de aislamiento.



Tipología de pavimentos rígidos

La siguiente lista describe cómo se clasifican los distintos tipos de pavimento de concreto en el Manual de Carreteras: (figura 10)

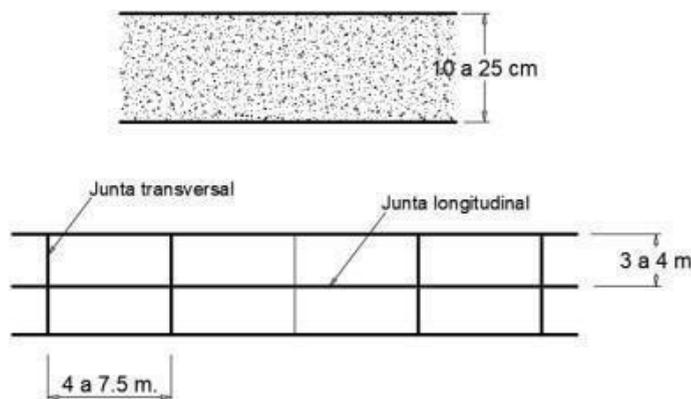
Figura 10 Clasificación de pavimentos rígidos.



Fuente: propia

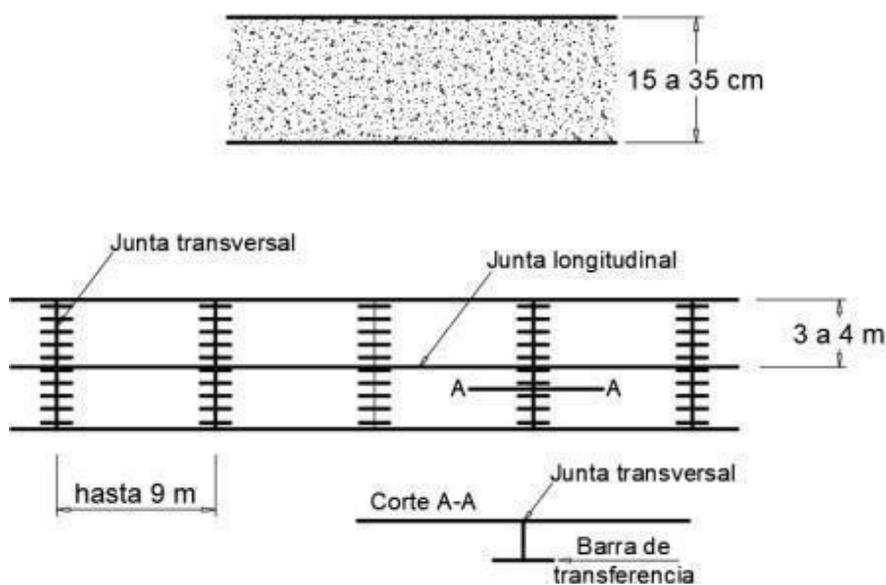
- a) En nuestro país los pavimentos de hormigón rígido son los más utilizados y si tienen juntas, será el ideal en el lapso de diseño.
- b) Pavimento de hormigón simple:
 - Sin varillas: dependen de la combinación de agregados para transferir carga (4) También se utilizan en áreas con poco tráfico, un recuento de reproducciones durante el lapso de diseño de menos de 4 millones y un clima templado. Generalmente se instalan en el subsuelo. (Herrera & Quispe, 2019)

Figura 11 Pavimento sin pasadores de concreto simple.



Con pasadores: conocidos como tacos, son barras lisas pequeñas de acero colocados en la sección transversal las juntas de contracción en el piso. El diámetro de los pasadores es 1/8 del espesor de la losa aproximadamente. Los pasadores sirven para aumentar la transmisión de carga mecánicamente aportada por el enclavamiento de los agregados. Son necesarios para pavimentos que se espera reciban más de 4 millones de repeticiones y tengan un espesor de más de 15 cm en el lapso de diseño. El uso de los pasadores reduce la coronación, las deflexiones, las fallas en las esquinas y la oscilación. (3)

Figura 12 Pavimento con pasadores de concreto simple.



Fuente: propia.

Pavimento rígido (método PCA) (Diseño)

El método de la Asociación de Cemento Portland, es un método para diseñar pavimentos rígidos. Fue publicado en 1933 inicialmente y actualizado en 1966 y 1984. El objetivo principal del método PCA es encontrar el mínimo espesor del pavimento que cumplirá con los requisitos de diseño. Este método busca la reducción de los costos de construcción y de mantenimiento en la vida útil de un pavimento. El método PCA tiene una serie de factores en cuenta, incluida la carga de tráfico, las condiciones de la subrasante y el clima. El método también considera la vida útil que se desea del pavimento. El método PCA es un método bien establecido para diseñar pavimentos rígidos y se ha utilizado con éxito en muchos proyectos. (PCA, 1995)

Estudio de tráfico

El diseño de pavimentos rígidos toma en consideración estudios de tráfico. El espesor del pavimento está significativamente influenciado por la cantidad de tráfico. El estudio de tráfico debe tener los siguientes criterios:

- **Conteo de vehículos:** El conteo de vehículos debe realizarse en puntos estratégicos por un período de 7 días consecutivos y durante las 24 horas del día. El conteo deberá registrar todo tipo de vehículos que circulan por la zona y en los dos sentidos de la calzada.

- **Cómo calcular el índice promedio diario (IMD):** se calcula dividiendo los volúmenes de tráfico por la cantidad de días que se realizó el conteo de vehículos. Opcionalmente, la participación de tráfico estimada del recuento de vehículos se puede utilizar para dividir el IMD.

- La carga de tráfico de diseño para el pavimento se calcula utilizando el IMD. El espesor del pavimento se determina utilizando la carga de tráfico de diseño.

$$I. M. D = \frac{Vd1+Vd2+Vd3+\dots+Vdn}{n}$$

Donde:

- Vdi: volúmenes de tráfico diario.
- n: días de conteo.

a. Factor de corrección estacional (FCE):

Para vehículos livianos y vehículos pesados por unidad de peaje, el MTC publica factores de corrección a en nuestro país. Para elegir los valores de corrección que están más cerca de la zona de intervención del recuento de vehículos se utilizan estos datos. Para la investigación se recabarán los factores correctores del peaje de Huacrapuquio.

b. Índice medio diario anual (IMDA):

Este cálculo se crea multiplicando el índice promedio diario por el factor de limpieza.

Su fórmula es: $IMDA = IMD \cdot FCE$,

Donde:

IMD: tasa diaria media.

FCE: factor estacional corrección para el peaje que está más cerca del lugar proyectado, para los vehículos no pesados asumimos que $FCE = 1.1$.

c. Tasa de crecimiento (r):

El factor de corrección estacional se calcula utilizando tablas de referencia, que también se utilizan para el cálculo del crecimiento de los vehículos pesados y ligeros. Las tasas de crecimiento sectorizadas que se enumeran a continuación se pueden ver por región.

d. Forma de cálculo para el índice diario medio anual proyectado:

Dado que en la práctica lleva tiempo completar los proyectos, se proyecta el índice diario promedio anual (IMDA). Pueden pasar varios años antes de que las ideas se hagan realidad, se conviertan en un plan de inversión, se lleven a cabo y luego se pongan en práctica. Por lo tanto, es necesario proyectar el IMDA para considerar las condiciones futuras del tráfico. La tasa de crecimiento de los vehículos no pesados y de vehículos pesados es la base del pronóstico de IMDA para el futuro.

Las tasas normales de crecimiento de vehículos ligeros son mayores que las de los vehículos pesados. Esto se debe a que el número de vehículos ligeros está aumentando más rápidamente que el número de vehículos pesados.

$$T_n = T_0 (1 + r)^{n-1}$$
 Donde:

- T_n : tránsito que se proyecta.
- T_0 : tránsito del momento.
- n : Año futuro.
- r : Tasa ligera o alta de crecimiento

Factor direccional (Fd) y de carril (Fc):

Para este cálculo se deben utilizar tablas que proporcionan datos sobre estos factores en función del número de las calzadas y las direcciones de la carretera. Se muestra a continuación, un ejemplo de una tabla de este tipo.

e. Cálculo del acumulado de factor de crecimiento (Fca):

Esto se determinará mediante el cálculo encontrado en el manual de suelos, geotecnia, geología y de pavimentos. En el apartado de aceras y suelos, esta fórmula es la siguiente:

$$Fca = \frac{(1+r)^n}{r}$$

Donde:

- r : tasas de crecimiento vehículos pesados o ligeros.
- n : tiempo de diseño.

i. Distribución de los ejes simples, tándem y trídem:

Se identificará la nomenclatura de los ejes para poder distribuir los ejes. Cada grupo correspondiente se dividirá en los ejes. Este análisis determinará con mayor precisión el número de ejes simples, tándem y tridem que se utilizan actualmente en el pavimento. Luego, se una fórmula para determinar el eje equivalente apropiado para cada grupo:

$$\#EEi = 365 * (\Sigma f. ejes) * Fd * Fc * Fca$$

Donde:

- #EEi: ejes por cada grupo equivalentes.
- $\Sigma f.ejes$: suma de los ejes.
- Fd: de dirección.
- Fc: de carril.
- Fca: factor acumulado que crece

Criterios de diseño y análisis

La técnica PCA evalúa la erosión y la fatiga en el diseño de pavimentos. Estos dos aspectos se comparan con el espesor sugerido y otros elementos que afectan el diseño del pavimento.

A. Criterio de fatiga:

Es un método que evalúa los esfuerzos producidos en los pavimentos cuando son sometidos a cargas. Su propósito es fatiga es evitar que el pavimento se agriete. El criterio de fatiga es particularmente importante al diseñar pavimentos para tráfico ligero y medio. El análisis de criterios de fatiga se utiliza para prevenir fallas y el inicio de grietas. (Cabrera, A. Y Urgiles, D., 2017)

B. Criterio de erosión:

La deflexión del pavimento causada por las juntas, bordes y esquinas de la losa está limitada por el criterio de erosión. En presencia de agua, esta desviación puede provocar un bombeo, fenómeno que provoca la erosión de la subbase granular. A la hora de diseñar pavimentos de tráfico medio con pasadores, el criterio de erosión es sumamente crucial. Esto se debe al hecho de que los pasadores desempeñan un papel en el control de la erosión durante la construcción. (Cabrera, A. Y Urgiles, D., 2017)

- **Concreto hidráulico**

Concreto hidráulico

El hormigón las mezclas más utilizadas en la construcción en todo el mundo. Es muy resistente y duradero, y además es fácil de trabajar. Los componentes del hormigón

hidráulico están disponibles en la mayoría de los entornos. En términos de propiedades físicas y mecánicas, el hormigón hidráulico se considera muy bueno para resistir la compresión, por lo que es ideal para elementos estructurales.

Componentes del concreto hidráulico

Los áridos, el cemento, el agua y los aditivos en ocasiones son ingredientes necesarios en la producción de hormigón hidráulico. Estos componentes se unen para formar una mezcla homogénea y duradera que se puede aplicar a proyectos de ingeniería civil tanto complejos como sencillos. (Rivva, E. Diseño de mezclas. 1992.

Cemento Portland:

Los componentes minerales se mantienen unidos en una mezcla densa y uniforme mediante cemento Portland, una sustancia aglutinante. El cemento más común en la construcción es este. Para fabricar cemento Portland se utilizan arcilla calcio, y otros ingredientes como óxidos de hierro. Para crear un material uniforme, estos materiales se calientan a temperaturas altas y se combinan con yeso.

Tipos para el cemento Portland:

- Tipo I: Este es un cemento de uso general que está adecuado para cualquier aplicación. Se utiliza en concreto para una variedad de estructuras, incluyendo carreteras, puentes, tanques, depósitos, pisos, unidades de albañilería, tuberías y productos prefabricados de hormigón.

A. Agregados:

B.1. Definición:

Los agregados son unas partículas de piedra fuertes y de textura rugosa que se unen a la pasta de cemento para formar concreto. También controlan el volumen del concreto que cambia durante la solidificación. Los agregados constituyen más del 70 % del concreto, lo que ayuda a reducir los costos de mezclado. (Rivva, 1992.)

B.2. Cantera para obtener agregado:

En la cantera de Pilcomayo se centrará la investigación. El Distrito de Pilcomayo está ubicado en la Región Junín de la Provincia de Huancayo.

B.3. Caracterización del agregado:

En esta investigación se determinarán las cualidades o características del árido a través de pruebas especificadas en el Manual de Ensayo de Materiales del (MTC).

Estas pruebas están diseñadas para dar garantía a que los agregados cumplan con los requisitos mínimos para el diseño de un hormigón hidráulico.

B.4. Clasificación de agregado:

- Agregado fino:

El agregado fino es como roca triturada o molida que satisface los requisitos de calidad de la Tabla 438-04 de las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras y pasa por un tamiz de 4 puntos de 75 mm. Se aceptan productos naturales, artificiales o combinados.

Se requieren partículas que estén limpias, angulosas, duras, compactas y resistentes. Deben estar libres de impurezas como sales, materia orgánica, polvo, terrones, partículas escamosas o blandas y polvo. No más del 30% de la masa del fino podrá constituirse por arena pulverizada.

El agregado fino cumplirá con requisitos de clasificación. El grado seleccionado para el diseño de la mezcla debe tener un módulo de finura intermedio entre 2,3 y 3,1, y no puede tener más de El 45 por ciento del material que se retiene entre dos tamices sucesivos. Cuando el módulo de finura se desvíe del módulo de finura que se obtuvo con la granulometría seleccionada para definir la fórmula de trabajo en dos décimas (0,2) o más, se modificara el diseño de la mezcla.

- Agregado grueso:

Material que se mantiene retenida por un tamiz de 4 puntos 76 mm (N° 4) y satisface las restricciones señaladas en la norma NTP 400.037 (23). Se debe utilizar roca triturada, grava o ambas combinadas. Las no deben tener impurezas, como suciedad, polvo u otros materiales. Para la conformación física no se deben tener en cuenta demasiadas partículas planas, alargadas y blandas, o se deben romper. Su granulometría debe ajustarse a la Zona 56 especificada en la ASTM C33 - 03: Especificaciones estándar para agregados en el concreto.

- Agua:

El agua debe ser clara y no tener impurezas, y la cantidad de sustancias disueltas no debe exceder ninguno de los niveles a continuación:

- El contenido máximo orgánico es de 3 miligramos por litro (3 ppm).
- La cantidad máxima de residuos sólidos por litro (5.000 ppm) es de 5 gramos.
- El pH debe oscilar entre 5,5 y 8.

- La cantidad de sulfato, medido en iones sulfato, debe ser inferior a 0,006 gramos por litro (600 ppm).
- Debe estar presente menos de 1 gramo por litro (1000 ppm) de cloruro expresado en iones de cloruro.
- Se debe utilizar menos de 1 gramo por litro (1000 ppm) de bicarbonato de sodio para expresar la alcalinidad total.

Diseño con que se realizan los pavimentos rígidos

- Método A.C.I.:

Es una técnica para la creación de mezclas de hormigón que se basa en el procesamiento por lotes. Materiales como agua, grava, cemento y arena se pueden medir tanto en peso como en volumen con este dispositivo. Se pueden utilizar mezclas frescas y secas. La creación de una mezcla implica el proceso que se describe a continuación:

A. Elección de la resistencia promedio:

Los pavimentos se fabrican con materiales más resistentes que el mínimo requerido. La siguiente tabla se utilizará para determinar la resistencia específica para pavimentos de hormigón hidráulico.

La resistencia promedio solicitada debe calcularse utilizando los valores de la Figura 29 si los resultados de las pruebas no están documentados de una manera que permita calcular la desviación estándar.

B. Elección para el tamaño nominal máximo del agregado grueso (TMN):

Según la norma NTP 400.037 define el "Tamaño Nominal Máximo" como el tamiz más pequeño de una serie que produce la primera partícula retenida. La granulometría y TMN (Décimas de Milímetro) se pueden obtener realizando el ensayo MTC Standard E204, que es un análisis de la granulometría de los áridos gruesos. Según los lineamientos de diseño de estructuras, el TMN (tamaño nominal máximo) de un agregado grueso no puede ser más alto a un tercio del espesor previsto para el pavimento. La Tabla 21 representa las curvas de granulometría que corresponden al TMN entre 2" y 3/8" y equivale a la Normal ASTM C33.

C. Elección del asentamiento:

La tendencia del hormigón no endurecido a hundirse (asentamiento) es una señal del contenido de humedad (CH) de la mezcla. Como se muestra a continuación, las mezclas de hormigón están clasificadas según su consistencia.

Para el diseño del hormigón se debe considerar una plástica consistencia, con un asentamiento entre tres y cuatro pulgadas. Esto significa que el concreto debe poder fluir fácilmente, pero no tanto como para perder su forma. Según la tabla 23, que realizó el comité ACI 211, se recomiendan para pavimentos valores para el asentamiento entre 1" y 3" (25 mm a 75 mm).

D. Volumen unitario de agua:

La demanda de agua es el contenido de agua agregado en un mezclador por unidad cúbica de concreto para que logre una consistencia específica cuando el agregado esté seco. De acuerdo con las sugerencias hechas por el Comité ACI 211, se elaboró la Tabla 24. Permite la elección de unidades de volumen del líquido (agua) para el agregado seco, concreto con y sin el aire que tiene incorporado. El TMN (décimas de milímetro) del árido grueso elegido es un factor importante que hay que tener en cuenta, así como la consistencia que requiere la mezcla.

Los valores del volumen de agua se destacan en la Figura 33, la cual fue creada por el Departamento de hormigón del Laboratorio de pruebas de Materiales de la UNI (Universidad Nacional de Ingeniería).

E. Estimación para el contenido de aire:

La Figura 35 en anexos enumera los valores preferidos para la estimación del contenido de aire de la mezcla según el nivel de exposición, mientras que la Figura 34 en anexos enumera clases y categorías de exposición concretas. Este trabajo estima un contenido de aire del 2%.

F. Relación agua cemento (a/c):

Dado que puede usarse para determinar la durabilidad, la resistencia a la permeabilidad y el acabado, esta relación es la más crucial al diseñar mezclas de concreto. Esta relación se puede descubrir utilizando las Figuras 36 o 37.

• Árbol Faique (*Acacia macracantha*)

Según Carvalho et al. (1996). Los ganaderos han comprendido desde hace mucho tiempo la importancia de los árboles en sus pastos porque pueden utilizarse para diversos fines, incluida la producción de madera y postes para cercas. También son conscientes de los efectos cruciales que los árboles tienen sobre la productividad del ganado, tanto directa como indirectamente. Una especie de árbol llamada *Acacia macracantha* tiene un límite de altura de seis metros. Tiene ramas y tallos glabros a estrigulares, así como hojas que pueden alcanzar hasta 15 centímetros de largo.

Los requisitos tienen un máximo. Miden 9 centímetros de largo y se convierten en espinas planas y blanquecinas que duran. El pecíolo mide de 2,5 a 2 centímetros de largo. Esta es un ejemplo de una especie exótica que está bien adaptada y tiene una variedad de aplicaciones, lo que la hace adecuada para su uso en sistemas agrosilvopastoriles. (4)

Se encuentra en los valles secos interandinos del Perú, incluidos Cusco, Arequipa, Cajamarca y La Libertad, así como en las costas del país en Lambayeque y Lima. Es muy frecuente en Ecuador y se puede encontrar en las Islas Galápagos, así como en la costa de Manab, Guayas, (Casado en 2001). Estudios de Centroamérica han demostrado que la biomasa arbórea puede aumentar la producción de materia seca de los pastos. Por ejemplo, una asociación de *Brachiaria humidicola* con *Acacia mangium* incrementó la productividad del pasto en un 28% en comparación con el monocultivo de pasto. Esto significa que la gramínea produjo un 28% más de materia seca cuando se asoció con la leguminosa arbórea que cuando se sembró en monocultivo. (Bolívar 1999). En un experimento distinto, se investigó el impacto del "King pasto" y la leguminosa arbórea *Erythrina poeppigiana* sobre la productividad y el valor nutricional del pasto (Libreros et al. 1994). Para cultivar King Grass se utilizaron tanto monocultivos (cultivo de la planta sola) como asociaciones con diferentes especies de árboles. En el 0%, 3%, 6% y 100% de los árboles se podó el árbol.

El suelo estaba cubierto por el follaje podado de los árboles. Incluso en el tratamiento sin poda, la asociación aumentó significativamente la capacidad del pasto para producir materia seca. Cuando se añadió follaje a nivel del suelo procedente de la biomasa de los árboles, la productividad de los pastos fue aún mayor. (4)

- **Cenizas con propiedades puzolánica**

La puzolana es una sustancia silíceo que, descompuesta en pequeños trozos, no tiene propiedades hidráulicas. Sin embargo, contiene elementos (sílice y alúmina) que, al combinarse con la cal, reaccionan a temperatura normal para producir compuestos estables con propiedades hidráulicas. Las puzolanas naturales y las puzolanas sintéticas son las dos categorías principales de puzolanas. (Calleja, J. 1968):

Las puzolanas naturales son unos materiales sedimentarios de origen animal o vegetal, o son materiales volcánicos. Se les conoce como puzolanas por su capacidad de reaccionar con la cal para crear compuestos estables con propiedades hidráulicas en condiciones normales (propiedades puzolánicas).

Las puzolanas artificiales Son subproductos de fabricación industrial o materiales tratados que han sido calentados a 600 y 900°C. Se utilizan en el hormigón para aumentar su resistencia, durabilidad y trabajabilidad porque también tienen propiedades puzolánicas.

