



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Andia Damiano, Randy ([orcid.org/0000-0003-0111-3405](https://orcid.org/0000-0003-0111-3405))

**ASESOR:**

Dr. Ing. Choque Flores, Leopoldo ([orcid.org/0000-0003-0914-7159](https://orcid.org/0000-0003-0914-7159))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CHOQUE FLORES LEOPOLDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023", cuyo autor es ANDIA DAMIANO RANDY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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.

LIMA, 09 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CHOQUE FLORES LEOPOLDO DNI: 42289035 ORCID: 0000-0003-0914-7159	Firmado electrónicamente por: LCHOQUEF el 11-07- 2024 16:38:49

Código documento Trilce: TRI - 0806511



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, ANDIA DAMIANO RANDY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ANDIA DAMIANO RANDY DNI: 75467134 ORCID: 0000-0003-0111-3405	Firmado electrónicamente por: AANDIADA24 el 17-07- 2024 19:49:38

Código documento Trilce: INV - 1668554

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi mayor fortaleza. A mis mentores y amigos, gracias por inspirarme a alcanzar nuevas alturas académicas. Este logro es suyo tanto como mío.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido de manera invaluable a este proyecto. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales, y estoy agradecido por la dedicación y esfuerzo de cada persona involucrada. ¡Gracias por hacer posible este logro!

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y operacionalización.....	20
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.5. Procedimientos .....	28
5.6. Método de análisis de datos .....	31
5.7. Aspectos éticos .....	31
IV. RESULTADOS .....	33
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	79
VI. CONCLUSIONES .....	81
VII. RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS .....	85
ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de mortero .....	15
<b>Tabla 2:</b> Especificación por propiedades (ASTM 270).....	16
<b>Tabla 3.</b> Granulometría de la arena .....	17
<b>Tabla 4.</b> Población de estudio.....	22
<b>Tabla 5.</b> Muestreo de especímenes de mortero para el ensayo a compresión....	23
<b>Tabla 6.</b> Muestreo de especímenes de mortero para el ensayo a compresión....	24
<b>Tabla 7:</b> Muestreo de probetas cilíndricas de mortero para el ensayo de la porosidad.....	24
<b>Tabla 8:</b> Muestreo de probetas cilíndricas de mortero para el ensayo de la porosidad.....	24
<b>Tabla 9.</b> Rango de confiabilidad.....	27
<b>Tabla 10.</b> Rangos del Alfa de Cronbach .....	27
<b>Tabla 11:</b> Composición química.....	34
<b>Tabla 12:</b> Análisis granulométrico del agregado fino .....	35
<b>Tabla 13:</b> Contenido de humedad - agregado fino.....	38
<b>Tabla 14:</b> Peso específico del agregado fino .....	39
<b>Tabla 15:</b> Peso unitario compactado del agregado fino .....	40
<b>Tabla 16:</b> Peso unitario suelto del agregado fino .....	41
<b>Tabla 17:</b> Diseño de mezcla de mortero para especímenes cubicos - CRK.....	42
<b>Tabla 18:</b> Fluidez del mortero .....	43
<b>Tabla 19:</b> Ensayo a compresión (3-7-14 y 28 días).....	45
<b>Tabla 20:</b> Ensayo a compresión (3-7-14 y 28 días).....	46
<b>Tabla 21:</b> Ensayo a compresión (3-7-14 y días).....	48
<b>Tabla 22:</b> Ensayo a compresión (3-7-14 y 28 días) .....	49
<b>Tabla 23:</b> Análisis de normalidad .....	58
<b>Tabla 24:</b> Análisis de datos de absorción despues de la inmersión.....	59

<b>Tabla 25:</b> Análisis de datos de la capacidad de absorción .....	60
<b>Tabla 26:</b> Análisis de datos de absorción despues de la inmersión y ebullición con los porcentajes de adición de CRK. ....	62
<b>Tabla 27:</b> Análisis de datos de absorción despues de la inmersión y ebullición..	62
<b>Tabla 28:</b> Análisis de datos de porosidad .....	65
<b>Tabla 29:</b> Análisis de datos de porosidad y capacidad de absorción con los porcentajes de adición de CRK curados a 1°C y 5°C.....	71
<b>Tabla 30:</b> Análisis de datos de resistencia a compresión .....	73
<b>Tabla 31:</b> Análisis descriptivo de resistencia a la compression .....	74
<b>Tabla 32:</b> Análisis descriptivo resistencia a la compresión % por la temperatura.	74
<b>Tabla 33:</b> Análisis bi factorial para tiempo, temperatura según la prueba de compresión.....	75
<b>Tabla 34:</b> Análisis comparativo tukey para tiempo, temperatura según la prueba de compresión.....	76



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Características físicas del kiwicha .....	11
<b>Figura 2.</b> Mortero de cemento .....	12
<b>Figura 3.</b> Ensayo de fluidez .....	13
<b>Figura 4.</b> Ensayo de compresión en morteros .....	14
<b>Figura 5:</b> Curva granulometrica del agregado fino .....	36
<b>Figura 6:</b> Fluidez – mortero con adiciones de CRK. ....	43
<b>Figura 7:</b> Ensayo a compresión de espécimenes cúbicos.....	44
<b>Figura 8:</b> Rotura de espécimenes cúbicos de 5cm de lado .....	44
<b>Figura 9:</b> Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.....	45
<b>Figura 10:</b> Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.....	47
<b>Figura 11:</b> Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.....	48
<b>Figura 12:</b> Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.....	50
<b>Figura 13:</b> Evolución de las resistencias a compresión .....	51
<b>Figura 14:</b> Capacidad de absorcion y porosidad de mortero patron. ....	53
<b>Figura 15:</b> Capacidad de absorción y porosidad con 1% de CRK. ....	54
<b>Figura 16:</b> Capacidad de absorción y porosidad con 2% de CRK. ....	55
<b>Figura 17:</b> Capacidad de absorción y porosidad con 3% de CRK. ....	57
<b>Figura 18:</b> Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión curados a 1°C.....	60
<b>Figura 19:</b> Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión curados a 5°C.....	61
<b>Figura 20:</b> Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión curados a 1°C y 5°C.....	63
<b>Figura 21:</b> Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión y ebullición. ....	64
<b>Figura 22:</b> Medias marginales estimadas de densidad seca curadas a 1°C y 5°C.	

<b>Figura 23:</b> Medias marginales estimadas de densidad aparente después de la inmersión curadas a 1°C y 5°C. ....	69
<b>Figura 24:</b> Medias marginales estimadas de densidad aparente después de la inmersión y la ebullición curados a 1°C y 5°C.....	69
<b>Figura 25:</b> Medias marginales estimadas de densidad aparente curados a 1°C y 5°C. ....	70
<b>Figura 26:</b> Medias marginales estimadas de volumen de poros permeables a 1°C y 5°C.....	70
<b>Figura 27:</b> Grafica comparativa tukey de resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días de curado con adición de 0%, 1%, 2% y 3%. ....	76
<b>Figura 28:</b> Grafica comparativa tukey de resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C con adición de 0%, 1%, 2% y 3%. ....	77
<b>Figura 29:</b> Grafica comparativa tukey de resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C. ....	77

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**(T.<sup>a</sup>)**. Temperatura

**(CRK)**. Ceniza de rastrojo de kiwicha

**(SAP)**. Polímeros superabsorbentes

**(NTP)**. Norma técnica peruana

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar mediante ensayos normalizados las influencias de la ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero utilizado en muros portantes, añadiendo porcentajes de 0%, 1%, 2%, y 3% en peso del cemento. La metodología aplicada fue de tipo experimental, con un diseño cuasi-experimental, nivel explicativo y de enfoque cuantitativo. La población estudiada incluye especímenes de mortero, con un total de 96 cubos para los ensayos de resistencia a la compresión y 24 probetas cilíndricas para ensayos de capacidad de absorción y porosidad. Los instrumentos empleados siguieron normas estandarizadas de manera confiable para obtener resultados precisos, realizando ensayos de resistencia a la compresión, capacidad de absorción y porosidad. Se realizaron ensayos de compresión en morteros curados a temperaturas de 1°C y 5°C para simular las condiciones climáticas frías de Huancabamba. Los resultados de laboratorio indican incrementos significativos en la resistencia a la compresión del mortero con una dosificación de 1% de ceniza de rastrojo de kiwicha, alcanzando un valor de 143.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado. Asimismo, se observó una reducción en la porosidad con la misma dosificación, lo que mejora la durabilidad del mortero. Estos hallazgos sugieren que la adición de ceniza de rastrojo de kiwicha mejora las propiedades físico-mecánicas del mortero, haciéndolo más adecuado para su uso en construcciones en climas fríos. En consecuencia, se concluye que las propiedades físico-mecánicas del mortero con adición de ceniza de rastrojo de kiwicha representan mejoras importantes, por lo que resultan aplicables a obras civiles en condiciones climáticas extremas. Este estudio contribuye al desarrollo de materiales de construcción más sostenibles y resistentes, adaptados a las necesidades específicas de regiones como Huancabamba.

**Palabras clave:** Ceniza de rastrojo de kiwicha, propiedades físico-mecánicas, mortero, muros portantes, clima frío, curado a bajas temperaturas.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate, by means of standardized tests, the influence of kiwicha stubble ash on the physical-mechanical properties of mortar used in load-bearing walls, adding percentages of 0%, 1%, 2%, and 3% by weight of the cement. The methodology applied was experimental, with a quasi-experimental design, explanatory level and quantitative approach. The population studied included mortar specimens, with a total of 96 cubes for compressive strength tests and 24 cylindrical specimens for absorption capacity and porosity tests. The instruments used reliably followed standardized norms to obtain accurate results, performing compressive strength, absorption capacity and porosity tests. Compression tests were performed on cured mortars at temperatures of 1°C and 5°C to simulate the cold climatic conditions of Huancabamba. The laboratory results indicate significant increases in the compressive strength of the mortar with a 1% dosage of kiwicha stubble ash, reaching a value of 143.2 kg/cm<sup>2</sup> after 28 days of curing. Likewise, a reduction in porosity was observed with the same dosage, which improves the durability of the mortar. These findings suggest that the addition of kiwicha stubble ash improves the physical-mechanical properties of the mortar, making it more suitable for use in construction in cold climates. Consequently, it is concluded that the physical-mechanical properties of the mortar with the addition of kiwicha stubble ash represent important improvements, making it applicable to civil works in extreme climatic conditions. This study contributes to the development of more sustainable and resistant construction materials, adapted to the specific needs of regions such as Huancabamba.

**KEYWORDS:** Kiwicha stubble ash, physical-mechanical properties, mortar, load-bearing walls, cold climate, low temperature curing.

## I. INTRODUCCIÓN

El centro poblado de Huancabamba, se encuentra a una altitud de 3,641 metros sobre el nivel del mar, con un paisaje geográfico único y variaciones significativas de temperatura. Según el Senamhi (2023), el clima en Huancabamba revela notables cambios térmicos a lo largo del año, con temperaturas que van desde  $-1^{\circ}\text{C}$  hasta  $19^{\circ}\text{C}$ . Estas condiciones climáticas, especialmente los inviernos rigurosos con temperaturas bajo cero, afectan el proceso de curado del mortero, lo que puede disminuir la velocidad de fraguado y afectar la resistencia a compresión del mortero. En esta región, la construcción enfrenta desafíos específicos debido a estas condiciones climáticas extremas, requiriendo estrategias y materiales adaptados para garantizar la durabilidad y calidad de las estructuras.

A nivel internacional, el mortero de cemento Portland para revestimiento y juntas sufrirá daños irreparables cuando se exponga a temperaturas por debajo del punto de congelación poco después de su colocación, la presencia de agua en el mortero se convertirá en hielo, lo que llevará a la ruptura de la estructura del gel de cemento Portland, esto resultará en una pérdida significativa de resistencia, flexibilidad y durabilidad, las consecuencias incluirán frecuentemente reparaciones costosas y retrasos en el lugar de trabajo. Por ende, se tomarán medidas cruciales para prevenir la exposición del mortero a temperaturas extremadamente bajas después de su aplicación (**Laticrete, 2021, p. 1**).

Además, se menciona que el empleo del pretratamiento de curado estándar reducirá la resistencia mecánica del mortero de cemento a una temperatura de  $5^{\circ}\text{C}$ . Mientras que un período de curado estándar más breve resultará en una resistencia más elevada, indicando así la posibilidad de que prolongar el tratamiento de precurado a temperaturas bajas no sea siempre apropiado (**Liu et al., 2020, p.8**).

Asimismo, es esencial destacar que el curado a temperaturas bajo cero tendrá un impacto negativo más significativo en la resistencia a la compresión,

resaltando así la necesidad de establecer condiciones de curado con temperaturas más elevadas en regiones frías, las temperaturas bajas durante el proceso de curado extienden la duración de cada fase de hidratación y retardan su comienzo. Asimismo, disminuyen la velocidad de reacción en la hidratación. **(Wei et al., 2021, p. 12).**

Del mismo modo, la reducción de la temperatura durante el proceso de curado retrasará la ganancia de resistencia en los primeros días de hidratación y limitará el incremento en la resistencia de los morteros con el paso del tiempo. A medida que la temperatura de curado experimentaba un incremento, se observará una reducción en la capacidad de absorción del agua y la disminución de la porosidad capilar. **(Skoczylas y Rucińska, 2019, p. 542).**

A nivel nacional, los proyectos que involucren condiciones de baja temperatura podrían experimentar dificultades en la obtención de la resistencia requerida del concreto, especialmente en situaciones donde se enfrente a climas por debajo de los 10 °C o se utilice agua extremadamente fría o congelada. Esto podría resultar en demoras significativas en el tiempo de fraguado del concreto, generando costos elevados debido a los retrasos en la ejecución de la obra **(Ureta, 2020, p.31).**

Asimismo, los concretos fabricados a -5°C no cumplirán con los requisitos de resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, se observará una disminución de resistencia del 10.10%. Durante la etapa inicial de fraguado, el concreto se encuentra en una fase de extrema susceptibilidad a las bajas temperaturas, las cuales obstaculizan las reacciones químicas entre los elementos del cemento. **(Mamani y Chambi 2020, p.131).**

Por otro lado, el clima frío de la ciudad de Cerro de Pasco será un factor perjudicial para el mortero. Las temperaturas durante los días de prueba oscilarán entre -4.7 °C y 7.7 °C. Este fenómeno afectará negativamente al grupo de control de diversas maneras. En primer lugar, las bajas temperaturas comprometerán el proceso de fraguado al no alcanzar las condiciones

necesarias para una liberación de calor adecuada durante la hidratación. En segundo lugar, las fisuras surgirán desde la etapa fresca del material y empeorarán en su estado endurecido (**Laura, 2023, p.122**).

**Justificación teórica:** La presente investigación contribuirá a ampliar el conocimiento existente sobre el comportamiento de morteros adicionados con subproductos agrícolas como cenizas de rastrojo de kiwicha. Los resultados del estudio aportarán evidencia empírica sobre los efectos de este tipo de aditivos en las propiedades físicas y mecánicas cuando el mortero se expone a bajas temperaturas durante el curado.

**Justificación práctica:** El uso de la ceniza de rastrojo de kiwicha podría constituir una alternativa viable y accesible para mejorar el desempeño de morteros utilizados en zonas con climas fríos. Esto optimizaría los procesos constructivos y contribuir al enriquecimiento del conocimiento de los profesionales encargados de la ejecución de un proyecto de construcción, garantizando estructuras seguras y duraderas para los pobladores del centro poblado de Huancabamba.

**Justificación social:** El estudio propone una alternativa sostenible al utilizar cenizas de rastrojos de kiwicha para la elaboración de morteros de construcción adaptados a climas fríos. Este estudio podría conducir al desarrollo de morteros más económicos y duraderos para la construcción de viviendas en el centro poblado de Huancabamba, lo que tendría un impacto positivo en las condiciones de vida de sus habitantes.

**Justificación económica:** El aprovechamiento de un residuo agrícola como la ceniza de rastrojo de kiwicha reducirá costos en los materiales para el mortero de construcción. Además, al mejorar la durabilidad de las estructuras, disminuirán los gastos en mantenimiento y reparaciones ocasionados por el clima frío en el centro poblado de Huancabamba.



Por lo mencionado, surge la interrogante que encamina al **problema general**:  
¿Cuál es la incidencia de la ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físicas y mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?

los **problemas específicos** considerados son:

**Problema específico 1:** ¿Cuál es la influencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?

**Problema específico 2:** ¿Cómo influye la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de la porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?

**Problema específico 3:** ¿Cuál es la incidencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?

Por lo que se plantea como **objetivo general**:

Determinar la incidencia de la ceniza del rastrojo de kiwicha en las propiedades físicas y mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

Los **objetivos específicos** considerados son:

**Objetivo específico 1:** Analizar la influencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

**Objetivo específico 2:** Evaluar la influencia de incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de la porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

**Objetivo específico 3:** Determinar la incidencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

Por lo tanto, se plantea la **hipótesis general**: La ceniza del rastrojo de kiwicha incide significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

Las **hipótesis específicas** consideradas son:

**Hipótesis específica 1:** La incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha influye significativamente en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

**Hipótesis específica 2:** La incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha influye significativamente en la propiedad física de porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

**Hipótesis específica 3:** La incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha tiene un impacto positivo en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Un estudio científico titulado "Los efectos de la baja temperatura de curación sobre las propiedades de los morteros de cemento que contienen nanosilica" fue publicado por los investigadores **Skoczylas y Rucińska (2019)** en la ciudad de Szczecin, Polonia, a nivel internacional. La incorporación de nanosilicio en los morteros de cemento y el estudio de sus efectos inducidos por la temperatura de curación en la resistencia a la compresión y las cualidades absorbentes fue el objetivo principal de esta investigación. El procedimiento incluyó la fabricación de dos lotes de morteros de cemento: un lote de control y un lote experimental que tenía un 3% de nanosilicio añadido al cemento por peso. Se utilizaron temperaturas de 5, 10 y 20 grados Celsius para curar las muestras. Usamos cubos de 40x40x40 mm y probamos su resistencia a la compresión en 12 horas, 1, 2, 7 y 28 días. Se utilizaron muestras de 40x40x160 mm para evaluar la absorción de agua a los 28 días. Durante el período de curación de 28 días, los **resultados** demostraron que la resistencia a la compresión de las muestras de nanosilicosa aumentó significativamente, con aumentos que van desde el 13,7% al 59,2%. Además, las muestras reforzadas con nanosilicosa tuvieron una disminución del 20% y del 6,7% en la tasa de absorción de agua, respectivamente, cuando se curaron a 5°C y 10°C. El estudio **concluyó** que los morteros de cemento con nanosilicatos añadidos tenían una resistencia a la compresión mucho mayor, particularmente a temperaturas de calefacción más bajas. La absorción de agua disminuyó con el aumento de la temperatura de curación, lo que sugiere una reducción de la porosidad como resultado de la inclusión de nanosilicatos.

**Ju et al. (2022)** comenzaron a investigar el impacto de diferentes cationes alcalinos (potasio vs. sodio) en la eficacia del mortero de escoria activado por alcaloides (AAS) en entornos fríos. Su investigación tuvo lugar en la ciudad china de Jiamusi. En esta investigación se utilizaron silicato de potasio (KOH) con una pureza de al menos el 85% y silicio de sodio (NaOH) con la pureza del al menos 96% para activar muestras de mortero AAS. Las muestras se recogieron en moldes de 40x40x160 mm y se dejaron curar a -10°C, 0°C y 20°C. En 1, 3, 7 y 14 días después de la operación, cuantificamos el tiempo

que tomó para que el tejido se contrajo, y probamos su resistencia a la compresión y la flexión. Independientemente de la edad de curación (1, 3, 7, 14 o 28 días), la investigación indicó que el silicato de potasio activado K-AAS mortero superó el silicato de sodio activados N-AAs mortero a 0 y 20 grados Celsius. En particular, K-AAS presentaba una resistencia a la compresión y flexión un 130.4% y un 72.3% más alta después de 1 día y 28 días, respectivamente, que el N- AAS a -10°C y un 49% y un 33,7% mayor después de 28 días. Según las conclusiones del estudio, el silicato de sodio no es tan eficaz como un activador alcalino para el mortero de AAS que cura a temperaturas inferiores a cero. Los resultados mostraron que K-AAS tenía una menor porosidad total, especialmente cuando se curaba a -10°C y 20°C, lo que indica que la microestructura era más compacta.

En contraste, un artículo científico titulado "Utilizando polímeros superabsorbentes (SAPs) para mitigar los daños de hielo de la mortal de cemento en una edad temprana" fue preparado en Harbin, China, por **Ma et al. (2023)**. El objetivo de este estudio era determinar si el mortero de cemento de edad temprana expuesto a -10°C podría beneficiarse del uso de polímeros superabsorbidos (SASs). La técnica de investigación se centró en hacer mortero con cantidades variables de agua, cemento, arena y aditivos. Nos fijamos en 0.45 y 0.5 para las relaciones a/c y c/a, respectivamente. En los morteros que se dejaron curar a -10 °C durante 7 y 28 días, se utilizaron dos tipos diferentes de SAP: ácido poliacrílico (S2) y ácido acrílico y acrilamida (S1), respectivamente, que representan el 0,2%, el 0,4%, y el 0,6% del volumen del cemento. La incorporación de 0,2 a 0,4% de SAP en morteros curados a -10°C durante 7 y 28 días mejoró considerablemente su resistencia a la compresión, según los resultados del estudio. Cuando se secó a -10°C, el mortero con 0,4% S1 tenía un 90% más de resistencia a la compresión después de 7 días y un 30% más después de 28 días en comparación con el de control. Los investigadores encontraron que la adición de 0,2 o 0,4 por ciento de SAP a los morteros aumentó su resistencia a la compresión y los hizo mucho más resistentes a los daños de congelación en las etapas tempranas. Debido a que SAP puede absorber algo de agua, minimizará la cantidad de agua congelada

en el mortero atrapando parte de ella en su gel. Menos poros saturados, provocados por la relación w/c efectiva, significan menos daños por heladas. En los morteros que están expuestos a la congelación temprana, los SAP mejorarán el sistema poroso. Una combinación de disminuir el punto de congelación del agua, añadir más poros de aire, y alentar los procesos naturales de curación del cuerpo lo logrará. Se prevén morteros más resistentes a los daños de congelación como resultado de estos avances.

Además, un artículo de investigación titulado "Influencia del contenido de agua en la fuerza mecánica y la microestructura de las cenizas de aves alcalinas activadas / morteros GGBFS curados en las regiones frías y polares" fue escrito por **Wei et al. (2020)** en Lanzhou, China. El propósito de este documento era evaluar los efectos del contenido de agua en las características de las cenizas geopoliméricas y los morteros granulados de ceniza que se cementaron a -5 °C. En este estudio, utilizamos granulados de escalopes de horno alto y cúmulos de cenizas volátiles para crear morteros geopoliméricos con diferentes contenidos de agua (0,42, 0,35 y 0,31) y relaciones de conglomerantes (W/B). Para encontrar el módulo de resistencia y elasticidad, las muestras fueron sometidas a pruebas de compresión a 3,7,28, y 90 días después de ser curadas a -5°C. Según los hallazgos del estudio, la resistencia temprana de los morteros de geopoliméricos después de la cicatrización a -5 °C es significativamente afectada por el contenido de agua. La resistencia a la compresión aumentó hasta un 110% en los días 3 y 7 en la muestra con el menor contenido de agua (W/B de 0,31) en relación con el mortero con el mayor contenido de agua (W / B de 0,42). Sin embargo, a los 28 y 90 días de edad, los tres contenidos de agua que se investigaron mostraron una resistencia comparable a la compresión, que varía de 25 a 34 MPa. En las marcas de 3 y 7 días, el estudio encontró que la resistencia a la compresión del mortero de geopolimérico estaba afectada por el contenido de agua. Pero después de 28 días, todas las muestras mostrarán una resistencia a la compresión que va desde 25.78 MPa hasta 27.10 MPa, y después de 90 días, se elevará a unos 33.4 MPa.

A nivel nacional **Medina (2019)** realizó un estudio a nivel nacional en Cajamarca, Perú. "Mejorar las características físico-mecánicas de la mortera auto-limpiadora mediante la incorporación de dióxido de titanio" fue el título de su tesis de maestro. Encontrar el punto dulce para el agua y el dióxido de titanio en el mortero de autolimpieza fue el objetivo principal del estudio. Otros objetivos incluían aumentar la tasa de absorción del mortero, la permeabilidad y la resistencia a la compresión. Se realizaron tratamientos de mortero con una relación C:A de 1:5 utilizando un diseño experimental descriptivo. Estos tratamientos se realizaron con y sin concentraciones de 3%, 4% y 5% de  $\text{TiO}_2$ . Las pruebas se llevaron a cabo utilizando muestras de prisma rectangular con porcentajes de agua variables (100% agua efectiva, 90% agua y 85% agua) para maximizar los atributos de permeabilidad, absorción y resistencia a la compresión. Se determinó que los tratamientos con 3% de  $\text{TiO}_2$  en el 100% o el 90% de agua efectiva resultaron en el mayor porcentaje de absorción. La resistencia a la compresión aumentó en proporción directa con la reducción en el agua efectiva, alcanzando el pico en el 85% de agua eficaz y el 3% de tratamiento de  $\text{TiO}_2$ . Cuando se trataba de la permeabilidad, el punto dulce estaba en algún lugar entre el 90% de agua eficaz y el 85% de tratamiento de  $\text{TiO}_2$ . El estudio encontró que un tratamiento con 3%  $\text{TiO}_2$  y 90% de agua eficaz fue el más exitoso ya que equilibraba todas las cualidades examinadas.

En Arequipa, Perú, Hermoza desarrolló una tesis de maestría titulada "Comparación de las prestaciones mecánicas, físicas y microestructurales entre morteros geopoliméricos hechos de ceniza volcánica y morteras convencionales de cemento de Portland" (2019). Se llevó a cabo un estudio para comparar las características mecánicas, microestructurales y físicas de los mortales de cemento de Portland con mortales geopoliméricos derivados de cenizas volcánicas. Utilizando cenizas volcánicas activadas con hidróxido de sodio (NaOH) y una mezcla de NaOH + silicato de sodium, la técnica incluyó la creación de morteros geopoliméricos. El cemento Yura IP y el agregado fino también se utilizaron para crear morteros de cemento de Portland. Al compactarse en un molde de pistón, se crearon muestras cilíndricas con una relación líquido-sólido de 0,1 y una relación sólido-sólido de 1:1. Las muestras

fueron luego curadas durante 48 horas a 80 °C. A los 7, 14 y 28 días, se evaluaron la resistencia a la compresión, la absorción, la densidad, la mineralogía (DRX) y la morfología (SEM/EDS) de estos morteros. Los hallazgos mostraron que, en 28 días, los morteros de cemento de Portland podían soportar fuerzas de compresión de hasta 29.36 MPa. Por otra parte, a los 28 días, la resistencia media de los morteros geopoliméricos activados sólo con NaOH fue de 24.59 MPa, lo que es comparable a la de los cementos de Portland. Por otra parte, los morteros geopoliméricos que se activaron utilizando silicato de sodio y NaOH mostraron una reducción de la resistencia, en promedio 14,15 MPa después de 28 días. Como resultado, el estudio proporciona pruebas a favor de la viabilidad de la utilización de cenizas volcánicas accesibles para crear morteros geopoliméricos con cualidades mecánicas, microestructurales y físicas adecuadas. Esto ofrece a los usuarios de cemento de Portland un sustituto sostenible.