- **Variables** Es una declaración clara de las reglas y procedimientos que sigue el investigador para crear las variables objetivas de la investigación. Responder a estas preguntas requiere no sólo conocimientos científicos previos, sino también información o datos de la experiencia personal. La investigación mencionada en los objetivos.
- **Dimensiones** Es una característica discreta de una variable, una propiedad de la variable que se puede medir.
- **Indicadores.** Se trata de factores o variables cuantitativos o cualitativos que proporcionan una manera sencilla y confiable de medir el desempeño, reflejan los cambios resultantes de las intervenciones y ayudan a evaluar el desempeño de las entidades de desarrollo.
- **Procesos** Una herramienta sencilla para encontrar eficientemente información sobre tu proyecto de investigación, ya sea un documental, una presentación oral u otros elementos asignados por tu instructor. La investigación es un proceso, por lo que es necesario dedicar tiempo a perfeccionar y revisar el tema.

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo Y Diseño De Investigación.

Tipo:

Es la aplicación de un plan detallado de métodos para ayudarnos a comprender los problemas que la sociedad enfrenta desarrollando soluciones para esos problemas. Un tipo de investigación conocida como investigación aplicada tiene como objetivo transformar el conocimiento teórico o puro en información útil para la sociedad.

En el texto, Hernández y Mendoza (2018) Sostienen que la investigación aplicada es importante porque puede ayudarnos a comprender los problemas que la sociedad enfrenta y desarrollar soluciones que sean específicas para un lugar en particular. Afirman que la investigación aplicada es la investigación que busca convertir el conocimiento teórico en conocimiento práctico que pueda ser utilizado para mejorar la sociedad.

Diseño de investigación.

El plan estratégico creado para producir los datos que se necesitan para lograr responder las preguntas de la investigación se conoce como diseño de investigación. Hernández y Mendoza (2018) argumentan que el diseño cuasi-experimental es una buena opción para este estudio porque no requiere la asignación aleatoria de los participantes a los grupos. Esto hace que sea más factible de implementar y permite cierto control sobre las variables.

Nivel de investigación:

La investigación explicativa tiene por finalidad identificar los factores subyacentes detrás de un conjunto particular de fenómenos. Comprender las causas de eventos particulares, o al menos las circunstancias en las que ocurren, es el objetivo de la investigación explicativa. Sabino (2020) argumenta que la investigación explicativa es importante porque puede ayudarnos en comprender nuestro mundo y a tomar mejores decisiones. Afirma que la investigación explicativa es aquella que determina las relaciones de causa y efecto. El estudio que mencionas es un ejemplo de investigación explicativa porque busca determinar la relación causa y efecto de cenizas de faique y el concreto tradicional para diseñar el pavimento rígido. Los investigadores analizarán los datos existentes para su determinación si existe una relación causal entre las variables.

Enfoque de investigación:

Barchini (2005) define la metodología cuantitativa como una forma de contrastar las teorías existentes con una serie de hipótesis que surgen de ellas. Esto requiere que se obtenga una muestra, tanto aleatoria o no aleatoria, pero que represente la población o fenómeno

en estudio. El estudio que mencionó tiene un enfoque de tipo cuantitativo porque utiliza datos numéricos para lograr probar la hipótesis. Los investigadores recopilarán datos numéricos de una muestra de participantes y luego compararán estos datos para ver si respaldan la hipótesis.

3.2. Variables y Operacionalización.

Variables

Variable independiente (VI): Ceniza de faique (CF).

Definición conceptual (DC): La ceniza se obtiene por la combustión de leña de faique en los hornos de panificación.

Definición operacional: Determinada la dosificación, se sustituirá un porcentaje del cemento por un porcentaje de ceniza de faique.

Dimensión: Dosificación, Propiedades químicas

Indicadores: 5%, 7,5%, 10%. De ceniza de faique, propiedades químicas

Escala para la medición: De razón.

Variable Dependiente: Diseño de un pavimento rígido utilizando el concreto $f'c = 210$ kg/cm².

Definición conceptual: Diseñar un pavimento rígido es un proceso complejo que involucra calcular el espesor de la calzada o la losa de concreto, las dimensiones de las juntas transversales y longitudinales, los tacos, tirantes, subrasante, subbase o base.

Definición operacional:

Calcular el espesor de la losa es una parte compleja del proceso de diseño del pavimento rígido, las dimensiones de las juntas transversales y longitudinales, barras de unión, los tacos, subrasante, subbase o base.

Dimensión: Concreto $f'c = 210$ kg/cm². pavimento rígido,

Indicadores: Espesor de losa, Resistencia de compresión, flexión, absorción, trabajabilidad, temperatura.

Escala: Es de razón.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población.

Arias y Betancuth (2015) definen un contexto global como un sector de elementos originados a partir de un estudio, y se da en áreas espaciales.

La primera población de este estudio está construida a partir de viguetas y probetas cilíndricas producidas en un laboratorio de tecnología para el concreto que ha recibido la certificación necesaria según las normas ASTM C 31 y NTP 339.033. Se fabricarán un total de 36 probetas de ensayo de 15 cm de diámetro y de 30 cm de largo, y 24 vigas de 15 cm x 15 cm x 53 cm para las pruebas de compresión y flexión, respectivamente. Por tanto, la población es finita porque está formada por todas las probetas y viguetas de hormigón que se van a fabricar.

La segunda población estará constituida por los diseños de pavimento rígido de toda Cajamarca.

Muestra

La primera muestra de este estudio será probabilística porque cada componente de la población tiene la probabilidad mayor que cero para que sea elegido de la muestra.

Muestreo El muestreo es de tipo estratificado, esto significa que se elegirá una muestra de cada estrato después de dividir la población en grupos según factores como el tipo de aditivo y la edad del concreto. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010). El grupo experimental está formado por 27 probetas con adiciones y 9 probetas que corresponden al grupo control, para un total de 36 probetas.

Hay 24 vigas en total, 6 vigas que coinciden con el grupo de control y 18 vigas que incorporan adiciones del grupo experimental.

Tal lo mostrado en la siguiente tabla a continuación:

Tabla 1 *Distribución de probetas y viguetas*

		Diseño Patrón + 5%	Diseño Patrón +	Diseño Patrón +	
Descripción	Diseño Patrón	ceniza de faique	7.5 % de ceniza de faique	10% de ceniza de faique	Total

Días de curado	7	14	28										
Compresión	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
Flexión			3			3			3			3	12
Tracción			3			3			3			3	12
Trabajabilidad		3			3			3			3		12
Absorción		3			3			3			3		12
Temperatura		3			3			3			3		12

Para la segunda muestra es el diseño del pavimento rígido de la carretera con acceso a la Universidad Autónoma de Chota – Cajamarca.

Unidad Muestral

Probetas cilíndricas que cumplen con los requisitos de ASTM C 31 y de la NTP 339.033 y tienen unas dimensiones de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura.

Las vigas prismáticas que cumplen con las normas NTP 339.033, ASTM C 31 tienen unas dimensiones de 15 cm x 15 cm x 53 cm.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Técnicos.

Técnica de investigación.

Cada etapa de la investigación científica está regida por un conjunto de reglas y pautas que los investigadores deben seguir. Incluye los métodos y procedimientos utilizados para recopilar, analizar e interpretar datos. Se utilizará la observación directa en esta investigación como técnica de recolección de datos. Esto significa que los investigadores observarán los efectos que ocurren en la variable dependiente directamente, sin el uso de ningún instrumento.

Instrumentos de recolección de datos

Utilizaremos formularios para recolectar datos, software de análisis de datos, herramientas de laboratorio, pruebas de acuerdo con ASTM (Sociedad de Ensayos y Materiales Americana), NTP (Normas Técnicas Peruanas) y otras normas en nuestro estudio.

3.5. Procedimientos

Ceniza de faique. obtenida de la combustión de leña de faique en los hornos de panificación. Al recolectar la ceniza se procederá pasar por el tamiz para separar las cenizas de residuos que se encuentre dentro de ella.

3.6. Método de Análisis de datos.

Los áridos son un componente importante del hormigón, ya que representan el mayor porcentaje del volumen. Por ello, es importante que estén en buen estado para que el hormigón tenga una buena resistencia y durabilidad.

Los ensayos se realizarán teniendo en cuenta las leyes, estas pruebas son las siguientes:

- Análisis granulométrico (NTP 400.012 – 2012)

La distribución de las partículas en materiales se denomina gradación. Se descubre pasando una muestra de la sustancia a través de varios tamices con diferentes tamaños de malla. A continuación, se calcula cuánto material quedó retenido en cada tamiz. Para comprobar si la distribución granulométrica cumple con las exigencias de las especificaciones técnicas de la obra, se utilizan los resultados de las pruebas de gradación. En esta situación, se utilizará la prueba de granulometría para valorar si la granulometría de los áridos cumple con las exigencias de la especificación técnica de la obra. Para controlar la producción agregada, los resultados de las pruebas también se utilizarán para proporcionar la información necesaria. Los datos se pueden utilizar para vincular el exceso y el embalaje. (5)

Según el procedimiento NTP 400.012, una muestra seca de la masa conocida se debe pasar a través de tamices con aberturas progresivamente mayores para determinar la distribución granulométrica. (5)

- Peso específico (densidad relativa) y absorción (NTP 400.022)

Se utiliza agua para llenar los poros de una muestra agregada sumergiéndola durante 24 a 4 horas. Después de eliminar el agua superficial, se calcula la masa de la muestra. Después de eso, se utiliza un envase graduado para calcular el volumen de la muestra. A continuación, la muestra se seca en un horno antes de identificar una vez más la masa. La densidad, la absorción y la densidad relativa (gravedad específica) de la muestra se pueden determinar utilizando los valores de masa que se encontraron. (6)

- Contenido de humedad (CH) (NTP 339.127 – 2019)

Una muestra de suelo húmedo se seca en un horno a 110 ± 5 °C para determinar el peso del agua extraída de la muestra. El peso de las partículas en estado sólido es igual a la cantidad de tierra que ha quedado después del secado en el horno. El peso que se perdió y que resulto del secado se considera peso de agua. (7)

Calculo

Se calcula el CH de la muestra, con la formula siguiente:

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco al horno}} \times 100$$
$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Done:

w (CH) contenido de la humedad, en (%)

M_{cws} peso del recipiente en gramos con la tierra húmeda agregada.

M_{cs} peso del recipiente + suelo secado, en gramos

M_c peso en gramos del contenedor

M_w peso en gramos del agua,

M_s peso en gramos de las partículas sólidas

- Peso unitario (densidad), rendimiento y contenido de aire (NTP 400.017 – 1999). Este procedimiento solo debe usarse cuando se indique específicamente. De lo contrario, Se debe utilizar el procedimiento de apisonamiento para determinar el PU que esta compactado para agregados con un tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menos, o la técnica de percusión para agregados con un tamaño nominal máximo entre 37,5 mm (1 1/2 pulg.) /2 pulg. o menos, de 150 mm y mm. mm (1 ½ pulg. a 6 pulg.). (8)
- Calcular el PU compactado o PU suelto, como sigue:

$$M = \frac{G-T}{V}$$

$$M = (G - T) * F$$

Donde:

M= (PU) Peso Unitario del agregado

G = Peso en kg (lb) recipiente de medida + el agregado

T = Peso en kg (lb) del recipiente

V = Volumen en m³ (p³), de la medida

F = Factor en m⁻³ (p⁻³) de la medida

Diseño de mezcla de concreto. Al recibir los resultados del laboratorio se realiza el diseño de la muestra. En este proyecto se reemplazan cenizas volantes en proporciones de 5%, 7.5% y 10% para obtener hormigón con una fuerza a la compresión de 210 kg/cm² según Comité ACI 211.

Pasos a seguir:

- Determine la resistencia promedio para el diseño: Esto significa calcular la compresión promedio esperado en el concreto.
- Determinar el asentamiento: Esto significa medir la cantidad que el concreto se hundirá por su propio peso.
- Relación agua-cemento (a/c): Medida de la cantidad de agua que se utiliza en la mezcla de concreto en comparación con la cantidad de cemento.
- Calcular el volumen de la mezcla de agua y aire: esto implica calcular cuánta agua necesita el hormigón para ser trabajable y cuánto aire ha atrapado el hormigón.
- Determinar el cemento: Esto significa que se debe calcular el volumen de cemento que se necesita para hacer el concreto.
- Cálculo del aire atrapado: Esto significa calcular la cantidad de aire que queda atrapado en el hormigón.
- Calcular la cantidad de agregado grueso necesaria para producir la cantidad deseada de concreto.
- Calcular el volumen absoluto de concreto para determinar la cantidad de agregado fino requerido por metro cúbico. Este calcula la cantidad de hormigón necesaria para calcular la cantidad de árido necesaria por metro cúbico.
Corrección de humedad: Esto significa ajustar el promedio de agua usada en la mezcla de concreto para tener en cuenta la humedad del aire.

- Corrección de absorción: Esto significa ajustar el promedio de agua que se usa en la mezcla de concreto para tener en cuenta la absorción de los agregados.
- Agua efectiva: Es el agua disponible para hidratar el cemento en el concreto.
- Proporciones en peso: Significa expresar las proporciones en peso de los ingredientes en el concreto.

Ensayo de las probetas

Las pruebas de compresión se realizarán según la norma NTP 339.034-2015. El método de resistencia para la compresión involucra la aplicación de una carga fuerte de compresión axial a los especímenes preparados a una tasa de carga específica hasta el fallo. Los resultados se utilizan para evaluar la efectividad de la mezcla y los aditivos que se utilizan en el diseño, así como para monitorear la calidad del concreto en términos de mezclado y colocación. Para obtener los resultados, se utiliza como herramienta una prensa de compresión de prueba. Se deben incluir dos bloques de carga de acero endurecido de doble cara y se deben someter a procedimientos de calibración anuales.

Ensayos de las viguetas

Cuando se utiliza el método de resistencia a la flexión, una sola viga de soporte se carga hasta el punto de falla en el tercio medio de su luz. Al utilizar esta técnica, se garantiza un doblez limpio, lo que deja la muestra lista para su uso. Dependiendo del tipo de daño, el módulo de rotura se calcula en el "tercio medio" o "a una distancia que no exceda el 5 por ciento del claro libre". Como módulo de ruptura se presentan los resultados. Los equipos de prueba deben cumplir con los estándares ASTM E 4. Se emplearán cuñas para garantizar que la fuerza aplicada sea normal a la superficie de la muestra. Deben ser constantes estas fuerzas y aumentarse gradualmente. (NTP 339-078)

3.7. Aspectos éticos

Este trabajo investigativo se ceñirá a los principios de originalidad y veracidad. Esto significa que el trabajo será original y que los resultados serán veraces. El trabajo seguirá la norma ISO 690 para citar fuentes de información. Esto asegurará que el trabajo esté correctamente referenciado y que la información sea precisa. La veracidad de los resultados estará asegurada por las pruebas realizadas en el laboratorio.

IV. RESULTADOS

Para el **objetivo n°1**, nos ha pedido realizar para obtener CF para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

En primer lugar, en el procedimiento de proyecto se realizó un recorrido por todo el territorio chota-cajamarquino alrededor del camino que conduce a la Universidad Autónoma de Chota, buscando lugares con árboles de faique.

Seguidamente se procede a la recogida del faique, por lo que se utilizarán equipos de protección personal (EPI) y bolsas para el transporte del material.

Luego cortamos y limpiamos la falsa para obtener leña falsa, que se deja secar naturalmente.

Un cuarto será llevado al laboratorio para su calcinación a 500 a 700 grados centígrados por 24 a 36 horas. Para la quinta y última parte, la ceniza se retira del horno y se muele a mano para obtener una partícula lo más uniforme posible, que luego se frota sobre un tamiz.

Para el **objetivo n°2**, nos pide la determinación de las propiedades químicas de las cenizas de faique.

Se utilizará el método de fluorescencia de rayos X a una temperatura de calcinación de 545 °C para determinar la composición química de los óxidos una vez obtenida la ceniza de faique.

Tabla 2 *Propiedades químicas de las cenizas de faique.*

CÓDIGO	ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO
	Cálculo ó. de calcio (CaO)	%	28.25
	Cálculo d. de silicio (SiO ₂)	%	39.33
	Cálculo t. de azufre (SO ₃)	%	13.5
	Cálculo ó. de magnesio (MgO)	%	6.73
	Cálculo ó. de manganeso (MnO)	%	13.47
	Cálculo t. de aluminio (Al ₂ O ₃)	%	5.22
GCL - 053	Cálculo p. de fósforo (P ₂ O ₃)	%	6.01
	Cálculo t. de hierro (Fe ₂ O ₃)	%	1.12
	Cálculo ó. de bario (BaO)	%	1.33
	Cálculo ó. de zinc (ZnO)	%	0.66
	Cálculo ó. de cobre (CuO)	%	0.7

Cálculo trióxido de cromo (CrO ₃)	%	0.8
Otros	%	4.35

Objetivo 3, nos solicita conocer las características físicas del concreto de fuerza $f'c = 210$ kg/cm², sustituyendo el cemento parcialmente por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

Análisis inferencial para la trabajabilidad y temperatura:

Los resultados de trabajabilidad y temperatura se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 3 *Trabajabilidad*

Muestra	SLUMP
sin adición 1	3 ³ / ₄ "
sin adición 2	4"
sin adición 3	4 ¹ / ₂ "
sin adición 4	4 ¹ / ₄ "
+ 5% ceniza de faique 1	4"
+ 5% ceniza de faique 2	3 ³ / ₄ "
+ 5% ceniza de faique 3	3 ¹ / ₄ "
+ 5% ceniza de faique 4	4 ¹ / ₄ "
+ 7.5% ceniza de faique 1	3 ³ / ₄ "
+ 7.5% ceniza de faique 2	4"
+ 7.5% ceniza de faique 3	4 ¹ / ₂ "
+ 7.5% ceniza de faique 4	4 ³ / ₄ "
+ 10% ceniza de faique 1	4 ¹ / ₂ "
+ 10% ceniza de faique 2	4"
+ 10% ceniza de faique 3	4 ³ / ₄ "
+ 10% ceniza de faique 4	4"

Figura 13 *Medida de Trabajabilidad*

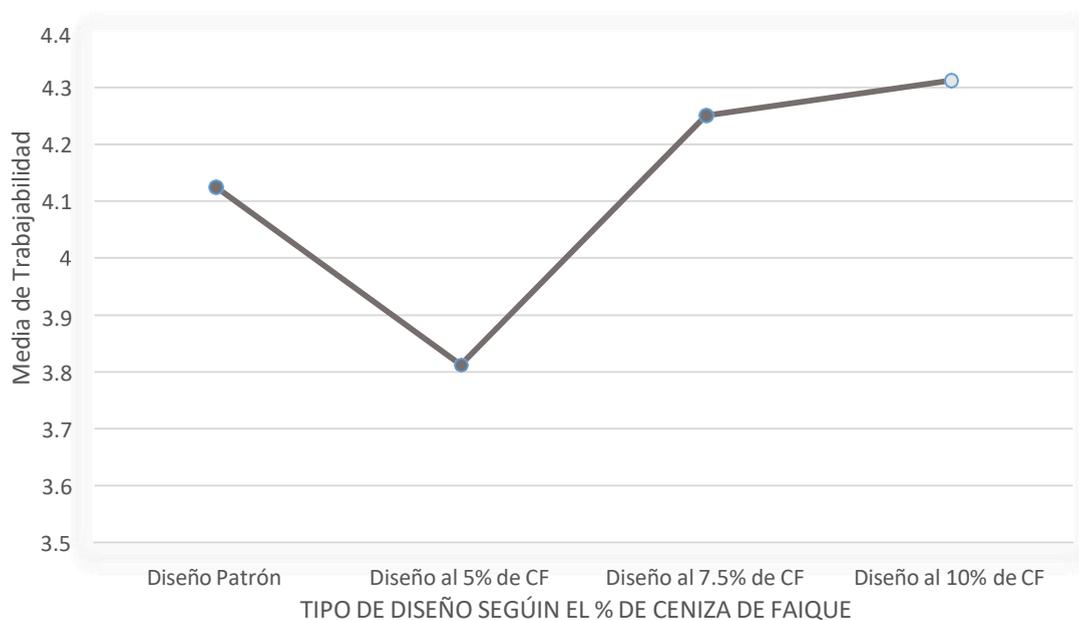
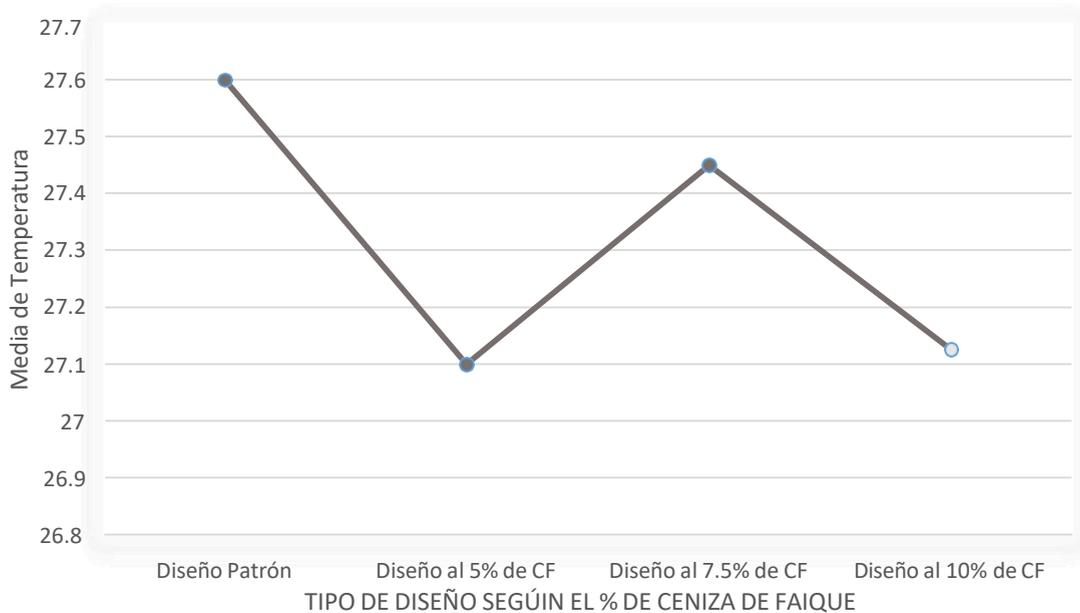


Tabla 4 *Temperatura*

Muestra	TEMPERATURA
convencional 1	26.50°C
convencional 2	28.70°C
convencional 3	27.80°C
convencional 4	27.40°C
+ 5% ceniza de faique 1	27.50°C
+ 5% ceniza de faique 2	26.80°C
+ 5% ceniza de faique 3	27.60°C
+ 5% ceniza de faique 4	26.50°C
+ 7.5% ceniza de faique 1	27.10°C
+ 7.5% ceniza de faique 2	26.90°C
+ 7.5% ceniza de faique 3	27.40°C
+ 7.5% ceniza de faique 4	28.20°C
+ 10% ceniza de faique 1	27.30°C
+ 10% ceniza de faique 2	26.90°C
+ 10% ceniza de faique 3	26.60°C
+ 10% ceniza de faique 4	27.70°C

Figura 14 Medida de Temperatura



Los resultados de las pruebas de trabajabilidad y temperatura nos indican que no hay datos suficientes para poder respaldar la hipótesis del investigador en un nivel de significancia del 5%. Esto se debe a que los valores sig de la prueba entre los grupos de diseños son superiores a 0,05. Por lo tanto, se concluye que la adición de 5%, 7.5% y 10% de cenizas de faique en la mezcla no va a mejorar las propiedades físicas (trabajabilidad y temperatura) para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota - Cajamarca 2023.

Objetivo 4, pide determinar las propiedades mecánicas de un hormigón de fuerza $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, al sustituir el cemento por CF para el diseño de un pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

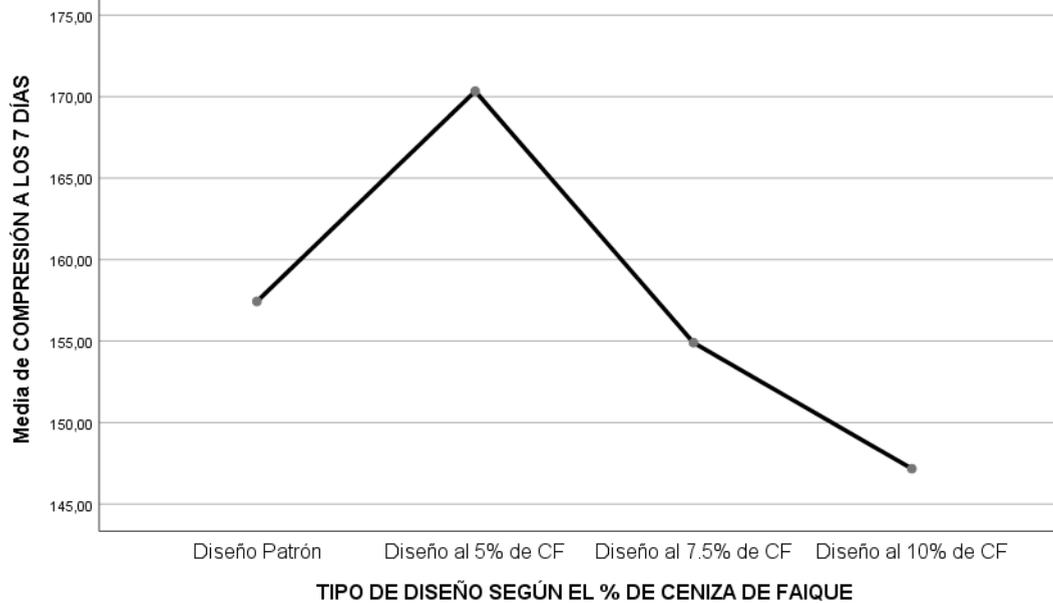
Análisis para la resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 de edad:

Los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las edades de 7, 14 y 28 días después del curado para medir la resistencia a la compresión y flexión, así como la abrasión, se muestran a continuación.

Tabla 5 *Compresión a los 7 días*

Muestra	Compresión (kg/cm²)
sin adición 1	156.50
sin adición 2	157.10
sin adición 3	158.70
+ 5% ceniza de faique 1	169.10
+ 5% ceniza de faique 2	170.80
+ 5% ceniza de faique 3	171.10
+ 7.5% ceniza de faique 1	154.00
+ 7.5% ceniza de faique 2	154.50
+ 7.5% ceniza de faique 3	156.20
+ 10% ceniza de faique 1	147.30
+ 10% ceniza de faique 2	146.40
+ 10% ceniza de faique 3	147.80

Figura 15 *Medida de compresión a los 7 días*

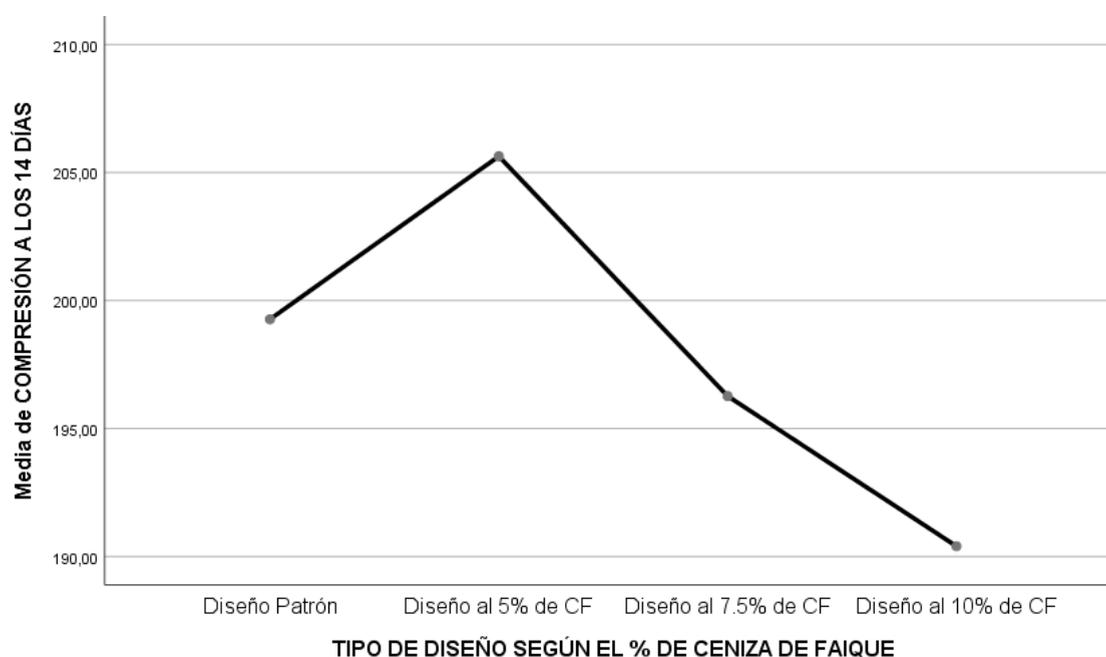


La gráfica de medias nos muestra que la compresión a los 7 días para el diseño con 10% CF es menor que los otros diseños. El diseño con 5% CF tiene el promedio más alto, pero la prueba de Tukey nos dirá si estas diferencias son significativas. El diseño tradicional y el diseño con 7.5% CF están en el mismo subgrupo y son más bajos que el diseño con 5% CF. Entonces, se concluye con grado de riesgo del 5% que la parcial adición del 5% de ceniza de faique mejora grandemente la compresión después de 7 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota - Cajamarca 2023 Agregar 7.5% de CF sigue siendo similar al diseño tradicional, pero agregar 10% de CF disminuye su compresión relevantemente.

Tabla 6 *Compresión a los 14 días*

Muestra	Compresión (kg/cm²)
sin adición 1	198.10
sin adición 2	199.40
sin adición 3	200.30
+ 5% ceniza de faique 1	206.10
+ 5% ceniza de faique 2	205.50
+ 5% ceniza de faique 3	205.30
+ 7.5% ceniza de faique 1	196.20
+ 7.5% ceniza de faique 2	195.90
+ 7.5% ceniza de faique 3	196.70
+ 10% ceniza de faique 1	190.10
+ 10% ceniza de faique 2	189.30
+ 10% ceniza de faique 3	191.80

Figura 16 Medida de compresión a los 14 días



De acuerdo con la gráfica de medias, la fuerza a compresión a los 14 días del diseño con 10% CF es menor que los otros 3 diseños. El diseño con 5% CF tiene el promedio más alto, pero la prueba de Tukey determinará si estas diferencias son significativas.

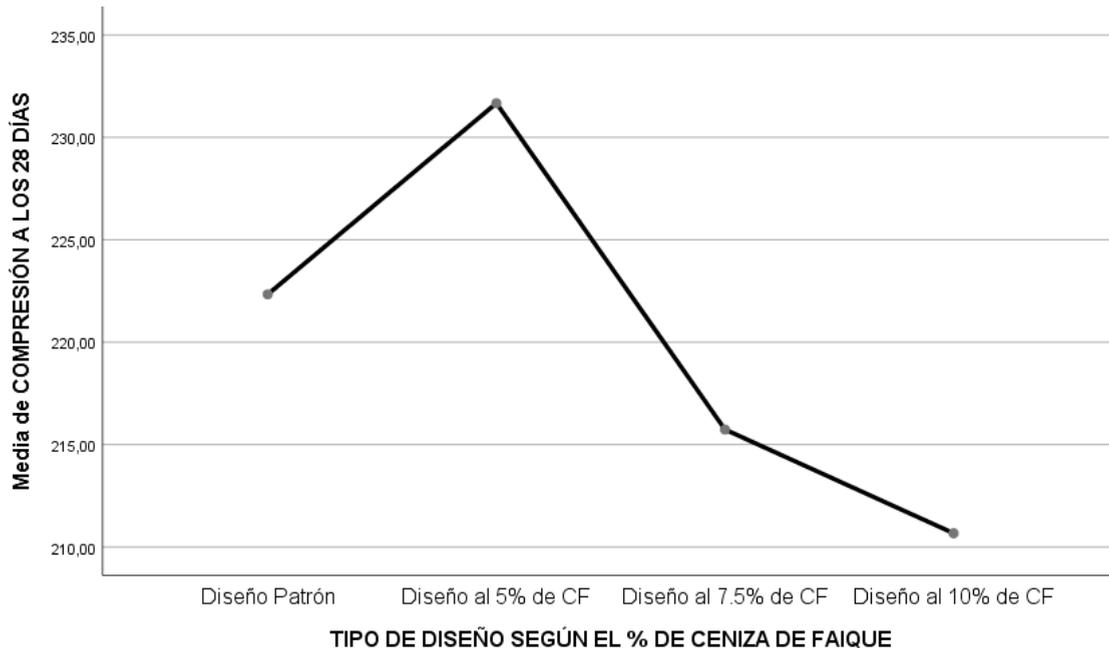
Se observa que, los diseños todos están en diferentes sub grupos y el diseño tradicional además es menor sólo con el diseño al 5% de CF, por lo que se puede determinar que, la adición parcial al 5% de las cenizas de faique, mejora de manera significativa la compresión a los 14 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023, pero, al añadir el 7.5% y 10% de CF estos disminuyen grandemente su resistencia a la compresión.

Tabla 7 Compresión a los 28 días

Muestra	Compresión (kg/cm ²)
sin adición 1	223.30
sin adición 2	220.90
sin adición 3	222.80
+ 5% ceniza de faique 1	231.80
+ 5% ceniza de faique 2	230.40
+ 5% ceniza de faique 3	232.80
+ 7.5% ceniza de faique 1	215.50
+ 7.5% ceniza de faique 2	215.10
+ 7.5% ceniza de faique 3	216.60

+ 10% ceniza de faique 1	212.40
+ 10% ceniza de faique 2	209.40
+ 10% ceniza de faique 3	210.20

Figura 17 Medida de compresión a los 28 días



En la gráfica de medias se puede ver que la compresión de edad de 28 días del diseño al 10% CF es menor que la de los otros diseños, siendo el diseño al 5% CF el más alto promedio. Sin embargo, el ensayo Tukey determinará si estas diferencias tienen significancias o no.

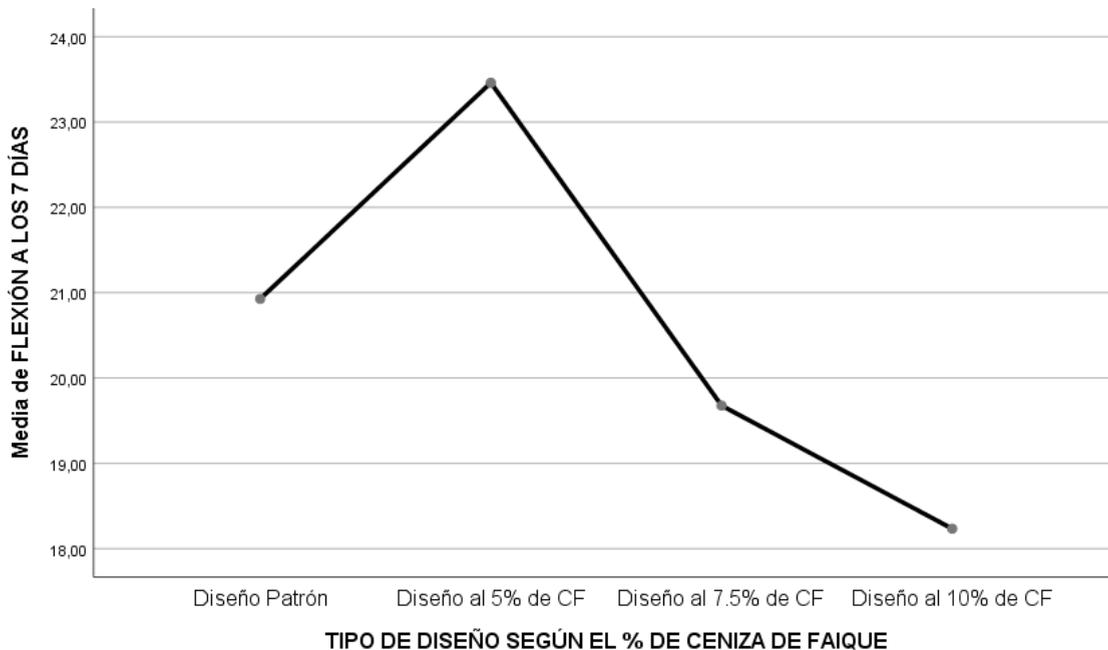
Concluimos que al adicionar 5% de cenizas de Faique mejora significativamente a compresión después de 28 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma del Chota - Cajamarca 2023 a un nivel de significancia del 5%. porque podemos ver que todos los diseños están en diferentes subgrupos y que el diseño simple es menor solo con el diseño al 5% CF, sin embargo, al añadir el 7.5% y 10% de CF estos disminuyen en gran manera su compresión.

Tabla 8 Flexión a los 7 días

Muestra	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
sin adición 1	20.67
sin adición 2	20.19
sin adición 3	21.92
+ 5% ceniza de faique 1	22.97
+ 5% ceniza de faique 2	22.68
+ 5% ceniza de faique 3	24.73

+ 7.5% ceniza de faique 1	20.03
+ 7.5% ceniza de faique 2	19.89
+ 7.5% ceniza de faique 3	19.11
+ 10% ceniza de faique 1	18.05
+ 10% ceniza de faique 2	17.81
+ 10% ceniza de faique 3	18.84

Figura 18 Medida de flexión a los 7 días



El diseño con 5% de CF tuvo el promedio más alto, y el diseño con 10% de CF tuvo la flexión más baja después de 7 días. La prueba Tukey determinará si estas diferencias son significativas o no estadísticamente.

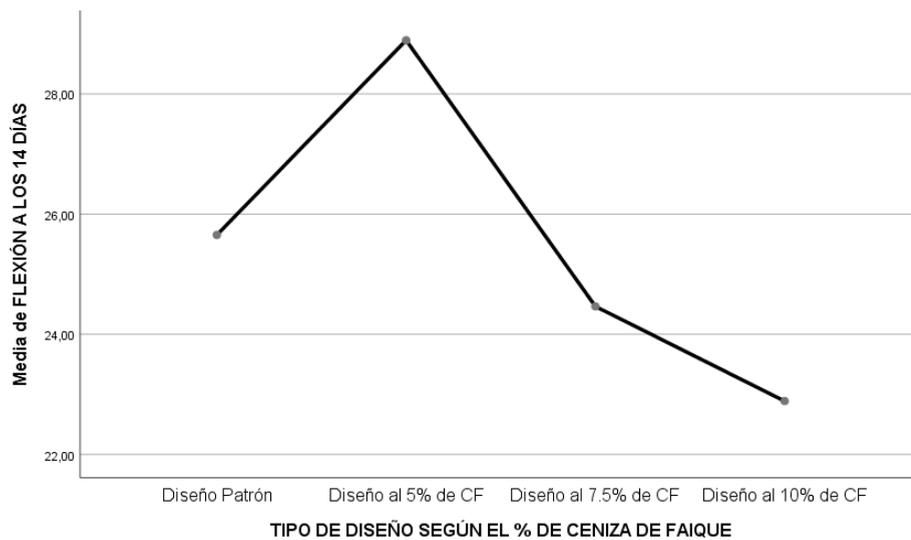
Se observa que el diseño tradicional y el de 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que sólo es menor con el diseño al 5% de CF, por lo que podemos determinar que, la adición l al 5% parcia de las cenizas de faique, mejora grandemente la resistencia a la flexión a los 7 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023 y al añadir el 7.5% de CF se mantiene similar al diseño sin adición, pero sin embargo al añadir el 10% de CF este disminuye grandemente su resistencia a la flexión.

Tabla 9 Flexión a los 14 días

Muestra	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
---------	---

sin adición 1	25.76
sin adición 2	25.17
sin adición 3	26.03
+ 5% ceniza de faique 1	28.24
+ 5% ceniza de faique 2	28.69
+ 5% ceniza de faique 3	29.75
+ 7.5% ceniza de faique 1	24.93
+ 7.5% ceniza de faique 2	24.33
+ 7.5% ceniza de faique 3	24.13
+ 10% ceniza de faique 1	23.33
+ 10% ceniza de faique 2	22.53
+ 10% ceniza de faique 3	22.80

Figura 19 *Medida de flexión a los 14 días*



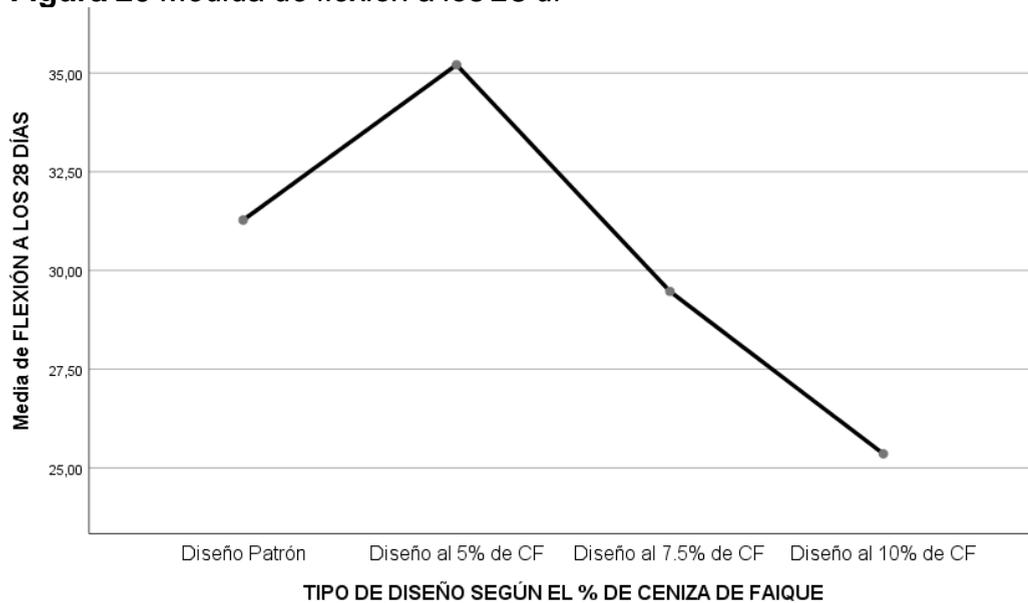
El diseño con 10% de CF exhibe menos flexión a los 14 días que los otros 3 diseños experimentales, y el diseño que tiene 5% de CF tiene el más alto promedio. La prueba de Tukey determinará si estas diferencias son estadísticamente significativas o no.

Se observa que el diseño tradicional y el diseño al 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que sólo es menor con el diseño al 5% de CF, por lo que determinamos que, la adición parcial al 5% de las cenizas de faique, mejora grandemente la resistencia a la flexión a los 14 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023 y al añadir el 7.5% de CF se mantiene similar al diseño sin adición, pero sin embargo al añadir el 10% de CF este disminuye grandemente su fuerza a la flexión.