Con el fin de evaluar el impacto de las nanopartículas de silicio (NPs-SiO<sub>2</sub>) en las propiedades mecánicas del cemento, **Osorio et al. (2019)** realizaron investigaciones en Lima, Perú, y publicaron un artículo científico titulado "Descripción y adición de nanopartículas de silo industrial (SiO<sub>2</sub> en el cemento de Portland tipo 1." Su técnica implicaba la adición de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> (NPs-SiO<sub>2</sub>) a las muestras de cemento de Portland Tipo 1 a un porcentaje de peso del 4%. Los morteros fueron fabricados de acuerdo con las directrices de ASTM, y desde el primer día hasta los 60 días de cicatrización, se evaluó su resistencia a la compresión. Según los hallazgos del estudio, las pruebas de resistencia a la compresión de mortero mostraron que, a los 28 días, el cemento reforzado con 4% de nanopartículas SiO<sub>2</sub> mostraba una resistencia que era alrededor del 20% más que el cemento sin nanopartículas. La adición de las nanopartículas llevó a un aumento de aproximadamente el 24% en la resistencia después de 60 días. El estudio llega a la conclusión de que la adición de nanopartículas amorfas de silicio al cemento de Portland con el tiempo aumenta considerablemente su resistencia a la compresión. La microestructura puede densificar como resultado de los sitios de nucleación que las nanopartículas dan para los productos de hidratación del cemento.

Además, en lo que respecta a las fundamentaciones teóricas, se exploraron asuntos vinculados a las descripciones y aspectos de las variables asociadas a las teorías que se relacionan con el tema de estudio

La **kiwicha** (*Amaranthus* spp.), un grano de rápido crecimiento originario del Perú y domesticado en el periodo preincaico, pertenece a la familia Amaranthaceae y es conocida por su resistencia a altas temperaturas, sequías, plagas y enfermedades. Las especies principales cultivadas son *A. caudatus* (trigo inca), *A. cruentus* (amaranto morado) y *A. hypochondriacus* (pluma de príncipe), siendo *A. caudatus* nativa de los Andes. Este cultivo se desarrolla entre los 1500-3500 msnm y en la sierra peruana se siembra entre septiembre y diciembre, al inicio de las lluvias, mediante siembra directa. Su grano, de alto valor nutricional y propiedades nutraceuticas, es considerado un superalimento y tiene usos alimenticios, industriales y como planta ornamental. **(Escalante et al., 2022, p. 11-17).**

la ceniza del rastrojo de kiwicha es el residuo resultante de quemar los restos de la planta de kiwicha, y se utiliza principalmente como fertilizante en la agricultura y como suplemento alimenticio para animales y, en menor medida, para seres humanos.

**Figura 1.** Características físicas del kiwicha



**Fuente:** (Andina, 2021)

Un muro portante, también conocido como muro de carga, es un componente estructural esencial de un edificio que soporta cargas verticales además de su propio peso. Estos muros no solo separan los espacios internos de un edificio,



sino que también transfieren cargas desde otras partes de la estructura a los cimientos. Los muros portantes suelen estar alineados verticalmente a lo largo de los pisos del edificio para transferir eficazmente el peso hacia abajo. Algunos incluso pueden tener postes o columnas en la parte inferior para ayudar a soportar la carga que llevan **(Gamarra, 2002, p.55)**.

El mortero es una mezcla compuesta por materiales aglomerantes, como el cemento, y un agregado fino, generalmente arena. Para obtener una mezcla homogénea y funcional, es esencial añadir la cantidad apropiada de agua. Este líquido permite alcanzar una consistencia fluida que favorece la adherencia eficiente de la mezcla, asegurando que los componentes se integren adecuadamente sin que el agregado fino se separe. La correcta proporción de agua no solo facilita la manipulación y aplicación del mortero, sino que también garantiza su cohesión y rendimiento estructural, aspectos cruciales para su uso en construcción y otras aplicaciones. **(Salamanca, 2001, p.42)**.

**Figura 2.** Mortero de cemento



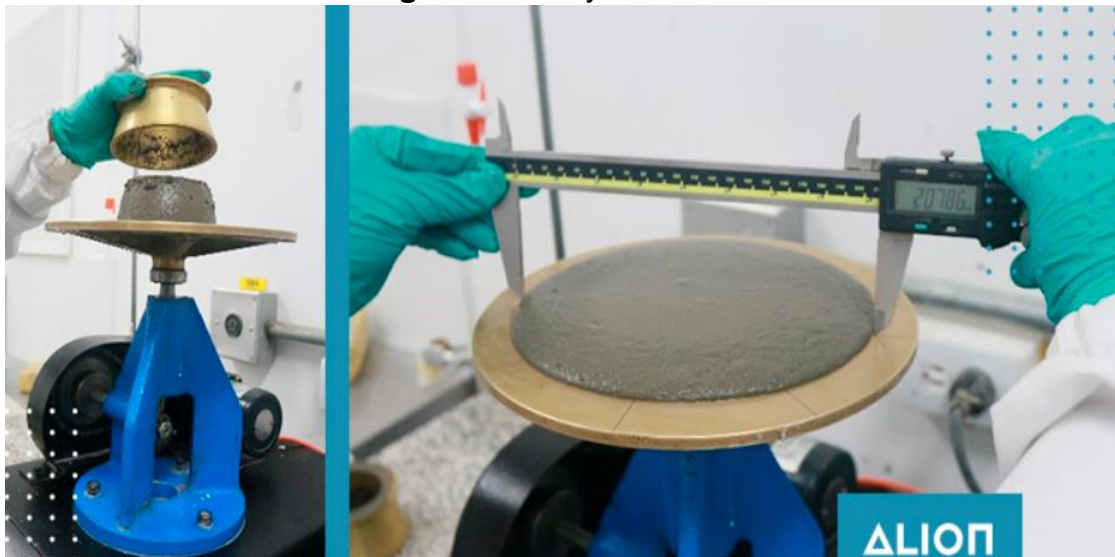
**Fuente:** <https://www.ceramicasantiago.cl/2021/10/19/como-verificar-la-adherencia-entre-ladrillo-y-mortero/>

Las características del material durante la aplicación que afectan la calidad y el rendimiento del mortero se denominan sus cualidades físicas. Una de estas características es la funcionalidad, que tiene dos partes: La coherencia se refiere a la cohesión de la masa, mientras que la fluidez a la fusión entre las partículas granulares. La fluidez de la combinación define la facilidad con que se puede aplicar a las construcciones de revestimiento o carpintería, su

maniobrabilidad y su adherencia. El esfuerzo de adhesión aumenta con la fluidez hasta que el agua comienza a aspirar a través del mortero y se acerca a la superficie **(Bocanegra y Espejo, 2018, p. 21–22)**.

El porcentaje de aumento en el diámetro de la base de un cono de mortero truncado se utiliza en el laboratorio para medir la característica conocida como fluidez inicial. Cuando el cono se coloca en una tabla de fluidez, se eleva automáticamente a una altura de 12,70 mm (0,5 pulgadas), luego se cae 25 veces en un período de 15 segundos, se observa un aumento. En cumplimiento de las normas ASTM C230, C305 y C109, esta prueba se lleva a cabo **(Mejia et al., 2012, p. 34)**.

**Figura 3.** Ensayo de fluidez



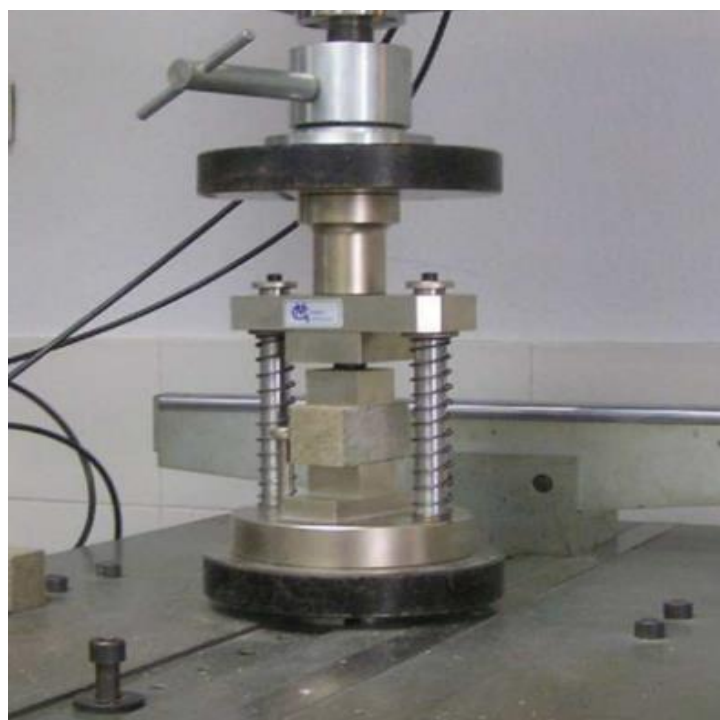
*Fuente:* <https://alion.com.co/morteros-pega-de-mamposteria/>

En relación al tiempo de fraguado, es el proceso químico en el que el cemento o el mortero, una vez mezclados con agua, se transforman en una masa sólida y resistente. Este proceso implica una serie de reacciones químicas entre los componentes del material y el agua, resultando en una estructura sólida capaz de soportar cargas y presiones **(Ferrández et al., 2020, p.294)**.

La **resistencia a la compresión** es una propiedad vital del mortero, sobre todo cuando se emplea en partes estructurales como el mortero de juntas en

mamposterías, para relleno de mamposterías reforzadas o como mortero proyectado. En estas situaciones, el mortero se somete a tensiones originadas por las fuerzas que actúan sobre el componente estructural. Si dichas fuerzas rebasan la resistencia del mortero, pueden originarse grietas o rupturas que podrían amenazar la estabilidad de la estructura. Por lo tanto, es crucial que el mortero tenga una resistencia adecuada para evitar que las tensiones generadas excedan su capacidad de resistencia, lo que resalta la necesidad de conocer esta propiedad **(Mejia et al., 2012, p.38-39)**.

**Figura 4.** Ensayo de compresión en morteros



**Fuente:** [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Dispositivo-de-ensayo-a-compresion\\_fig2\\_324203995](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Dispositivo-de-ensayo-a-compresion_fig2_324203995)

La **adherencia** se describe como la unión requerida entre el mortero y el componente de mampostería. Esto se manifiesta en la capacidad de resistir la fuerza requerida para separar las unidades, la resistencia al deslizamiento entre las secciones de las unidades y el mortero, así como la resistencia a la división de la sección de flexión del mortero **(Mejia et al., 2012, p.37)**.

La capacidad de adherencia del mortero depende de la superficie y el origen del elemento al que se va a unir. Esta propiedad permite que el mortero absorba tensiones tanto normales como tangenciales en la superficie a la que está unido **(Cabrera, 1995, p.47)**.

La **durabilidad** se entiende como la capacidad de resistencia de las muestras que exhiben diversas propiedades, incluyendo su exposición a factores externos como las temperaturas mínimas inducidas por el agua, la pérdida de propiedades debido a la abrasión y las características del secado. También comprende la degradación de la calidad del mortero, que se evidencia en sus condiciones físico-químicas a lo largo del tiempo **(Mejia et al. 2012, p.40)**.

Los morteros se dividen en dos categorías: el tipo P, que se utiliza en la construcción de muros que soportan cargas; y el tipo NP, que se usa en muros que no tienen la función de soportar cargas, como se muestra en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Tipos de mortero

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P-1	1.0	0 - 1/4	3 - 3 1/2	Muros Port.
P-2	1.0	0 - 1/2	4 - 5	Muros Port.
NP	1.0	-	Hasta 6	Muros No Port.

**Fuente:** (Norma E-070, 2021)

El tipo de mortero debe estar en correlación con las piezas de mampostería. Es decir, las piezas de mampostería que tienen una alta tasa inicial de absorción son más compatibles con morteros que retienen mucha agua. En términos simples, para ladrillos que absorben mucha agua, se deben especificar morteros que retengan mucha agua, lo que generalmente implica un mortero con un alto contenido de cal **(Mejia et al. 2012, p.47)**.

La norma ASTM C 270 categoriza los morteros en función de sus propiedades de resistencia en la **tabla 2**.

**Tabla 2:** Especificación por propiedades (ASTM 270)

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm <sup>2</sup> (Mpa)	Retención mínima de agua	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	176 {17.2}	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementales.
	S	127 {12.4}	75	12	
	N	53 {5.2}	75	14	
	O	25 {2.4}	75	14	
Mortero de cemento	M	176 {17.2}	75	12	
	S	127 {12.4}	75	12	
	N	53 {5.2}	75	14	
	O	25 {2.4}	75	14	
Cemento de mampostería	M	176 {17.2}	75	18	
	S	127 {12.4}	75	18	
	N	53 {5.2}	75	20	
	O	25 {2.4}	75	20	

**Fuente:** (Norma ASTM C270-02, Tabla 2, p.3)

La norma E-070-21 en el artículo 6 indica que la arena fina requerida debe ser de origen natural, sin presencia de materia orgánica ni sales, y debe cumplir con las especificaciones detalladas en la Tabla 2. En caso de que las pruebas realizadas en pilas y muretes demuestren resistencias que superan el 90% del valor de la arena indicada en la Tabla 2, se podrían considerar otras distribuciones de tamaño de partícula. Se establece que no más del 50% de la arena debe retenerse entre dos mallas consecutivas, y el módulo de finura debe estar en el rango de 2.3 a 3.1. Además, se establece un límite máximo del 1% en peso para partículas quebradizas. Se prohíbe el uso de arena marina, y el agua utilizada debe ser potable y exenta de sustancias perjudiciales, sales, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**Tabla 3.** Granulometría de la arena

<b>GRANULOMETRIA DE LA ARENA</b>	
<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
#4	100
#8	95 - 100
#16	70 - 100
#30	40 - 75
#50	10 - 35
#100	2 - 15
#200	Menos de 2

**Fuente:** (Norma E-070, 2019)

Existen dos métodos para evaluar la resistencia en los morteros: uno es la Norma Técnica Peruana 334.051-2019 y el otro es la norma ASTM C 109/C 109M.

La Norma Técnica Peruana NTP 334.051-2019 establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión del mortero con propiedades cementantes. Este método se basa en la utilización de muestras cúbicas, cada una con lados de 5 cm. Este estándar asegura la uniformidad en las pruebas y garantiza que los resultados obtenidos sean comparables y reproducibles. La norma detalla los pasos necesarios, desde la preparación de las muestras hasta la ejecución de las pruebas, con el fin de obtener una medición precisa y consistente de la resistencia a la compresión del mortero **(INACAL, 2022)**.

La norma ASTM C109/C109M-21 establece el método para determinar la resistencia a la compresión del mortero mediante el uso de muestras en forma de cubos. Estas muestras pueden tener dimensiones de 2 pulgadas o la equivalencia en milímetros. Este estándar es fundamental para asegurar que las pruebas de resistencia se realicen de manera uniforme y precisa, proporcionando resultados consistentes y confiables. La norma incluye instrucciones detalladas para la preparación, manejo y ensayo de las muestras, abarcando desde la mezcla y vertido del mortero hasta el proceso de compresión y registro de los resultados. Además, garantiza que los

procedimientos de prueba sean replicables, permitiendo comparaciones precisas entre diferentes ensayos y laboratorios **(ASTM Internacional, 2021)**.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** La investigación **aplicada** tiene como objetivo utilizar el saber científico ya existente para atender necesidades específicas y optimizar procesos, productos o situaciones en escenarios de la vida real **(Cordero 2009, p.163)**.

Por esta razón, la investigación es de tipo aplicada.

**Diseño de la investigación:** El diseño experimental se utiliza cuando el investigador desea identificar el posible impacto de un factor que puede ser controlado **(Hernández et al., 2014, p.140)**. En este diseño experimental se contempla la categoría cuasiexperimental, cuyo objetivo es probar una hipótesis causal mediante la manipulación de al menos una variable independiente. No obstante, por razones logísticas o éticas, no se puede asignar aleatoriamente las unidades de investigación a los diferentes grupos **(Fernández et al., 2014, p.756)**.

En la presente investigación el diseño será experimental de categoría cuasi experimental.

**Nivel de investigación:** El nivel explicativo se define como la interpretación de conceptos o fenómenos y establece conexiones entre conceptos más fundamentales. Esto se hace con el fin de analizar las causas subyacentes de eventos y fenómenos físicos. El enfoque es brindar una explicación sobre por qué se produce un evento y bajo qué condiciones intervienen diversas variables. Se centra en dilucidar las razones detrás de un acontecimiento y en qué condiciones se produce, involucrando más de una variable **(Hernández et al. 2014, p.95-96)**. Este estudio tiene un enfoque explicativo, ya que los resultados obtenidos en las pruebas brindarán una explicación sobre el motivo por el cual la adición de ceniza de rastrojo de kiwicha influye en las propiedades físicas y mecánicas del mortero.

**Enfoque de investigación:** Los enfoques cuantitativos se definen por "la utilización de técnicas y métodos numéricos que se centran en la medición, el



muestreo, la investigación, la utilización de muestras representativas y el análisis estadístico de unidades de análisis" (Ñaupas et al., 2014, p.140). En consecuencia, esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, puesto que implica el análisis de datos numéricos y medibles. Las dimensiones de las variables implicadas, así como los resultados obtenidos de los experimentos de laboratorio, pueden ser examinados mediante métodos estadísticos. De este modo, se pretende obtener respuestas a las hipótesis planteadas en la investigación.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variables de estudio:**

**Variable independiente:** Ceniza de rastrojo de kiwicha.

**Definición conceptual:** En un análisis químico realizado en las cenizas del rastrojo de quinua, se descubrió que los óxidos y minerales se formaron en un horno mufla a una temperatura promedio de 600 °C durante un período de 3 horas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 0.72% de nitrógeno (N), 0.37% de óxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 1.35% de óxido de potasio (K<sub>2</sub>O), 2.32% óxido de calcio (CaO), y 0.77% óxido de magnesio (MgO). (Ore, 2022, p.23). Es importante mencionar que tanto la quinua como la kiwacha pertenecen a la familia Amaranthaceae.

**Definición operacional:** se refiere al residuo o subproducto que se obtiene al quemar o incinerar los rastrojos de la planta de kiwicha (también conocida como amaranto). La kiwicha es una planta de origen andino que produce pequeñas semillas altamente nutritivas, y después de la cosecha, los tallos y hojas que quedan en el campo se conocen como rastrojos. La ceniza de rastrojo de kiwicha es el resultado de la combustión controlada de estos rastrojos. Es importante destacar que este proceso de incineración debe realizarse bajo condiciones controladas y adecuadas para evitar la contaminación y la generación de gases tóxicos.

**Dimensión:** Porcentaje de incorporación.

**Indicadores:** 0%,1%, 2% y 3%.

**Escala de medición:** De razón.

**Variable dependiente:** Propiedades físicas y mecánicas del mortero.

**Definición conceptual:** La principal característica del mortero, tanto en estado fresco como endurecido, radica en su comportamiento mecánico y físico, ya que estos aspectos afectan su capacidad de soportar cargas. Las propiedades físicas, como la velocidad de fraguado, la absorción y la fluidez, entre otras, junto con las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión y la adherencia, son fundamentales para evaluar su desempeño.**(Sánchez, 2001, p.308-310).**

**Definición operacional:** Las propiedades físicas y mecánicas del mortero se detallan en función de su capacidad para resistir durante el proceso de fabricación, asegurando que alcance la resistencia deseada, así como su capacidad de absorción, porosidad y la fluidez recomendada. La etapa de preparación está influenciada por diversos factores, como la facilidad de manipulación, el peso por unidad y la durabilidad, que a su vez influyen en la consistencia del mortero. Estos aspectos serán posteriormente sometidos a pruebas de laboratorio para evaluar su resistencia a la compresión, su fluidez, su capacidad de absorción y la porosidad.

**Dimensión:** Propiedades físicas y mecánicas.

**Indicadores:** Absorción, porosidad y resistencia a la compresión del mortero.

**Escala de medición:** De razón.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **Población**

La población de investigación se define como un conjunto de casos claramente delimitados y de fácil acceso, que cumple con ciertos criterios preestablecidos

y sirve como referencia para la selección de la muestra (**Arias et al.,2016, p.202**).

En la presente investigación la población está representada por 96 especímenes cúbicas de mortero de 50mm de lado y 24 probetas cilíndricas de mortero de 2" x 4".

**Tabla 4.** Población de estudio

DESCRIPCIÓN	MORTERO PATRON	CENIZA DE RASTROJO DE KIWACHA	TOTAL
Especímenes cúbicas de 50 mm	24 uds	72 uds	<b>96 uds</b>
Probetas cilíndricas de 4" X 2"	6 uds	18 uds	<b>24 uds</b>

**Fuente:** *Elaboración propia 2023.*

**Criterio de inclusión:** Se considerarán a todos los especímenes cúbicos de mortero de 50mm y a todas las probetas cilíndricas de 2" x 4" elaborados con una mezcla de mortero de  $f'c = 127 \text{ kg/cm}^2$ , aquellas que contengan aditivos de cenizas de rastrojo de kiwicha, según las dosificaciones establecidas.

**Criterio de exclusión:** Se excluirán aquellos especímenes cúbicos dañados que no cumplan con las dimensiones establecidas en la NTP 334.051 y también se excluirán aquellas probetas cilíndricas dañadas, solo se permitirá el uso de cenizas de rastrojo de kiwicha como aditivo y no se aceptarán otros tipos de cemento que no sean portland. Además, las pruebas deben alcanzar una resistencia de  $f'c = 127 \text{ kg/cm}^2$ .

### **Muestra**

La muestra consiste en una porción seleccionada de la población total, obtenida mediante un método de muestreo específico. Este subconjunto se analiza para extraer conclusiones sobre la población completa dentro de un margen de error establecido. La representatividad y el tamaño adecuado de la muestra son esenciales para asegurar la validez de los resultados de la investigación (**Cabezas et al., 2018, p.93-94**).

Para el presente estudio la muestra estará propuesta por un total 96 especímenes cúbicos de mortero de 50mm de lado compuestas por 24 especímenes cúbicos de mortero para la muestra patrón y 72 especímenes cúbicos de mortero con las adiciones de cenizas de rastrojo de kiwicha y por un total de 24 probetas cilíndricas de mortero de 2" x 4" compuestas por 6 probetas cilíndricas de mortero para la muestra patrón y 18 probetas cilíndricas de mortero con las adiciones de cenizas de rastrojo de kiwicha de la manera siguiente:

En la **tabla N°06, N°07, N°08 y N°09** se denota los 96 especímenes cúbicos de mortero y 24 probetas cilíndricas de mortero propuestos para el estudio, utilizando la ceniza de rastrojo de kiwicha en sustitución parcial del cemento en 1%, 2% y 3% y curados a temperaturas de 0°C y 5°C, con la finalidad de obtener una resistencia a la compresión mayor o similar al mortero patrón, los especímenes serán cubos de 50mm de lado y se realizara el ensayo a compresión.

**Tabla 5.** Muestreo de especímenes de mortero para el ensayo a compresión

Curados a temperatura de 1°C					
Edad (días)	Mortero patrón	Mortero + ceniza de rastrojo de kiwicha			Total
	Mezcla patrón	1%	2%	3%	Unidad
3	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
7	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
14	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
28	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
					48 uds

**Fuente:** *Elaboración propia 2023.*

**Tabla 6.** Muestreo de especímenes de mortero para el ensayo a compresión

Curados a temperatura de 5°C					
Edad (días)	Mortero patrón	Mortero + ceniza de rastrojo de kiwicha			Total
	0%	1%	2%	3%	Unidad
3	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
7	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
14	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
28	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	12 uds
					<b>48 uds</b>

*Fuente:* Elaboración propia 2023.

**Tabla 7:** Muestreo de probetas cilíndricas de mortero para el ensayo de la porosidad

Curados a temperatura de 1°C					
Edad (días)	Mortero patrón	Mortero + ceniza de rastrojo de kwacha			Total
	0%	1%	2%	3%	Unidad
28	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	<b>12 uds</b>

*Fuente:* Elaboración propia 2023.

**Tabla 8:** Muestreo de probetas cilíndricas de mortero para el ensayo de la porosidad

Curados a temperatura de 5°C					
Edad (días)	Mortero patrón	Mortero + ceniza de rastrojo de kiwicha			Total
	0%	1%	2%	3%	Unidad
28	3 uds	3 uds	3 uds	3 uds	<b>12 uds</b>

*Fuente:* Elaboración propia 2023.

## Muestreo

El muestreo no probabilístico es un método de muestreo en el que la elección de las unidades de muestreo no se basa en la probabilidad, sino en los criterios y decisiones tomadas por el investigador (**Cabezas et al., 2018, p.100**). En este contexto, el investigador tiene la libertad de elegir una cantidad de muestras de

manera conveniente. Esto es especialmente importante para la investigación, ya que implica llevar a cabo diversas pruebas y ensayos en los materiales, incluyendo el mortero convencional y el modificado con cenizas de rastrojo de kiwicha, para evaluar sus propiedades. El método de muestreo empleado en este proyecto es no probabilístico.

### **Unidad de análisis**

La unidad de análisis es el objeto sobre el cual se recopilan datos o información para el análisis en un estudio **(Arias y Covinos 2021, p.118)**.

En este estudio nuestra unidad de análisis serán los especímenes cúbicos de mortero de 50mm de lado y las probetas cilíndricas de mortero de 2" x 4".