Tabla 10 Flexión a los 28 días

Muestra	Módulo de Rotura (kg/cm²)
sin adición 1	31.09
sin adición 2	30.57
sin adición 3	32.17
+ 5% ceniza de faique 1	35.83
+ 5% ceniza de faique 2	34.64
+ 5% ceniza de faique 3	35.16
+ 7.5% ceniza de faique 1	30.41
+ 7.5% ceniza de faique 2	29.23
+ 7.5% ceniza de faique 3	28.77
+ 10% ceniza de faique 1	26.52
+ 10% ceniza de faique 2	25.12
+ 10% ceniza de faique 3	24.43

Figura 20 Medida de flexión a los 28 dí



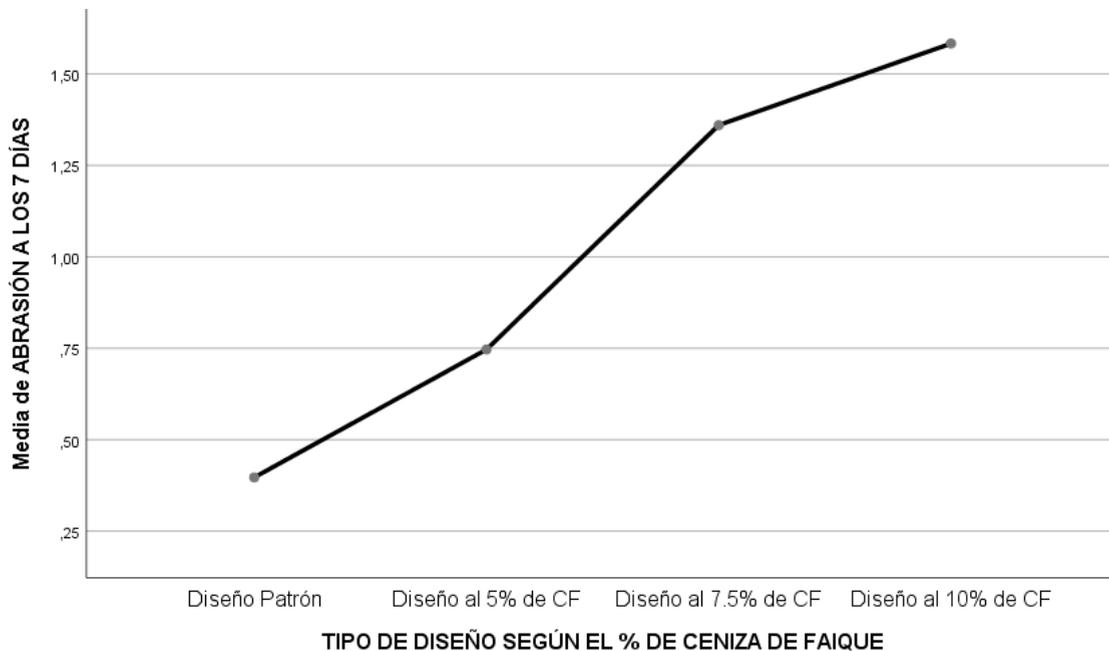
Podemos que el diseño de 5% de CF tiene el promedio más alto, y el diseño de 10% de CF tiene la flexión más baja a los 28 días en comparación con los otros tres diseños experimentales. Sin embargo, la prueba de Tukey mostrará si estas variaciones son dignas de mención o no.

Se logra observar que la mezcla tradicional y la del 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que sólo es menor con el diseño al 5% de CF, por lo que determinamos que, la adición parcial al 5% de las cenizas de faique, mejora en gran manera la resistencia a la flexión a los 28 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023 y al añadir el 7.5% de CF se mantiene similar al diseño sin adición, sin embargo al añadir el 10% de CF este disminuye en gran manera su resistencia a la flexión.

Tabla 11 Abrasión a los 7 días

Muestra	Abrasión
sin adición 1	0.37
sin adición 2	0.43
sin adición 3	0.39
+ 5% ceniza de faique 1	0.57
+ 5% ceniza de faique 2	0.80
+ 5% ceniza de faique 3	0.87
+ 7.5% ceniza de faique 1	1.31
+ 7.5% ceniza de faique 2	1.39
+ 7.5% ceniza de faique 3	1.38
+ 10% ceniza de faique 1	1.67
+ 10% ceniza de faique 2	1.56
+ 10% ceniza de faique 3	1.52

Figura 21 Medida de abrasión a los 7 días



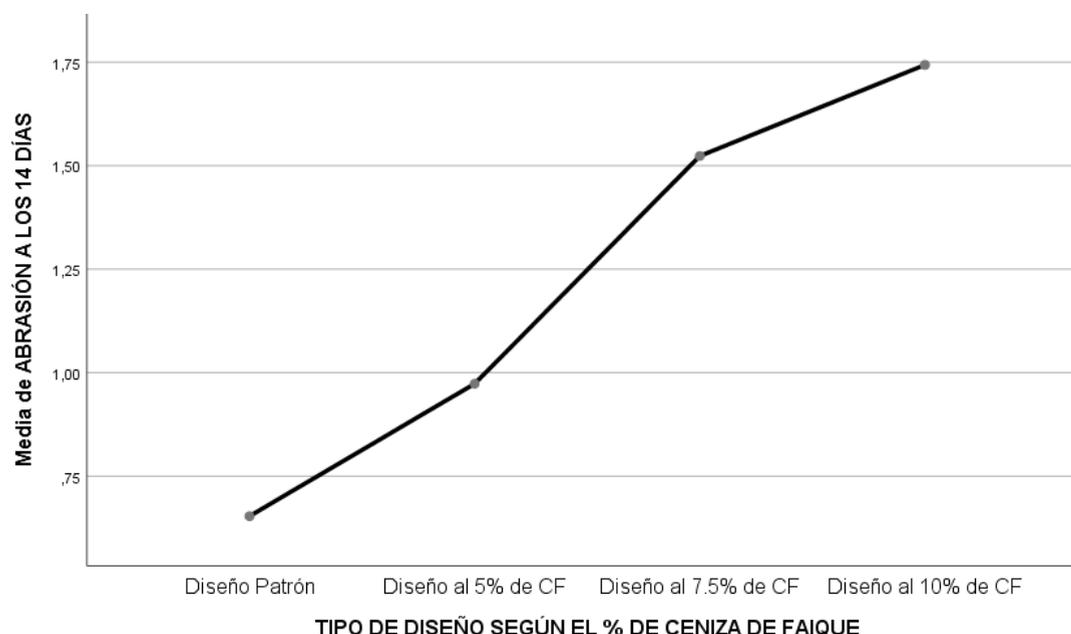
Podemos observar que el diseño tradicional tiene menos abrasión después de 7 días que los tres diseños experimentales, y el diseño con 10 por ciento de CF tiene el promedio más alto. Sin embargo, la importancia de estas diferencias estará determinada por la prueba T3 de Dunnett.

Para la prueba T3 de Dunnett analizamos el primer grupo en la cual está el comparativo del diseño tradicional frente a los demás diseños experimentales, ahora bien, el valor sig de la prueba indican que sólo son significativos los diseños al 7.5% y 10% de CF debido a que sus valores sig de 0.000 y 0.001 respectivamente son menores a 0.05, mientras que con el diseño al 5% de CF no existe diferencias significativas dado que su valor sig de 0.169 es mayor a 0.05. la columna Diferencia de medias nos muestra la diferencia entre el diseño tradicional menos el diseño experimental, en tanto si negativo, el diseño tradicional será menor, por lo tanto determinamos que, la adición parcial al 7.5% y 10% de las cenizas de faique, aumentará de manera significativa la abrasión a los 7 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023, mientras que al añadir el 5% de CF se mantendrá similar al diseño tradicional.

Tabla 12 Abrasión a los 14 días

Muestra	Abrasión
sin adición 1	0.55
sin adición 2	0.64
sin adición 3	0.77
+ 5% ceniza de faique 1	0.97
+ 5% ceniza de faique 2	0.89
+ 5% ceniza de faique 3	1.06
+ 7.5% ceniza de faique 1	1.48
+ 7.5% ceniza de faique 2	1.55
+ 7.5% ceniza de faique 3	1.54
+ 10% ceniza de faique 1	1.79
+ 10% ceniza de faique 2	1.74
+ 10% ceniza de faique 3	1.70

Figura 22 Medida de abrasión a los 14 días



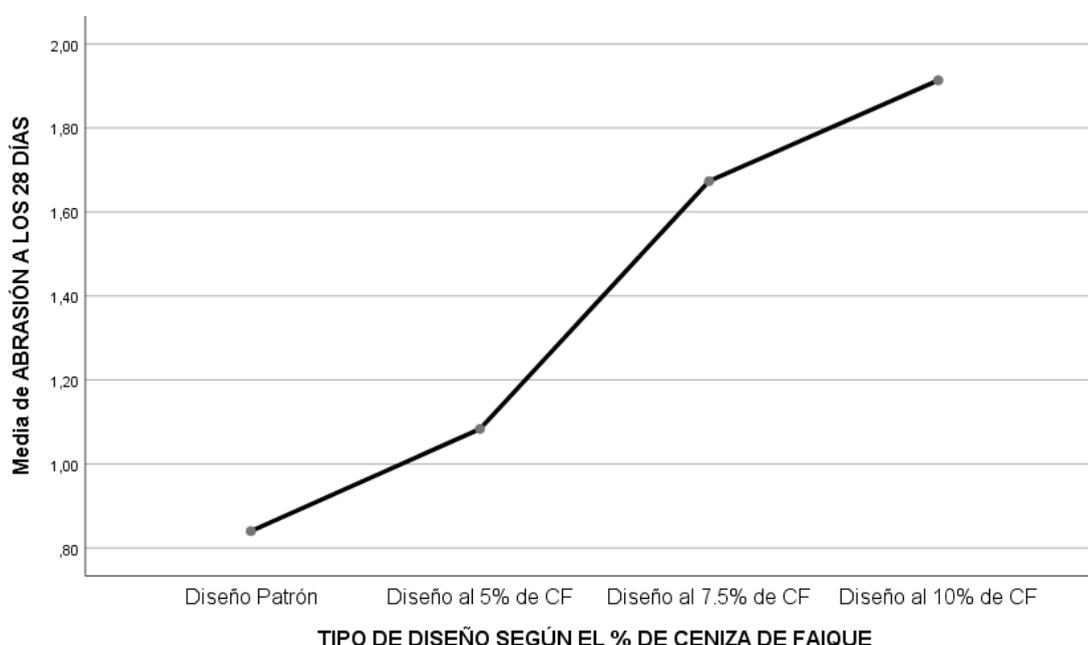
Se puede ver que, dado que el diseño con 10 por ciento de CF tiene el más alto promedio, la abrasión del diseño tradicional a los 14 días es menor que la de los otros diseños. Sin embargo, la prueba de Tukey revelará si estas diferencias son significativas o no.

La conclusión es que con un grado de significancia del 5% el aporte parcial de 5%, 7.5% y 10% de cenizas de faique aumenta significativamente la abrasión a los 14 días de curado para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota - Cajamarca 2023 porque podemos ver que todos los diseños están en diferentes subgrupos y que el diseño estándar es más pequeño que todos los diseños.

Tabla 13 Abrasión a los 28 días

Muestra	Abrasión
sin adición 1	0.68
sin adición 2	0.87
sin adición 3	0.97
+ 5% ceniza de faique 1	1.12
+ 5% ceniza de faique 2	1.05
+ 5% ceniza de faique 3	1.08
+ 7.5% ceniza de faique 1	1.65
+ 7.5% ceniza de faique 2	1.66
+ 7.5% ceniza de faique 3	1.71
+ 10% ceniza de faique 1	1.95
+ 10% ceniza de faique 2	1.85
+ 10% ceniza de faique 3	1.94

Figura 23 Medida de abrasión a los 28 días



Podemos observar del gráfico de medias el diseño con 10 % de CF tiene el promedio de abrasión más alto a los 28 días, mientras que el diseño tradicional tiene un promedio más bajo. La prueba de Tukey revelará si estas diferencias son estadísticamente significativas o no.

Se concluye que la adición parcial del 5%, 7% y 10% de cenizas de faique, para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma del Chota - Cajamarca 2023, aumenta significativamente la abrasión luego de 28 días de curado. porque podemos ver que todos los diseños están en diferentes subgrupos y que el diseño tradicional es más pequeño que todos los diseños, con un nivel de significancia del 5%.

El **objetivo 5**, pide la determinación del espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

El método AASHTO 93 evalúa que la nueva estructura de pavimento comienza a funcionar a un alto nivel. Los niveles de servicio se degradan con el tiempo y con cargas de tráfico repetidas. El procedimiento determina el nivel de servicio final que se mantendrá al final del período de diseño.

Mediante un proceso iterativo, asumiendo el espesor del concreto hasta que las ecuaciones de AASHTO 1993 alcancen el equilibrio. El espesor final calculado del hormigón debe ser capaz de soportar una determinada carga sin que el nivel de rendimiento se deteriore menos de lo esperado.

Datos del proyecto.

CBR	4.25%
Vida Útil	20 años
Tasa de crecimiento Liviano	1.1242%
Tasa de crecimiento Pesado	1.1882%
Vehículos Ligeros	750
Bus 2E	30
Camiones Unitarios 2E	210
Camiones Unitarios 3E	150
Semi Tráiler - 2S1/2S2	120
Semi Tráiler - 3S1/3S2	80

PASO1: CÁLCULO DE TRÁNSITO (ESALs)

- **Factor de Crecimiento Acumulado**

r (tasa de crecimiento)	0.01
n (vida útil)	20.00
Fca Liviano=	22.29

r (tasa de crecimiento)	0.01
n (vida útil)	20.00
Fca Pesado=	22.43

- **Cálculo del factor W18**

Bus 2E

P1=	7.00
P2=	11.00
Eje de rueda simple	
=	1.27
Eje simple de rueda doble	
=	3.33
Total, del Factor=	4.61

Camiones Unitarios 2E

P1=	7.00
P2=	11.00
Eje de rueda simple	
=	1.27
Eje simple de rueda doble	
=	3.33
Total, del Factor =	4.61

Camiones Unitarios 3E

P1=	7.00
P2=	18.00
Eje simple de rueda simple	
=	1.27
Eje simple de rueda doble	
=	25.12
Total, del Factor =	26.39

Semi Tráiler - 2S1/2S2

P1=	7.00
P2=	11.00
P3=	11.00
Eje simple de rueda simple	
=	1.27
Eje simple de rueda doble	
=	3.33
Eje simple de rueda doble	
=	3.33
Total, del Factor =	7.94

Semi Tráiler - 3S1/3S2

P1= 7.00
 P2= 18.00
 P3= 11.00

Eje simple de rueda simple
 = 1.27
 Eje simple de rueda doble
 = 25.12
 Eje simple de rueda doble
 = 3.33
 Total, del Factor = 29.73

Tabla 14 Cálculo del W18

Tipo de Vehículo	N° veh/año x365 (1)	FC (2)	ESAL Carril (3) =(1)*(2)	Factor Crec. (4)	ESAL Proyectado = (3) * (4)
Vehículos Ligeros	750	0.0001	0.08	22.29	1.67
Bus 2E	30	4.61	138.23	22.43	3,100.08
Camiones Unitarios 2E	210	4.61	967.61	22.43	21,700.53
Camiones Unitarios 3E	150	26.39	3,958.59	22.43	88,779.09
Semi Tráiler - 2S1/2S2	120	7.94	953.10	22.43	21,375.11
Semi Tráiler - 3S1/3S2	80	29.73	2,378.03	22.43	53,332.05
Total	1340			W18=	188,288.54

- **Serviciabilidad**

Según los datos obtenidos anteriormente se clasificará el tráfico y eje de equivalentes acumulados, así como indica la siguiente figura

Tabla 15 Índice Inicial de serviciabilidad (Pi), Índice Final o Terminal de Serviciabilidad (Pt) y Diferencial de Serviciabilidad, Según el rango de trafico

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de serviciabilidad inicial (Pi)	Índice de serviciabilidad final o terminal (PT)	Diferencial de serviciabilidad (ΔPSI)
Caminos de bajo volumen de transito	T _{P1}	150,001	300,000	4.1	2	2.1
	T _{P2}	300,001	500,000	4.1	2	2.1
	T _{P3}	500,001	750,000	4.1	2	2.1
	T _{P4}	750,001	1,000,000	4.1	2	2.1
Resto de caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.3	2.5	1.8
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.3	2.5	1.8
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.3	2.5	1.8
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.3	2.5	1.8
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.3	2.5	1.8
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.3	2.5	1.8
	T _{P11}	12'500,000	15'000,000	4.3	2.5	1.8

T _{P12}	15'000,000	20'000,000	4.5	3	1.5
T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.5	3	1.5
T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.5	3	1.5
T _{P15}	>30'000,000		4.5	3	1.5

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones – MTC – 05 – 14

Índice Inicial de Serviciabilidad (Pi) = 4.10

Índice Final o Terminal de Serviciabilidad (Pt) = 2.00

Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI) = 2.10

- **La confiabilidad “R” y la desviación estándar (S0)**

El rango que sugiere AASHTO se comprende de entre $0.30 < S_o < 0.40$, en el presente

Manual (MTC) se recomienda $S_o = 0.35$

Tabla 16 Valores para los Niveles de Confiabilidad

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R)	Desviación estándar normal (ZR)
	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
Caminos de poco volumen de tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,000	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,000	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones – MTC – 05 - 14

Nivel de Confiabilidad (R) = 70%

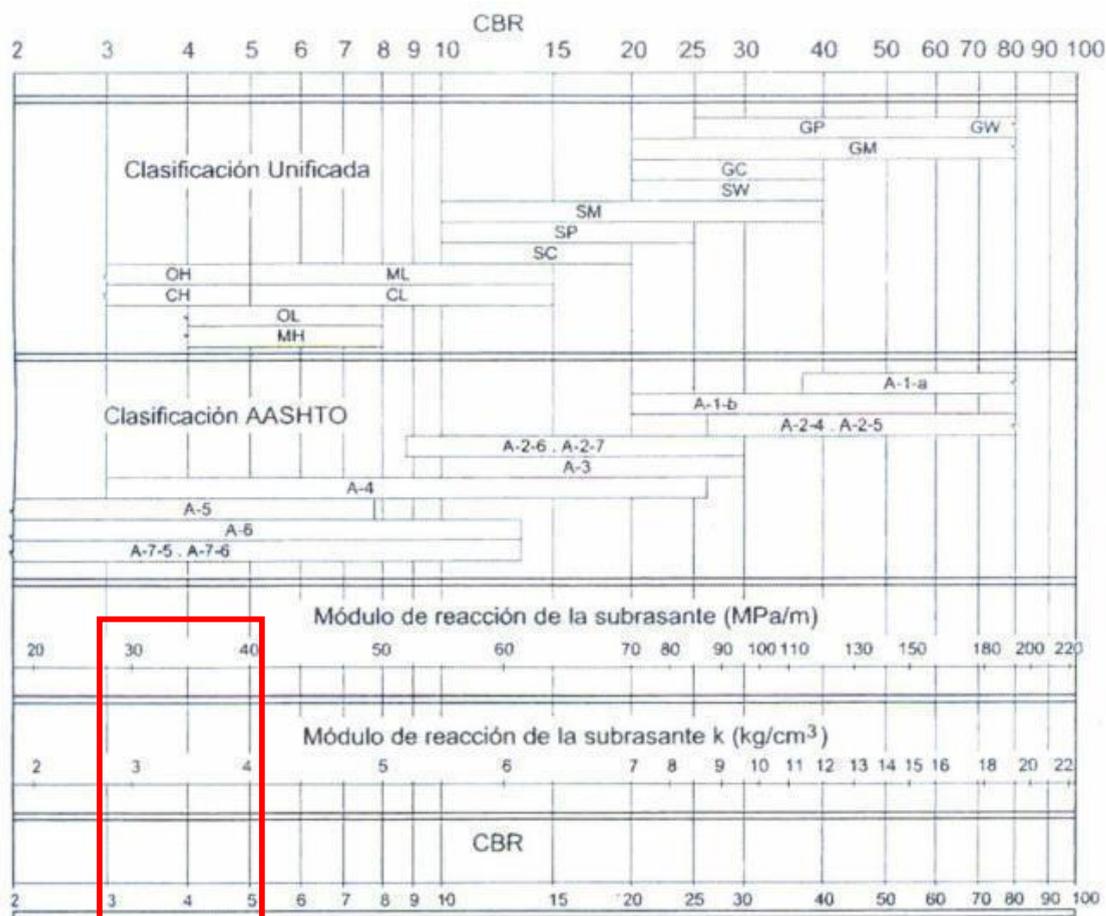
Desviación Estándar Normal (Zr) = - 0.524

- **Suelos y el efecto las capas con apoyo (Kc)**

Una alternativa propuesta por AASHTO es utilizar una correlación directa mediante la cual el factor de respuesta K puede derivarse de la clasificación del suelo y CBR; la siguiente imagen se muestra para este propósito.

Teniendo en cuenta el CBR a tomar es de 4.25% y para obtener un resultado más exacto se realizará una regla de tres.

Figura 24 Correlación CBR y Modulo de Reacción de la Sub rasante



CBR	K	
3.30	3.00	
4.25	X	3.56
5.00	4.00	

Donde $x = 3.56 \text{ kg/cm}^3 \leftrightarrow x = 50.62 \text{ PSI}$

- **Resistencia a flexotracción del concreto (MR)**

$$Mr = 43.50 \cdot \frac{Ec}{1000000} + 488.50 = 630.83 \text{ PSI}$$

- **Módulo elástico del concreto**

$$Ec = 57000 \cdot \sqrt{f'c} \text{ tiene que estar en PSI}$$

Donde el $f'c$ equivale 231.67 kg/cm^2 a 3295.11 PSI

$$E = 57000 \cdot \sqrt{3295.11} = 3,271,974.72 \text{ PSI}$$

- **Drenaje (cd)**

Según sus tamaños, granulometría y propiedades de permeabilidad se establece la idoneidad del material para el drenaje.

Tabla 17 Condiciones para el Drenaje

Calidad	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Una vez que se caracterizan el material y sus características de drenaje, se puede calcular Cd utilizando el gráfico a continuación para relacionarlo con la medida en que la estructura estuvo expuesta a niveles de humedad casi saturados.

Tabla 18 *Coeficiente para el Drenaje de las Capas Granulares Cd*

Calidad de drenaje saturar	% del periodo de tiempo en que el pavimento se expone a niveles de humedad próximos a			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.1
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.9
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.8
Muy pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.7

Según los ensayos del suelo que se obtuvo que la calidad de drenaje esta entre buena y regular rodeando los 2.00% se tomara como marga la imagen un Cd de 1.10

- **Transferencia de cargas**

El valor final del espesor de la losa de hormigón es directamente proporcional al valor de J. Es decir, el hormigón será más fino cuanto menor sea el valor de J.

Tabla 19 *Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J*

Tipo de berna	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores				
J	SI (con pasadores) 3.2	NO (sin pasadores) 3.8 - 4.4	SI (con pasadores) 2.8	NO (sin pasadores) 3.8

Como se puede apreciar en la tabla anterior tenemos una transferencia de carga J es igual a 2.8.

- **Obtención del espesor de pavimento**

En este punto se podrá recopilar la información recaudada y aplicar en la siguiente formula

Figura 25 Formula para calcular el espesor del concreto según AASHTO 93

$$\text{Log } W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 7.35[\text{Log}(D + 1)] - 0.06 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{5.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \cdot \text{Log} \left\{ \frac{S'_c \cdot C_d \cdot (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right]} \right\}$$

Tabla 20 Resumen para la obtención del espesor del pavimento rígido $f'_c=231.67 \text{ kg/cm}^2$

1	W 18 =	188,288.54
2	Zr =	-0.524
3	So =	0.350
4	$\Delta\text{PSI} =$	2.100
5	Pt =	2.000
6	Mr =	630.830
7	Cd =	1.100
8	J. =	2.800
9	Ec =	3,271,974.72
10	K =	50.620
	Objetivo=	0.000
	D	4.250

Para lo cual "D" vendría a ser 4.250 pulgadas que equivale 10.80 cm de espesor de pavimento para un concreto $f'_c=231.67 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 21 Resumen para la obtención del espesor del pavimento rígido $f'c=210.00$ kg/cm²

1	W 18 =	188,288.54
2	Zr =	-0.524
3	So =	0.350
4	Δ PSI =	2.100
5	Pt =	2.000
6	Mr =	624.010
7	Cd =	1.100
8	J. =	2.800
9	Ec =	3,115,191.060
10	K =	50.620
	Objetivo=	0.000
	D	4.257

Para lo cual “D” vendría a ser 4.257 pulgadas que equivale 10.85 cm de grosor de pavimento para un concreto $f'c=210$ kg/cm²

Estos resultados quieren decir que el hormigón con aumento de la ceniza de faique no es recomendable utilizar en sector de pavimentos para esta carretera ya que ESAL es muy bajo.

Para el **objetivo n°6**, nos pide realizar el costo – beneficio de un concreto $f'c = 210$ kg/cm², sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

Un análisis del presupuesto unitario para la obtención de fresno faique servirá como representación del proyecto en este punto y servirá como referencia para la revista de costos.

Cabe mencionar que el Faique ha sido reciclado a los alrededores de la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca es por ello que su precio directo ha sido de cero soles.

Tabla 22 Análisis de Precios

Partida		CENIZA DE FAIQUE				
Rendimiento	Kg/DIA MO. 100	EQ.	100	Costo unitario directo:		S/0.82
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/
104	Mano de obra					
	Peón	HH	0.1	0.008	S/18.63	S/0.15
						S/0.15
	Materiales					
201	Costal	UND		1	S/0.50	S/0.50
202	Faique	Arroba		2	S/0.00	S/0.00
						S/0.50
	Equipos					
	Herramientas					
301	Manual	% MO		5	S/0.15	S/0.01
302	Incineración	HM	0.1	0.008	S/20.00	S/0.16
						S/0.17

Fuente: propia

Una vez establecido el presupuesto para la adquisición de la ceniza de faique, se distribuye por muestra, tomándose los costos de mano de obra y otros costos del diario de costos.

Tabla 23 Presupuesto adicionando ceniza de faique

Descripción	Cantidad (kg)	A.P.U	Total (s/.)
Patrón + 5% c. de faique	0.55	S/. 0.82	S/. 0.50
Patrón + 7.5 % c. de faique	0.82	S/. 0.82	S/. 0.70
Patrón + 10 % c. de faique	1.10	S/. 0.82	S/. 0.90

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de adición de ceniza faique como se muestra en la tabla anterior se utiliza para crear un presupuesto sin tener en cuenta el costo de obtención de la muestra a analizar.

Diseño patrón + 5% ceniza faique está más calificada que las otras muestras porque tiene mejores cualidades (tanto en términos de propiedades físicas como mecánicas) que las demás, compensando su mayor precio.

V. DISCUSIÓN

Para el **primer objetivo**, se tomó como referencia a Domínguez & Fernández (2020) el cual menciona que el procedimiento para obtener de la cascarilla de arroz de un molino, pasamos a la prueba ATD análisis térmico diferencial. Luego, la ceniza obtenida se examinó mediante una prueba de difracción de rayos X para conocer la composición química de la muestra y, de acuerdo con ATD, el polvo de cascarilla de arroz se calcinó a 510°C durante 2 horas, sin embargo, en esta tesis el procedimiento es distinto debido a la diferencia del agregado (faique) ya que este se procede a cortar y limpiar para obtener la leña y posterior a ello a ser secado de forma natural y luego se calcino por 24 a 36 hrs a un grado de 500 a 700 grados Celsius.

En la **determinación de las propiedades químicas de las cenizas de faique**, también tomaremos como referencia a Domínguez y Fernández (2020) que nombra que los componentes de las Ceniza de Cascarilla de Arroz son, Óxido de Potasio (K_2O), Dióxido de Silicio (SiO_2), Dióxido de Cloro (ClO_2), Trióxido de Aluminio (Al_2O_3), Trióxido de Hierro (Fe_2O_3), Dióxido de Azufre (SO_2), Pentóxido de Fósforo (P_2O_5), Óxido de Calcio (CaO) siendo el Dióxido de Silicio (SiO_2) el componente químico predominante en la ceniza, representando el 87.465% del total, a diferencia de esta investigación que las cenizas de faique poseen óxido de calcio (CaO), t. de azufre (SO_3), dióxido de silicio (SiO_2), ó. de magnesio (MgO), p. de fósforo (P_2O_3), t. de hierro (Fe_2O_3) ó. de bario (BaO), ó. de zinc (ZnO), t. de aluminio (Al_2O_3), óxido de cobre (CuO), trióxido de cromo (CrO_3) siendo el dióxido de silicio (SiO_2) el componente químico que predomina en la ceniza, representando el 39.33%.

Para el **segundo objetivo** toma la investigación de **Chuco (2021)** el cual nombra que en el grupo control (G1), se determinó un slump de 3", en el grupo 2 (G2), un slump de 3", en el 3 (G3), se tuvo 2 pulgadas como slump y en el grupo 4 (G4) de 1 pulgadas de slump indicando que a mayor cantidad de cenizas volantes se reduce el slump de la mezcla, distinto de la investigación nuestra que se realizaron cuatro ensayos por cada grupo, (G1) diseño patrón tuvo el mayor slump de 4 ½" (G2) diseño con 5% de ceniza obtuvo 4 ¼" de mayor slump, el (G3) diseño con 7.5% de ceniza obtuvo 4 ¾" de slump Max. Y el diseño (G4), un diseño con 10% de cenizas volantes, también logró una caída de 4 ¾ pulgadas. Esto significa que más cenizas volantes aumentarán la contracción de la mezcla. Para la comparación de temperaturas, consideramos el estudio de Díaz (2020) tal como se refleja en el diseño muestral. La temperatura es de 17,2°C, la muestra con 10% de ceniza tiene una temperatura de 17,1°C y la muestra con 20% de ceniza tiene una temperatura de 18,4°C. °C y una muestra que contiene 30% de ceniza tiene una temperatura de 19,8 °C.. Por otra parte, en nuestra investigación en el diseño patrón

se obtuvieron temperaturas de 27.6 °C, el diseño con 5 % de ceniza tiene desde 26.05°C, el diseño con 7.5% de ceniza tienen temperaturas de 27.55°C que, y el diseño con 10% de ceniza obtuvo temperaturas de 26.95°C que se, que quiere decir que a mayor cantidad de ceniza baja la temperatura.

Para el **tercer objetivo** toma como referencia la investigación de **Chuco (2021)** el cual menciona que **la compresión** obtenida a 7 días en el diseño patrón fue de 284 Kg/cm², con 5% de cenizas volantes (CV) 297 Kg/cm², con 10% de CV 295 Kg/cm² y con 15% de CV 293 Kg/cm² siendo la mayor compresión en la muestra con adición de 5% de CV, en la prueba a compresión a la edad de 14 días, el diseño patrón obtuvo una compresión de 336 Kg/cm², adicionando 5% de CV obtuvo 342 Kg/cm², con adición de 10% obtuvo 352 Kg/cm² y con adición de 15% obtuvo 345 Kg/cm² obteniendo la resistencia a compresión mayor la que es con adición de 10% de CV, y a los 28 días el diseño patrón obtuvo un valor de 368 Kg/cm², con 5% de CV un valor de 380 Kg/cm², con 10% un valor de 385 Kg/cm² y con el 15% un valor de 364 Kg/cm² siendo el de mayor compresión con adición de 10%, a diferencia de nuestra investigación que los valores a 7 días con el diseño patrón obtuvo el valor de 157.43 Kg/cm², el diseño con 5% de Ceniza de faique (CF) 170.33 Kg/cm², con el 7.5% 154.90 Kg/cm² y con el 10% de CF 147.16 Kg/cm² siendo el de mayor valor el diseño con 5% de CF, a los 14 días el diseño patrón tuvo un valor de 199.26 Kg/cm², el diseño con 5% de CF un valor de 205.63 Kg/cm², el diseño con 7.5% de CF tiene un valor de 196.26 Kg/cm² y el diseño con 10% de CF obtuvo un valor de 190.40 Kg/cm² siendo el de mayor compresión el diseño con 5% de CF, a los 28 días el diseño patrón obtuvo un valor de 222.33 Kg/cm², con 5% de CF un valor de 231.66 Kg/cm², con 7.5% de CF un valor de 215.73 Kg/cm² y con 10% de CF un valor de 210.66 Kg/cm² siendo el de mayor compresión el diseño de 5% de CF.

Con respecto a **la resistencia a flexión** a los 7 días en la investigación de Chuco (2021) el concreto simple y con 15% de cenizas volantes tuvo la fuerza más baja de 37 kg/cm² a los 7 días, mientras que el concreto con aditivo de 5% tuvo la fuerza más alta. El de 10% tenía una fuerza a flexión de 39 kg/cm², pero el concreto sin cenizas y el concreto con 5% de cenizas volantes tenían una fuerza a fractura de 14 días más baja de 45 kg/cm² después de 14 días, donde se puede encontrar, por ejemplo, las adiciones de concreto del 10% y 15% tienen la fuerza a flexión más alta de 47 kg/cm². Después de 28 días, la fuerza a flexión del hormigón que contiene un 15 % de cenizas volantes es menor que la del hormigón sin cenizas volantes. En cuanto a la fuerza a flexión después de 28 días de destrucción, se puede encontrar que el concreto con 10% de aditivo presenta la mayor fuerza a flexión con una fuerza a flexión de 52 kg/cm² y le sigue el concreto con 5% de

cenizas con flexión de 51 kg/cm². En nuestra investigación la resistencia a flexión a los 7 días obtuvo en el diseño patrón un valor de 20.92 kg/cm², en el diseño con 5% de CF 23.46 kg/cm², el diseño con 7.5% de CF 19.67 kg/cm², en el diseño con 10% de CF 18.23 kg/cm² siendo el de mayor flexión el diseño con el 5% de CF, a los 14 días la muestra patrón obtuvo resultados de 25.65 kg/cm², con 5% de CF 28.89 kg/cm², con 7.5% de CF 24.46 kg/cm², con 10% de CF 22.88 siendo el de mayor flexión el diseño con 5% de CF, y a los 28 días el diseño patrón tuvo un valor de 31.27, con el 5% 35.21 kg/cm², con el 7.5% de CF 32.80 kg/cm² y con el 10% de CF 25.35 kg/cm² con la mayor flexión el diseño de 5% de CF.

Con respecto de **la abrasión** Según un estudio de Chuko (2021), después de 7 días, el desgaste fue de 0,22 en un patrón de muestra, el 5% fue de 0,55, el 10% fue de 0,99, el 15% fue de 1, 22, 14 días fue de 0,31 en un patrón de muestra, 5% fue 0,65, el 10% fue 0,74 y el 15% fue 0,74. % 1.10, y después de 28 días, el diseño típico alcanzó 0.45, 0.51 para 5%, 0.77 para 10% ceniza y 0.98 para 15% ceniza, a diferencia del diseño estándar de este estudio. Después de 7 días los valores alcanzaron 0.39, 5% CF 0.74, 7.5% 1.36 y 10% 1.58 y después de 14 días los valores del diseño muestral alcanzaron 0.65, 5% CF 0.97, 7.5%. CF 1,52, 10% CF 1,74 y 10 después de 28 días, el diseño de la muestra alcanzó los valores de desgaste más altos de 0,84, 5% CF 1,08, 7,5% CF 1,67 y 10 CF% 1,91. %.

Para el **cuarto objetivo** se toma como referencia a **Condori (2022)** en su tesis determinó la influencia en el pavimento rígido el adición de cenizas de rastrojo de trigo, Teniendo en cuenta la naturaleza de la investigación, se utilizará el tipo de investigación aplicada de nivel explicativo y el diseño de investigación experimental. Los métodos utilizados son registros, documentales, y además de fichas técnicas, las herramientas serán varios ensayos. Los resultados muestran que el revestimiento rígido con ceniza de paja tiene buenas propiedades de compresión, el cual concluye que de cierta forma ayuda a disminuir el espesor del pavimento rígido, a diferencia del estudio utilizado como referencia, en esta tesis se utilizaron cenizas de faique el cual realizaron comparación entre el diseño de pavimento rígido con/sin adición de ceniza de faique el cual el pavimento con adición de ceniza de faique disminuye el espesor de pavimento rígido en referencia al diseño patrón pero no es recomendable utilizar el concreto con adición de ceniza faique ya que no compensa los costos.

Para el **quinto objetivo** toma como referencia a **Coyasamin (2018)** el autor menciona que el costo de producción es bajo cuando se sustituye parcialmente la cascarilla de

arroz y el bagazo de caña de azúcar por el cemento en el concreto a 15 y 30 %, ya que estos materiales son desechos de los ingenios e ingenios azucareros y por lo tanto no tienen valor monetario. Un análisis de costo-beneficio encontró que el concreto con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) tiene un beneficio económico de 7.45%, mientras que el concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBC) tiene un beneficio económico de 7.29%, a diferencia del estudio utilizado como referencia, en esta tesis se utilizaron cenizas de faique el cual tuvieron resultados negativos ya que al adicionar la ceniza de faique al concreto el costo del concreto aumenta por lo que esto es compensado con la resistencia física y mecánica aumenta considerablemente.

VI. CONCLUSIONES

Para el **primero objetivo** concluimos de que el procedimiento para la obtención de la ceniza de faique se realizó por cinco partes que habla desde la obtención del palo de faique hasta la fabricación de ceniza y posteriormente se utilizó la composición química de óxidos utilizando el método fluorescencia de rayos x con temperatura de calcinación de 580° centígrados, obteniendo óxido de manganeso (MnO) en un 13.47%, trióxido de azufre (SO₃) en un 13.50%, óxido de calcio (CaO) en un 28.25%, dióxido de silicio (SiO₂) en un 39.33% entre lo más relevantes de un 31.05% a 8.41%.

En segundo lugar, objetivo 2, a medida que aumenta el contenido de cenizas volantes, aumenta la tasa de contracción de la mezcla y, en términos de temperatura, los resultados experimentales muestran que cuanto mayor es el contenido de cenizas volantes, menor es la temperatura.

En el tercer objetivo se concluyó que el diseño con mayores valores de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad fue el diseño utilizando cenizas volantes con 5% de resistencia a la flexión, 7, 14 días y resistencia a la compresión. 28. El diseño que mostró el valor más alto fue el diseño que contenía 5% de cenizas volantes. Finalmente, en términos de desgaste, el diseño que mostró mayor valor en este caso fue el diseño que contenía un 10% de ceniza volante, lo que aumentó el desgaste y provocó que la ceniza se desvaneciera con el paso del día creció.

Para el **cuarto objetivo** concluimos que al adicionar la ceniza de faique ayuda a disminuir el espesor del pavimento rígido, pero no es recomendado para este tipo de carretera ya que el costo de la adición de ceniza de faique no es compensado.

Para el **quinto objetivo** se llega a la conclusión que al adicionar la ceniza de faique aumenta el costo del diseño del concreto según el porcentaje de adición, pero esto es compensado con el incremento de las propiedades físicas y mecánicas.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda conocer las normas tanto peruanas e internacionales para poder realizar los ensayos y diseños de pavimento rígido.

Se recomienda tener un supervisor en los laboratorios tanto al iniciar como al finalizar para minimizar las fallas o deficiencias en los ensayos.

Se recomienda respetar los días de curado para tener resultados más puntuales.

Se recomienda utilizar los Equipos de Protección Individual (EPPs) para evitar lesiones tanto leves como graves, ya sea por el lugar de trabajo o al manipular una herramienta.

Se recomienda primero investigar sobre el lugar de ejecución antes de iniciar cualquier tesis o trabajo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1. Arias V., Maria M y Betancuth L, Diana P.** *La experiencia de formación en investigación cualitativa.* 2015, Revista Facultad Nacional de Salud Publica, págs. Vol. 33, núm 1.
- 2. Barchini, Graciela Elisa.** Métodos "I + D" de la Informática. *DOCPLAYER.* [En línea] 2005. <https://docplayer.es/68295086-Metodos-i-d-de-la-informatica.html>.
- 3. Barrientos, Ender.** *Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica.* Bucaramanga, Colombia : s.n., 2019.
- 4. Bautista, Liz y Rojas, Roly.** *Análisis de la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico con ceniza de carrizo en el diseño de pavimento rígido con el método de la Portland Cement Association (PCA) en la av. Próceres del distrito Chilca - Huancayo - 2021 .* Huancayo : Universidad Continental, 2022.
- 5. CABRERA, A. y URGILES, D.** *Análisis de sensibilidad de parámetros en el diseño de pavimentos rígidos por los métodos de la AASHTO y PCA. Tesis (Título de Ingeniero Civil).* Ecuador: Universidad de Cuenca, 2017. 2017.
- 6. Chuco Arroyo, Ronaldo.** *Adición de cenizas volantes como sustitución del cemento en 5,10,15 por ciento en $f'c=280\text{KG}/\text{CM}2$ para pavimentos rígidos Paucartambo Pasco 2021 .* LIMA - PERÚ : Universidad Cesar Vallejo, 2021.
- 7. Condori Mamani, Alex.** *PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONADO CON CENIZAS DE RASTROJO DE TRIGO EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR – LIMA METROPOLITANA.* HUANCAYO – PERÚ : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, 2022.
- 8. Coyasamin Maldonado, Oscar.** *“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN TRADICIONAL, CON HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC).”.* Ambato – Ecuador : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
- 9. Díaz Jiménez, Pedro.** *Efectividad del uso de la ceniza de la Termopaipa como sustituto del cemento en la fabricación del concreto .* Tunja : Universidad Santo Tomás, 2020.
- 10. Dominguez Zevallos, Maryorie y Fernández Valverde, Cecilia.** *“Propiedades mecánicas del concreto $f'c=280\text{kg}/\text{cm}2$ para pavimento al sustituir el cemento por cenizas de cascarilla de arroz en 5% Chimbote, Áncash - 2020” .* CHIMBOTE - PERÚ : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- 11. Florez Salgado, Ana.** *EVALUACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN PARA SU INCORPORACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UN CONCRETO LIVIANO Y BALDOSAS CERÁMICAS.* Medellín : UNIVERSIDAD EAFIT, 2012.
- 12. Fonseca Barrera, Leonardo.** *Empleo de ceniza volante colombiana como material cementicio suplementario y sus efectos sobre la fijación de cloruros en concretos.* Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- 13. HERNANDEZ , Sampieri, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar.** *Metodología de la investigación.* Mexico : Jesús Mares Chacón, 2010. 978-607-15-0291-9.
- 14. Hernández Sampieri, Roberto y Mendoza Torres, Christian Paulina.** *Metodología de la investigación.* [En línea] 2018. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Hern%C3%A1ndez-%20Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n.pdf.

- 15. HERRERA, C y Quispe, R.** *Análisis del comportamiento del concreto hidráulico reforzado con fibras naturales de agave para el diseño de pavimento rígido con el método mecánico - empírico en la Av. Universitaria de la provincia de Huancavelica-2018.* Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019.
- 16. Mendoza, Winny.** *Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente al cemento por ceniza de molle, Arequipa - 2022.* LIMA – PERÚ : Universidad Cesar Vallejo, 2022.
- 17. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.** *Manual de carreteras - Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección suelos y pavimentos.* Lima, 2014. 2014.
- 18. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.** *Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos.* Lima, 2010. 2010.
- 19. Manual de carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.** Lima, 2013. 2013.
- 20. Norma Técnica Peruana 339.127.** Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. [En línea] 09 de 10 de 2019. <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391271998-revisada-el-2019-contenido-de-humedad/34415052>.
- 21. Norma Técnica Peruana 400.012.** Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. [En línea] 31 de 05 de 2001. <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>.
- 22. Norma Técnica Peruana 400.022.** Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. [En línea] 26 de 12 de 2013. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-santo-toribio-de-mogrovejo/tecnologia-del-concreto/348322764-ntp-400-022-2013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino/8418021>.
- 23. Norma Técnica Peruana 400.017.** AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. [En línea] 21 de 04 de 1999. <https://docplayer.es/23973374-Norma-tecnica-ntp-peruana-agregados-metodo-de-ensayo-para-determinar-el-peso-unitario-del-agregado.html>.
- 24. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.** *Thickness desing for concrete highway and street pavements.* 1995. 1995.
- 25. Romero, Gelver.** “ESTADO NUTRICIONAL DEL PASTO GUINEA (*Panicum maximun Jacq*) ASOCIADO CON FAIQUE (*Acacia macracantha*) EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN JAÉN - CAJAMARCA”. Lima – Perú : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, 2018.
- 26. Sabino, Carlos.** EL proceso de investigación . *La Investigacion cientifica.* [En línea] 2020. https://perio.unlp.edu.ar/catedras/mis/wp-content/uploads/sites/126/2020/04/t.2_sabino_carlos._el_proceso_de_investigacion_cap_3.pdf.