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de observación es una estrategia de investigación fundamental que consiste en registrar y analizar el comportamiento y las acciones de individuos, grupos o fenómenos dentro de su entorno natural. Esta metodología permite a los investigadores obtener datos directos y detallados sobre los sujetos de estudio, lo que facilita una comprensión profunda de sus interacciones y dinámicas. La observación puede llevarse a cabo de manera sistemática y controlada, utilizando protocolos y herramientas específicas para asegurar la precisión y consistencia de los datos recogidos. Alternativamente, también puede realizarse de forma más informal y descriptiva, lo que permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad a situaciones imprevistas. Ambas aproximaciones, sistemática e informal, son valiosas y pueden complementarse para proporcionar una visión completa y matizada del fenómeno investigado. **(Medina 2023, p.20)**.

En la observación directa, el investigador recopila la información personalmente, sin abordar los temas discutidos. Se emplea la observación de manera directa y estaremos presentes en persona durante todo el proceso de investigación **(Baena 2017, p.72)**.

Se empleó para analizar los resultados obtenidos en los experimentos, a partir de los cuales se extrajeron las conclusiones pertinentes.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Se trata de un detallado esquema de procedimientos diseñados para orientarnos en la recopilación de información con un propósito específico **(Hernández y Mendoza 2020, p.226)**.

En el estudio se emplearon los formatos de ensayos convencionales con el fin de obtener los resultados necesarios, lo que implicó el uso de:

- ✓ Formato para la determinación de resistencia a la compresión de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado (Norma NTP 334.051-2022).
- ✓ Formato de ensayo de la densidad relativa y la absorción del agregado fino (Norma NTP 400.022-2021).
- ✓ Formato para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland (334.057-2019)
- ✓ Formato para la prueba estándar para densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido (Norma ASTM C642-21).

### **Validez**

La validez se relaciona con la precisión con la que un instrumento es capaz de evaluar la variable que se busca medir. **(Hernández y Mendoza 2020, p.229)**.

En la investigación, se logró la validación mediante la participación de especialistas que llevaron a cabo el ensayo, respaldando su autenticidad con sus firmas respectivas y colaborando con laboratorios cuyos ensayos cuentan con la acreditación de INACAL.

La **Escala de Likert** es una herramienta psicométrica en la cual la persona encuestada expresa su conformidad o discrepancia con respecto a una afirmación, ítem o pregunta, empleando una escala ordenada y unidimensional **(Matas, 2018, p.1)**.

**Tabla 9.** Rango de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0,81 - 1,00	Muy Alta
0,61 - 0,80	Alta
0,41 - 0,60	Moderada
0,21 - 0,40	Baja
0,01 - 0,20	Muy Baja

**Fuente:** Ruiz (2013)

### Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento se relaciona con la capacidad de generar resultados consistentes o idénticos al ser aplicado de manera sucesiva en el mismo individuo u objeto **(Hernández y Mendoza, 2020, p.228)**.

La prueba de **Alfa de Cronbach** se calcula a partir de la varianza de ítems individuales y de la suma de ítems por participante, considerando correlaciones entre ítems. Esta varianza indica la discrepancia entre valores reales y esperados, permitiendo inferir la confiabilidad del test mediante consistencia interna. Si al eliminar un ítem el alfa aumenta, indica que no está correlacionado con los demás de la escala **(Cronbach, 1951)**.

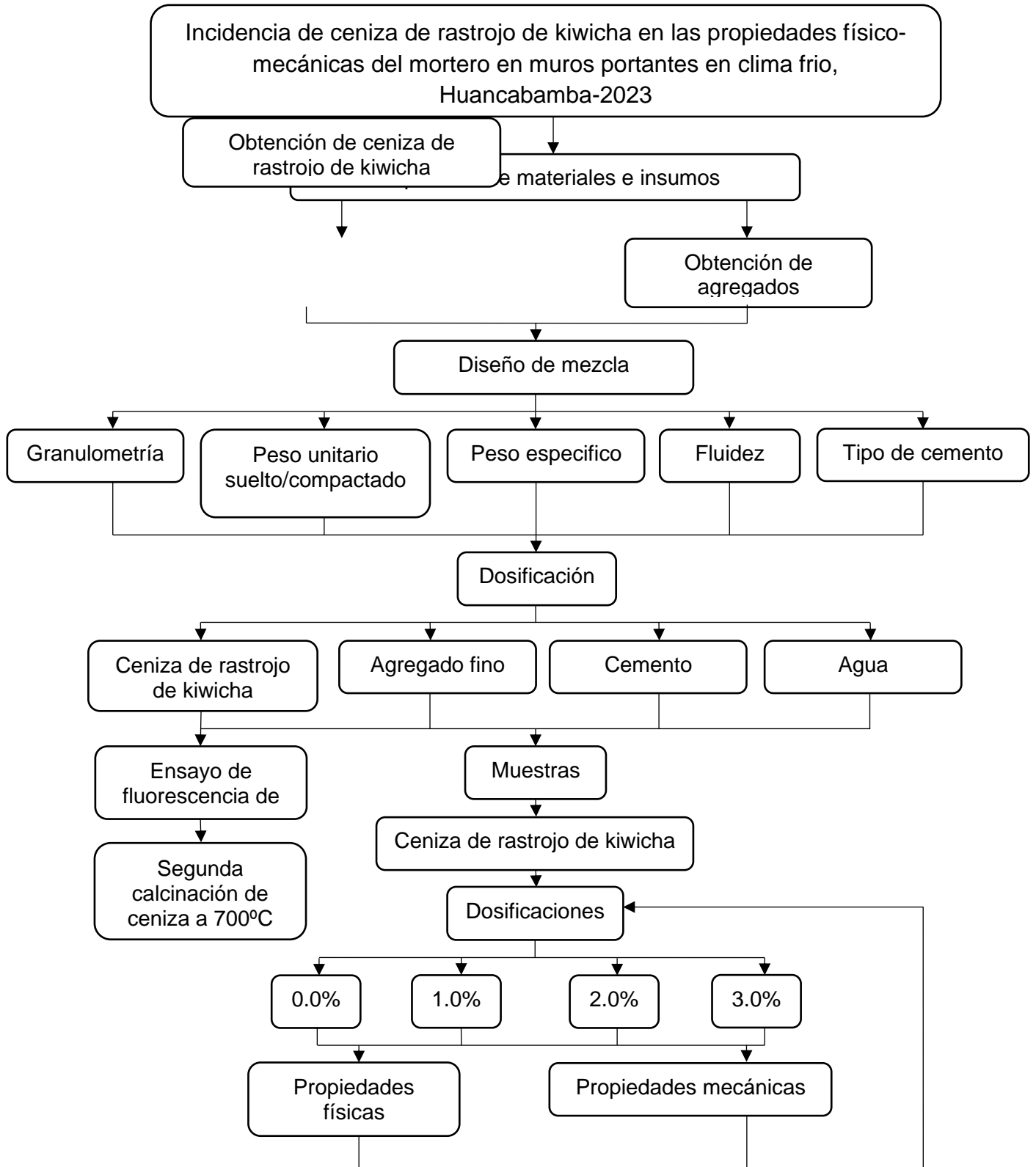
**Tabla 2.** Rangos del Alfa de Cronbach

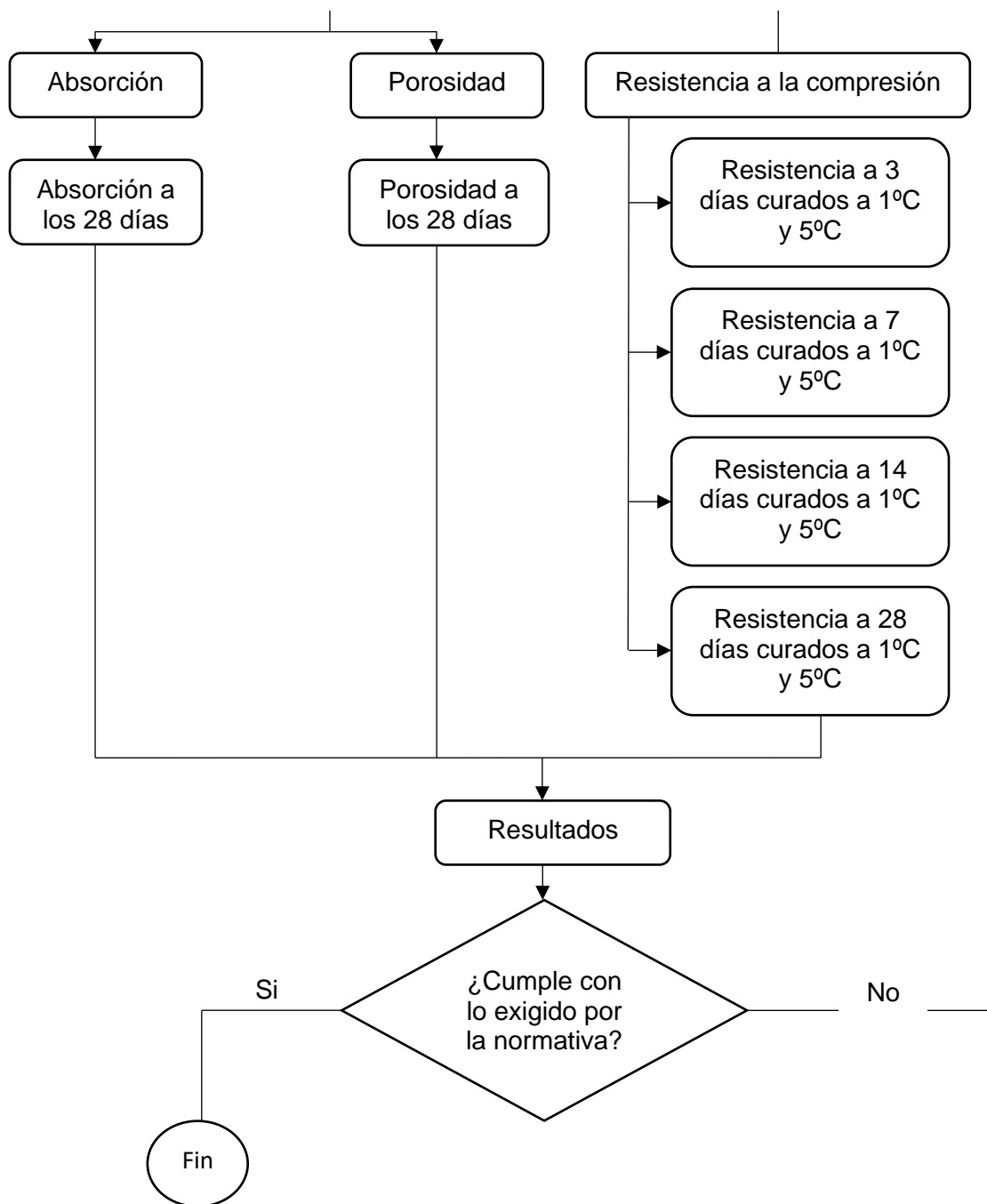
Alfa de cronbach	Consistencia interna
$\alpha \geq 0,9$	Excelente
$0,8 \leq \alpha < 0,9$	Buena
$0,7 \leq \alpha < 0,8$	Aceptable
$0,6 \leq \alpha < 0,7$	Cuestionable
$0,5 \leq \alpha < 0,6$	Pobre
$\alpha < 0,5$	Inaceptable

**Fuente:** [https://gplresearch.com/coeficiente-alfa-de-cronbach/#google\\_vignette](https://gplresearch.com/coeficiente-alfa-de-cronbach/#google_vignette).



### 3.5. Procedimientos





Para llevar a cabo este estudio, se procederá de la siguiente manera:

### **Etapas N°01 (GABINETE)**

1. Se exploraron distintas fuentes de información a través de repositorios de diversas universidades y revistas científicas relacionados al tema de investigación, tales como Redalyc, Alicia Concytec, Scielo y Scopus con un máximo de 5 años de antigüedad. Se emplearon artículos científicos, tesis de maestría y tesis de doctorado. como punto de partida para fundamentar la investigación.
2. Se cotizaron laboratorios con la capacidad para realizar los ensayos previstos en el proyecto de investigación y que posean la certificación necesaria para llevar a cabo los ensayos con resultados más precisos. De este modo, se pretende obtener los resultados necesarios para respaldar las hipótesis planteadas en la investigación.
3. Se buscará el lugar de donde se adquirirá los rastrojos de kwacha. Asimismo, se explorará las canteras para la adquisición del agregado fino para su posterior tamizado en laboratorio.

### **Etapas N° 02 (CAMPO)**

1. Se obtuvieron los rastrojos de kiwicha en el distrito de José María Arguedas. Estos residuos fueron adquiridos para satisfacer los requisitos de la investigación, en la cual se llevaron a cabo los ensayos necesarios.
2. Se procedió con la incineración de manera artesanal del rastrojo de kiwicha para obtener la ceniza.
3. La ceniza será enviada al laboratorio SLAB ubicada en el distrito de San Martín de Porres en la provincia de Lima para realizar el ensayo de fluorescencia de RX. Este ensayo permitirá obtener el contenido de óxidos en la muestra. Asimismo, se envió la ceniza calcinada de manera artesanal para la recalcinación a 700°C.
4. Se realizará el diseño de la mezcla, en el cual se calcula la proporción de cemento y se añadirá ceniza de rastrojo de kiwicha en distintas concentraciones (1%, 2% y 3%). Esto resultará en un total de 72

especímenes, los cuales serán sometidos a periodos de curación de 0°C Y 5°C. Además, se prepararán 24 especímenes de muestras patrón, para su posterior comparación.

5. Se realizará 18 probetas cilíndricas con adiciones de 1%, 2% y 3%. Se producirá 6 probetas cilíndricas patrón para los ensayos de porosidad.

### **5.6. Método de análisis de datos**

Enfoque que implica la descomposición de los componentes fundamentales de la información con el propósito de abordar las cuestiones que puedan surgir durante el proceso de investigación **(Gallardo y Calderon 2017, p.81)**.

En el estudio, se utilizará la estadística descriptiva para organizar los resultados del laboratorio y representarlos en forma de gráficos y tablas utilizando Microsoft Excel. Se utilizará la estadística inferencial para comprobar las hipótesis mediante el análisis de varianza (ANOVA) basándose en los resultados obtenidos.

En la investigación, se utilizará la normalidad de los datos para evaluar la diferencia entre la distribución de los datos recopilados y lo que se esperaría si siguieran una distribución normal con la misma media y desviación estándar **(Amat, 2016, párr.1)**. En el contexto de la normalidad, se llevará a cabo la prueba de Kolmogorov-Smirnov, conocida como prueba K-S, esta evaluación estadística tiene como finalidad determinar la significancia y verificar si los datos de la muestra se derivan de una distribución normal, es especialmente aplicable a variables cuantitativas continuas y se implementa cuando el tamaño de la muestra supera los 50 elementos **(Romero 2016, p.36)**.

### **5.7. Aspectos éticos**

La investigación se llevó a cabo de manera legítima y veraz, ya que se realizaron citas precisas según las pautas del Manual ISO 690 y ISO 690-2. Además, se recolectó información de fuentes de gran fiabilidad, como repositorios de tesis de posgrado y artículos científicos. Esta investigación se

realiza conforme al Código de Ética establecido por la Resolución del Consejo Universitario N° **0470-2022/UCV**, que regula los Códigos de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo. El objetivo es promover la integridad científica en las investigaciones realizadas en la universidad, cumpliendo con estándares de rigor, responsabilidad y honestidad. Es de cumplimiento obligatorio para docentes, administrativos, estudiantes y egresados que realizan investigaciones. Por último, el proyecto fue sometido a un análisis en la plataforma TURNITIN, que arrojó un índice de similitud inferior al 20%, lo que lo califica como original.

#### IV. RESULTADOS

Este capítulo recoge los resultados de los estudios realizados en el laboratorio sobre el diseño de mortero utilizando ceniza de rastrojo de kiwicha para muros portantes en clima frío. Los estudios se llevaron a cabo siguiendo los lineamientos apropiados y cumpliendo con las normas y parámetros actuales para el diseño de mortero, como los establecidos por el ACI, NTP y ASTM.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en la investigación, Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023. Asimismo, se demuestran los resultados estadísticos el análisis de confiabilidad, análisis uni variado la prueba de normalidad y análisis multifactorial.

Además, se describirán en detalle los resultados obtenidos, que incluyen: resultados del ensayo de fluorescencia de RX de la ceniza de rastrojo de kiwicha, resultados del análisis granulométrico del agregado, fluidez, porosidad y resistencia a la compresión. Todo esto se realizó con el objetivo de mantener un seguimiento adecuado y completo de los datos descubiertos durante la investigación.

Se obtuvieron resultados en diferentes periodos de curación del mortero, que incluyen: 3 días, 7 días, 14 días y 28 días curados a 0°C y 5°C. Esto se hizo con el objetivo de evaluar la curva de mejora en el gráfico, identificar el punto máximo donde se obtienen resultados positivos y el punto donde comienza el descenso hacia resultados negativos. Los porcentajes de ceniza de rastrojo de kiwicha añadida variaron desde 1%, 2% y 3%. Se consideró el diseño estándar de mortero para iniciar el gráfico desde un 0%, lo que permitió obtener un gráfico más completo teniendo en cuenta estos valores.

Los gráficos que se presentarán se crearon en el software de excel para organizar adecuadamente los datos y simplificar el cálculo de los resultados. Se probaron tres probetas para cada porcentaje utilizado y en cada periodo de curación, para los ensayos de compresión. Para el ensayo de compresión, se realizaron tres muestras de mortero a los 3, 7, 14 y 28 días.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en la investigación, Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023. Asimismo, se demuestran los resultados estadísticos el análisis de confiabilidad, análisis uni variado la prueba de normalidad y análisis multifactorial.

#### 4.1. Análisis químico de la ceniza de rastrojo de kiwicha (CRK)

**Tabla 11:** Composición química.

PARAMETRO	%
SiO <sub>2</sub>	50.04
CaO	22.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11.58
MgO	3.41

**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:** La composición química de la ceniza de rastrojo de kiwicha presenta un equilibrio adecuado de componentes esenciales para materiales cementicios, con una notable presencia de SiO<sub>2</sub> y CaO, que son cruciales para la resistencia y durabilidad del mortero. Estos elevados porcentajes indican un buen potencial para mejorar las propiedades físico-mecánicas del mortero. No obstante, la considerable cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> podría necesitar investigaciones adicionales para entender su efecto completo en el comportamiento del mortero, ya que no es un componente habitual en materiales cementicios.

#### 4.2. Propiedades de los agregados

##### 4.2.1. Granulometría

##### 4.2.1.1. Agregado fino

Según la norma NTP 400.037 o ASTM C33, el agregado fino debe adherirse a ciertos límites establecidos, asegurando que no contenga más del 45% acumulado entre dos tamices consecutivos. Además, el módulo de fineza debe situarse entre 2.3 y 3.1. La granulometría del agregado debe mantenerse relativamente constante, con acumulaciones específicas en los tamices N° 4 a N° 100 de la serie Tyler. Para determinar el módulo de fineza, se suman los

porcentajes acumulados atrapados en la serie de tamices, siguiendo la relación 1:2 desde el tamiz # 100 hasta el tamaño máximo, y se divide entre 100. En el análisis granulométrico, los datos obtenidos se procesaron mediante fórmulas específicas, y los resultados junto con su gráfica correspondiente se presentan en la Tabla 12.

$$\text{Pes. pond. Acumul.} = \frac{(\text{Pes. Acumul. 1} \times \% \text{ agreg.})}{100} + \frac{(\text{Pes. Acumul. 2} \times \% \text{ agreg.})}{100}$$

$$\% \text{ Reten. Acumul.} = \frac{(\text{Pes. de material acumul. en tamiz})}{\text{Pes. total de material}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ reten. acumul.}$$

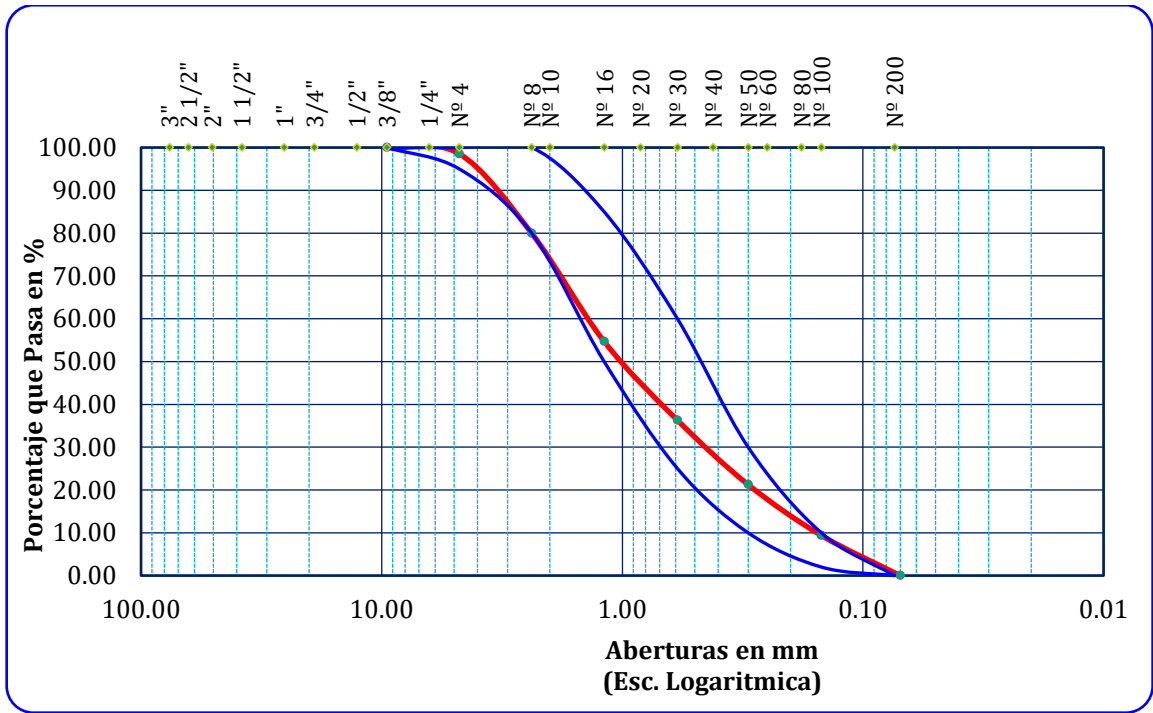
**Tabla 12:** Analisis granulometrico del agregado fino

MALLAS	MATERIAL RETEN.		% ACUMUL.		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
	(g)	(%)	Reten.	Pasa	Huso Usuario	
1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100.0
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100.0
# 04	8.7	1.5	1.5	98.5	95	100.0
# 08	110.3	18.6	20.0	80.0	80	100.0
# 16	150.1	25.3	45.3	54.7	50	85.0
# 30	109.3	18.4	63.7	36.3	25	60.0
# 50	89.4	15.1	78.8	21.2	10	30.0
# 100	70.4	11.9	90.6	9.4	2	10.0
FONDO	55.80	9.4	100.0	0.0		

**Modulo de fineza: 3.00**

**Fuente:** Elaboración propia





**Figura 5:** Curva granulometrica del agregado fino

**Interpretación:** El módulo de fineza calculado es de 3.00, lo cual se encuentra dentro del rango especificado por la norma (2.3 a 3.1), lo que indica que la finura del agregado es adecuada según los estándares. La distribución granulométrica del agregado fino es bastante constante y cumple con los límites establecidos por la norma, con una acumulación apropiada en los tamices N° 4 a N° 100 de la serie Tyler, sin exceder el 45% acumulado entre tamices consecutivos. En resumen, la composición granulométrica del agregado fino analizado se ajusta en gran medida a las especificaciones de la norma ASTM C33, con excepción de un ligero desvío en la malla #100. El módulo de fineza de 3.00 confirma que el material tiene una finura adecuada para su uso en morteros, lo que sugiere que el agregado fino analizado es apto para aplicaciones en construcción, proporcionando la resistencia y durabilidad necesarias en los materiales cementicios.

#### **4.2.2. Humedad**

La normativa que detalla el procedimiento para determinar el porcentaje de humedad en los agregados, tales como arena y piedra, es la NTP 339.185, titulada "Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado". Esta normativa se basa en la norma ASTM C566, y establece un método estandarizado para medir el contenido de humedad total evaporativa en los agregados mediante un proceso de secado. Según las directrices de esta normativa, el cálculo de la humedad se lleva a cabo utilizando una ecuación específica. Este método es crucial para asegurar la precisión en la medición de la humedad de los agregados, lo cual es esencial para diversas aplicaciones en la construcción y la ingeniería civil.

$$\% \text{ Humed.} = \frac{(\text{pes. MH} - \text{Pes. MS}) \times 100}{\text{Pes. MS}}$$

Donde:

% Humedad: Porcentaje de humedad (%)

Pes. MH : Pes. del material húmedo (g)

Pes. MS: Pes. del material seco (g)

En el caso del agregado fino, se llevaron a cabo ensayos con muestras representativas según lo establecido en la norma NTP 339.185. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 13.

##### **4.2.2.1. Agregado fino**

De acuerdo con las disposiciones de la norma NTP 339.185, se realizaron pruebas empleando muestras representativas de los agregados. Estas pruebas fueron llevadas a cabo meticulosamente para asegurar la precisión y validez de los resultados. Los datos obtenidos de estos ensayos se han recopilado y se presentan de manera detallada en la Tabla 13. Esta tabla ofrece un análisis exhaustivo de los resultados, proporcionando una visión clara y comprensible del contenido de humedad de las muestras evaluadas, lo que es fundamental para la correcta aplicación y manipulación de los agregados en diversas operaciones de construcción y proyectos de ingeniería.

**Tabla 13:** Contenido de humedad - agregado fino

<b>Descripción</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>
Pes. Muestra H. (gr)	600	532
Pes. Muestra S. (gr)	594	526.5
Conten. de agua (gr)	6.0	5.5
Grado de humed. (%)	1.01	1.04
Promed. de conten. de humedad (%)	1.03%	

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** La tabla 14 detalla el contenido de humedad del agregado fino, conforme a la norma NTP 339.185. Se analizan dos muestras, M1 y M2, con sus respectivos pesos en estado húmedo (Peso Muestra H.) y seco (Peso Muestra S.). Para la muestra M1, el peso húmedo es de 600 gramos y el peso seco es de 594 gramos, lo que da un contenido de agua de 6.0 gramos y un grado de humedad de 1.01%. En el caso de la muestra M2, el peso húmedo es de 532 gramos y el peso seco es de 526.5 gramos, con un contenido de agua de 5.5 gramos y un grado de humedad de 1.04%. El promedio del contenido de humedad entre ambas muestras es de 1.03%, lo que indica un nivel de humedad relativamente bajo y uniforme en las muestras evaluadas.