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO UN CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CENIZA DE FAIQUE PARA LA VÍA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHOTA - CAJAMARCA – 2023							
AUTORES:		Bach. Edilberto Caruajulca Vásquez & Bach. Marcos Rojas Tucunango					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Problema General:</p> <p>¿Qué influencia tendrá el diseño de pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar el diseño de pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La sustitución parcialmente el cemento por ceniza de faique, si influye positivamente en el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023.</p>	INDEPENDIENTE	Ceniza de faique (CF).	Dosificación. Propiedades químicas	5%, 7,5%, 10%. De ceniza de faique. Propiedades químicas	Para realizar los ensayos de laboratorio se tomará en cuenta los protocolos, según la ASTM C293. Lo cual indica realizar ensayo de compresión y flexión, para determinar la resistencia del concreto de construcción y verificar que cumplan con las condiciones apropiadas para construir obras hidráulicas menores.
<p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Cuál es el procedimiento de obtención de ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?</p>	<p>Objetivo Específicos:</p> <p>Realizar el procedimiento de obtención de ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p>Hipótesis Específicos:</p> <p>Si fue posible obtener eficazmente ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota - Cajamarca – 2023.</p>					
<p>¿Cuáles son las propiedades químicas de las cenizas de faique?</p>	<p>Determinar las propiedades químicas de las cenizas de faique.</p>	<p>Los compuestos químicos de la ceniza de faique son positivos como adición para concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.</p>					
<p>¿Cuáles son las propiedades físicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?</p>	<p>Determinar las propiedades físicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p>Si fue factible determinar con precisión las propiedades físicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>					

<p>¿Cuáles son las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?</p>	<p>Determinar las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p>Si fue factible determinar con precisión las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p style="text-align: center;">DEPENDIENTE</p>	<p style="text-align: center;">Diseño de pavimento rígido utilizando el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.</p>	<p style="text-align: center;">Pavimento rígido Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.</p>	<p style="text-align: center;">Espesor de losa Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión Resistencia a la Tracción Trabajabilidad, Temperatura, Absorción.</p>	
<p>¿De qué forma se determinará el espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?</p>	<p>Determinar el espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p>Si fue factible determinar con precisión el espesor del pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>					
<p>¿De qué forma se determinará las dimensiones de los dowels para el pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?</p>	<p>Determinar las dimensiones de los dowels para el pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p>Si fue factible determinar con precisión las dimensiones de los dowels para el pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>					
<p>¿Cuál es el costo – beneficio de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023?</p>	<p>Realizar el costo – beneficio de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>	<p>Es positivo en el costo – beneficio de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.</p>					

Anexo 2. Matriz de Operación de Variables

Título: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO UN CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CENIZA DE FAIQUE PARA LA VÍA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHOTA - CAJAMARCA – 2023						
AUTORES:		Bach. Edilberto Caruajulca Vásquez & Bach. Marcos Rojas Tucunango				
VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Ceniza de faique (CF).	La ceniza se obtiene por la combustión de leña de faique en los hornos de panificación.	Determinada la dosificación, se sustituirá un porcentaje de cemento por ceniza de faique.	Dosificación. Propiedades químicas	5%, 7,5%, 10%. De ceniza de faique. Propiedades químicas	Razón	<p>Tipo de Investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel de Investigación: Explicativo.</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental: Cuasi – Experimental.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Población: La primera población: será finita ya que consta de todos las probetas y viguetas que se realizaran.</p> <p>Segunda población: Diseño pavimento rígido de Cajamarca</p> <p>Muestra:</p>
Diseño de pavimento rígido utilizando el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.	Son estructuras planas (losas) separadas (o no) por juntas que cumplen con las funciones de resistencia y durabilidad.	El diseño de pavimento rígido se verá reflejada con el cálculo del espesor de la calzada de hormigón o losa, las dimensiones de las juntas transversales y longitudinales, los pasadores, barras de unión, subrasante, subbase o base.	Pavimento rígido Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.	<p>Espesor de losa</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Resistencia a la flexión</p> <p>Resistencia a la Tracción</p> <p>Trabajabilidad,</p> <p>Temperatura,</p> <p>Absorción.</p>	Razón	

						<p>Primera muestra es:</p> <p>Probeta 36 muestras</p> <p style="padding-left: 40px;">Vigueta: 24 muestras</p> <p>Para la segunda muestra: el diseño de pavimento rígido de la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota – Cajamarca.</p> <p style="text-align: center;">Muestreo:</p> <p style="padding-left: 40px;">No Probabilístico</p> <p style="text-align: center;">Técnica:</p> <p style="padding-left: 40px;">Observación directa.</p> <p style="padding-left: 40px;">Instrumento de recolección de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fichas de recolección de datos - Equipos y herramientas de laboratorio. - Software de análisis de datos. (Excel, SPSS)
--	--	--	--	--	--	--

Anexo 3. Análisis Estadístico de Resultados Hipótesis Especifica 3

- **Hipótesis Nula (Ho):** La adición de las cenizas de faique en la mezcla, no mejora las propiedades físicas (trabajabilidad y temperatura) para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

$$\mu\text{TRABJ}_1 = \mu\text{TRABJ}_2 = \mu\text{TRABJ}_3 = \mu\text{TRABJ}_{\text{tradicional}}$$

$$\mu\text{TEMP}_1 = \mu\text{TEMP}_2 = \mu\text{TEMP}_3 = \mu\text{TEMP}_{\text{tradicional}}$$

- **Hipótesis Alterna (Ha):** La adición de las cenizas de faique en la mezcla, mejora las propiedades físicas (trabajabilidad y temperatura) para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

Existe al menos un $i / \mu\text{TRABJ}_i \neq \mu\text{TRABJ}_{\text{tradicional}}$

$i =$ diseño experimental 1, 2, 3

Donde μTRABJ , es la media de la trabajabilidad.

Existe al menos un $i / \mu\text{TEMP}_i \neq \mu\text{TEMP}_{\text{tradicional}}$

$i =$ diseño experimental 1, 2, 3

Donde μTEMP , es la media de la temperatura.

Estadístico de Prueba

Dado que las variables respuestas trabajabilidad y temperatura son cuantitativas y existe una variable independiente llamado factor con tres niveles de tipo categórica ordinal que representa el tipo de diseño y lo que se quiere probar es sí existe un efecto significativo del factor sobre la variable respuesta y a través de ello realizar un comparativo entre los diseños, entonces estamos hablando de un diseño de análisis de varianza de un factor ANOVA, por consiguiente para probar las hipótesis se utilizará el análisis de varianza ANOVA de un factor y la prueba de rango post hoc de Tukey para comparar cuál de los diseños es la que mejor efecto significativo tiene en comparación con el diseño tradicional.

Requisitos para el ANOVA

Probar los supuestos de Normalidad mediante la Prueba de Chapiro Wilk y de Homocedasticidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

En caso no se cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis en vez del ANOVA.

En caso no se pruebe la igualdad de varianzas se aplicaba la prueba T3 de Dunnett en vez de la prueba de rango post hoc de Tukey.

Consideraciones de las pruebas:

Para todas las pruebas se asumirá un valor de significancia de 0.05 y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

Prueba del supuesto de Normalidad para la Trabajabilidad y Temperatura

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: los datos provienen de una distribución normal

Ha: los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 24 Prueba del supuesto de Normalidad para la Trabajabilidad y Temperatura

Pruebas de normalidad							
	TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRABAJABILIDAD	Diseño Patrón	,151	4	.	,993	4	,972
	Diseño al 5% de CF	,192	4	.	,971	4	,850
	Diseño al 7.5% de CF	,208	4	.	,950	4	,714
	Diseño al 10% de CF	,298	4	.	,849	4	,224
TEMPERATURA	Diseño Patrón	,163	4	.	,997	4	,989
	Diseño al 5% de CF	,272	4	.	,885	4	,361
	Diseño al 7.5% de CF	,250	4	.	,908	4	,472
	Diseño al 10% de CF	,181	4	.	,984	4	,925
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Según los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, los valores de significancia (sig) para la trabajabilidad y temperatura de todos los diseños son mayores a 0.05, por lo tanto, según la regla de decisión no rechazamos la hipótesis nula y concluimos que todos los datos para cada diseño siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Prueba del supuesto de Homogeneidad para la resistencia a la Trabajabilidad y Temperatura

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existen igualdad de varianzas entre los grupos

Tabla 25 Prueba del supuesto de Homogeneidad para la resistencia a la Trabajabilidad y Temperatura

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
TRABAJABILIDAD	Se basa en la media	,400	3	12	,756
	Se basa en la mediana	,364	3	12	,780
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,364	3	8,963	,781
	Se basa en la media recortada	,400	3	12	,756
TEMPERATURA	Se basa en la media	,564	3	12	,649
	Se basa en la mediana	,524	3	12	,674
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,524	3	7,101	,680
	Se basa en la media recortada	,564	3	12	,649

Según los resultados de la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media indica que los valores de significancia (sig) para la Trabajabilidad y Temperatura son de 0.756 y 0.649 respectivamente, y son mayores a 0.05, por lo tanto, según la regla de decisión no rechazamos la hipótesis nula y concluimos con un nivel de significancia del 5% que si existe igualdad de varianzas entre los diseños.

Ahora debido a que se probó la normalidad de los datos, procederemos a la prueba ANOVA de un factor.

Prueba de ANOVA de un factor para la Trabajabilidad y Temperatura

Tabla 26 Prueba de ANOVA de un factor para la Trabajabilidad y Temperatura

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
TRABAJABILIDAD	Entre grupos	,594	3	,198	1,246	,336
	Dentro de grupos	1,906	12	,159		
	Total	2,500	15			
TEMPERATURA	Entre grupos	,682	3	,227	,543	,662
	Dentro de grupos	5,027	12	,419		
	Total	5,709	15			

Los resultados de la prueba para la Trabajabilidad y Temperatura indican que, con un nivel de significancia del 5%, no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que los valores sig de la prueba entre grupos o diseños son

mayores a 0.05, por lo tanto se concluye que, la adición al 5%, 7.5% y 10% de las cenizas de faique en la mezcla, no mejora las propiedades físicas (trabajabilidad y temperatura) para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

Hipótesis específica 4

Hipótesis Nula (Ho): La adición al 5%, 7.5% y 10% de las cenizas de faique, no mejora la resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

$$\mu_{RC_1} = \mu_{RC_2} = \mu_{RC_3} = \mu_{RC_tradicional}$$

$$\mu_{RF_1} = \mu_{RF_2} = \mu_{RF_3} = \mu_{RF_tradicional}$$

$$\mu_{AB_1} = \mu_{AB_2} = \mu_{AB_3} = \mu_{RC_tradicional}$$

Hipótesis Alterna (Ha): La adición al 5%, 7.5% y 10% de las cenizas de faique, mejora la resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión para el diseño de pavimento rígido en la vía de acceso a la universidad autónoma de Chota – Cajamarca 2023.

$$\text{Existe al menos un } i / \mu_{RC_i} \neq \mu_{RC_tradicional}$$

$$i = \text{diseño experimental 1, 2, 3}$$

Donde μ_{RC} , es la media de la resistencia a la compresión

$$\text{Existe al menos un } i / \mu_{RF_i} \neq \mu_{RF_tradicional}$$

$$i = \text{diseño experimental 1, 2, 3}$$

Donde μ_{RF} , es la media de la resistencia a la flexión

$$\text{Existe al menos un } i / \mu_{AB_i} \neq \mu_{AB_tradicional}$$

$$i = \text{diseño experimental 1, 2, 3}$$

Donde μ_{AB} , es la media de la abrasión

Estadístico de Prueba

Dado que las variables respuestas, resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión son cuantitativas y existe una variable independiente llamado factor con tres niveles de tipo categórica ordinal que representa el tipo de diseño y lo que se quiere probar es si existe un efecto significativo del factor sobre la variable respuesta y a través de ello

realizar un comparativo entre los diseños, entonces estamos hablando de un diseño de análisis de varianza de un factor ANOVA, por consiguiente para probar las hipótesis se utilizará el análisis de varianza ANOVA de un factor y la prueba de rango post hoc de Tukey para comparar cuál de los diseños es la que mejor efecto significativo tiene en comparación con el diseño tradicional.

Requisitos para el ANOVA

Probar los supuestos de Normalidad mediante la Prueba de Chapiro Wilk y de Homocedasticidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

En caso no se cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis en vez del ANOVA.

En caso no se pruebe la igualdad de varianzas se aplicaba la prueba T3 de Dunnett en vez de la prueba de rango post hoc de Tukey.

Consideraciones de las pruebas:

Para todas las pruebas se asumirá un valor de significancia de 0.05 y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

Regla de Decisión:

- Si el valor de sig de la prueba < valor asumido (0.05)
Entonces Rechazamos H_0 y aceptamos la H_a
- Si el valor de sig de la prueba > valor asumido (0.05)
Entonces Aceptamos H_0 .

Prueba del supuesto de Normalidad para la resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : los datos provienen de una distribución normal

H_a : los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 27 Prueba del supuesto de Normalidad para la resistencia a la compresión y flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado

Pruebas de normalidad							
	TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	Kolmogorov- Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS	Diseño Patrón	,282	3	.	,936	3	,510
	Diseño al 5% de CF	,334	3	.	,860	3	,266
	Diseño al 7.5% de CF	,302	3	.	,910	3	,417
	Diseño al 10% de CF	,241	3	.	,974	3	,688
COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS	Diseño Patrón	,215	3	.	,989	3	,800
	Diseño al 5% de CF	,292	3	.	,923	3	,463
	Diseño al 7.5% de CF	,232	3	.	,980	3	,726
	Diseño al 10% de CF	,260	3	.	,959	3	,609
COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	Diseño Patrón	,310	3	.	,898	3	,380
	Diseño al 5% de CF	,211	3	.	,991	3	,817
	Diseño al 7.5% de CF	,285	3	.	,932	3	,497
	Diseño al 10% de CF	,285	3	.	,932	3	,497
FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS	Diseño Patrón	,280	3	.	,938	3	,520
	Diseño al 5% de CF	,337	3	.	,854	3	,250
	Diseño al 7.5% de CF	,333	3	.	,861	3	,271
	Diseño al 10% de CF	,300	3	.	,913	3	,429
FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS	Diseño Patrón	,262	3	.	,956	3	,596
	Diseño al 5% de CF	,270	3	.	,948	3	,562
	Diseño al 7.5% de CF	,292	3	.	,923	3	,463
	Diseño al 10% de CF	,251	3	.	,966	3	,646
FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS	Diseño Patrón	,257	3	.	,961	3	,619
	Diseño al 5% de CF	,200	3	.	,995	3	,861
	Diseño al 7.5% de CF	,278	3	.	,940	3	,526
	Diseño al 10% de CF	,255	3	.	,963	3	,630
ABRASIÓN A LOS 7 DÍAS	Diseño Patrón	,253	3	.	,964	3	,637
	Diseño al 5% de CF	,300	3	.	,913	3	,430
	Diseño al 7.5% de CF	,343	3	.	,842	3	,220
	Diseño al 10% de CF	,285	3	.	,932	3	,497
ABRASIÓN A LOS 14 DÍAS	Diseño Patrón	,215	3	.	,989	3	,800
	Diseño al 5% de CF	,182	3	.	,999	3	,935
	Diseño al 7.5% de CF	,337	3	.	,855	3	,253
	Diseño al 10% de CF	,196	3	.	,996	3	,878
ABRASIÓN A LOS 28 DÍAS	Diseño Patrón	,247	3	.	,969	3	,661
	Diseño al 5% de CF	,204	3	.	,993	3	,843
	Diseño al 7.5% de CF	,328	3	.	,871	3	,298

	Diseño al 10% de CF	,353	3	.	,824	3	,174
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Según los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, los valores de significancia (sig) para las edades de 7, 14 y 28 días tanto para el diseño tradicional como para los diseños experimentales de la Compresión, Flexión y Abrasión son mayores a 0.05, por lo tanto, según la regla de decisión no rechazamos la hipótesis nula y concluimos que todos los datos para cada diseño y para cada edad siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Prueba del supuesto de Homogeneidad para la resistencia a la Compresión y Flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos Ha: No existen igualdad de varianzas entre los grupos

Tabla 28 Prueba del supuesto de Homogeneidad para la resistencia a la Compresión y Flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS	Se basa en la media	,490	3	8	,699
	Se basa en la mediana	,078	3	8	,970
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,078	3	6,907	,970
	Se basa en la media recortada	,437	3	8	,733
COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS	Se basa en la media	1,820	3	8	,222
	Se basa en la mediana	,822	3	8	,517
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,822	3	4,782	,537
	Se basa en la media recortada	1,741	3	8	,236
COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	Se basa en la media	,616	3	8	,624
	Se basa en la mediana	,168	3	8	,915
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,168	3	6,497	,915
	Se basa en la media recortada	,570	3	8	,650
FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS	Se basa en la media	1,606	3	8	,263
	Se basa en la mediana	,245	3	8	,863

	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,245	3	5,241	,862
	Se basa en la media recortada	1,411	3	8	,309
FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS	Se basa en la media	,973	3	8	,452
	Se basa en la mediana	,299	3	8	,825
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,299	3	5,623	,825
	Se basa en la media recortada	,907	3	8	,479
FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS	Se basa en la media	,448	3	8	,725
	Se basa en la mediana	,143	3	8	,931
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,143	3	6,809	,931
	Se basa en la media recortada	,421	3	8	,743
ABRASIÓN A LOS 7 DÍAS	Se basa en la media	4,139	3	8	,048
	Se basa en la mediana	,837	3	8	,510
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,837	3	3,460	,548
	Se basa en la media recortada	3,728	3	8	,061
ABRASIÓN A LOS 14 DÍAS	Se basa en la media	1,060	3	8	,418
	Se basa en la mediana	,758	3	8	,548
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,758	3	5,452	,560
	Se basa en la media recortada	1,042	3	8	,425
ABRASIÓN A LOS 28 DÍAS	Se basa en la media	3,349	3	8	,076
	Se basa en la mediana	1,235	3	8	,359
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,235	3	3,600	,416
	Se basa en la media recortada	3,162	3	8	,086

Según los resultados de la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media indica que los valores de significancia (sig) para la edad de 7, 14 y 28 días entre los diseños de la Compresión y Flexión; y para la edad de 14 y 28 días de la Abrasión son mayores a 0.05 respectivamente, por lo tanto, según la regla de decisión aceptamos la hipótesis nula y concluimos que si existe homogeneidad, sin embargo para la edad de 7 días del diseño de Abrasión no existe homogeneidad debido a que su valor de significancia (sig) es de 0.048 y es menor a 0.05.

Prueba de ANOVA de un factor para para la resistencia a la Compresión y Flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado

Tabla 29 Prueba de ANOVA de un factor para para la resistencia a la Compresión y Flexión; y la Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS	Entre grupos	834,689	3	278,230	259,422	,000
	Dentro de grupos	8,580	8	1,072		
	Total	843,269	11			
COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS	Entre grupos	361,769	3	120,590	151,210	,000
	Dentro de grupos	6,380	8	,798		
	Total	368,149	11			
COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	Entre grupos	740,493	3	246,831	162,567	,000
	Dentro de grupos	12,147	8	1,518		
	Total	752,640	11			
FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS	Entre grupos	44,212	3	14,737	22,987	,000
	Dentro de grupos	5,129	8	,641		
	Total	49,341	11			
FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS	Entre grupos	58,319	3	19,440	68,605	,000
	Dentro de grupos	2,267	8	,283		
	Total	60,586	11			
FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS	Entre grupos	150,553	3	50,184	69,903	,000
	Dentro de grupos	5,743	8	,718		
	Total	156,296	11			
ABRASIÓN A LOS 7 DÍAS	Entre grupos	2,689	3	,896	107,008	,000
	Dentro de grupos	,067	8	,008		
	Total	2,756	11			
ABRASIÓN A LOS 14 DÍAS	Entre grupos	2,243	3	,748	130,430	,000
	Dentro de grupos	,046	8	,006		
	Total	2,289	11			
ABRASIÓN A LOS 28 DÍAS	Entre grupos	2,250	3	,750	111,122	,000
	Dentro de grupos	,054	8	,007		
	Total	2,304	11			

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5%, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que los valores sig de la prueba entre grupos o diseños para todas las edades son iguales a 0.000 y son menores a 0.05, esto es, si existe diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión, flexión y Abrasión a los 7, 14 y 28 días de curado entre el diseño tradicional y al menos uno de los diseños experimentales, ahora debido a que si existe igualdad de varianzas para todas las edades, se aplicará la prueba post hoc de Tukey para determinar cuál de los tratamientos o diseños experimentales es el que mejor efecto positivo tiene sobre la resistencia, a excepción de la abrasión a los 7 días, que se aplicará la prueba T3 de Dunnett.

Tabla 30 Pruebas post hoc de Tukey para la Compresión a los 7 días

COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Diseño al 10% de CF	3	147,1667		
Diseño al 7.5% de CF	3		154,9000	
Diseño Patrón	3		157,4333	
Diseño al 5% de CF	3			170,3333
Sig.		1,000	,067	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Del grafico de medias podemos observar que la compresión a los 7 días del diseño al 10% de CF es menor que los tres diseños experimentales, siendo la del diseño al 5% de CF la que mayor promedio tiene, ahora bien, la prueba de Tukey nos indicará si estas diferencias son significativas o no.

La prueba, de Tukey nos muestra tres sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que el diseño tradicional y el diseño al 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que es menor al diseño al 5% de CF.

Tabla 31 Pruebas post hoc de Tukey para la Compresión a los 14 días

COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Diseño al 10% de CF	3	190,4000			
Diseño al 7.5% de CF	3		196,2667		
Diseño Patrón	3			199,2667	
Diseño al 5% de CF	3				205,6333
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Del gráfico de medias podemos observar que la compresión a los 14 días del diseño al 10% de CF es menor que los tres diseños experimentales, siendo la del diseño al 5% de CF la que mayor promedio tiene, ahora bien, la prueba de Tukey nos indicará si estas diferencias son significativas o no.

La prueba, de Tukey nos muestra cuatro sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que, todos los diseños están en diferentes sub grupos y además el diseño tradicional es menor sólo con el diseño al 5% de CF.

Tabla 32 Pruebas post hoc de Tukey para la Compresión a los 28 días

COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Diseño al 10% de CF	3	210,6667			
Diseño al 7.5% de CF	3		215,7333		
Diseño Patrón	3			222,3333	
Diseño al 5% de CF	3				231,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Del gráfico de medias podemos observar que la compresión a los 28 días del diseño al 10% de CF es menor que los tres diseños experimentales, siendo la del diseño al 5% de CF la que mayor promedio tiene, ahora bien, la prueba de Tukey nos indicará si estas diferencias son significativas o no.

La prueba, de Tukey nos muestra cuatro sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que, todos los diseños están en diferentes sub grupos y además el diseño tradicional es menor sólo con el diseño al 5% de CF.

Tabla 33 Pruebas post hoc de Tukey para la Flexión a los 7 días

FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Diseño al 10% de CF	3	18,2333		
Diseño al 7.5% de CF	3	19,6767	19,6767	
Diseño Patrón	3		20,9267	
Diseño al 5% de CF	3			23,4600
Sig.		,201	,296	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Del gráfico de medias podemos observar que la flexión a los 7 días del diseño al 10% de CF es menor que los tres diseños experimentales, siendo la del diseño al 5% de CF la que mayor promedio tiene, ahora bien, la prueba de Tukey nos indicará si estas diferencias son significativas o no.

La prueba, de Tukey nos muestra tres sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que el diseño tradicional y el diseño al 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que sólo es menor con el diseño al 5% de CF.

Tabla 34 Pruebas post hoc de Tukey para la Flexión a los 14 días

FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Diseño al 10% de CF	3	22,8867		
Diseño al 7.5% de CF	3		24,4633	
Diseño Patrón	3		25,6533	
Diseño al 5% de CF	3			28,8933
Sig.		1,000	,096	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

La prueba, de Tukey nos muestra tres sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que el diseño tradicional y el diseño al 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que sólo es menor con el diseño al 5% de CF.

Tabla 35 Pruebas post hoc de Tukey para la Flexión a los 28 días

FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Diseño al 10% de CF	3	25,3567		
Diseño al 7.5% de CF	3		29,4700	
Diseño Patrón	3		31,2767	
Diseño al 5% de CF	3			35,2100
Sig.		1,000	,115	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

La prueba, de Tukey nos muestra tres sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien,

podemos observar que el diseño tradicional y el diseño al 7.5% de CF están en el mismo sub grupo y que sólo es menor con el diseño al 5% de CF.

Tabla 36 Pruebas post hoc de Tukey para la Abrasión a los 14 días

ABRASIÓN A LOS 14 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Diseño Patrón	3	,6533			
Diseño al 5% de CF	3		,9733		
Diseño al 7.5% de CF	3			1,5233	
Diseño al 10% de CF	3				1,7433
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

La prueba, de Tukey nos muestra cuatro sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que, todos los diseños están en diferentes sub grupos y además el diseño tradicional es menor que todos los diseños.

Tabla 37 Pruebas post hoc de Tukey para la Abrasión a los 28 días

ABRASIÓN A LOS 28 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Diseño Patrón	3	,8400			
Diseño al 5% de CF	3		1,0833		
Diseño al 7.5% de CF	3			1,6733	
Diseño al 10% de CF	3				1,9133
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

La prueba, de Tukey nos muestra cuatro sub grupos en donde la regla indica que los diseños que caen en un mismo sub grupo no tendrán diferencias significativas, mientras que los que caen en diferentes sub grupos ahí si existen diferencias significativas y el

aumento de la media va entre los sub grupos de izquierda a derecha, ahora bien, podemos observar que, todos los diseños están en diferentes sub grupos y además el diseño tradicional es menor que todos los diseños.

Tabla 38 Pruebas T3 de Dunnett para la Abrasión a los 7 días

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: ABRASIÓN A LOS 7 DÍAS						
T3 Dunnett						
(I) TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	(J) TIPO DE DISEÑO SEGÚN EL % DE CENIZA DE FAIQUE	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Diseño Tradicional	Diseño al 5% de CF	-,35000	,09232	,169	-1,0004	,3004
	Diseño al 7.5% de CF	-,96333*	,03073	,000	-1,1062	-,8205
	Diseño al 10% de CF	-1,18667*	,04819	,001	-1,4690	-,9043
Diseño al 5% de CF	Diseño Tradicional	,35000	,09232	,169	-,3004	1,0004
	Diseño al 7.5% de CF	-,61333	,09404	,051	-1,2299	,0032
	Diseño al 10% de CF	-,83667*	,10111	,015	-1,3760	-,2973
Diseño al 7.5% de CF	Diseño Tradicional	,96333*	,03073	,000	,8205	1,1062
	Diseño al 5% de CF	,61333	,09404	,051	-,0032	1,2299
	Diseño al 10% de CF	-,22333	,05142	,076	-,4834	,0368
Diseño al 10% de CF	Diseño Tradicional	1,18667*	,04819	,001	,9043	1,4690
	Diseño al 5% de CF	,83667*	,10111	,015	,2973	1,3760
	Diseño al 7.5% de CF	,22333	,05142	,076	-,0368	,4834

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Para la prueba T3 de Dunnett analizamos el primer grupo en la cual está el comparativo del diseño tradicional frente a los demás diseños experimentales, ahora bien, el valor sig de la prueba indican que sólo son significativos los diseños al 7.5% y 10% de CF debido a que sus valores sig de 0.000 y 0.001 respectivamente son menores a 0.05, mientras que con el diseño al 5% de CF no existe diferencias significativas dado que su valor sig de 0.169 es mayor a 0.05. la columna Diferencia de medias nos muestra la diferencia entre el diseño tradicional menos el diseño experimental, en tanto si negativo, el diseño tradicional será menor.



DISEÑO DE MEZCLA SEGUN METODO ACI 211

Código	
Versión	
Fecha	
Página	

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

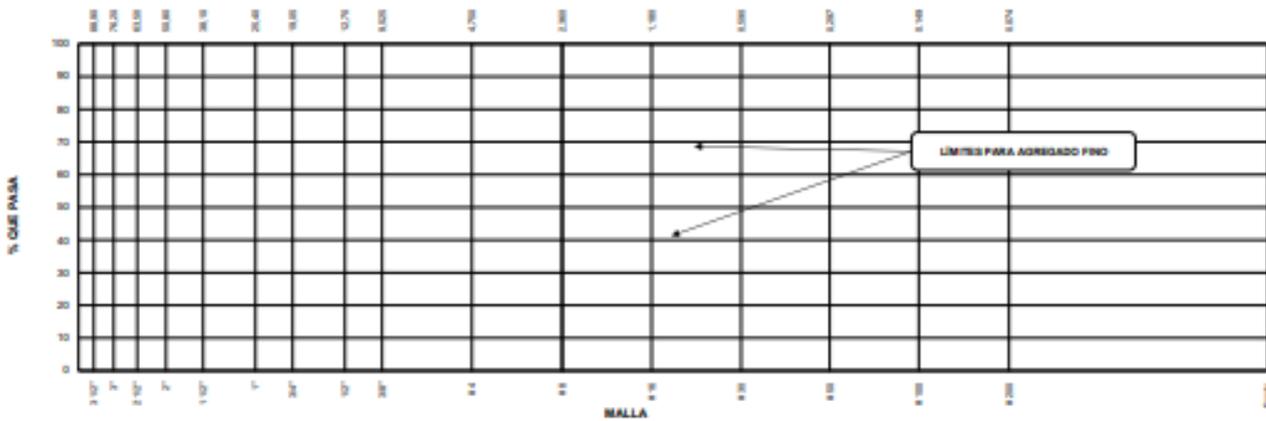
PROYECTO	:		REGISTRO N°:	
SOLICITANTE	:		REALIZADO POR :	
CÓDIGO DE PROYECTO	:		REVISADO POR :	
UBICACIÓN DE PROYECTO	:		FECHA DE VACIADO :	
FECHA DE EMISIÓN	:		TURNO :	
Código de Muestra	:	M1		
Lote	:	---		
N° de Muestra	:	---		
Progresiva	:	---		

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP" / ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm					
3 1/2"	88.90 mm					
3"	76.20 mm					
2 1/2"	63.50 mm					
2"	50.80 mm					
1 1/2"	38.10 mm					
1"	25.40 mm					
3/4"	19.05 mm					
1/2"	12.70 mm					
3/8"	9.53 mm					
# 4	4.75 mm					
# 8	2.36 mm					
# 16	1.18 mm					
# 30	0.60 mm					
# 50	0.30 mm					
# 100	0.15 mm					
# 200	0.07 mm					
Fondo	0.01 mm					

TARA	
T=MB1	
T=MS	
T=ML	

CARACTERISTICAS FISICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	
Absorción (%)	
Contenido de Humedad (%)	
Módulo de Fineza	
% < Malla N° 200 (0.75 µm)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB S.A.C.		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y Firma: ALDO JORGE ALTAMIRANO ESPINOZA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 145615	Nombre y Firma: INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 145615	Nombre y Firma: INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 78049

	DISEÑO DE MEZCLA SEGUN METODO ACI 211	Código	
		Verdón	
		Fecha	
		Página	

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO

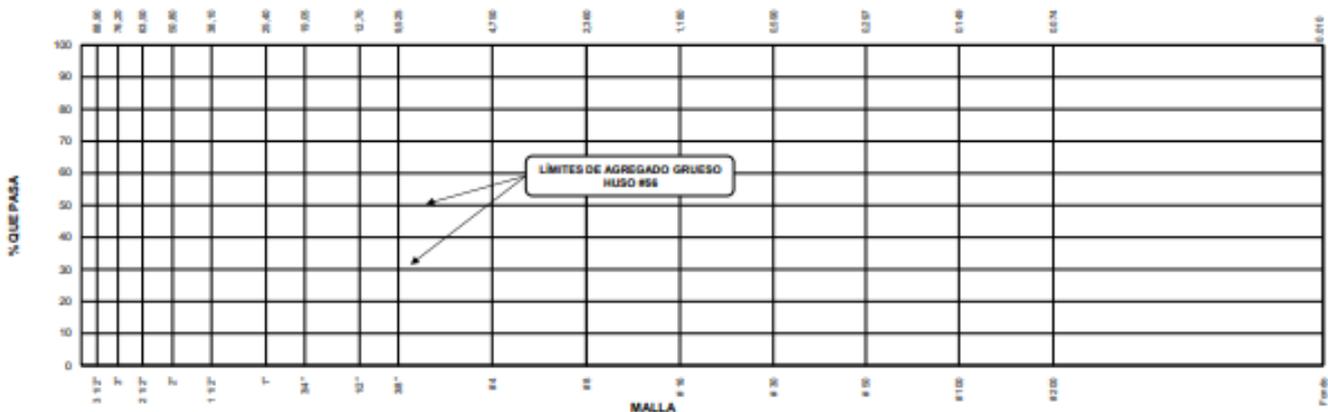
PROYECTO :	REGISTRO N°:
SOLICITANTE :	REALIZADO POR :
CÓDIGO DE PROYECTO :	REVISADO POR :
UBICACIÓN DE PROYECTO :	FECHA DE VACIADO :
FECHA DE EMISIÓN :	TURNO :
Código de Muestra : --	
Lote : --	
N° de Muestra : --	
Progresiva : --	

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 56						
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM % LIM SUP* ASTM % LIM INF*
4"	101.60 mm					
3 1/2"	88.90 mm					
3"	76.20 mm					
2 1/2"	63.50 mm					
2"	50.80 mm					
1 1/2"	38.10 mm					
1"	25.40 mm					
3/4"	19.05 mm					
1/2"	12.70 mm					
3/8"	9.53 mm					
# 4	4.75 mm					
# 8	2.36 mm					
# 16	1.18 mm					
# 30	0.59 mm					
# 50	0.30 mm					
# 100	0.15 mm					
# 200	0.07 mm					
Fondo	0.01 mm					

TARA	
T+MH	
T+MS	
T+ML	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	
Absorción (%)	
Tamaño Máximo	
Tamaño Máximo Nominal	
Módulo de Fineza	
% < Malla N° 200 (0.75 μm)	
Contenido de Humedad (%)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma:  ALDO JORGE ALTAMIRANO ESPINOZA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 145616	Nombre y firma:  Almirante INGENIERO CIVIL	Nombre y firma:  Almirante INGENIERO CIVIL CIP N° 78049



DISEÑO DE MEZCLA SEGUN METODO ACI 211

Código	
Versión	
Fecha	
Página	

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
MÉTODO DEL ACI 211**

PROYECTO :		REGISTRO N°:	0
SOLICITANTE :		REALIZADO POR :	0
CÓDIGO DE PROYECTO :		REVISADO POR :	0
UBICACIÓN DE PROYECTO :		FECHA DE VACIADO :	0/01/1900
FECHA DE EMISIÓN :		TURNO :	Diurno

Agregado		F'c de diseño:	
Procedencia		Asentamiento:	
Cemento		Código de mezcla:	

1. RELACIÓN AGUA CEMENTO R a/c =
5. PORCENTAJE DE MUCILAGO DE CACAO Porcentaje:

2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua =

3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire =

4. DATOS DE LABORATORIO

INSUMO	PESO ESPECÍFICO							
0.000								
Agua								
Aire								
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN	
Agregado grueso								
Agregado fino								

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	MTL LS-10	22/09/2020	131-2020
Balanza digital Henkel 200g x 0,1g	MTL LS-6	24/09/2020	131-2020
Maquina de ensayo uniaxial Forney	MTL TA-1252	12/07/2021	271-2021
Horno digital PT-H76 196L 0° a 300°C	MTL 0120	25/09/2020	131-2020

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:  ALDO JORGE ALTAMIRANO ESPINOSA INGENIERO CIVIL Reg. CP N° 148616	M: A:	Nombre y firma:  ALBERTO MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ INGENIERO CIVIL C.P. N° 78049	M: A:
		Nombre y firma:  ALBERTO MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ INGENIERO CIVIL C.P. N° 78049	M: A:

	DISEÑO DE MEZCLA SEGUN METODO ACI 211	Cálculo	
		Verificación	
		Fecha	
		Firma	

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
MÉTODO DEL ACI 211**

PROYECTO :	REGISTRO N°:
SOLICITANTE	REALIZADO POR :
CÓDIGO DE PROYECTO	REVISADO POR :
UBICACIÓN DE PROYECTO	FECHA DE VACIADO :
FECHA DE EMISIÓN	TURNO :

Agregado	F'c de diseño:
Procedencia	Asentamiento:
Cemento	Código de mezcla:

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA F'cr =	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento =
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO R'ac =	6. FACTOR CEMENTO Bolsas x m3 =
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua =	7. CÁLCULO DEL MUCILAGO DE CACAO 0.00 kg x m3 = 0.0%
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire =	

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
0 kg/m3							
Agua							
Aire							
Agregado grueso							
Agregado fino							
Volumen de pasta		0.0000 m3					
Volumen de agregados		0.0000 m3					

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS	13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA
Agregado grueso = 0 kg	0.03 m3
Agregado fino = 0 kg	0.00 kg
	Agua 0.00 L
11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD	Agregado grueso 0.00 kg
Agregado grueso 0 kg	Agregado fino 0.00 kg
Agregado fino 0 kg	Slump Obtenido 0
	MUCILAGO DE CACAO 0.00 kg
12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA
Agua 0 L	CEM A.F. A.G. AGUA

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

15. CONTENIDO DE AIRE: 1.1%

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	D	JEFES LEM	D
Nombre y Firma	M	Nombre y Firma	M
 ALDO JORGE ALTAMIRANO ESPINOSA INGENIERO CIVIL CIP N° 146616	A	 INGENIERO CIVIL CIP N° 146616	A
Nombre y Firma	M	Nombre y Firma	M
	A	 INGENIERO CIVIL CIP N° 78049	A

CONSISTENCIA									X
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	---

	La información que se recoja a través de las añadiduras del instrumento, describir, análisis y explicar la realidad, motivo de la investigación.						
COHERENCIA	Las añadiduras del instrumento conllevan relación con los indicadores de cada dimensión de variable: Suelo arcilloso.						X
METODOLOGIA	La relación entre técnica y el instrumento propuesto garantizan el propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovador.						X
PERTINENCIA	La relación de las añadiduras conlleva relación con la escala valorativa del instrumento						X

Ojo: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 45: sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable

OBSERVACIONES

OBTENICION DE CALIFICACION

50

Lima 21 de marzo del 2023

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: Daniela Trejo Rivas

N.º de registro CIP: 161021

Especialidad: Supervisor de Obra

Autores del instrumento Bach. Edilberto Caruajulca Vásquez & Bach. Marcos Rojas Tucunango

Instrumento de evaluación: Resistencia a la compresión, flexión y tracción, absorción, temperatura y trabajabilidad

ASPECTOS DE VALIDACION

(1) MUY DEFICIENTE (2) DEFICIENTE (3) ACEPTABLE (4) BUENA (5) EXCELENTE

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están definidos con lenguaje apropiado y libre de ambigüedad acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recolectar los resultados obtenidos sobre la variable: el suelo arcilloso en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento muestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: suelo arcilloso.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan el orden entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, indicadores y dimensiones.					X
INTENCIONALIDAD	Las añadiduras del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de las añadiduras del instrumento, describir, análisis y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X

COHERENCIA	Las añadiduras del instrumento conllevan relación con los indicadores de cada dimensión de variable: Suelo arcilloso.								X
METODOLOGIA	La relación entre técnica y el instrumento propuesto garantizan el propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovador.								X
PERTINENCIA	La relación de las añadiduras conlleva relación con la escala valorativa del instrumento								X

Ojo: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 45: sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable

OBSERVACIONES

OBTENICION DE CALIFICACION

50

Lima 21 de marzo del 2023



Apellidos y Nombres del experto: Martínez Domínguez Alfredo Luis

N.º de registro CIP: 78049

Especialidad: Ing. Civil

Autores del instrumento

Bach. Edilberto Caruajulca Vásquez & Bach. Marcos Rojas Tucunango

Instrumento de evaluación: Resistencia a la compresión, flexión y tracción, absorción, temperatura y trabajabilidad

ASPECTOS DE VALIDACION

(1)
MUY DEFICIENTE

(2)
DEFICIENTE

(3)
ACEPTABLE

(4)
BUENA

(5)
EXCELENTE

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están definidos con lenguaje apropiado y libre de ambigüedad acorde con los sujetos muestrales.					X

OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recolectar los resultados obtenidos sobre la variable: el suelo arcilloso en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.								X
ACTUALIDAD	El instrumento muestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: suelo arcilloso.								X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan el orden entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.								X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, indicadores y dimensiones.								X
INTENCIONALIDAD	Las añadiduras del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.								X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de las añadiduras del instrumento, describir, análisis y explicar la realidad, motivo de la investigación.								X
COHERENCIA	Las añadiduras del instrumento conllevan relación con los indicadores de cada dimensión de variable: Suelo arcilloso.								X
METODOLOGIA	La relación entre técnica y el instrumento propuesto garantizan el propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovador.								X
PERTINENCIA	La relación de las añadiduras conlleva relación con la escala valorativa del instrumento								X

Ojo: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 45: sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable

OBSERVACIONES

OBTENICION DE CALIFICACION

50

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Alfredo Luis Martínez Domínguez
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78049

Lima 21 de marzo del 2023

Anexo 7: Dosificación y resultados de antecedente

NACIONALES	AUTOR	TITULO	AÑO	TIPO DE CONCRETO	ADICION	% DE ADICION	Temperatura	Trabajabilidad	Resistencia a la Flexión	RESISTENCIA A LA COMPRESION KG/CM2	Resistencia la Abrasión	LONG. FIBRA (mm)	
	Oscar Vinicio Coyasamin Maldonado	Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (cca) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (cbc).	2016	210 kg/cm2	cenizas de cáscara de arroz	15%					266,00		Ceniza
						30%					244,30		
	Leonardo Augusto Fonseca Barrera	Empleo de ceniza volante colombiana como material cementicio suplementario y sus efectos sobre la fijación de cloruros en concretos	2016	(F'c= 210 kg/cm2) patrón 0.75	ceniza volante	10% 15% 20%							Ceniza
	Pedro Antonio Díaz Jiménez	Efectividad del uso de la ceniza de la Termopaipa como sustituto del cemento en la fabricación del concreto	2020	(264kg) al 0.75	ceniza de la Termopaipa	10% 20% 30%		0.75 0.65 0.55 0.45 0.35					Ceniza
	Ender José Barrientos-Monsalve	Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica	2019		ceniza volcánica	10% 20% 30%		195280 201967 203425			405 452 448		Ceniza
Ana Milena Florez Salgado	Evaluación de ceniza de carbón para su	2021		CENIZA DE CARBÓN	1% 3% 10%							Ceniza	

		incorporación en la formulación de un concreto liviano y baldosas cerámicas				15 % 20%						
INTERNACIONALES	Mendoza Velasque, Winny Elvira	Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente al cemento por ceniza de molle, Arequipa - 2022	2022	$f'c=210\text{kg/cm}^2$,	ceniza de molle	0.50%, 1% 2% 3%				220.67 231.33 228.00 212.33		Ceniza
	Condori Mamani, Alex Fernando	Pavimento rígido adicionado con cenizas de rastrojo de trigo en el distrito de villa el salvador – lima metropolitana	2022		Cenizas de rastrojo de trigo	5% 10% 15%			36.59 kg/cm2	181.33 kg/cm2		Ceniza
	Chuco Arroyo, Ronaldo Mario	Adición de cenizas volantes como sustitución del cemento en 5,10,15 por ciento en $F'c=280\text{KG/CM}^2$ para pavimentos rígidos Paucartambo Pasco 2021	2021	$F'c=280\text{KG/CM}^2$	cenizas volantes	5%, 10% 15%			102.0 104.0 98.0	103.26 104.62 98.91		Ceniza
	Dominguez Zevallos, Maryorie Xiomara y Fernández Valverde, Cecilia Kathilyn Geraldine	Propiedades mecánicas del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ para pavimento al sustituir el cemento por cenizas de cascarilla de arroz en 5% Chimbote, Ancash - 2020	2020	$f'c=280\text{kg/cm}^2$	cenizas de cascarilla de arroz	5%			4.84	110%		Ceniza

Anexo 8: Procedimientos

Ceniza de faique. Se obtiene como producto de la combustión de leña de faique en los hornos de panificación. Al recolectar la ceniza se procederá a tamizar para separar las cenizas de cualquier otro residuo que se encuentre dentro de ella.