#### **4.2.3. Peso específico**

La norma NTP 400.022, titulada "Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino," junto con la norma NTP 400.021, denominada "Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso," proporcionan directrices detalladas para la realización de ensayos y cálculos necesarios para determinar el peso específico de los agregados. Estas normas son fundamentales en el campo de la ingeniería civil y la construcción, ya que establecen los procedimientos estandarizados que deben seguirse para medir con precisión la densidad, la densidad relativa y la absorción tanto de los agregados finos como de los gruesos. Las metodologías descritas en estas normas aseguran que los profesionales puedan obtener resultados consistentes y fiables, los cuales son esenciales para el diseño y la ejecución de proyectos

que involucran el uso de agregados en la fabricación de concreto y otros materiales de construcción.

#### 4.2.3.1. Agregado fino

La norma NTP 400.022 establece un procedimiento detallado para saturar los poros de una muestra de arena gruesa, que comienza con la inmersión de la muestra en agua durante un período superior a 24 horas. Tras este tiempo, se retira la muestra del agua y se procede a secarla con precisión para medir su masa inicial. Luego, la muestra se coloca en un envase graduado, donde se determina su volumen mediante un ensayo gravimétrico, un método que utiliza el peso para calcular el volumen desplazado. Después de esta medición, la muestra se seca completamente en un horno y se realiza una nueva medición de su masa. La norma también incluye las ecuaciones necesarias para realizar los cálculos correspondientes a estos ensayos, asegurando la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos. Los datos y resultados finales de este proceso se presentan detalladamente en la Tabla 14, proporcionando una visión clara de las propiedades de la muestra analizada.

**Tabla 14:** Peso específico del agregado fino

		M-1	M-2	Promedio
Pes. de Muestra Seca	gr	483.60	483.40	-
Pes. de fiola + Agua	gr	659.00	647.40	-
Pes. de Fiola + Muestra SSS + Agua	gr	971.20	959.60	-
Pes. de Muestra SSS	gr	500.00	500.00	-
Pes. Específic. de la Masa (SSS )	gr/cc	2.66	2.66	2.66
Pes. Específic. de la Masa (OD)	gr/cc	2.58	2.57	2.57
Pes. Específic. de la Masa (Aparente)	gr/cc	2.82	2.82	2.82
Absorción	%	3.07	3.07	3.07

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** La Tabla 14 presenta los resultados del ensayo realizado para determinar el peso específico del agregado fino, conforme a la norma NTP 400.022. Se evaluaron dos muestras, M-1 y M-2, ambas con un peso seco similar, aproximadamente 483.5 gramos. Tras ser saturadas en agua, el peso de las muestras saturadas y superficialmente secas (SSS) es de 500.0 gramos. Los pesos específicos se determinaron en tres estados: saturado y superficialmente seco (SSS) con un valor de 2.66 gr/cc, seco al horno (OD) con un promedio de 2.57 gr/cc, y aparente con un valor de 2.82 gr/cc. La absorción

de agua en ambas muestras es del 3.07%. Estos resultados muestran que el agregado fino tiene propiedades homogéneas y consistentes en términos de densidad y absorción, cumpliendo con los criterios de la norma.

#### 4.2.4. Peso unitario

De acuerdo con la NTP 400.017, "Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado", y la norma ASTM C29, "Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario)", el procedimiento se describe de la siguiente manera: primero, se pesa el envase graduado vacío. Luego, se llena con arena gruesa usando un cucharón hasta que sobresalga, dejándola caer desde una altura no mayor a 50 mm sobre la abertura del envase. Con una regla, se nivela la superficie y se elimina el exceso de material. Posteriormente, se pesa el envase con su contenido y se registran estos valores.

Para calcular el peso unitario compactado, el procedimiento incluye apisonar el agregado: se pesa el envase graduado vacío, se llena hasta un tercio de su capacidad, se nivela la superficie y se compacta con 25 golpes usando una barra compactadora. Este proceso se repite al llenar el envase hasta las dos terceras partes y nuevamente al llenarlo hasta que rebose. Cada vez, se aplican 25 golpes uniformemente. Finalmente, se nivela la superficie con la barra compactadora y se elimina el exceso de agregado. El peso del envase con el contenido compactado se registra y se utilizan ecuaciones específicas para los cálculos necesarios. Los resultados obtenidos para la arena gruesa se muestran en las Tablas 15 y 16.

**Tabla 15:** Peso unitario compactado del agregado fino

		P - 1	P - 2	P - 3
Pes. de la Muestra + Recipient.	kg	7.70	7.70	7.72
Pes. del Recipient.	kg	2.54	2.54	2.54
Pes. de la Muestra	kg	5.17	5.16	5.18
Volum. del Molde	m <sup>3</sup>	0.00287	0.00287	0.00287
Pes. Unitario Compact.	kg/m <sup>3</sup>	1799.65	1798.61	1804.18
PES. UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )		1801		

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 16:** Peso unitario suelto del agregado fino

		P - 1	P - 2	P - 3
Pes. de la Muestra + Recipiente	kg	7.04	7.12	7.10
Pes. del Recipiente	kg	2.54	2.54	2.54
Pes. de la Muestra	kg	4.50	4.58	4.56
Volum. del Molde	cm <sup>3</sup>	0.00287	0.00287	0.00287
Pes. Unitario Compact.	gr/cm <sup>3</sup>	1568.64	1596.86	1588.15
PES. UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )		1585		

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** Las Tablas 15 y 16 presentan los resultados del ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino según la norma NTP 400.017. La Tabla 16 muestra los datos del peso unitario compactado para tres pruebas (P-1, P-2 y P-3), donde el peso combinado de la muestra y el recipiente es aproximadamente 7.70 kg, con un volumen de molde constante de 0.00287 m<sup>3</sup>. Los pesos unitarios compactados obtenidos son 1799.65 kg/m<sup>3</sup>, 1798.61 kg/m<sup>3</sup> y 1804.18 kg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1801 kg/m<sup>3</sup>. La Tabla 16 detalla los resultados del peso unitario suelto del agregado fino para las mismas pruebas, con pesos combinados de la muestra y el recipiente que varían entre 7.04 kg y 7.12 kg, manteniendo el mismo volumen de molde. Los pesos unitarios sueltos obtenidos son 1568.64 kg/m<sup>3</sup>, 1596.86 kg/m<sup>3</sup> y 1588.15 kg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1585 kg/m<sup>3</sup>. Estos resultados evidencian la diferencia entre el peso unitario compactado y suelto del agregado fino, resaltando la importancia de la compactación en la densidad del material según los procedimientos de la norma NTP 400.017.

#### **4.3. Diseño de mezcla**

Para fabricar un mortero con una resistencia de  $f'c$  de 127 kg/cm<sup>2</sup> utilizando el método del American Concrete Institute (ACI), es crucial seleccionar adecuadamente los agregados y el cemento, y calcular con precisión sus proporciones, manteniendo una relación agua-cemento de 0.803. Este mortero debe cumplir con estrictas especificaciones en su estado fresco, incluyendo fluidez, peso unitario y temperatura, y asegurar las propiedades mecánicas

requeridas una vez endurecido. Las pruebas de compresión y otras evaluaciones confirman que el mortero cumple con los requisitos estructurales. El diseño de la mezcla, detallado en las Tablas 17, asegura consistencia y calidad uniforme en cada lote, lo cual es esencial para la durabilidad y resistencia en aplicaciones de construcción.

**Tabla 17:** Diseño de mezcla de mortero para especímenes cúbicos - CRK

<b>DOSIFICACIÓN - CRK (%)</b>	<b>CEMENTO (gr)</b>	<b>ARENA (gr)</b>	<b>CRK (gr)</b>	<b>AGUA (ml)</b>
0.0%	1136	4994.4	-	1013.8
1.0%	1124.6	4994.4	11.4	1013.8
2.0%	1113.2	4994.4	22.8	1013.8
3.0%	1102	4994.4	34	1013.8

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** La tabla presenta un diseño de mezcla de mortero para especímenes cúbicos, basado en el método ACI, adaptado para incluir diversas dosificaciones de un aditivo denominado CRK. Las proporciones de los componentes se especifican para cuatro niveles de CRK (0%, 1%, 2%, y 3%). En cada dosificación, la cantidad de arena (4994.4 gramos) y agua (1013.8 mililitros) permanece constante, mientras que la cantidad de cemento disminuye progresivamente a medida que aumenta el porcentaje de CRK. Al mismo tiempo, la cantidad de CRK incrementa desde 0 gramos en la mezcla sin aditivo hasta 34 gramos en la mezcla con 3% de CRK. Esto sugiere que el diseño busca evaluar el efecto del CRK en las propiedades del mortero al variar su concentración en la mezcla.

#### 4.4. Propiedades del mortero en estado fresco

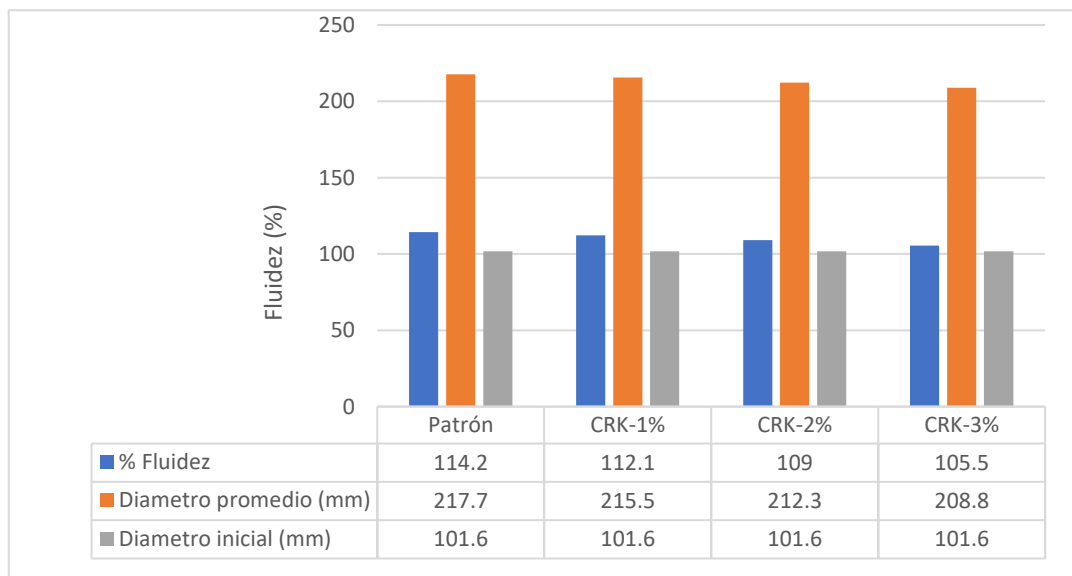
##### 4.4.1. Fluidiez

La norma ASTM C1437 establece el método estándar para medir la fluidez de morteros de cemento hidráulico, evaluando su consistencia y trabajabilidad. El ensayo se realiza utilizando una mesa de fluidez y un molde troncocónico, en el cual se llena el mortero preparado con proporciones específicas de cemento, arena y agua. El molde lleno se somete a una serie de caídas controladas para extender el mortero, y luego se mide el diámetro promedio del mortero extendido para determinar su fluidez. Este ensayo es crucial para asegurar que el mortero cumpla con las especificaciones de calidad necesarias para su uso en construcción, permitiendo comparar diferentes mezclas y ajustar sus proporciones según los resultados.

**Tabla 18:** Fluidiez del mortero

	Patrón	CRK-1%	CRK-2%	CRK-3%
% Fluidiez	114.2	112.1	109	105.5
Diámetro promedio (mm)	217.7	215.5	212.3	208.8
Diámetro inicial (mm)	101.6	101.6	101.6	101.6

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 6:** Fluidiez – mortero con adiciones de CRK.



**Interpretación:** La norma ASTM C1437 se utiliza para evaluar la fluidez del mortero, determinando su consistencia y trabajabilidad. Según los datos, al incrementar la concentración de CRK en la mezcla, tanto la fluidez (de 114.2% a 105.5%) como el diámetro promedio (de 217.7 mm a 208.8 mm) disminuyen, mientras que el diámetro inicial se mantiene constante (101.6 mm). Esto indica que el aditivo CRK disminuye la trabajabilidad del mortero, volviéndolo menos fluido y más difícil de manejar. Este aspecto es crucial en la construcción, donde es esencial mantener un equilibrio adecuado entre la consistencia y la facilidad de aplicación del mortero.

#### 4.5. Resistencia a la compresión



**Figura 7:** Ensayo a compresión de especímenes cúbicos



**Figura 8:** Rotura de especímenes cúbicos de 5cm de lado

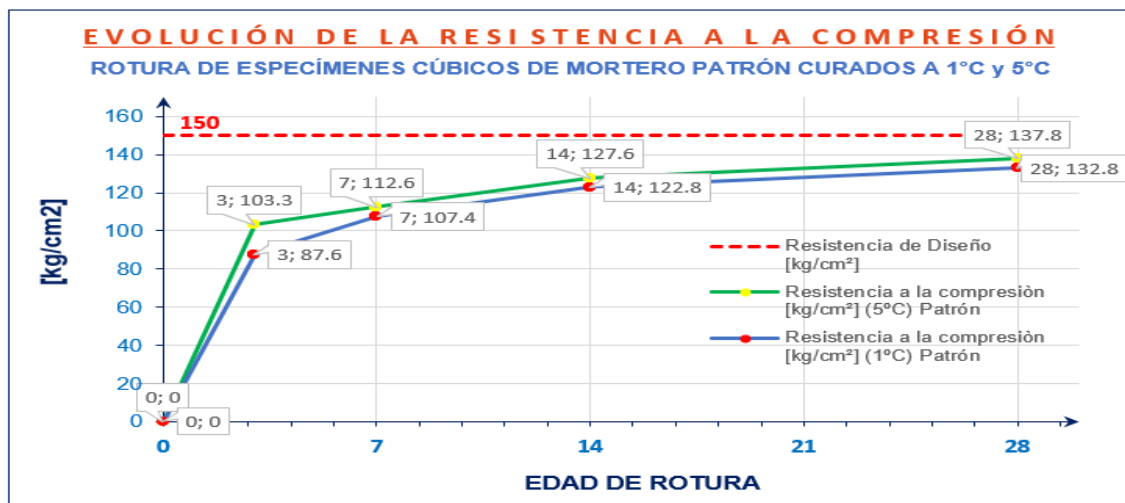
A continuación se presentan las proporciones propuestas, teniendo en cuenta el diseño de mezcla para el mortero con adiciones de Ceniza de Rastrojo de Kiwicha (CRK), de acuerdo con la normativa peruana NTP.334.051. Esta normativa contempla el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico utilizando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión de los especímenes cúbicos de 50 mm, evaluados según las indicaciones de la normativa NTP.334.051, se detallan en la Tabla 19.

**Tabla 19:** Ensayo a compresión (3-7-14 y 28 días)

T. <sup>a</sup> CURADO	MUESTRA	DOSIFICACIÓN CRK (%)	3 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	7 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	14 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )
1°C	E1	0.00%	85.6	106.3	124.4	131.5
	E2	0.00%	86.5	108.6	121.1	132.4
	E3	0.00%	90.8	107.4	122.8	134.4
5°C	E1	0.00%	102.2	112.4	128.5	137.3
	E2	0.00%	104.5	112.6	126.2	137
	E3	0.00%	103.3	112.9	128	139.1

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** El análisis de la resistencia a la compresión del mortero según la norma NTP 334.051 muestra que, tanto a 1°C como a 5°C, la resistencia aumenta con el tiempo de curado. A 3 días, el curado a 5°C presenta resistencias significativamente mayores (101.0-104.5 kg/cm<sup>2</sup>) que a 1°C (85.6-90.8 kg/cm<sup>2</sup>). A 7 días, las resistencias siguen siendo mayores a 5°C (112.6-112.9 kg/cm<sup>2</sup>) comparadas con 1°C (106.3-108.6 kg/cm<sup>2</sup>). A 14 días, el patrón se mantiene, con resistencias más altas a 5°C (126.2-128.0 kg/cm<sup>2</sup>) frente a 1°C (121.1-128.5 kg/cm<sup>2</sup>). A 28 días, las resistencias máximas se alcanzan a 5°C (137.0-139.1 kg/cm<sup>2</sup>) en comparación con 1°C (131.5-134.4 kg/cm<sup>2</sup>). La muestra E3 destaca en todas las temperaturas y tiempos, sugiriendo que una mayor temperatura de curado favorece el desarrollo de la resistencia del mortero.



**Figura 9:** Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.

**Interpretación:** El gráfico muestra la evolución de la resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de mortero patrón curados a 1°C y 5°C en función del tiempo (3, 7, 14, y 28 días). Se observa que la resistencia a la compresión aumenta con el tiempo de curado en ambas temperaturas. A 3 días, el mortero curado a 5°C alcanza una resistencia de 103.3 kg/cm<sup>2</sup>, significativamente mayor que los 87.6 kg/cm<sup>2</sup> obtenidos a 1°C. A 7 días, las resistencias aumentan a 112.6 kg/cm<sup>2</sup> y 107.4 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. A 14 días, el mortero curado a 5°C alcanza 127.6 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el curado a 1°C llega a 122.8 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a 28 días, las resistencias son de 137.8 kg/cm<sup>2</sup> y 132.8 kg/cm<sup>2</sup> para 5°C y 1°C, respectivamente. Estos resultados indican que el curado a 5°C favorece un desarrollo más rápido y una mayor resistencia final a la compresión del mortero comparado con el curado a 1°C. La línea de resistencia de diseño (150 kg/cm<sup>2</sup>) no se alcanza en ninguno de los casos, lo que sugiere que las condiciones de curado y los materiales utilizados podrían ser optimizados para mejorar el desempeño del mortero.

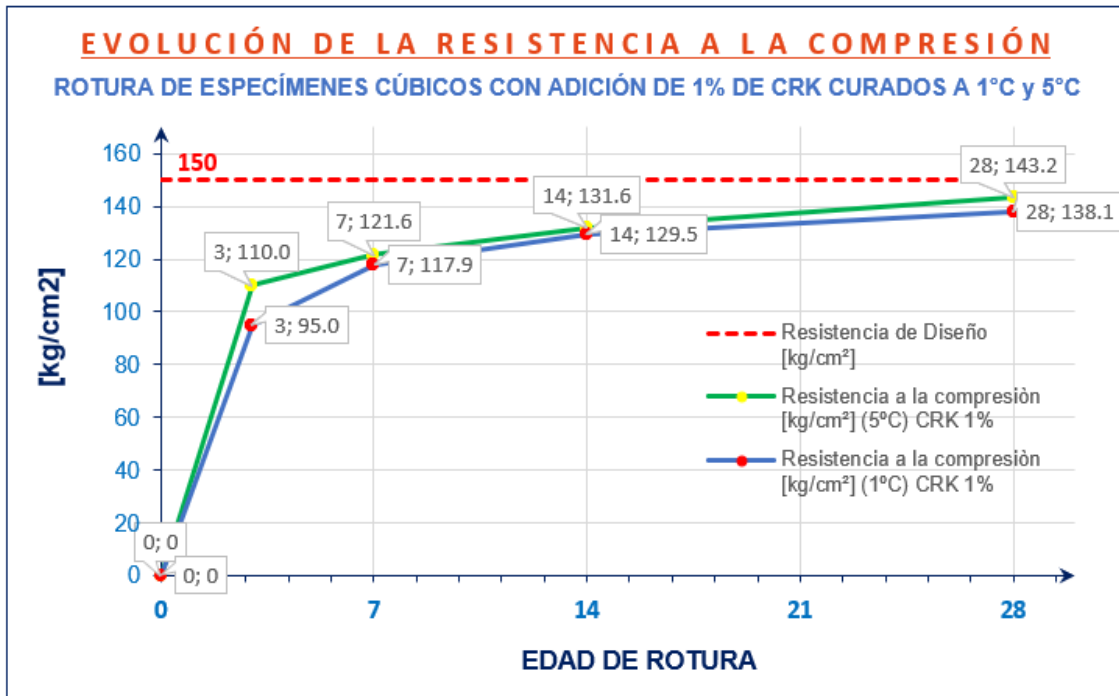
**Tabla 20:** Ensayo a compresión (3-7-14 y 28 días)

T. <sup>a</sup> CURADO	MUESTRA	DOSIFICACIÓN CRK (%)	3 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	7 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	14 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )
1°C	E1	1.00%	94	118.2	129.8	138
	E2	1.00%	94.6	117.4	127.7	137.3
	E3	1.00%	96.4	118.1	130.9	139.1
5°C	E1	1.00%	108.5	121.9	133	142.5
	E2	1.00%	109.1	121.5	130	141.5
	E3	1.00%	112.2	121.4	131.7	145.5

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** El análisis de la tabla 20 muestra la resistencia a la compresión del mortero con una dosificación de 1.00% de CRK, curado a temperaturas de 1°C y 5°C, evaluado a los 3, 7, 14 y 28 días. A 3 días, las muestras curadas a 5°C exhiben resistencias significativamente mayores (108.5-112.2 kg/cm<sup>2</sup>) en comparación con las curadas a 1°C (94-96.4 kg/cm<sup>2</sup>). A 7 días, esta tendencia se mantiene, con resistencias de 121.9-121.4 kg/cm<sup>2</sup> a 5°C y 117.4-118.2 kg/cm<sup>2</sup> a 1°C. A 14 días, las muestras curadas a 5°C alcanzan resistencias de 130-133 kg/cm<sup>2</sup>, superiores a las de 127.7-130.9 kg/cm<sup>2</sup> a 1°C. Finalmente, a 28 días, las muestras a 5°C logran resistencias de 141.5-145.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras

que a 1°C alcanzan 137.3-139.1 kg/cm<sup>2</sup>. En general, las resistencias son más altas para el curado a 5°C en todos los tiempos evaluados, lo que indica que una mayor temperatura de curado favorece el desarrollo de la resistencia a la compresión del mortero con CRK, haciéndolo más adecuado para aplicaciones que requieren una ganancia rápida y alta de resistencia.



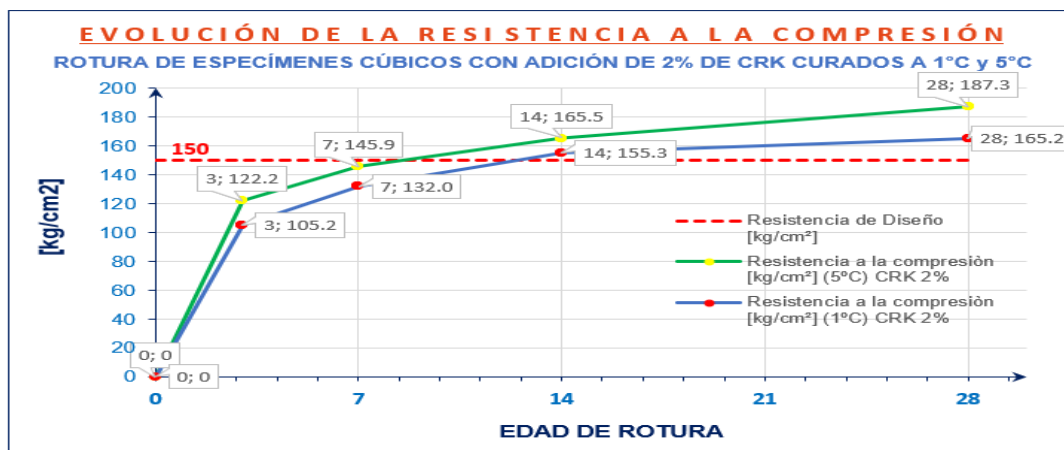
**Figura 10:** Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.

**Interpretación:** En la figura 8 se muestra la evolución de la resistencia a compresión a edades de 3, 7, 14 y 28 días de especímenes con adición de CRK de 1% curados a 1°C y 5°C. se observó un incremento de 15.71% en promedio de especímenes curados a 5°C respecto a los especímenes curados a 1°C a una edad de 3 días. Asimismo, los especímenes curados a 5°C presentan un incremento de 3.14% en promedio respecto a los especímenes curados a 1°C a una edad de 7 días. De igual manera los especímenes curados a 5°C presentan un incremento de 1.63% respecto a los especímenes curados a 1°C a una edad de 14 días. De igual manera los especímenes curados a 5°C presentan un incremento de 3.64% respecto a los especímenes curados a 1°C a los 28 días.

**Tabla 21:** Ensayo a compresión (3-7-14 y días)

T. <sup>a</sup> CURADO	MUESTRA	DOSIFICACIÓN CRK (%)	3 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	7 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	14 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )
1°C	E1	2.00%	105.3	132.4	153.9	164.1
	E2	2.00%	106.2	132.2	154.8	164.2
	E3	2.00%	104.1	131.6	157.3	167.4
5°C	E1	2.00%	120.5	145.4	166.8	189.2
	E2	2.00%	124.9	145.1	166.5	185.7
	E3	2.00%	121.1	147.2	163.4	187

**Interpretación:** La tabla muestra los resultados de un ensayo de compresión de concreto curado a 1°C y 5°C durante 3, 7, 14 y 28 días. A 1°C, las resistencias a los 3 días oscilan entre 104.1 y 106.2 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días entre 131.6 y 132.4 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días entre 153.9 y 157.3 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días entre 164.1 y 167.4 kg/cm<sup>2</sup>. A 5°C, las resistencias a los 3 días oscilan entre 120.5 y 124.9 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días entre 145.1 y 147.2 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días entre 163.4 y 166.8 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días entre 185.7 y 189.2 kg/cm<sup>2</sup>. Se observa que la resistencia a la compresión aumenta con el tiempo de curado para ambas temperaturas. Además, las muestras curadas a 5°C presentan mayores resistencias a la compresión en todos los períodos, indicando que una mayor temperatura de curado favorece el desarrollo de la resistencia del concreto. Estas diferencias, pese a una dosificación constante de CRK del 2.00%, sugieren que la temperatura de curado es un factor clave en la resistencia final del concreto.