Análisis y ensayos de los agregados. Los agregados constituyen un porcentaje importante ya que representan el mayor porcentaje del volumen dentro de la mezcla de concreto, por lo cual deben estar en buenas condiciones óptimas para obtener un concreto de buena resistencia y durabilidad.

Los ensayos se realizarán teniendo en cuenta las normas, estos ensayos son los siguientes:

- Análisis granulométrico (NTP 400.012 – 2012)
- Peso específico (densidad relativa) y absorción (NTP 400.022)
- Contenido de humedad (NTP 339.127 – 2019)
- Peso unitario (densidad), rendimiento y contenido de aire NTP 339.046 – 2008)

Diseño de mezcla de concreto. Se realizará el diseño de muestra con los resultados obtenidos en el laboratorio y se realizará el diseño según el comité ACI 211, sustituyendo las cenizas con los porcentajes de 5%, 7,5% y 10%, para obtener un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Pasos a seguir:

- Determinar la resistencia promedio para el diseño
- Determinar el asentamiento
- Relación Agua – Cemento (a/c)
- Cálculo de la cantidad de agua de mezclado y aire
- Determinar el cemento
- Cálculo del aire atrapado
- Determinar la cantidad de agregado grueso
- Cálculo del volumen absoluto de concreto para hallar el agregado fino de los materiales por M^3
- Corrección por humedad
- Corrección por absorción

- Agua efectiva
- Proporciones en peso

Ensayo de las probetas

Se realizará ensayos a compresión según la norma NTP 339.034 – 2015. El método de la resistencia a la compresión consiste en “aplicar a una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla” (59 p. 1), estos resultados son usados como control de calidad del concreto en referencia a su mezclado y colocado evaluando de esta manera la efectividad de la mezcla y los aditivos utilizados en el diseño; el aparato mediante el cual se obtendrán los resultados es la prensa para ensayo a la compresión, esta debe estar equipada con dos bloques de carga de acero con dos caras endurecidas y debe ser calibrada regularmente al año

Ensayos de las viguetas

El método de la resistencia a la flexión consiste en aplicar la carga en el tercio medio de la luz de una viga simplemente apoyada hasta que se presente un tipo de falla, de esta manera se obtiene una flexión pura, llevando al espécimen a una condición de trabajo más real. El módulo de rotura se tendrá que calcular, según el tipo de falla que se presente, “dentro del tercio medio” o “una distancia no mayor del 5% de la luz libre”. Cabe resaltar que los resultados se representan como el módulo de rotura. La máquina de ensayo deberá de cumplir con la norma ASTM E 4, para su utilización; se emplearán placas de apoyo para asegurar que las fuerzas aplicadas sean perpendiculares a la cara del espécimen, estas deben de ser constantes e incrementadas gradualmente. (NTP 339-078)

Anexo 9: Análisis de Costos

Recursos y presupuesto

Se realizará de acuerdo al siguiente cuadro

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
Oficina				S/ 490.00
Útiles de Escritorio	glb	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Internet	MES.	4	S/ 50.00	S/ 200.00
Luz	MES.	5	S/ 40.00	S/ 200.00
Transporte de material	Unid.	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Otros	glb	1	S/ 50.00	S/ 50.00
Materiales				S/ 225.00
Agregado	glb	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Cenizas de faique	glb	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Otros	glb	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Ensayos de Laboratorio				S/ 5,050.00
Análisis Granulométrico	und	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Contenido de Humedad	und	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Peso específico	und	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Absorción	und	3	S/ 50.00	S/ 150.00
Trabajabilidad	und	12	S/ 25.00	S/ 300.00
Durabilidad	und	12	S/ 20.00	S/ 240.00
Temperatura	und	12	S/ 25.00	S/ 300.00
Resistencia a la compresión	und	36	S/ 50.00	S/ 1,800.00
Resistencia a la tracción	und	12	S/ 60.00	S/ 720.00
Resistencia a la flexión	und.	12	S/ 70.00	S/ 840.00
Ensayo químico	und.	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Presupuesto Total				S/ 5,765.00

Anexo 11: Normativa

- Norma para certificación para laboratorio de tecnología del concreto (NTP 339.033 y ASTM C 31).

NTP 339.033

Describe los procedimientos para la elaboración y curado de probetas de concreto. Se utilizan para determinar la resistencia, la durabilidad y otras propiedades del hormigón.

Asegura que las muestras de prueba de concreto se fabriquen y curen de manera consistente, lo que permite obtener resultados precisos y confiables.

ASTM C 31

Es una norma que describe los procedimientos para fabricar y curar especímenes de prueba de concreto. Se utiliza para determinar la resistencia, la durabilidad y otras propiedades del hormigón.

La norma especifica los materiales, equipos y procedimientos que deben usarse para fabricar y curar especímenes de prueba de concreto. También especifica los métodos para probar los especímenes y calcular sus resultados.

- Norma para el análisis granulométrico (NTP 400.012 – 2012)

NTP 400.012 – 2012

Alcance: Esta norma especifica el procedimiento para determinar la distribución granulométrica de los agregados utilizados en el concreto, mortero y otros materiales de construcción.

Métodos: La norma especifica el uso de tamices para separar los agregados en fracciones de diferentes tamaños. Los resultados del análisis se expresan como porcentaje de la masa total de agregados en cada fracción de tamaño.

Aplicaciones: La norma se utiliza para garantizar que los agregados utilizados en los materiales de construcción cumplan con las especificaciones requeridas. También se utiliza para evaluar la calidad de los agregados y determinar la idoneidad de los agregados para diferentes aplicaciones.

- Norma Técnica Peruana para el control de la producción de agregados (400.012, 2001)

400.012, 2001

Alcance: Esta norma especifica el procedimiento para determinar la distribución granulométrica de los agregados utilizados en el concreto, mortero y otros materiales de construcción.

Métodos: La norma especifica el uso de tamices para separar los agregados en fracciones de diferentes tamaños. Los resultados del análisis se expresan como porcentaje de la masa total de agregados en cada fracción de tamaño.

Aplicaciones: La norma se utiliza para garantizar que los agregados utilizados en los materiales de construcción cumplan con las especificaciones requeridas. También se utiliza para evaluar la calidad de los agregados y determinar la idoneidad de los agregados para diferentes aplicaciones.

- Norma para Peso específico (densidad relativa) y absorción (NTP 400.022)

NTP 400.022

Alcance: Esta norma especifica el procedimiento para determinar la gravedad específica (o densidad relativa) y la absorción de agregados finos utilizados en concreto, mortero y otros materiales de construcción.

Métodos: La norma especifica el uso de un picnómetro para determinar la gravedad específica del agregado. La absorción se determina midiendo el peso del agregado antes y después de sumergirlo en agua.

Aplicaciones: La norma se utiliza para garantizar que los agregados utilizados en los materiales de construcción cumplan con las especificaciones requeridas. También se utiliza para evaluar la calidad de los agregados y determinar la idoneidad de los agregados para diferentes aplicaciones.

- Norma para Contenido de humedad (NTP 339.127 – 2019)

NTP 339.127 – 2019

Alcance: Esta norma especifica el procedimiento para determinar el contenido de humedad de un suelo. El contenido de humedad es el porcentaje de agua en una determinada masa de suelo.

Métodos: La norma especifica el uso de un horno de secado para determinar el contenido de humedad del suelo. El suelo se seca hasta un peso constante, y la diferencia entre los pesos inicial y final es el contenido de humedad.

Aplicaciones: La norma se utiliza para asegurar que los suelos utilizados en la construcción cumplan con las especificaciones requeridas. También se utiliza para evaluar la calidad de los suelos y determinar la idoneidad de los suelos para diferentes aplicaciones.

- Norma para Peso unitario (densidad), rendimiento y contenido de aire (NTP 400.017 – 1999)

NTP 400.017 – 1999

Alcance: Esta norma especifica el procedimiento para determinar el peso unitario de los agregados utilizados en el concreto, mortero y otros materiales de construcción.

Métodos: La norma especifica el uso de un picnómetro para determinar el peso unitario del agregado. Primero se seca el agregado hasta un peso constante y luego se determina su volumen midiendo el volumen de agua desplazado por el agregado.

Aplicaciones: La norma se utiliza para garantizar que los agregados utilizados en los materiales de construcción cumplan con las especificaciones requeridas. También se utiliza para evaluar la calidad de los agregados y determinar la idoneidad de los agregados para diferentes aplicaciones.

- Norma para diseño de muestra ACI 211

ACI 211

Es un estándar publicado por el American Concrete Institute que brinda pautas para la dosificación de mezclas de concreto. La norma cubre una amplia gama de mezclas de concreto, incluido el concreto de peso normal, de peso pesado y en masa.

- Norma para ensayos a compresión NTP 339.034 – 2015.

NTP 339.034 – 2015.

La norma especifica el uso de probetas cilíndricas de hormigón para determinar la resistencia a la compresión. Las muestras se fabrican en un laboratorio y se curan durante un período de tiempo específico. Luego, las muestras se colocan en una máquina de prueba y se comprimen hasta que fallan. La resistencia a la compresión es la carga máxima que la probeta puede soportar antes de fallar.

- Norma para resistencia a la flexión, ASTM E 4 y (NTP 339-078)

ASTM E 4

Alcance: Esta norma especifica procedimientos para la calibración y verificación de fuerzas, mediante patrones de medición de fuerzas, de tracción o compresión, o ambas, máquinas de ensayo estáticas o cuasi estáticas (que pueden o no tener sistemas indicadores de fuerza) .

Métodos: El estándar especifica el uso de pesos muertos, celdas de carga u otros estándares de medición de fuerza para calibrar y verificar las máquinas de prueba. Los procedimientos se dividen en tres métodos: comparación directa, sustitución y comparación indirecta.

Aplicaciones: el estándar se utiliza para garantizar que las máquinas de prueba cumplan con la exactitud y precisión requeridas para diferentes aplicaciones. También se utiliza para verificar la precisión de los estándares de medición de fuerza.

NTP 339-078

Alcance: Esta norma especifica el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión del concreto simple. La resistencia a la flexión del hormigón es una medida de la capacidad del hormigón para resistir la flexión.

Métodos: La norma especifica el uso de probetas prismáticas de hormigón para determinar la resistencia a la flexión. Las muestras se fabrican en un laboratorio y se curan durante un período de tiempo específico. Luego, los especímenes se colocan en una máquina de prueba y se cargan hasta que fallan. La resistencia a la flexión es la carga máxima que la probeta puede soportar antes de fallar.

Aplicaciones: El estándar se utiliza para garantizar que el concreto cumpla con la resistencia a la flexión requerida para diferentes aplicaciones. También ayuda a garantizar la seguridad de las estructuras de hormigón.

ESTUDIO DE TRÁFICO



PLANTACIÓN DE FAIQUE



LEÑA DE FAIQUE

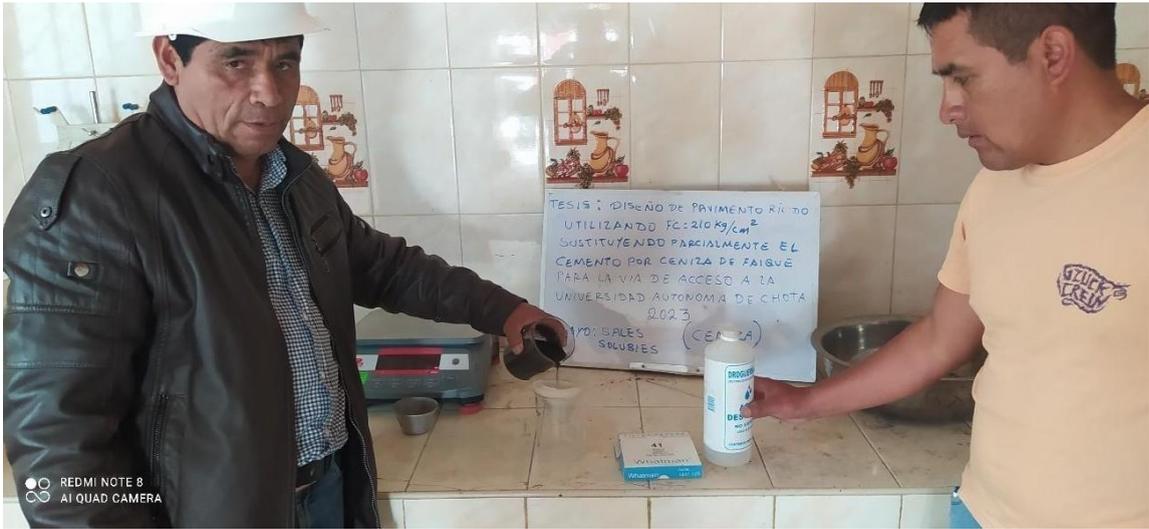


FOTOS EN EL HORNO



ANÁLISIS DE LA CENIZA







ANÁLISIS DE SUELOS









ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO







PRUEBA A LA COMPRESIÓN



PRUEBA A LA TRACCIÓN





PRUEBA A LA FLEXIÓN



ENSAYO A LA ABRASIÓN



Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	50 % máximo	
CBR de laboratorio (1)	MTC E 132	40 % mínimo	
Limite liquido	MTC E 110	25 % máximo	
Índice de plasticidad	MTC E 111	6 % máximo	4 % máximo
Salas Solubles Totales	MTC E 510	1 % máximo	
Equivalencia de arena	MTC E 114	52 % mínimo	32 % mínimo

Espesor de losa (mm)	Tamaño de varilla (cm) diam. x long.	Distancia de la junta al extremo libre	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27x66	@76 cm	@76 cm
160	1.27x69	@76 cm	@76 cm
170	1.27x70	@76 cm	@76 cm
180	1.27x71	@76 cm	@76 cm
190	1.27x74	@76 cm	@76 cm
200	1.27x76	@76 cm	@76 cm
210	1.27x78	@76 cm	@76 cm
220	1.27x79	@76 cm	@76 cm
230	1.59x76	@91cm	@91cm
240	1.59x79	@91cm	@91cm
250	1.59x81	@91cm	@91cm
260	1.59x82	@91cm	@91cm
270	1.59x84	@91cm	@91cm
280	1.59x86	@91cm	@91cm
290	1.59x89	@91cm	@91cm
300	1.59x91	@91cm	@91cm

Rango de espesor de losa (mm)	Diámetro		Longitud del pasador o dowells (mm)	Separación entre pasadores (mm)
	mm	pulgada		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 1/2"	460	300
30 - 430	38	1 1/2"	510	380

Departamento	Tc Vehículos ligeros	Tc Vehículos pesados
Amazonas	0.62 %	3.42 %
Ancash	0.59 %	1.05 %
Apurímac	0.59 %	6.65 %
Arequipa	1.07 %	3.37 %
Ayacucho	1.18 %	3.60 %
Cajamarca	0.57 %	1.29 %
Callao	1.56 %	4.43 %
Cusco	0.75 %	2.33 %
Huancavelica	0.83 %	3.85 %
Huánuco	0.91 %	3.54 %
Ica	1.15 %	3.90 %
Junín	0.77 %	2.83 %
La Libertad	1.26 %	3.45 %
Lambayeque	0.97 %	3.41 %
Lima provincia	1.45 %	3.07 %
Lima	1.45 %	3.69 %
Loreto	1.30 %	1.29 %
Madre de Dios	2.58 %	1.98 %
Moquegua	1.08 %	0.27 %
Pasco	0.84 %	0.36 %
Piura	0.87 %	3.23 %
Puno	0.92 %	3.21 %
San Martín	1.49 %	3.84 %
Tacna	1.50 %	2.88 %
Tumbes	1.58 %	2.60 %
Ucayali	1.15 %	2.77 %

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor carril (Fc)
1 calzada (IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00
	1 sentido	2	0.80
	1 sentido	3	0.60
	1 sentido	4	0.50
	2 sentidos	1	1.00
	2 sentidos	2	0.80
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	1.00
	2 sentidos	2	0.80
	2 sentidos	3	0.60
	2 sentidos	4	0.50

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor dirección (Fd)
1 calzada (IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00
	1 sentido	2	1.00
	1 sentido	3	1.00
	1 sentido	4	1.00
	2 sentidos	1	0.50
	2 sentidos	2	0.50
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50
	2 sentidos	2	0.50
	2 sentidos	3	0.50
	2 sentidos	4	0.50

NOMBRE DEL COMPUESTO	FÓRMULA QUÍMICA	PORCENTAJE EN PESO
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	Máx. 62 %
Silicato dicálcico	2CaO.SiO ₂	Máx. 24 %
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	Máx. 12 %
Ferroaluminato tetra cálcico	4CaO.Al ₂ O ₂ .Fe ₂ O ₃	Máx. 15 %
Yeso	CaSO ₄ .2H ₂ O	Máx. 06 %
Caliza	CaCO ₃	Máx. 05 %

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	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"

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

CÁTEGORIA	CLASE	CONDICIÓN
F Congelamiento y deshielo.	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo.
	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad.
	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad.
	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos des congelantes.

AGREGADO GRUESO		PORCENTAJE PROMEDIO APROXIMADO DE AIRE ATRAPADO	PORCENTAJE PROMEDIO TOTAL DE AIRE RECOMENDADO PARA LOS SIGUIENTES GRADOS DE EXPOSICIÓN		
PULGADAS	mm		SUAVE (F0)	MEDIANO (F1)	SEVERO (F2 y F3)
3/8	9.51	3.0 %	4.5	6.0	7.5
1/2	12.50	2.5%	4.0	5.5	7.0
3/4	19.10	2.0%	3.5	5.0	6.0
1	25.40	1.5%	3.0	4.5	6.0
1 1/2	38.10	1.0%	2.5	4.5	5.5
2	50.8	0.5%	2.0	4.0	5.0
3	76.1	0.3%	1.5	3.5	4.5
6	152.4	0.2%	1.0	3.0	4.0

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en l/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8	185	212	201	227	230	250
1/2	182	201	197	216	219	238
3/4	170	189	185	204	208	227
1	163	182	178	197	197	216
1 1/2	155	170	170	185	185	204
2	148	163	163	178	178	197
3	136	151	151	167	163	182

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	Relación agua - cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	Estimación de la relación agua - cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado		
	3/8"	3/4"	1 1/2"
140	0.80	0.71	0.80
175	0.70	0.61	0.71
210	0.62	0.53	0.64
245	0.55	0.46	0.58
280	0.48	0.40	0.53
315	0.43	-	0.49
350	0.38	-	0.45

Tabla 39 *Espesor compactado por cada por tipo de vía*

Espesor compactado	Tipo de vía
≥ 250 mm	Vías colectoras, locales
≥ 300 mm	Vías expresas, arteriales

Fuente: propia

Tabla 40 *Número de controles por cada 100*

Vía	Numero de controles en la sub rasante por cada 100 de vía para CBR <i>in situ</i> y grado de compactación_
Expresa	4
Arteriales	3
Colectoras	2
Locales	<u>1</u>

Fuente: MVCS

Tabla 41 Subrasante (Categorías).

Categoría de subrasante	CBR
Inadecuada (Se)	CBR < 3%
Insuficiente (St)	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
Regular (Sz)	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
Buena (Se)	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
Muy buena (St)	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
Excelente (Sz)	CBR ≥ 30%

Fuente: MVCS

Tabla 42 Solicitud de granulometría para subbase granular.

Tamiz	% que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2"	100	100	-	-
1"	-	75 - 95	100	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
Nº 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 70
Nº 40	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
Nº 200	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: MVCS

Tabla 43 Espesor por tipo de vía.

Tipo de vía	Grosor de losas de rodadura
Locales	≥ 150 mm
Colectoras	
Arteriales	
<u>Expresas</u>	<u>≥ 200 mm</u>

Fuente: (2)

Tabla 44 Las losa y sus dimensiones

ANCHO DE LOS CARRILES (m) = ANCHO DE LAS LOSAS (m)	LONGITUD DE LAS LOSAS (m)
2.7	3.3
3	3.7
3.3	4.1
3.6	4.5

Fuente: MTC

Tabla 45 Granulometría del fino para los pavimentos de hormigón hidráulico.

<u>Tamices</u>	<u>Porcentaje que pasa (%)</u>
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
<u>N° 100</u>	<u>2 - 10</u>

Tabla 46 Granulometría agregado grueso para los pavimentos de hormigones hidráulicos

<u>Tamices</u>	<u>Pasante en (%)</u>
1"	90 - 100
3/4"	40 - 85
1/2"	10 - 40
3/8"	0 - 15
<u>N° 4</u>	<u>0 - 5</u>

Tabla 47 Valores que se recomiendan para resistencia del hormigón según tráfico.

Rango de tráfico	Fuerza mínima a la flexo tracción del hormigón	Fuerza mínima equivalente a la fuerza del hormigón ($f'c$)
$\leq 5\ 000\ 000$ EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
$> 5\ 000\ 000$ EE $\leq 15\ 000\ 000$ EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
$\geq 15\ 000\ 000$ EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Tabla 48 Fuerza a la compresión promedio.

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'cr + 70$
210 a 350	$f'cr + 84$
Sobre 350	$f'cr + 98$

Fuente: Rivva

Tabla 49 Clasificación de mezclas y asentamiento.

<u>Clasificación de mezclas</u>	<u>Asentamiento pulg. (mm)</u>
Secas	0" a 2" (0 mm a 50 mm)
Plásticas	3" a 4" (75 mm a 100 mm)
Fluidas	5" a más (> 125mm)