**Figura 11:** Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.

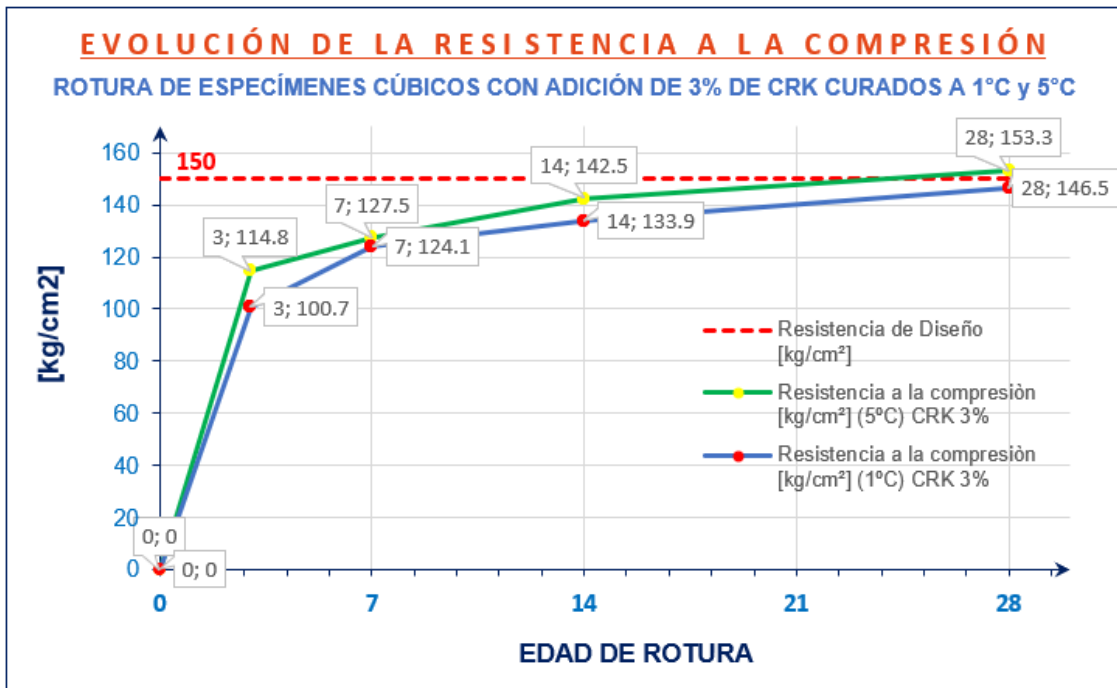
**Interpretación:** El gráfico muestra la evolución de la resistencia a la compresión de concreto con 2% de CRK, curado a 1°C y 5°C durante 28 días. A 5°C, la resistencia aumenta rápidamente, alcanzando 122.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 3 días y 187.3 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, superando ampliamente la resistencia de diseño de 150 kg/cm<sup>2</sup>. A 1°C, la resistencia también crece pero a un ritmo más lento, alcanzando 105.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 3 días y 165.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, también superando la resistencia de diseño. Esto subraya que una mayor temperatura de curado favorece un desarrollo más rápido y significativo de la resistencia a la compresión del concreto.

**Tabla 22:** Ensayo a compresión (3-7-14 y 28 días)

T. <sup>a</sup> CURADO	MUESTRA	DOSIFICACIÓN CRK (%)	3 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	7 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	14 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Dias (kg/cm <sup>2</sup> )
1°C	E1	3.00%	97.7	125.7	134.2	145.2
	E2	3.00%	100.3	123.1	133.8	146.3
	E3	3.00%	104.1	123.4	133.6	148.1
5°C	E1	3.00%	113.1	126.2	146.1	154.2
	E2	3.00%	114.8	127.3	140	152.4
	E3	3.00%	116.4	129.2	141.4	153.2

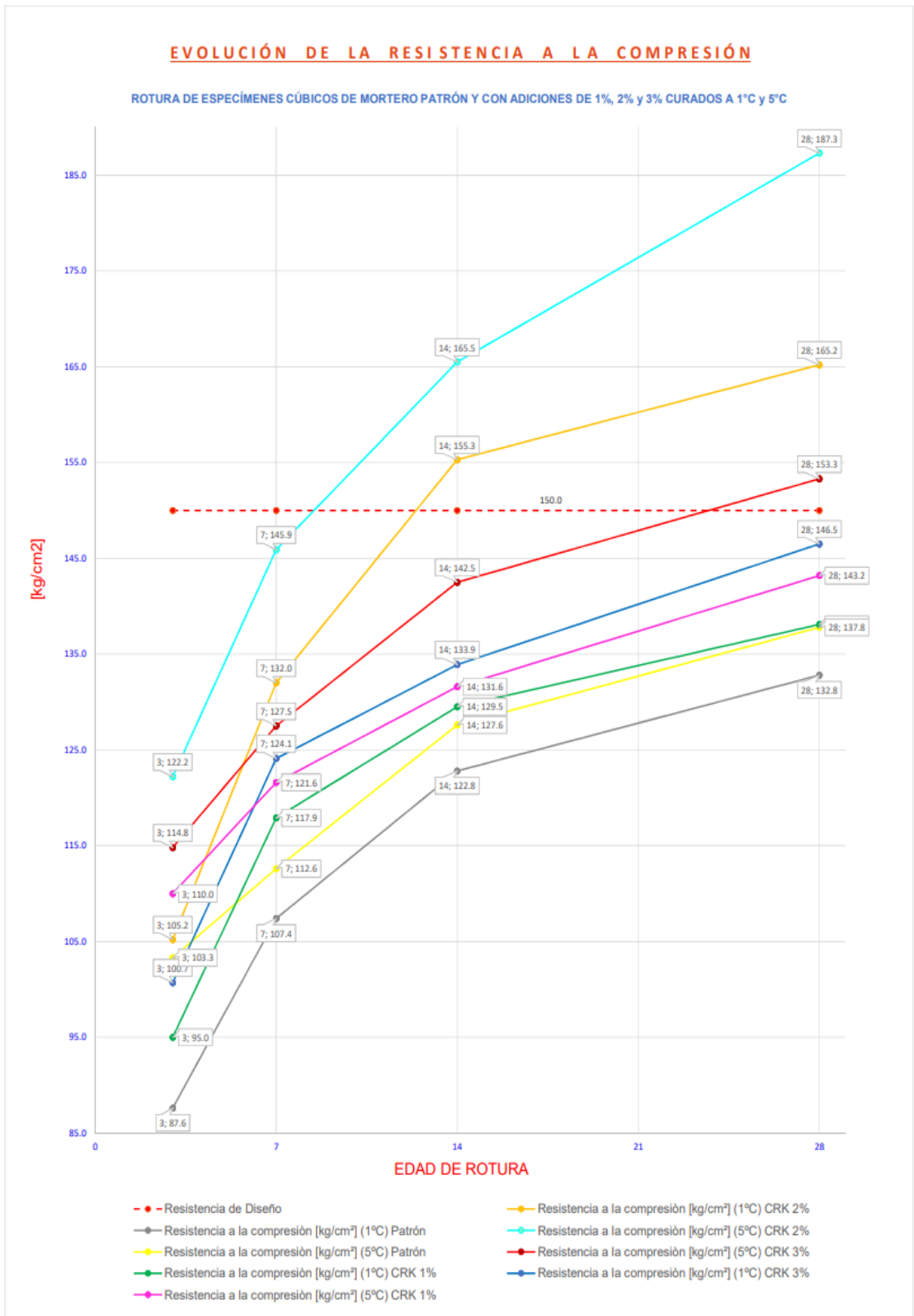
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** La tabla muestra los resultados de un ensayo de compresión de concreto con una dosificación de 3% de CRK, curado a temperaturas de 1°C y 5°C durante 3, 7, 14 y 28 días. A 1°C, las resistencias a la compresión de las muestras E1, E2 y E3 son de 97.7, 100.3 y 104.1 kg/cm<sup>2</sup> a los 3 días; 125.7, 123.1 y 123.4 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días; 134.2, 133.8 y 133.6 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días; y 145.2, 146.3 y 148.1 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. A 5°C, las resistencias a los 3 días son de 113.1, 114.8 y 116.4 kg/cm<sup>2</sup> para las muestras E1, E2 y E3; 126.2, 127.3 y 129.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días; 146.1, 140 y 141.4 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días; y 154.2, 152.4 y 153.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Los datos indican que la resistencia aumenta con el tiempo de curado, y que las muestras curadas a 5°C presentan resistencias mayores en todos los intervalos en comparación con las curadas a 1°C, lo que destaca la importancia de una mayor temperatura de curado en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto.



**Figura 12:** Rotura de 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.

**Interpretación:** En la figura 10 se muestra la evolución de la resistencia a compresión a edades de 3, 7, 14 y 28 días de especímenes con adición de CRK de 3% curados a 1°C y 5°C. se observó un incremento de 14.01% en promedio de especímenes curados a 5°C respecto a los especímenes curados a 1°C a una edad de 3 días. Asimismo, los especímenes curados a 5°C presentan un incremento de 2.84% en promedio respecto a los especímenes curados a 1°C a una edad de 7 días. De igual manera los especímenes curados a 5°C presentan un incremento de 6.45% respecto a los especímenes curados a 1°C a una edad de 14 días. De igual manera los especímenes curados a 5°C presentan un incremento de 4.60% respecto a los especímenes curados a 1°C a los 28 días.



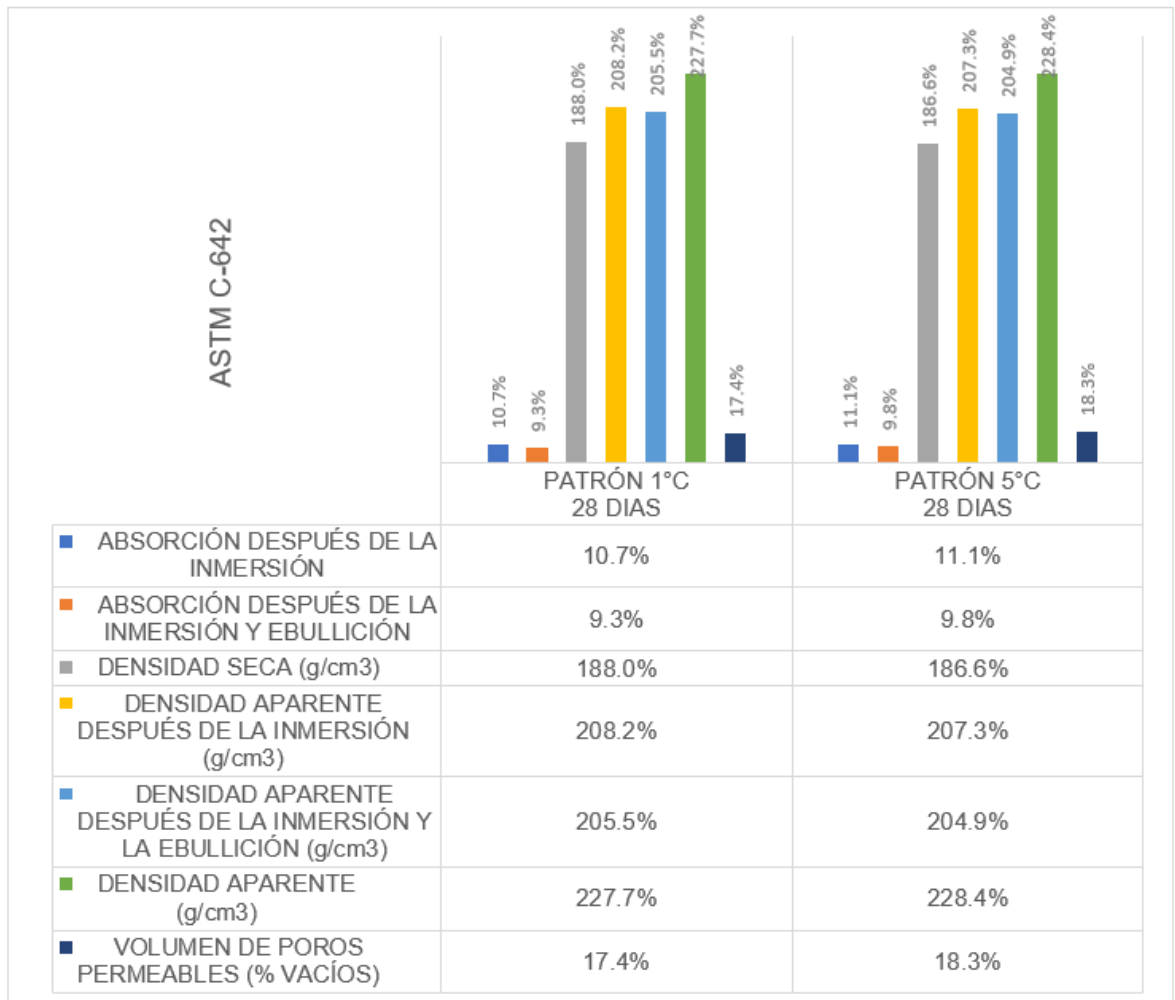
**Figura 13:** Evolución de las resistencias a compresión



**Interpretación:** La gráfica muestra la evolución de la resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de mortero patrón y con adiciones de 1%, 2% y 3% de CRK, curados a 1°C y 5°C, en función de la edad de rotura. A lo largo de 28 días, se observa una tendencia general de aumento de la resistencia en todos los casos. El mortero patrón curado a 5°C presenta un incremento notable, alcanzando 165.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, mientras que el mismo patrón curado a 1°C alcanza 148.9 kg/cm<sup>2</sup>. Los especímenes con adición de CRK al 3% curados a 5°C muestran la mayor resistencia, alcanzando 187.3 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, superando ampliamente la resistencia de diseño de 150 kg/cm<sup>2</sup>. Los especímenes con adición de CRK al 3% curados a 1°C también muestran una mejora significativa, llegando a 146.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Las adiciones de CRK al 2% y 1% también mejoran la resistencia a la compresión, especialmente a 5°C. En resumen, los resultados indican que tanto la temperatura de curado como el porcentaje de adición de CRK tienen un impacto significativo en la resistencia final, con mejores resultados observados a mayores temperaturas de curado y porcentajes de CRK.

#### **4.6. Capacidad de absorción y porosidad**

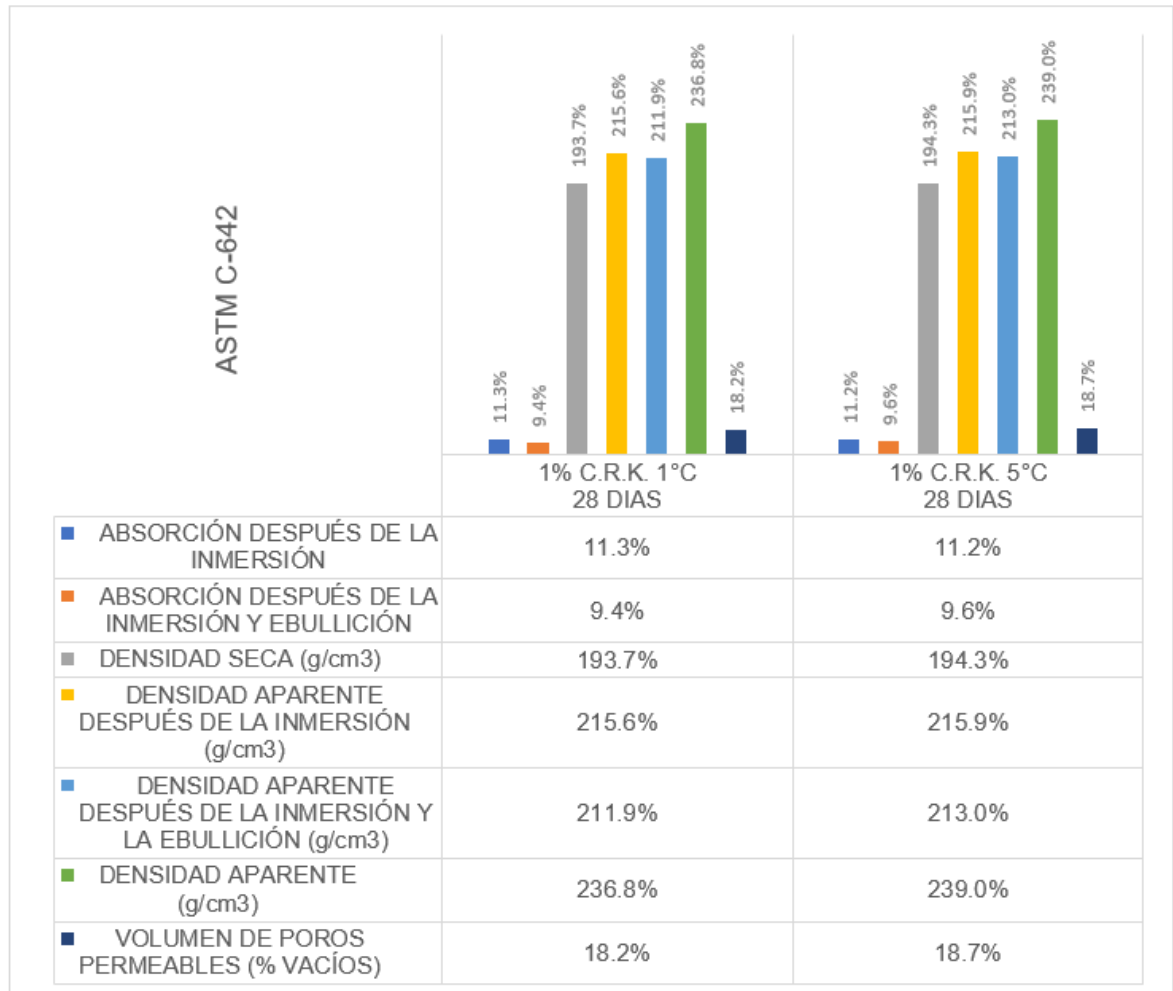
La norma ASTM C642 define el procedimiento estándar para medir la absorción de agua, la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y los vacíos accesibles en morteros endurecidos y otros productos de concreto. Este método consiste en una secuencia de secado, inmersión en agua, ebullición y cálculo de las propiedades físicas mencionadas. Es crucial para evaluar la durabilidad y calidad del mortero, ya que la absorción de agua y los vacíos accesibles están directamente vinculados con la resistencia a la penetración de agentes externos, como agua, sales y otros contaminantes, que pueden comprometer la integridad y durabilidad del material.



**Figura 14:** Capacidad de absorcion y porosidad de mortero patron.

**Interpretación:** La gráfica y la tabla muestran los resultados de la norma ASTM C-642 para especímenes de mortero patrón curados a 1°C y 5°C durante 28 días. Los especímenes curados a 1°C tienen una absorción después de la inmersión del 10.7% y del 9.3% después de la inmersión y ebullición. En comparación, los especímenes curados a 5°C presentan una absorción ligeramente mayor del 11.1% después de la inmersión y del 9.8% después de la inmersión y ebullición. La densidad seca es de 188.0 g/cm<sup>3</sup> para los curados a 1°C y de 186.6 g/cm<sup>3</sup> para los curados a 5°C. Las densidades aparentes después de la inmersión son similares, con 208.2 g/cm<sup>3</sup> y 207.3 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. La densidad aparente después de la inmersión y ebullición es de 205.5 g/cm<sup>3</sup> para los curados a 1°C y de 204.9 g/cm<sup>3</sup> para los curados a 5°C. El volumen de poros permeables, expresado como porcentaje de vacíos, es del

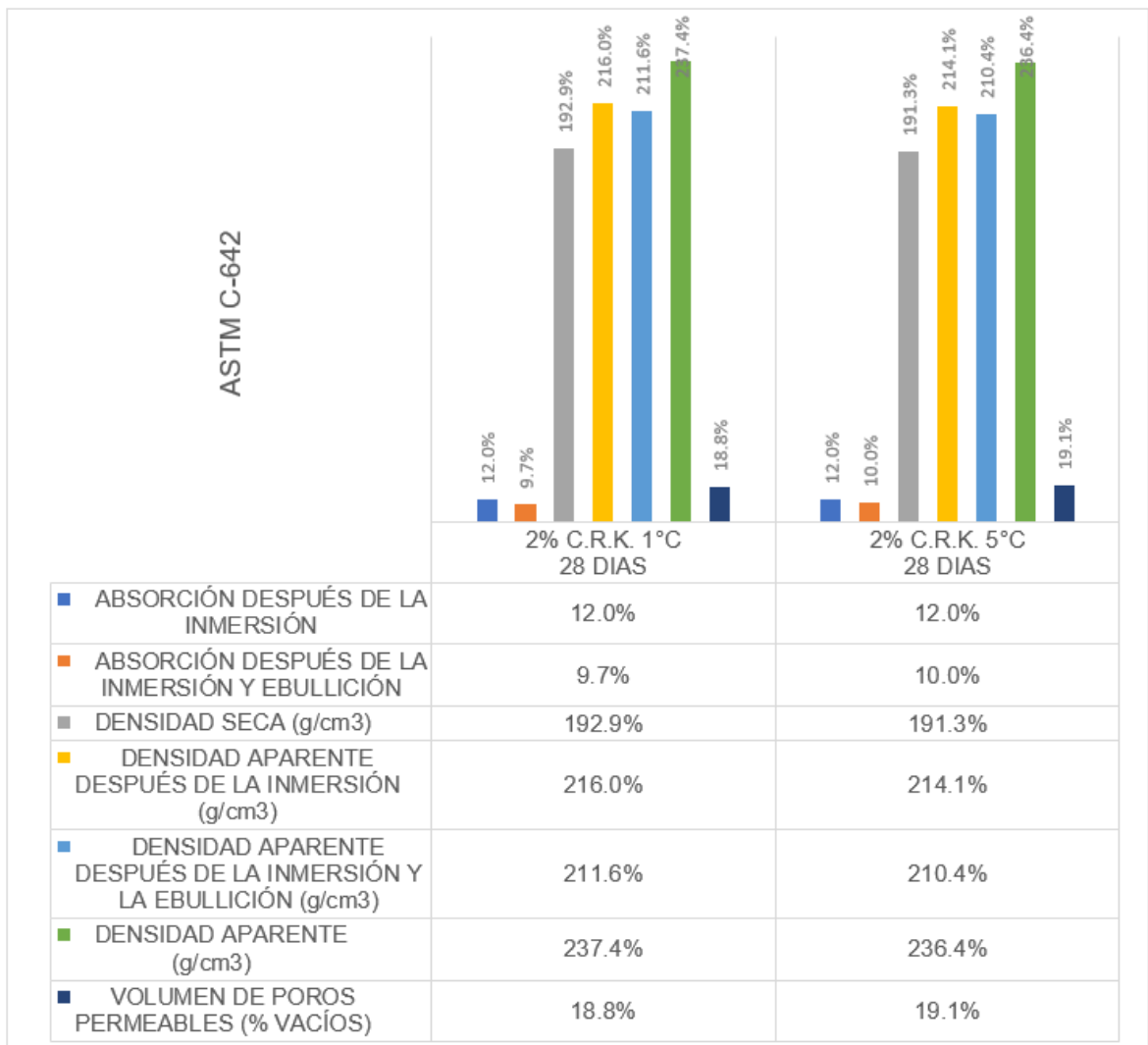
17.4% para los curados a 1°C y del 18.3% para los curados a 5°C. Estos resultados sugieren que los especímenes curados a 5°C tienen mayor porosidad y absorción, lo que puede afectar su durabilidad y resistencia a la penetración de agentes externos.



**Figura 15:** Capacidad de absorción y porosidad con 1% de CRK.

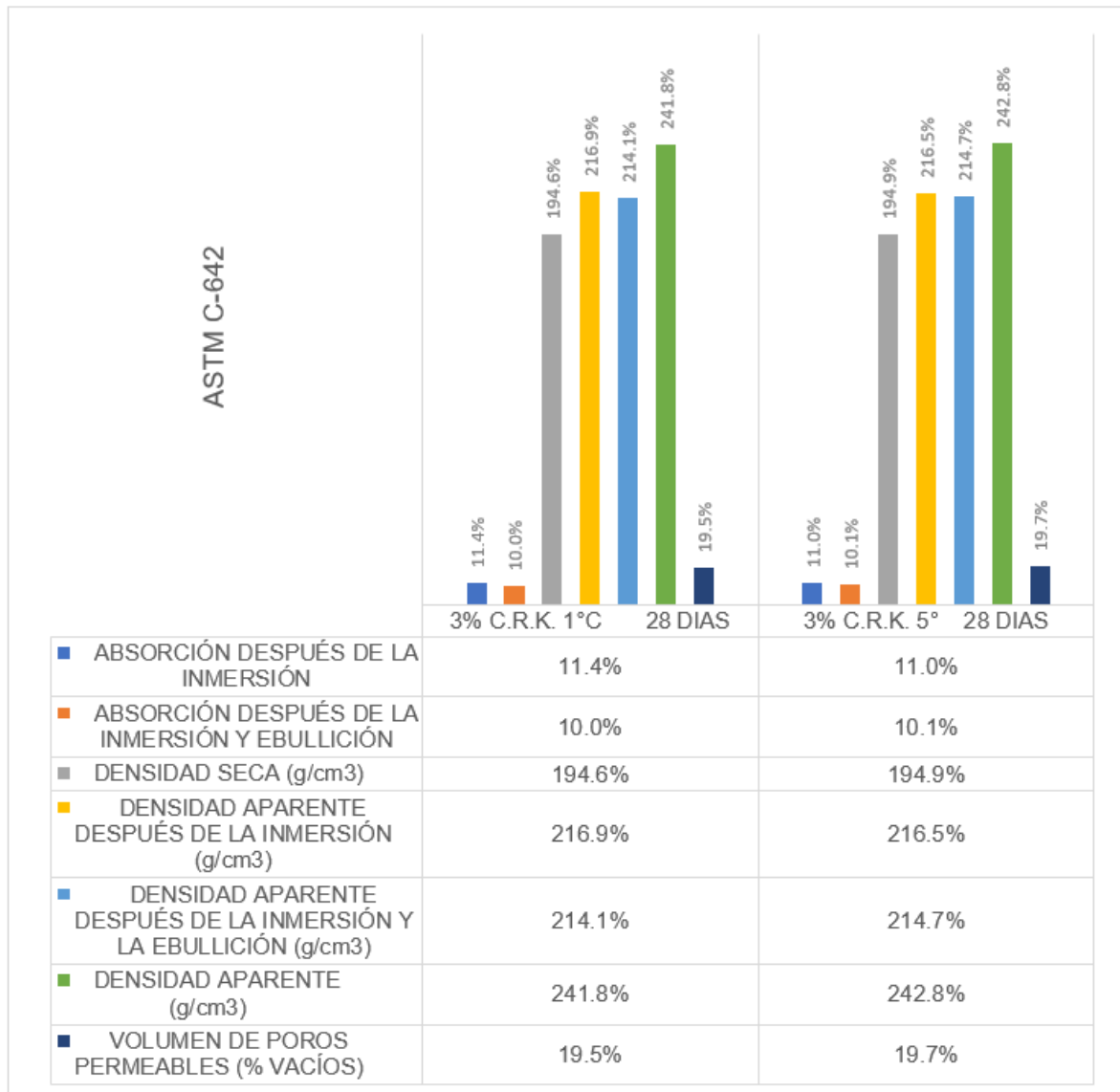
**Interpretación:** El gráfico compara diversas propiedades físicas de dos muestras de concreto evaluadas según el estándar ASTM C642 después de 28 días de curado, con 1% de C.R.K. a 1°C y 5°C. Las propiedades examinadas comprenden la absorción después de la inmersión, la absorción tras la inmersión y ebullición, la densidad seca, la densidad aparente tras la inmersión, la densidad aparente después de la inmersión y ebullición, así como la densidad aparente y el volumen de poros permeables. Ambas muestras presentan valores similares en todas las propiedades evaluadas. La absorción después de la

inmersión es de aproximadamente 11.3% y 11.2%, y después de la ebullición es de 9.4% y 9.6%. La densidad seca es ligeramente mayor en la muestra curada a 5°C (194.3 g/cm<sup>3</sup>) en comparación con la de 1°C (193.7 g/cm<sup>3</sup>). Las densidades aparentes después de la inmersión y ebullición, y la densidad aparente, también muestran valores muy cercanos entre ambas muestras, alrededor de 215.6 g/cm<sup>3</sup> y 213 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. El volumen de poros permeables es similar en ambas condiciones (18.2% y 18.7%). Esto sugiere que el cambio de temperatura de curado de 1°C a 5°C tiene un impacto mínimo en las propiedades físicas medidas del concreto, indicando una consistencia en el desempeño del material bajo estas condiciones específicas.



**Figura 16:** Capacidad de absorción y porosidad con 2% de CRK.

**Interpretación:** El gráfico compara diversas propiedades físicas de dos muestras de concreto evaluadas según el estándar ASTM C642 después de 28 días de curado, esta vez con 2% de C.R.K. a 1°C y 5°C. Las características analizadas abarcan la absorción posterior a la inmersión, la absorción después de la inmersión y ebullición, la densidad seca, la densidad aparente tras la inmersión, la densidad aparente después de la inmersión y ebullición, así como la densidad aparente y el volumen de poros permeables. Ambas muestras presentan resultados similares en la mayoría de las propiedades. La absorción después de la inmersión es idéntica para ambas muestras, 12.0%, mientras que la absorción después de la ebullición es ligeramente mayor en la muestra curada a 5°C (10.0%) en comparación con la de 1°C (9.7%). La densidad seca es marginalmente mayor en la muestra curada a 1°C (192.9 g/cm<sup>3</sup>) que en la curada a 5°C (191.9 g/cm<sup>3</sup>). Las densidades aparentes después de la inmersión, y después de la inmersión y ebullición son casi iguales, alrededor de 216.0 g/cm<sup>3</sup> y 211.6 g/cm<sup>3</sup> para la muestra a 1°C, y 214.1 g/cm<sup>3</sup> y 210.4 g/cm<sup>3</sup> para la muestra a 5°C. La densidad aparente muestra valores ligeramente más altos para la muestra a 5°C (238.4 g/cm<sup>3</sup>) en comparación con la de 1°C (237.4 g/cm<sup>3</sup>). El volumen de poros permeables también es similar, siendo 18.8% para 1°C y 19.1% para 5°C. En general, el incremento de la concentración de C.R.K. al 2% y el cambio de temperatura de curado de 1°C a 5°C tienen un impacto mínimo en las propiedades físicas medidas del concreto, indicando consistencia en el desempeño del material bajo estas condiciones específicas.



**Figura 17:** Capacidad de absorción y porosidad con 3% de CRK.

**Interpretación:** El gráfico presenta una comparación de las propiedades físicas de dos muestras de concreto evaluadas conforme al estándar ASTM C642 después de 28 días de curado, con una concentración de 3% de C.R.K. a temperaturas de 1°C y 5°C. Las propiedades examinadas comprenden la absorción posterior a la inmersión, la absorción tras la inmersión y ebullición, la densidad en estado seco, la densidad aparente después de la inmersión, la densidad aparente tras la inmersión y ebullición, así como la densidad aparente y el volumen de poros permeables. Ambas muestras exhiben valores similares en las propiedades evaluadas. La absorción después de la inmersión es del 11.4% para la muestra a 1°C y del 11.0% para la muestra a 5°C. La absorción

después de la ebullición es ligeramente mayor en la muestra curada a 5°C (10.1%) en comparación con la curada a 1°C (10.0%). La densidad seca es ligeramente superior en la muestra a 1°C (193.6 g/cm<sup>3</sup>) que en la muestra curada a 5°C (193.5 g/cm<sup>3</sup>). Las densidades aparentes después de la inmersión y después de la inmersión y ebullición son casi idénticas: 214.6 g/cm<sup>3</sup> y 214.1 g/cm<sup>3</sup> para la muestra a 1°C, y 214.5 g/cm<sup>3</sup> y 214.7 g/cm<sup>3</sup> para la muestra a 5°C. La densidad aparente es ligeramente mayor para la muestra a 5°C (214.6 g/cm<sup>3</sup>) en comparación con la muestra a 1°C (214.1 g/cm<sup>3</sup>). El volumen de poros permeables es similar, siendo del 19.5% para 1°C y del 19.7% para 5°C.

### Estadística inferencial

#### Normalidad:

**H<sub>0</sub>**: hay normalidad en la variable

**H<sub>1</sub>**: no hay normalidad en la variable

P valor < 0.05 , rechazamos h<sub>0</sub> y aceptamos h<sub>1</sub>

P valor > 0.05 , rechazamos h<sub>1</sub> y aceptamos h<sub>0</sub>

**Tabla 23:** Análisis de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
resistencia a la compresión % f c	0.451	96	0.244	0.361	96	0.231
absorción después de la inmersión	0.114	24	0.2	0.951	24	0.288
Absor. después de la inmersión y ebullición	0.119	24	0.2	0.960	24	0.442
densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	0.183	24	0.369	0.874	24	0.067
Dens. aparente después de la inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	0.318	24	0.342	0.787	24	0.121
Dens. aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	0.218	24	0.512	0.890	24	0.140
Dens. aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.211	24	0.761	0.898	24	0.200
volumen de poros permeables (% vacíos)	0.080	24	0.2	0.965	24	0.554

**Fuente:** Elaboración propia

La prueba de Kolmogórov-Smirnov para la variable "Resistencia a la Compresión % f'c" muestra un estadístico de 0.451 con un valor de significancia (Sig.) de 0.244, lo cual indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, sugiriendo que la distribución de los datos puede considerarse normal. Para las demás variables, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. La "Absorción Después de la Inmersión" tiene un estadístico de 0.951 y un Sig. de 0.288, y la "Absorción Después de la Inmersión y Ebullición" muestra un estadístico de 0.960 y un Sig. de 0.442, ambos indicando normalidad. La "Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)" presenta un estadístico de 0.874 y un Sig. de 0.067, y la "Densidad Aparente Después de la Inmersión (g/cm<sup>3</sup>)" un estadístico de 0.787 y un Sig. de 0.121, también sugiriendo normalidad. La "Densidad Aparente Después de la Inmersión y la Ebullición (g/cm<sup>3</sup>)" tiene un estadístico de 0.890 y un Sig. de 0.140, mientras que la "Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)" muestra un estadístico de 0.898 y un Sig. de 0.200, ambos sugiriendo normalidad. Finalmente, el "Volumen de Poros Permeables (% Vacíos)" tiene un estadístico de 0.965 y un Sig. de 0.554, lo cual confirma la normalidad. En resumen, tanto la prueba de Kolmogórov-Smirnov para la resistencia a compresión como la prueba de Shapiro-Wilk para las demás variables indican que los datos siguen una distribución normal, ya que en ningún caso se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

**Objetivo específico 1:** Analizar la influencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

**Hipótesis específica 1:**

**H1:** La incorporación de la ceniza de rastrojo de Kiwicha influye significativamente en las propiedades física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío , Huancabamba -2023.

**Tabla 24:** Análisis de datos de absorción después de la inmersión

<b>descriptivos: absorción después de la inmersión</b>				
<b>porcentaje de sustitución</b>	<b>patron 0%</b>	<b>adicion 1%</b>	<b>adicion 2%</b>	<b>adicion 3%</b>
Media	10.90%	11.22%	11.98%	11.35%
Desv. Desviación	0.34%	0.20%	0.13%	0.38%
Mínimo	10.57%	11.00%	11.83%	10.91%



Máximo	11.42%	11.54%	12.14%	12.01%
p25	10.59%	11.02%	11.85%	11.03%
p50	10.83%	11.21%	12.03%	11.20%
p75	11.23%	11.38%	12.09%	11.56%

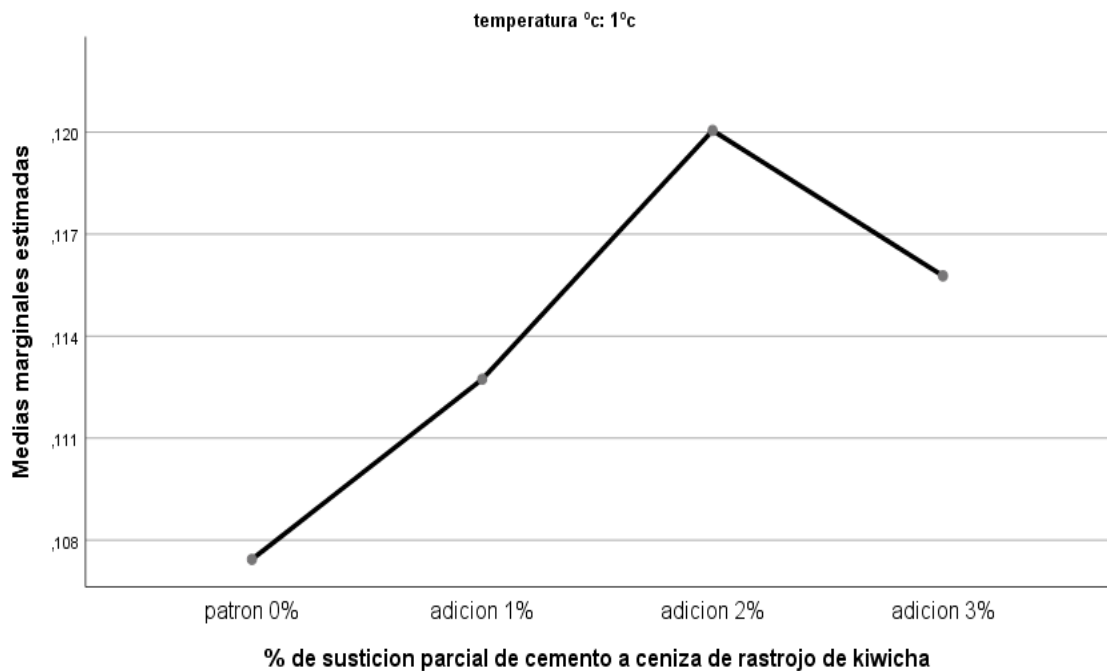
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25:** Análisis de datos de la capacidad de absorción

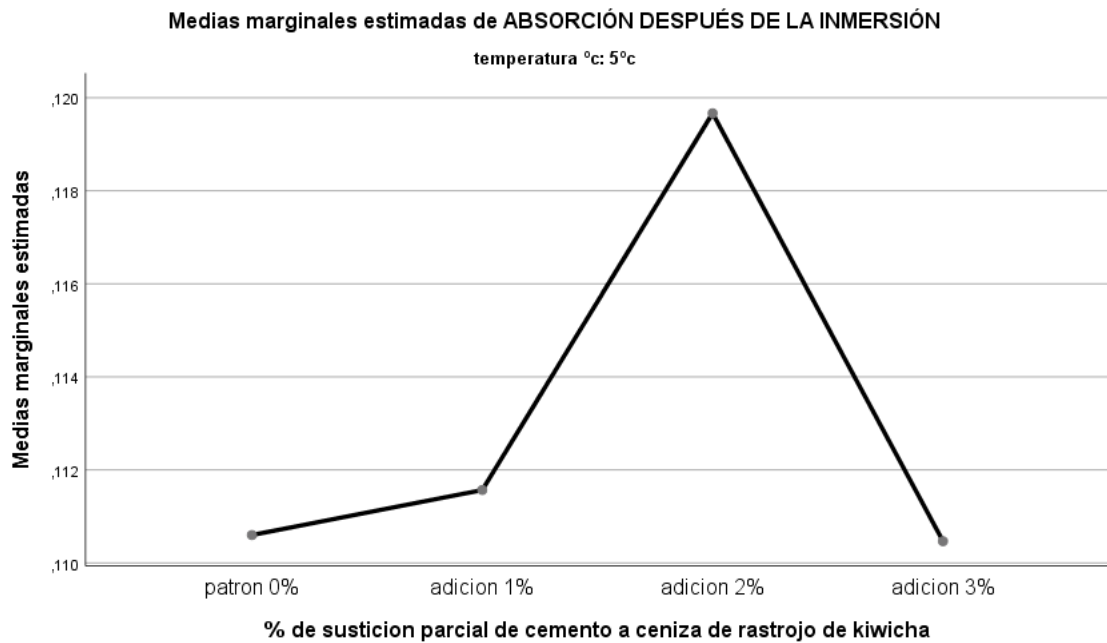
<b>descriptivos: absorción después de la inmersión</b>		
<b>temperatura °c</b>	<b>1 °c</b>	<b>5 °c</b>
Media	11.36%	9.60%
Desv. Desviación	0.50%	0.33%
Mínimo	10.57%	9.17%
Máximo	12.14%	10.21%
p25	10.95%	9.31%
p50	11.40%	9.53%
p75	11.79%	9.84%

Fuente: Elaboración propia

Medias marginales estimadas de ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN



**Figura 18:** Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión curados a 1°C.



**Figura 19:** Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión curados a 5°C.

Los resultados descriptivos de la absorción después de la inmersión, considerando diferentes porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de rastrojo de kiwicha, indican variaciones en las propiedades de absorción del mortero. Para el patrón sin adición de ceniza (0%), la media de absorción es de 10.90% con una desviación estándar de 0.34%. La adición de 1% de ceniza eleva ligeramente la media a 11.22% con una desviación estándar más baja de 0.20%, sugiriendo una ligera mejora en la consistencia de la absorción. La adición del 2% de ceniza muestra un incremento significativo en la media de absorción a 11.98%, con una desviación estándar de 0.13%, lo que indica un aumento más marcado en la absorción de agua. Finalmente, con una adición del 3%, la media de absorción es 11.35% con una desviación estándar de 0.38%, indicando que, aunque la absorción es mayor que el patrón, no es tan alta como con el 2%. Estos resultados sugieren que la adición de ceniza de rastrojo de kiwicha afecta las propiedades de absorción del mortero, con el 2% siendo el más efectivo en incrementar la absorción.

En términos de la influencia de la temperatura, los resultados muestran una notable diferencia en la absorción después de la inmersión. A 1°C, la media de

absorción es de 11.36% con una desviación estándar de 0.50%, indicando una mayor absorción en condiciones de frío extremo. A 5°C, la media de absorción disminuye significativamente a 9.60% con una desviación estándar de 0.33%, lo que sugiere que el mortero absorbe menos agua a temperaturas ligeramente más cálidas. Esto indica que la temperatura tiene un impacto significativo en las propiedades de absorción del mortero, con absorciones más altas en condiciones de frío extremo, posiblemente debido a cambios en la microestructura del mortero inducidos por las bajas temperaturas. En conjunto, estos resultados apoyan la hipótesis de que la incorporación de ceniza de rastrojo de kiwicha y la variación de la temperatura influyen significativamente en las propiedades de absorción del mortero en muros portantes en clima frío.

**Tabla 26:** Análisis de datos de absorción después de la inmersión y ebullición con los porcentajes de adición de CRK.

<b>descriptivos: absorción después de la inmersión y ebullición</b>				
<b>porcentaje de sustitución</b>	<b>patron 0%</b>	<b>adicion 1%</b>	<b>adicion 2%</b>	<b>adicion 3%</b>
Media	10.90%	11.22%	11.98%	11.35%
Desv. Desviación	0.34%	0.20%	0.13%	0.38%
Mínimo	10.57%	11.00%	11.83%	10.91%
Máximo	11.42%	11.54%	12.14%	12.01%
p25	10.59%	11.02%	11.85%	11.03%
p50	10.83%	11.21%	12.03%	11.20%
p75	11.23%	11.38%	12.09%	11.56%

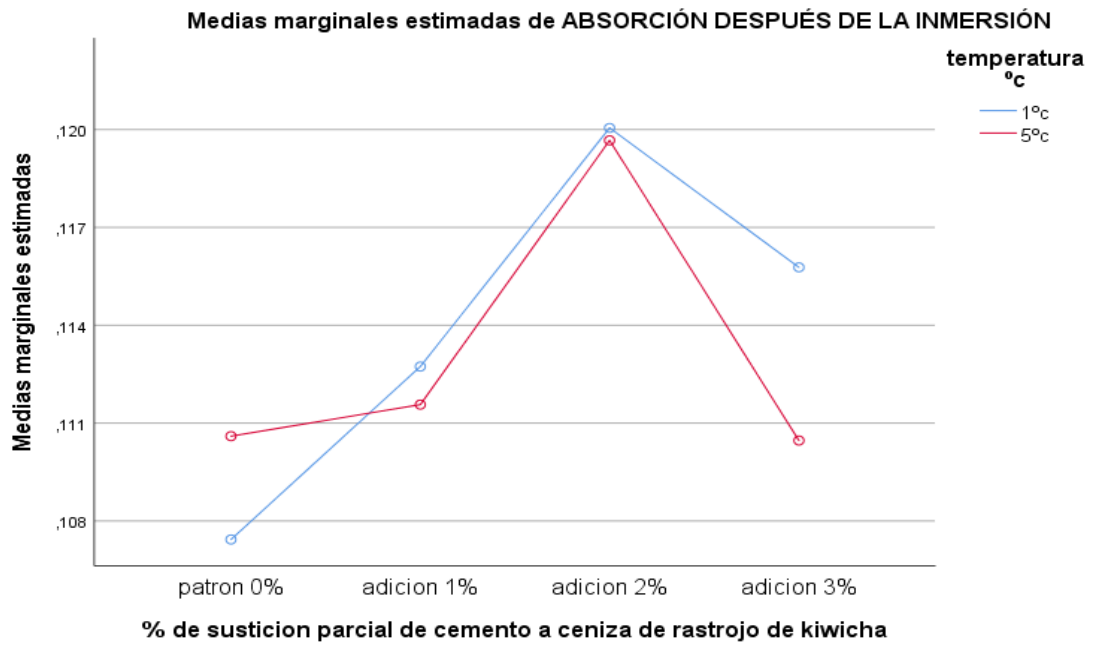
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 27:** Análisis de datos de absorción después de la inmersión y ebullición

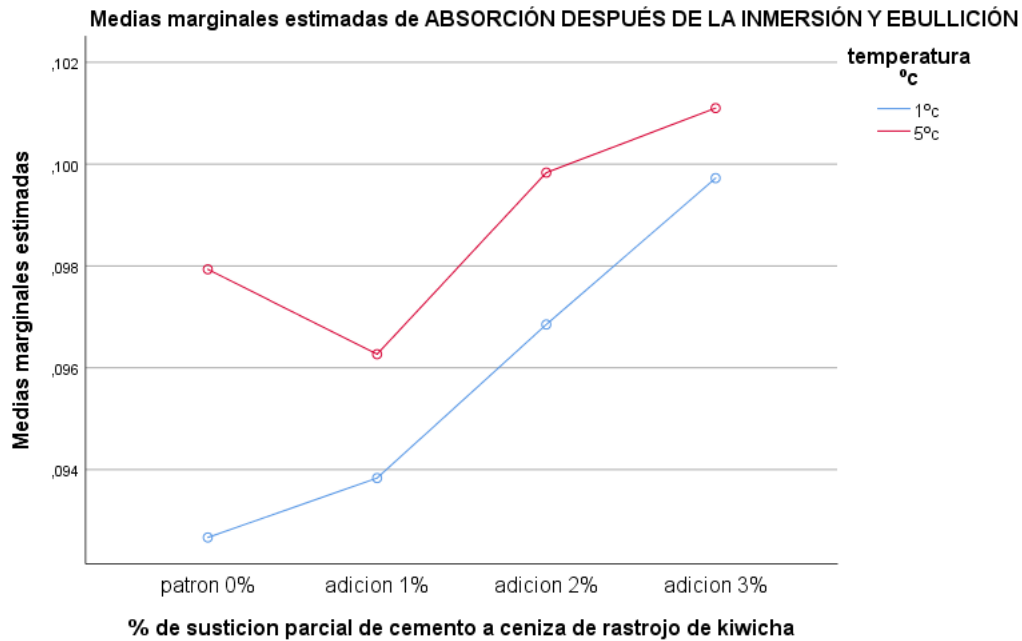
<b>descriptivos: absorción después de la inmersión y ebullición</b>		
<b>temperatura °c</b>	<b>1 °c</b>	<b>5 °c</b>
Media	11.31%	9.88%

Desv. Desviación	0.45%	0.22%
Mínimo	10.59%	9.55%
Máximo	12.04%	10.20%
p25	11.01%	9.68%
p50	11.19%	9.86%
p75	11.73%	10.07%

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 20:** Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión curados a 1°C y 5°C.



**Figura 21:** Medias marginales estimadas de absorción después de la inmersión y ebullición.

Los resultados descriptivos de la absorción después de la inmersión y ebullición para distintos porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de rastrojo de kiwicha revelan que la incorporación de esta ceniza impacta significativamente las propiedades de absorción del mortero. En el mortero sin ceniza añadida, la absorción media es de 10.90% con una desviación estándar de 0.34%. Con la adición de un 1% de ceniza, la absorción media sube ligeramente a 11.22% y la desviación estándar baja a 0.20%, lo que indica una absorción más uniforme. La adición del 2% resulta en la mayor absorción media de 11.98% y una desviación estándar de 0.13%, sugiriendo que esta proporción optimiza la absorción. Con una adición del 3%, la absorción media es de 11.35% con una desviación estándar de 0.38%, mostrando una disminución respecto al 2%. Estos resultados sugieren que el 2% de ceniza de rastrojo de kiwicha es más efectivo para aumentar la absorción después de la inmersión y ebullición, aunque todas las adiciones superan al patrón sin ceniza.

En cuanto a la influencia de la temperatura, los datos indican diferencias significativas en la absorción después de la inmersión y ebullición. A 1°C, la media de absorción es de 11.31% con una desviación estándar de 0.45%, lo

que sugiere una mayor absorción en condiciones de frío extremo. A 5°C, la media de absorción disminuye notablemente a 9.88% con una desviación estándar de 0.22%, reflejando una absorción menor a temperaturas más altas. Estos resultados indican que la temperatura tiene un impacto considerable en la absorción del mortero, con mayor absorción en condiciones más frías. Este comportamiento podría estar relacionado con la microestructura del mortero, que podría volverse más porosa a temperaturas más bajas, permitiendo una mayor absorción de agua. En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis de que la incorporación de ceniza de rastrojo de kiwicha y la variación de la temperatura influyen significativamente en las propiedades de absorción del mortero en muros portantes en clima frío.

**Objetivo específico 2:** Evaluar la influencia de incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de la porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023.

**Hipótesis específica 2:**

**H1:** La incorporación de la ceniza de rastrojo de Kiwicha influye significativamente en las propiedades física de porosidad del mortero en muros portantes en clima frío , Huancabamba -2023.

**Tabla 28:** Análisis de datos de porosidad

Estadísticos descriptivos de porosidad						
% de sustitución parcial de cemento a ceniza de rastrojo de kiwicha		Dens. seca (g/cm <sup>3</sup> )	Dens. aparente después de la inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	Dens. aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	Dens. aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Volum. de poros permeables (% vacíos)
patrón 0%	Media	186.83%	207.17%	204.67%	227.33%	17.85%
	Desviación	1.94%	2.14%	1.51%	2.16%	0.48%
	Mínimo	183.00%	203.00%	202.00%	224.00%	17.26%
	Máximo	188.00%	209.00%	206.00%	230.00%	18.41%
	Percentiles 25	186.00%	206.00%	203.50%	225.50%	17.41%
	Percentiles 50	187.50%	208.00%	205.00%	227.50%	17.88%
	Percentiles 75	188.00%	208.25%	206.00%	229.25%	18.28%
adición 1%	Media	193.33%	215.17%	211.83%	237.33%	18.44%
	Desviación	1.03%	0.75%	1.17%	1.75%	0.34%
	Mínimo	192.00%	214.00%	210.00%	234.00%	17.86%
	Máximo	195.00%	216.00%	213.00%	239.00%	18.77%
	Percentiles 25	192.75%	214.75%	210.75%	236.25%	18.20%
	Percentiles 50	193.00%	215.00%	212.00%	238.00%	18.51%

	Percentiles 75	194.25%	216.00%	213.00%	238.25%	18.72%
adición 2%	Media	191.60%	214.80%	210.60%	236.60%	18.94%
	Desviación	0.89%	1.30%	0.89%	1.14%	0.33%
	Mínimo	191.00%	214.00%	210.00%	235.00%	18.54%
	Máximo	193.00%	217.00%	212.00%	238.00%	19.40%
	Percentiles 25	191.00%	214.00%	210.00%	235.50%	18.66%
	Percentiles 50	191.00%	214.00%	210.00%	237.00%	18.87%
	Percentiles 75	192.50%	216.00%	211.50%	237.50%	19.26%
adición 3%	Media	194.00%	216.00%	213.57%	241.14%	19.51%
	Desviación	1.00%	0.82%	1.27%	1.95%	0.35%
	Mínimo	192.00%	215.00%	211.00%	237.00%	18.87%
	Máximo	195.00%	217.00%	215.00%	243.00%	19.83%
	Percentiles 25	194.00%	215.00%	213.00%	241.00%	19.22%
	Percentiles 50	194.00%	216.00%	214.00%	242.00%	19.62%
	Percentiles 75	195.00%	217.00%	214.00%	242.00%	19.81%

**Fuente:** Elaboración propia

**Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>):** La densidad seca del mortero sin adición de ceniza (patrón 0%) muestra un valor medio de 186.83%, con una desviación estándar de 1.94%. Los valores oscilan entre un mínimo de 183.00% y un máximo de 188.00%, con los percentiles 25, 50 y 75 situados en 186.00%, 187.50% y 188.00% respectivamente. Con la adición del 1% de ceniza, la densidad seca media aumenta a 193.33%, con una menor desviación estándar de 1.03%, indicando una mayor consistencia. El rango varía de 192.00% a 195.00%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 192.75%, 193.00% y 194.25%. Al incrementar la adición al 2%, la media es de 191.60%, con una desviación de 0.89%. Los valores fluctúan entre 191.00% y 193.00%, y los percentiles clave son 191.00%, 191.00% y 192.50%. Finalmente, con el 3% de adición, la densidad seca media es la más alta con 194.00% y una desviación de 1.00%. Estos resultados sugieren que la densidad seca mejora con la adición de ceniza, alcanzando su punto máximo con el 3% de ceniza de Kiwicha.

**Densidad Aparente Después de la Inmersión (g/cm<sup>3</sup>) :** Para la densidad aparente después de la inmersión, el mortero sin ceniza presenta una media de 207.17%, con una desviación estándar de 2.14%. Los valores varían de 203.00% a 209.00%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 206.00%, 208.00% y 208.25%. Con el 1% de adición de ceniza, la media sube a 215.17%, con una desviación menor de 0.75%, y un rango entre 214.00% y 216.00%. Los percentiles clave son 214.75%, 215.00% y 216.00%. Con un 2% de ceniza, la media es de 214.80%, con una desviación de 1.30%, variando entre 214.00% y 217.00%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 214.00%, 214.00% y 216.00%. La

mayor densidad aparente se obtiene con el 3% de ceniza, con una media de 216.00% y una desviación de 0.82%. Estos datos indican que la adición de ceniza de Kiwicha mejora la densidad aparente del mortero después de la inmersión.

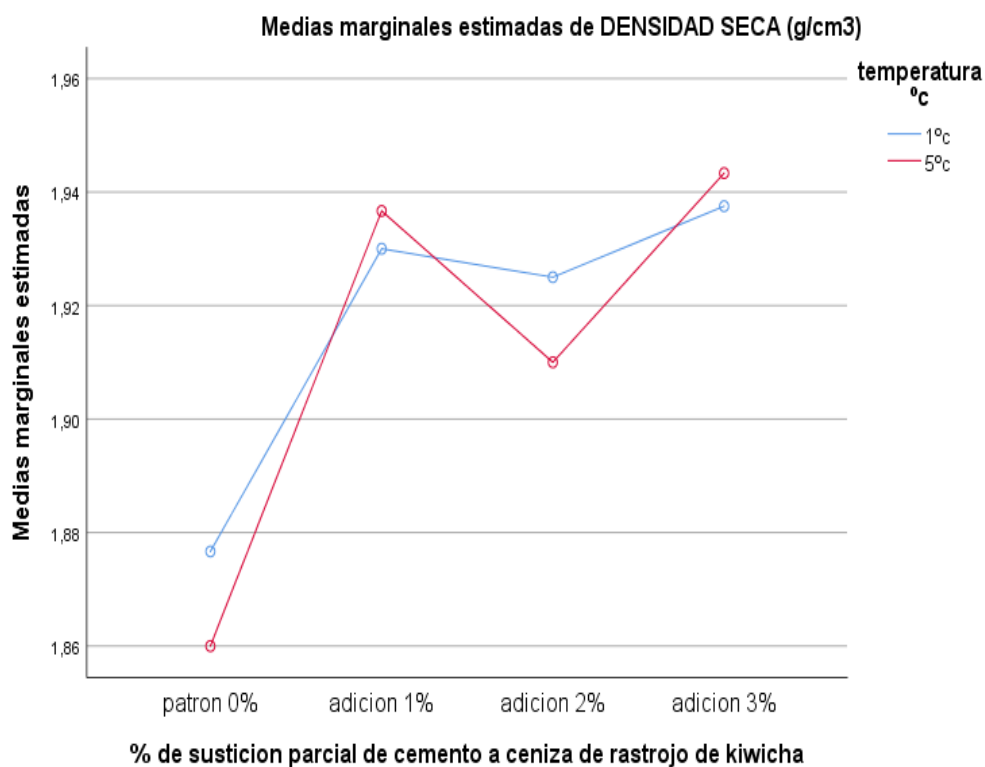
**Densidad Aparente Después de la Inmersión y la Ebullición ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ):** En cuanto a la densidad aparente después de la inmersión y ebullición, el mortero patrón muestra una media de 204.67%, con una desviación estándar de 1.51%. Los valores oscilan entre 202.00% y 206.00%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 203.50%, 205.00% y 206.00%. Con la adición de 1% de ceniza, la media aumenta a 211.83%, con una desviación de 1.17%, y un rango de 210.00% a 213.00%. Los percentiles clave son 210.75%, 212.00% y 213.00%. Con un 2% de ceniza, la media es de 210.60%, con una desviación de 0.89%, variando entre 210.00% y 212.00%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 210.00%, 210.00% y 211.50%. Finalmente, con el 3% de adición, la media es de 213.57%, con una desviación de 1.27%. Estos resultados reflejan que la densidad aparente después de la inmersión y ebullición mejora con el aumento de la adición de ceniza de Kiwicha.

**Densidad Aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) :** Para la densidad aparente general, el mortero sin ceniza tiene una media de 227.33%, con una desviación estándar de 2.16%. Los valores oscilan entre 224.00% y 230.00%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 225.50%, 227.50% y 229.25%. Con un 1% de adición de ceniza, la media sube a 237.33%, con una desviación de 1.75%, variando entre 234.00% y 239.00%, y los percentiles clave son 236.25%, 238.00% y 238.25%. Con un 2% de ceniza, la media es de 236.60%, con una desviación de 1.14%, con valores entre 235.00% y 238.00%, y percentiles en 235.50%, 237.00% y 237.50%. La mayor densidad aparente se obtiene con el 3% de ceniza, con una media de 241.14% y una desviación de 1.95%. Estos datos sugieren que la densidad aparente general del mortero mejora con la adición de ceniza, alcanzando su valor máximo con un 3% de ceniza de Kiwicha.

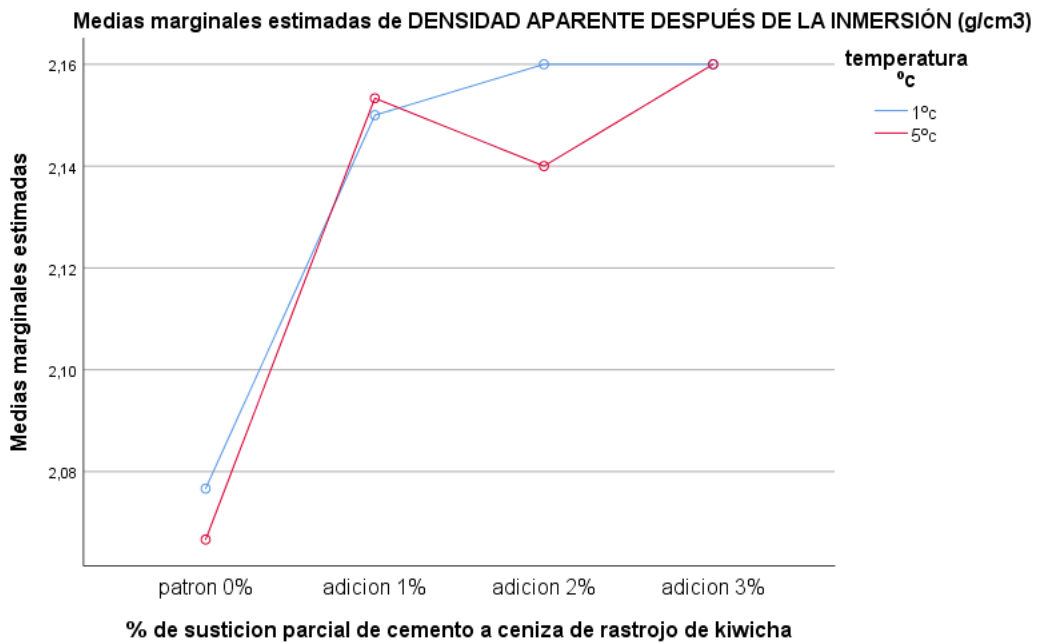
**Volumen de Poros Permeables (% Vacíos):** El volumen de poros permeables del mortero sin ceniza muestra una media de 17.85%, con una desviación estándar de 0.48%. Los valores varían de 17.26% a 18.41%, y los percentiles



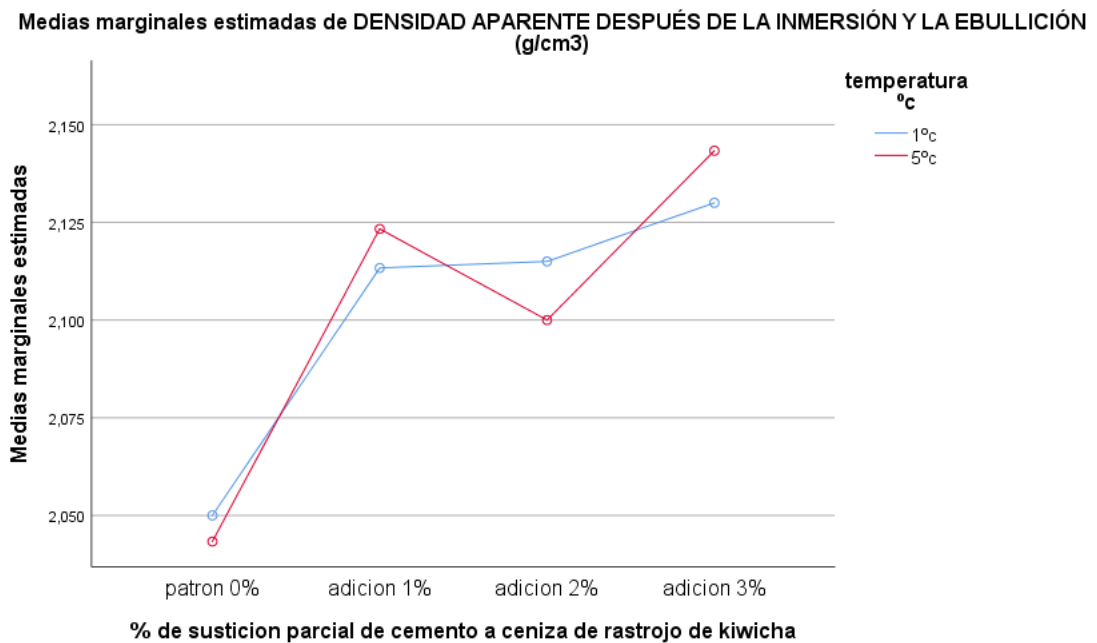
25, 50 y 75 son 17.41%, 17.88% y 18.28%. Con un 1% de adición de ceniza, la media sube a 18.44%, con una desviación de 0.34%, y un rango entre 17.86% y 18.77%. Los percentiles clave son 18.20%, 18.51% y 18.72%. Con un 2% de ceniza, la media es de 18.94%, con una desviación de 0.33%, variando entre 18.54% y 19.40%, y los percentiles 25, 50 y 75 son 18.66%, 18.87% y 19.26%. Finalmente, con el 3% de adición, la media es de 19.51%, con una desviación de 0.35%. Estos resultados muestran que la porosidad del mortero aumenta con la adición de ceniza de Kiwicha, indicando una mejora en la permeabilidad del material.



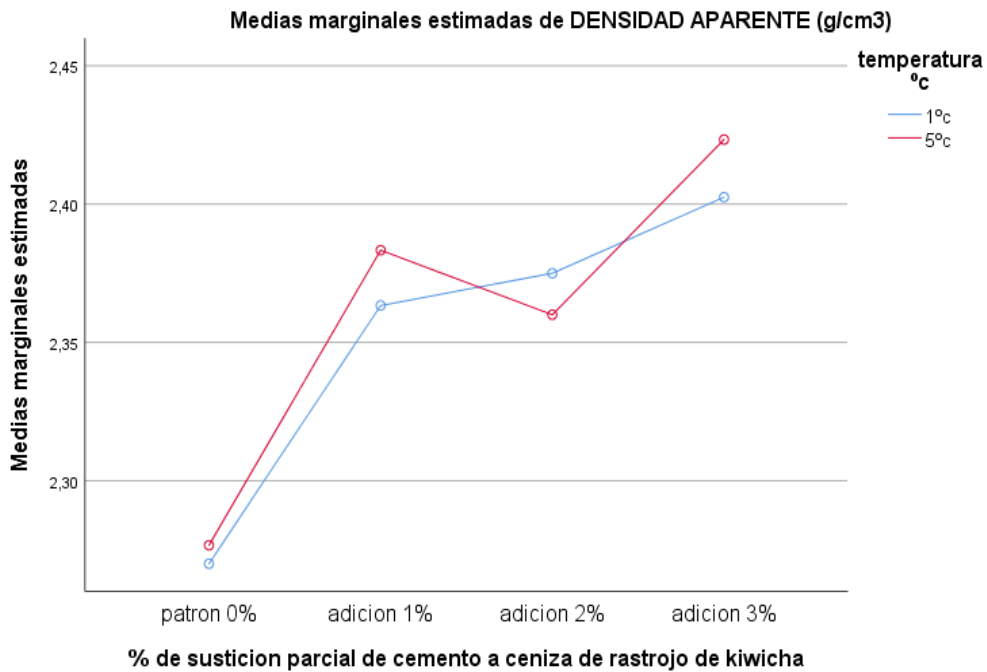
**Figura 22:** Medias marginales estimadas de densidad seca curadas a 1°C y 5°C.



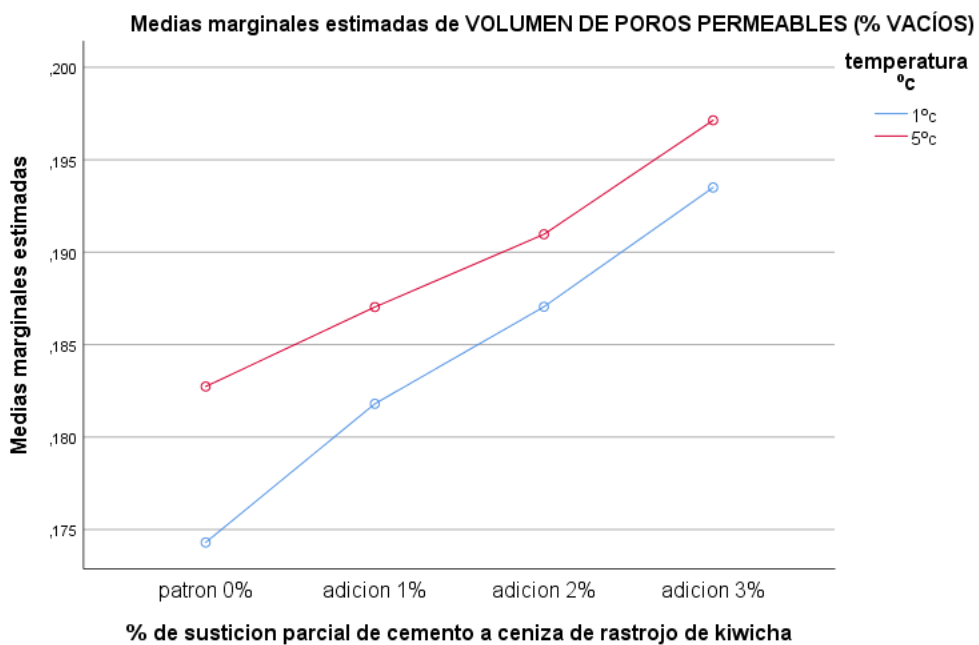
**Figura 23:** Medias marginales estimadas de densidad aparente después de la inmersión curadas a 1°C y 5°C.



**Figura 24:** Medias marginales estimadas de densidad aparente después de la inmersión y la ebullición curados a 1°C y 5°C.



**Figura 25:** Medias marginales estimadas de densidad aparente curados a 1°C y 5°C.



**Figura 26:** Medias marginales estimadas de volumen de poros permeables a 1°C y 5°C.

**Tabla 29:** Análisis de datos de porosidad y capacidad de absorción con los porcentajes de adición de CRK curados a 1°C y 5°C.

temperatura °c		Dens. seca (g/cm <sup>3</sup> )	Dens. aparente después de la inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	Dens. aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	Dens. aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Volum. de poros permeables (% vacíos)
1º c	Media	1.9183	2.1367	2.1033	2.3550	0.1847
	Desv. Desviación	0.02691	0.03725	0.03473	0.05584	0.00823
	Mínimo	1.87	2.07	2.04	2.26	0.17
	Máximo	1.95	2.17	2.14	2.42	0.20
	Percentiles 25	1.8900	2.0950	2.0700	2.2950	0.1764
	Percentiles 50	1.9250	2.1500	2.1100	2.3700	0.1846
	Percentiles 75	1.9400	2.1600	2.1300	2.4025	0.1913
5 º c	Media	1.9125	2.1300	2.1025	2.3608	0.1895
	Desv. Desviación	0.03646	0.04156	0.04025	0.05791	0.00574
	Mínimo	1.83	2.03	2.02	2.24	0.18
	Máximo	1.95	2.17	2.15	2.43	0.20
	Percentiles 25	1.8875	2.1025	2.0700	2.3125	0.1847
	Percentiles 50	1.9200	2.1450	2.1100	2.3750	0.1878
	Percentiles 75	1.9400	2.1575	2.1375	2.4125	0.1957

**Fuente:** Elaboración propia

**Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>):** A 1°C, la densidad seca del mortero con ceniza de rastrojo de Kiwicha presenta una media de 1.9183 g/cm<sup>3</sup>, con una desviación estándar de 0.02691. Los valores de densidad varían desde un mínimo de 1.87 g/cm<sup>3</sup> hasta un máximo de 1.95 g/cm<sup>3</sup>. Los percentiles 25, 50 y 75 son 1.8900, 1.9250 y 1.9400 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. A 5°C, la densidad seca muestra una media similar de 1.9125 g/cm<sup>3</sup>, con una desviación estándar ligeramente mayor de 0.03646. Los valores oscilan entre 1.83 g/cm<sup>3</sup> y 1.95 g/cm<sup>3</sup>, y los percentiles 25, 50 y 75 son 1.8875, 1.9200 y 1.9400 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Estos resultados sugieren que la temperatura tiene un efecto marginal sobre la densidad seca del mortero, con valores medios y rangos similares en ambas temperaturas.

**Densidad Aparente Después de la Inmersión (g/cm<sup>3</sup>):** Para la densidad aparente después de la inmersión a 1°C, la media es de 2.1367 g/cm<sup>3</sup>, con una desviación estándar de 0.03725. Los valores fluctúan entre un mínimo de 2.07 g/cm<sup>3</sup> y un máximo de 2.17 g/cm<sup>3</sup>, y los percentiles 25, 50 y 75 son 2.0950, 2.1500 y 2.1600 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. A 5°C, la media es ligeramente menor, 2.1300 g/cm<sup>3</sup>, con una desviación estándar de 0.04156. Los valores varían de 2.03 g/cm<sup>3</sup> a 2.17 g/cm<sup>3</sup>, y los percentiles clave son 2.1025, 2.1450 y 2.1575 g/cm<sup>3</sup>. Estos resultados indican que la temperatura tiene un efecto mínimo

sobre la densidad aparente del mortero después de la inmersión, con valores medios y rangos muy cercanos en ambas condiciones.

**Densidad Aparente Después de la Inmersión y la Ebullición ( $\text{g/cm}^3$ ):** La densidad aparente después de la inmersión y ebullición a  $1^\circ\text{C}$  muestra una media de  $2.1033 \text{ g/cm}^3$ , con una desviación estándar de  $0.03473$ . Los valores oscilan entre  $2.04 \text{ g/cm}^3$  y  $2.14 \text{ g/cm}^3$ , y los percentiles 25, 50 y 75 son  $2.0700$ ,  $2.1100$  y  $2.1300 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente. A  $5^\circ\text{C}$ , la densidad aparente tiene una media casi idéntica de  $2.1025 \text{ g/cm}^3$ , con una desviación estándar de  $0.04025$ . Los valores varían entre  $2.02 \text{ g/cm}^3$  y  $2.15 \text{ g/cm}^3$ , con percentiles en  $2.0700$ ,  $2.1100$  y  $2.1375 \text{ g/cm}^3$ . La similitud en las medias y rangos indica que la temperatura no tiene un impacto significativo en la densidad aparente del mortero después de la inmersión y ebullición.

**Densidad Aparente ( $\text{g/cm}^3$ ):** La densidad aparente a  $1^\circ\text{C}$  tiene una media de  $2.3550 \text{ g/cm}^3$ , con una desviación estándar de  $0.05584$ . Los valores varían de  $2.26 \text{ g/cm}^3$  a  $2.42 \text{ g/cm}^3$ , y los percentiles 25, 50 y 75 son  $2.2950$ ,  $2.3700$  y  $2.4025 \text{ g/cm}^3$ . A  $5^\circ\text{C}$ , la densidad aparente muestra una media ligeramente mayor de  $2.3608 \text{ g/cm}^3$ , con una desviación estándar de  $0.05791$ . Los valores fluctúan entre  $2.24 \text{ g/cm}^3$  y  $2.43 \text{ g/cm}^3$ , y los percentiles clave son  $2.3125$ ,  $2.3750$  y  $2.4125 \text{ g/cm}^3$ . La pequeña diferencia en las medias y rangos sugiere que la temperatura tiene un efecto leve sobre la densidad aparente del mortero, pero no lo suficientemente significativo para considerarlo determinante.

**Volumen de Poros Permeables (% Vacíos):** El volumen de poros permeables a  $1^\circ\text{C}$  presenta una media de  $0.1847\%$ , con una desviación estándar de  $0.00823$ . Los valores varían entre  $0.17\%$  y  $0.20\%$ , con percentiles 25, 50 y 75 situados en  $0.1764\%$ ,  $0.1846\%$  y  $0.1913\%$ . A  $5^\circ\text{C}$ , la media es ligeramente mayor,  $0.1895\%$ , con una desviación estándar de  $0.00574$ . Los valores oscilan entre  $0.18\%$  y  $0.20\%$ , con percentiles 25, 50 y 75 en  $0.1847\%$ ,  $0.1878\%$  y  $0.1957\%$ . Estos resultados indican que la temperatura tiene un efecto muy limitado en el volumen de poros permeables del mortero, con valores medios y rangos estrechamente similares en ambas condiciones.

**Objetivo específico 3:** Determinar la incidencia de la incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha en la propiedad mecánica de resistencia a la

**Hipótesis específica 3:**

**H1:** La incorporación de la ceniza de rastrojo de Kiwicha influye significativamente en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba -2023.

**Tabla 2:**

*Análisis descriptivo resistencia a la compresión % por el tipo de porcentaje añadido de kiwicha.*

**Tabla 30:** Análisis de datos de resistencia a compresión

<b>descriptivos: resistencia a compresión % f c</b>				
<b>porcentaje de sustitución rastrojo kiwicha</b>	<b>patrón 0%</b>	<b>adición 1%</b>	<b>adición 2%</b>	<b>adición 3%</b>
Media	114.32	219.12	139.85	117.68
Desv. Desviación	153.96	317.93	207.32	150
Mínimo	57.1	62.7	69.4	65.2
Máximo	830	970	1110	820
p25	69.98	75.68	84.33	78.78
p50	78	85.9	100.4	89.15
p75	91.45	92.4	110.75	97.48

**Fuente:** Elaboración propia

Al analizar la influencia de la incorporación de ceniza de rastrojo de kiwicha en la resistencia a compresión del mortero, se observa que el porcentaje de sustitución tiene un impacto significativo en las propiedades mecánicas del material. La media de resistencia a compresión aumenta de 114.32 en el patrón sin adición al máximo de 219.12 con una adición del 1%, lo que indica una mejora sustancial. Sin embargo, con mayores adiciones, la media disminuye a 139.85 para el 2% y a 117.68 para el 3%, aunque siguen siendo superiores al patrón sin adición. La desviación estándar también muestra una gran

variabilidad, siendo más alta para la adición del 1% (317.93), lo que sugiere una dispersión significativa en los resultados. Los percentiles también reflejan estas tendencias, con los valores de los percentiles 25, 50 y 75 indicando una mejora inicial en resistencia que se estabiliza o disminuye con mayores porcentajes de adición.

**Tabla 31:** Análisis descriptivo de resistencia a la compresión

<b>descriptivos: resistencia a compresión % f c</b>				
<b>edad (días)</b>	<b>3 días</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
Media	69.90	143.54	165.14	212.37
Desviación	7.05	206.95	251.45	283.96
Mínimo	57.10	70.80	80.70	91.30
Máximo	83.20	820.00	1110.00	970.00
p25	64.53	76.05	85.93	95.00
p50	69.55	83.05	89.15	106.10
p75	75.25	88.18	103.05	130.15

**Fuente:** Elaboración propia

La resistencia a compresión del mortero también varía significativamente con el tiempo de curado. A los 3 días, la media de resistencia es de 69.90, con una baja desviación estándar de 7.05, indicando resultados bastante consistentes. A los 7 días, la media aumenta considerablemente a 143.54, pero con una desviación estándar mucho mayor de 206.95, señalando una mayor variabilidad. A los 14 y 28 días, la media sigue aumentando a 165.14 y 212.37 respectivamente, con desviaciones estándar también elevadas, lo que refleja una mayor dispersión de los datos a medida que el tiempo de curado se prolonga. Estos resultados sugieren que la resistencia a compresión del mortero mejora con el tiempo, alcanzando su máximo a los 28 días, aunque la variabilidad en los resultados indica posibles inconsistencias en el proceso de curado o en la calidad de las muestras.

**Tabla 32:** Análisis descriptivo resistencia a la compresión % por la temperatura.

<b>descriptivos: resistencia a compresión % f c</b>		
<b>temperatura °c</b>	<b>1 ° c</b>	<b>5 ° c</b>
Media	69.90	143.54
Desv. Desviación	7.05	206.95

Mínimo	57.10	70.80
Máximo	83.20	820.00
p25	64.53	76.05
p50	69.55	83.05
p75	75.25	88.18

**Fuente:** Elaboración propia

La temperatura de curado tiene un impacto notable en la resistencia a compresión del mortero. A una temperatura de 1°C, la media de resistencia es de 69.90, con una desviación estándar de 7.05, lo que indica resultados consistentes, pero con una resistencia relativamente baja. Al aumentar la temperatura de curado a 5°C, la media de resistencia a compresión incrementa significativamente a 143.54, aunque la desviación estándar también aumenta a 206.95, lo que indica una mayor variabilidad en los resultados. Los percentiles reflejan esta tendencia, mostrando un incremento en la resistencia con el aumento de la temperatura. Estos datos sugieren que una temperatura de curado más alta mejora la resistencia a compresión del mortero, posiblemente debido a una tasa de reacción química más eficiente, aunque también introduce una mayor dispersión en los resultados, lo que podría estar relacionado con variaciones en las condiciones de curado.

**Prueba de anova:**

**Ho: no hay diferencia .....**

**H1: hay al menos una diferencia entre los factores**

P valor < 0.05 , rechazamos ho y aceptamos h1

P valor > 0.05 , rechazamos h1 y aceptamos h0

**Tabla 33:** Análisis bi factorial para tiempo, temperatura según la prueba de compresión.

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	443633,118	7	63376.160	1.359	0.233
Intersección	2095390.510	1	2095390.510	44.923	0.000
MORTERO	172265.264	3	57421.755	1.231	0.033
DIAS	253344.134	3	84448.045	1.810	0.010

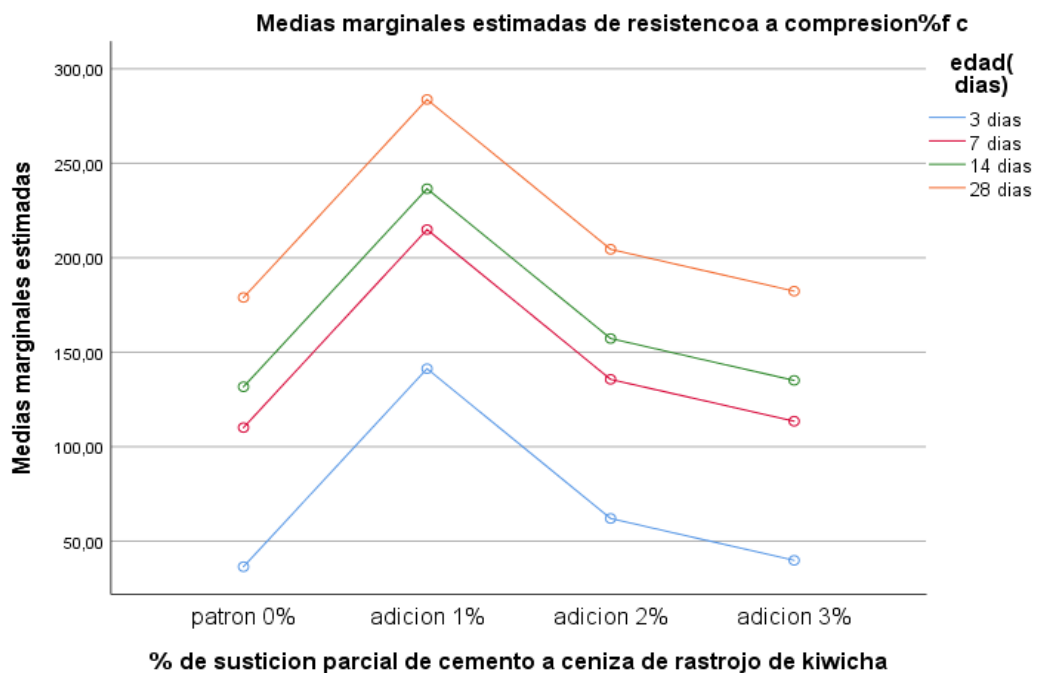


TENPERATURA	18023.720	1	18023.720	0.386	0.005
Error	4104690.492	88	46644.210		
Total	6643714.120	96			
Total corregido	4548323.610	95			

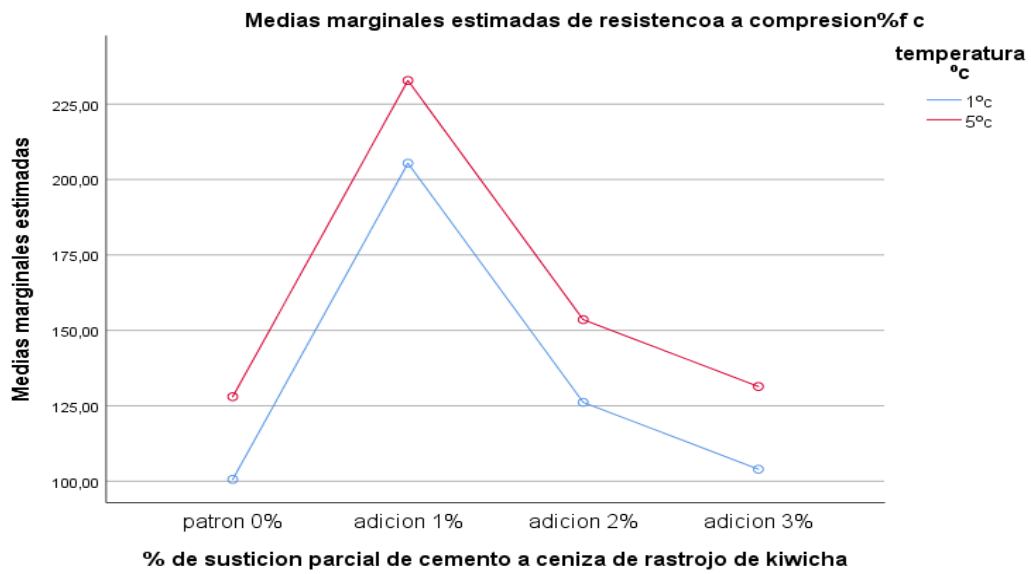
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34:** Análisis comparativo tukey para tiempo, temperatura según la prueba de compresión.

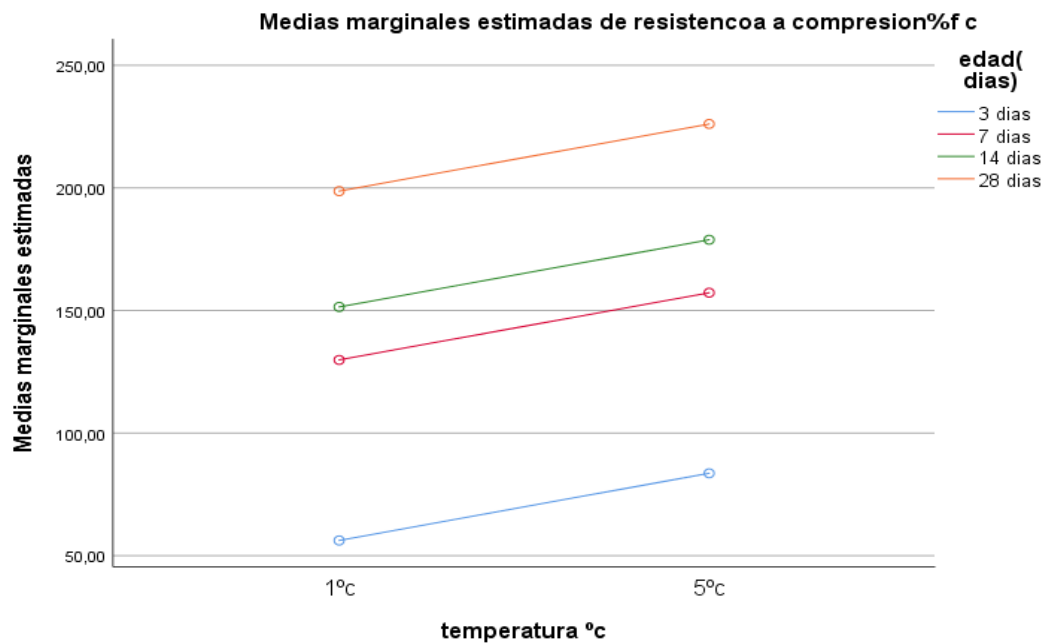
resistencia a la compresión			
HSD Tukey			
% de sustitución parcial de cemento a ceniza de rastrojo de kiwicha	N	Subconjunto	
		1	2
patrón 0%	24	114.3167	
adición 3%	24	117.6792	
adición 2%	24	139.8458	
adición 1%	24		219.1167
P valor		0.340	0.023



**Figura 27:** Grafica comparativa tukey de resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días de curado con adición de 0%, 1%, 2% y 3%.



**Figura 28:** Grafica comparativa tukey de resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C con adición de 0%, 1%, 2% y 3%.



**Figura 29:** Grafica comparativa tukey de resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días curados a 1°C y 5°C.

La prueba ANOVA revela que la incorporación de ceniza de rastrojo de kiwicha en el mortero influye significativamente en la resistencia a compresión, especialmente con una adición del 1%, que muestra una mejora notable en comparación con otras proporciones. El análisis indica que la media de resistencia a compresión aumenta con la adición del 1% (219.12), mientras que otras adiciones muestran menos mejora o incluso una ligera disminución. Además, tanto el tiempo de curado (días) como la temperatura tienen efectos significativos en la resistencia a compresión del mortero, como lo demuestran sus respectivos valores F y niveles de significancia. El tiempo de curado a 28 días y temperaturas más altas mejoran la resistencia, aunque con mayor variabilidad en los resultados.

El análisis HSD de Tukey confirma que la adición del 1% de ceniza de rastrojo de kiwicha mejora significativamente la resistencia a compresión del mortero, formando un subconjunto separado con una resistencia media más alta en comparación con otros niveles de adición. Las diferencias significativas observadas en los valores de resistencia a compresión apoyan la hipótesis H1 de que la ceniza de rastrojo de kiwicha influye en las propiedades mecánicas del mortero en muros portantes. En resumen, estos resultados sugieren que la optimización de la proporción de ceniza de kiwicha y el control del tiempo y la temperatura de curado son cruciales para mejorar la resistencia a compresión del mortero en climas fríos como el de Huancabamba.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según la investigación realizada por Skoczylas y Rucińska, el uso de nanosilice en morteros de cemento ha demostrado aumentar significativamente la resistencia a la compresión y disminuir la absorción de agua, en particular a temperaturas de curación más bajas. (2019). Cuando se trataba de mejorar la resistencia a la compresión, nuestro estudio usando cenizas de rascado de kiwicha tuvo resultados comparables, tal vez con una adición del 1%. Sin embargo, encontramos que la resistencia disminuye a medida que aumentan las adiciones de cenizas, superando incluso el patrón sin adición. Nuestros resultados demostraron que la ceniza aumentó la absorción de agua, pero que las absorciones disminuyeron algo con el aumento de las concentraciones de ceniza. El rendimiento del mortero depende en gran medida de factores externos, como lo demuestra el efecto de la temperatura de curación. A pesar de que Skoczylas y Rucińska encontraron ganancias en temperaturas más bajas, nuestros datos demostraron que la resistencia a la compresión y la absorción del agua eran mejores a temperaturas superiores dentro del rango de frío. Estos resultados implican que, al igual que la nano silicato, pero comportándose de manera diferente con respecto a la absorción de agua, la ceniza de rascado de kiwicha es útil en lugares fríos para aumentar las cualidades mecánicas del mortero. Para que el kiwicha escaneando cenizas en mortero funcione lo mejor posible, es importante optimizar la adición % y regular las circunstancias de curación.

A todas las temperaturas y edades de cicatrización, el K-AAS activado con silicato de potasio obtuvo mejores resultados en resistencia a la compresión y flexión que los N-AA activados con silicato de sodio, de acuerdo con la investigación de Ju et al. (2022) que examinó el impacto del catión alcalino en mortales de cicatrices activadas con alcalina de frío extremo. (AAS). Mientras que la adición de cenizas de rascado de kiwicha a los morteros mejoró la absorción de agua, nuestro estudio encontró que la resistencia a la compresión mejoró significativamente (hasta el 219,12% con una adición del 1%). En consonancia con las investigaciones previas sobre nano-silica, los resultados muestran que la ceniza de rascado de kiwicha mejora las propiedades mecánicas del mortero de clima frío. Sin embargo, las ventajas de este aditivo

sólo se pueden realizar plenamente controlando cuidadosamente la proporción de aditivos y las condiciones de curación.

Un estudio de 2019 realizado en Cajamarca, Perú, por Medina titulado "Mejorando las características físico-mecánicas del mortero auto-limpiador mediante la incorporación de dióxido de titanio" buscó determinar las cantidades ideales de agua y titanios para mejorar la absorción, la permeabilidad y la resistencia a la compresión de la mortera auto limpiadora. Se aplicaron tratamientos de mortero con diferentes concentraciones de  $TiO_2$  y cantidades de agua utilizando un diseño experimental descriptivo. Se evaluó la influencia en la resistencia a la compresión, la permeabilidad y la absorción. El tratamiento más exitoso, según los datos, alcanzó un equilibrio entre las cualidades estudiadas, con 3% de  $TiO_2$  y 90% de agua efectiva. Encontramos un patrón similar cuando comparamos estos hallazgos con nuestros estudios anteriores sobre cómo la ceniza de rascado de kiwicha afectó a las cualidades físicas y mecánicas del mortero en las paredes de los portadores de temporada fría en Huancabamba. Según nuestra investigación, la ceniza de rascado de kiwicha tiene un efecto sustancial en las características del mortero, lo que la hace más resistente a la compresión a una tasa de adición adecuada del 1% (albeit this value varies widely). Esto confirma lo que la investigación de Medina encontró: que un tratamiento con el 3% de  $TiO_2$  fue el más eficaz. Ambas pruebas también muestran que la temperatura y el tiempo de curación tienen un gran impacto en la resistencia a la compresión del mortero, con temperaturas más altas y 28 días dando los mejores resultados. En resumen, nuestros resultados muestran que la mejora de las características del mortero es posible mediante la adición de ciertos componentes como cenizas de queso de kiwicha o dióxido de titanio. Las consideraciones importantes también incluyen la temperatura y el período de cicatrización.

En Arequipa, el investigador peruano Hermoza (2019) examinó morteros de ceniza geopolimérica y morteras de cemento de Portland lado a lado. Los resultados mostraron que los morteros de ceniza geopolimérica, en particular los activados únicamente con NaOH, lograron una resistencia a la compresión similar a los segundos, lo que dio credibilidad a la idea de utilizar ceniza volcánica como sustituto sostenible. Sin embargo, una investigación llevada a cabo en Huancabamba sobre los efectos de la ceniza de rascado de kiwicha en morteros de pared de uso frío encontró que una adición del 1% aumentó considerablemente la resistencia a la compresión, mientras que las adiciones más grandes la disminuyeron. Además, el tiempo de curación y la temperatura tuvieron un impacto significativo en la resistencia y la absorción del mortero. Este estudio hace hincapié en la necesidad de optimizar la proporción de cenizas y controlar el proceso de curación para la construcción sostenible en climas fríos.

En Huancabamba se estudió el impacto de las cenizas de rascado de kiwicha en las características físicas y mecánicas del mortero en paredes de cargador diseñadas para climas fríos, y los hallazgos son iluminantes. La adición de cenizas a la mortera aumenta su resistencia a la compresión, especialmente a la adición del 1%, pero mantener este efecto es difícil porque la menor resistencia de compresión se ve en mayores porcentajes de adición. La fuerza de mortero también es sensible a los cambios en la temperatura y el tiempo de curación, con el primero que normalmente conduce a un aumento en el último. Existe una clara relación inversa entre la temperatura y la absorción en el mortero; en las temperaturas más bajas, el nivel de absorción es más alto, y las cenizas afectan claramente a estas cualidades; añadiendo el 2% de ceniza a la mezcla aumenta el máximo. Para resumir, estos resultados dan credibilidad a la idea de que la ceniza de rascado de kiwicha afecta las propiedades físicas y mecánicas del mortero de clima frío. También muestra la importancia de optimizar la proporción de cenizas al tiempo que se controla el tiempo de curación y la temperatura para hacer que las estructuras sean más resistentes a este tipo de condiciones meteorológicas.

## **VI. CONCLUSIONES**

Cuando se añadió cenizas de rascado de kiwicha a los morteros, se mejoró la resistencia a la compresión; esto fue notablemente el caso cuando se hizo la adición del 1%, ya que se observó un aumento notable. Con una adición del 1%, se observaron aumentos del 114,32% en el patrón no añadido a un máximo del 219,12%. Este resultado indica que la ceniza de rascado de kiwicha tiene el potencial de ser una adición útil para fortificar morteros ( $p < 0,05$ ).

Las concentraciones más altas de cenizas, por otro lado, mostraron una tendencia negativa en la resistencia a la compresión, con adiciones de 2% y 3% que condujeron a una reducción de resistencia en comparación con el 1%. Este resultado hace hincapié en la importancia de una dosis cautelosa de cenizas para maximizar los beneficios, incluso si sigue siendo mejor que el patrón sin adición ( $p < 0,05$ ).

La adición de cenizas aumentó la cantidad de agua absorbida; la mayor cantidad se encontró en el 2% de la adición (11,98%). Pero hubo una pequeña caída al 3%, lo que indica que el impacto de cenizas podría haber alcanzado la saturación. Estas conclusiones respaldan aún más la necesidad de equilibrar los efectos beneficiosos sobre la resistencia con la regulación de la absorción de agua ( $p < 0,05$ ).

La prueba ANOVA respaldó la relevancia de la ceniza de rascado de kiwicha como elemento decisivo en las características mecánicas de los morteros mostrando significancia estadística en su impacto en la resistencia a la compresión ( $p < 0,05$ ).

El impacto de la temperatura de curación en la absorción del agua y la resistencia a la compresión hace hincapié en la importancia de los factores ambientales para el comportamiento del mortero. Las mejores cualidades de mortero fueron preferidas por las temperaturas más altas, incluso en el rango frío ( $p < 0,05$ ).

Con un perfil distinto de comportamiento de absorción de agua ( $p < 0,05$ ), estos resultados son consistentes con la conclusión de que la ceniza de rascado de kiwicha tiene un potencial sustancial como complemento para mejorar las

características mecánicas de los morteros en regiones frías. Los beneficios son similares a los de la nanosilica.

Para optimizar las ventajas de las cenizas de escaneo de kiwicha en mortero, es importante gestionar estrictamente las condiciones de curación y optimizar la proporción de adición ( $p < 0,05$ ).

Estos hallazgos de investigación demuestran la relevancia y usabilidad de la ceniza de filtrado de kiwicha en el sector de la construcción al ofrecer pruebas sólidas de su potencial como una adición muy eficiente para mejorar las características mecánicas de los morteros en clima frío ( $p < 0,05$ ).



## VII. RECOMENDACIONES

- Según el estudio de combinaciones de aditivo presenta posibilidades de combinar la ceniza de rastrojo de kiwicha con otros aditivos comúnmente utilizados en morteros, como la nano sílice. Explorar estas combinaciones puede conducir a mejoras sinérgicas en las propiedades del mortero, lo que aumentaría su rendimiento y durabilidad.
- Evaluación de la influencia del tiempo de curado es importante analizar cómo varían las propiedades del mortero con la ceniza de rastrojo de kiwicha durante períodos de curado más largos. Se sugiere realizar pruebas a intervalos de tiempo más extensos para evaluar la resistencia a largo plazo y la estabilidad del mortero con la adición de ceniza.
- En esta investigación para las dosificaciones óptima es crucial llevar a cabo investigaciones adicionales para determinar la dosis ideal de ceniza de rastrojo de kiwicha en los morteros. Se deben realizar pruebas exhaustivas con diferentes concentraciones de ceniza para identificar la proporción que maximiza la resistencia a la compresión y minimiza la absorción de agua.
- Análisis de costos y disponibilidad a escala comercial es fundamental realizar un análisis detallado de los costos asociados con la producción de morteros con ceniza de rastrojo de kiwicha en comparación con los morteros convencionales. Además, se debe evaluar la disponibilidad de la ceniza a escala comercial y considerar los posibles desafíos logísticos asociados con su transporte y almacenamiento.
- Desarrollo de directrices de aplicación específicas es recomendable desarrollar directrices claras y específicas para la aplicación de morteros con ceniza de rastrojo de kiwicha en diferentes contextos de construcción. Estas directrices deben abordar aspectos como la preparación de la mezcla, los métodos de curado y las condiciones ambientales óptimas.
- Educación y capacitación a los profesionales de la construcción sobre los beneficios y el uso adecuado de los morteros con ceniza de rastrojo de kiwicha. Esto puede incluir seminarios, talleres y material educativo que

destaque las ventajas de este material y brinde orientación sobre las mejores prácticas para su aplicación y manejo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAT Joaquín. Análisis de normalidad: gráficos y contrastes de hipótesis [en línea], (enero de 2016). [fecha de consulta: 27 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.cienciadedatos.net/documentos/8\\_analisis\\_normalidad](https://www.cienciadedatos.net/documentos/8_analisis_normalidad). \_DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10006330>

ARIAS, José y COVINOS, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación [en línea]. 1.<sup>a</sup> ed. Perú: Enfoques Consulting EIRL, junio 2021 [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias\\_S2.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf) ISBN: 9786124844423

ARIAS, Jesús , VILLASÍS, Miguel A. y MIRANDA, María G. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia México [en línea]. vol. 63, núm.2, abril-junio,2016. [fecha de Consulta: 3 de Diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011> ISSN: 0002-5151

American Society for Testing and Materials (Estados Unidos). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens). ASTM C109, of. 21. Estados Unidos: 2021. 12 pp.

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. 3.<sup>a</sup> ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017 [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2023]. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf) ISBN: 9786077447481

BOCANEGRA, Jahir y ESPEJO, Yeyson. Influencia de la granulometría y el porcentaje de reemplazo de ladrillo reciclado sobre la resistencia a la compresión, absorción y capilaridad en la fabricación de morteros para enlucidos de albañilería.

Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2018. 186 pp.

CABEZAS, Edison D, ANDRADE, Diego y TORRES, Santamaría. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. 1.<sup>a</sup> ed. Ecuador: Comisión editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Octubre de 2018 [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15424> ISBN: 9789942765444

CABRERA, Jorge L. La adherencia en los morteros de albañilería [en línea], vol. 45, no. 240, 30 de diciembre de 1995 [consulta: 3 diciembre 2023]. DOI 10.3989/mc.1995.v45.i240.546. Disponible en: <https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/546>. ISSN 1988-3226.

CRONBACH, Lee. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika* [en línea], vol. 16, no. 3, setiembre de 1951 [consulta: 7 diciembre 2023]. DOI 10.1007/BF02310555. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF02310555>. ISSN: 1860-0980

Manual de manejo agronómico de kiwicha por Escalante Lucía [et al.]. Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2022. 80 pp. [fecha de consulta: 03 de diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2019>. ISBN 978-9972-44-102-8.

FERNÁNDEZ, Paula, VALLEJO, Guillermo, LIVACIC-ROJAS, P.E. y TUERO, Elliàn. Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales [en línea], vol. 30, no. 2, mayo, 2014. [fecha de consulta: 03 de diciembre 2023]. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0212-97282014000200039&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-97282014000200039&lng=es&nrm=iso&tlng=es). DOI 10.6018/analesps.30.2.166911. ISSN 0212-9728.

FERRÁNDEZ, Paula, YEDRA, Engerst, MORÓN, Carlos y MORÓN, Alberto. Ensayos alternativos para la determinación del tiempo de fraguado. Métodos capacitivo y resistivo = Alternative tests for the determination of the setting time. Capacitive and resistive methods. *Dyna* [en línea], vol. 95, no. 3, abril 2020 [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.revistadyna.com/busqueda/ensayos-alternativos-para-determinacion-del-tiempo-de-fraguado-metodos-capacitivo-y-resistivo>.ISSN 0012-7361.

GALLARDO, Eliana E. y CALDERON, Carlos A. Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo [en línea]. 1.<sup>a</sup> ed. Huancayo: Universidad Continental, julio de 2017 [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4278> ISBN: 9786124196

GAMARRA, Rocio. Software para el diseño estructural de albañilería con fuerzas perpendiculares al muro. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2002. 143 pp. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1358/ICI\\_080.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1358/ICI_080.pdf)

HERMOZA, Marián A. Estudio comparativo del comportamiento mecánico, físico y microestructural de morteros geopoliméricos obtenidos a partir de ceniza volcánica y morteros de cemento portland de uso tradicional. Tesis (Maestra en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de procesos, 2019. 98 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8146>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. México: Mc Graw-Hill, abril, 2014 [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf> ISBN: 9781456223960

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian P. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta [en línea]. 1.ª ed. Mexico: Mc Graw-Hill,

2018 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292> ISBN: 9781456260965

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO El Peruano. INACAL. 18 de marzo de 2022. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2050811-1>.

JU, Cheng et al. Effect of Alkali Cation on Performance of Alkali-Activated Slag Mortar in Cold Environments. *Separations* [en línea], vol. 9, no. 12, 19 de diciembre de 2022. [fecha de consulta: 4 noviembre 2023]. DOI 10.3390/separations9120450. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2297-8739/9/12/450>. ISSN: 2297-8739

LATICRETE International, Inc. Mortero para revestimiento y juntas de mortero (MVIS) en climas fríos TDS 175M [en línea]. Estados Unidos: LATICRETE International, Inc., 26 enero 2021 [fecha de consulta: 08 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://cdn.laticrete.com/~/\\_media/support-and-downloads/technical-datasheets/tds175m\\_spanish.ashx?la=en&vs=5&d=20210812T162511Z&hash=362DA4B928C5FFFFBC877E065E4193B3B8A1B7A2](https://cdn.laticrete.com/~/_media/support-and-downloads/technical-datasheets/tds175m_spanish.ashx?la=en&vs=5&d=20210812T162511Z&hash=362DA4B928C5FFFFBC877E065E4193B3B8A1B7A2). TDS175M Cold Weather Veneer Installations

LAURA, Beatriz. Determinación de parámetros en morteros autonivelantes para el control de fisuración en climas fríos. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2022. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3033>.

LIU, Zhuangzhuang et al. Effects of pre-curing treatment and chemical accelerators on Portland cement mortars at low temperature (5 °C). *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 240, 20 de abril de 2020 [fecha de consulta: 8 octubre 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.117893. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181933346X>. ISSN: 0950-0618

MA, Xiaobing et al. Using superabsorbent polymers (SAPs) to mitigate frost damage of cement mortar at early age. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 394, 29 de agosto de 2023. [fecha de consulta: 4 noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2023.132248. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823019645>. ISSN 0950-0618

MAMANI, Moises y CHAMBI, Ronald D. Influencia del calor de hidratación en concreto a bajas temperaturas, dosificado con cemento comercializados en la ciudad de Juliaca. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2020. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3369>.

MATAS, Antonio. Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa* [en línea], vol. 20, no. 1, 2018 [consulta: 5 diciembre 2023]. ISSN 1607-4041. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1607-40412018000100038&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1607-40412018000100038&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

MEDINA, Miguel et al. Metodología de la Investigación: Técnicas E Instrumentos de Investigación [en línea]. 1.<sup>a</sup> ed. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, febrero 2023 [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/90DOI>: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.80> ISBN: 9786125069702

MEDINA, Emmy C. Optimización de las propiedades físico - mecánicas del mortero autolimpiable c:a:a con dióxido de titanio. Tesis (Maestro en Ciencias). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3791>.

MEJIA GARCÍA, M.A., CHINCHILLA RIVERA, V.P. y MENDOZA BARRIOS, C.M., 2012. *Determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes cilíndricos y cúbicos, utilizando arena del Occidente del país* [en línea]. bachelor. S.l.: Universidad De El Salvador. [consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15315/>.

ÑAUPAS, Humberto et al. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis [en línea]. 5.<sup>a</sup> ed. Mexico: Ediciones de la U, setiembre, 2018 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2023]. Disponible en:

[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abu\\_so/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abu_so/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf). ISBN: 9789587628760

ORE, Christian. Incorporación de ceniza de rastrojos de quinua en muros portantes de adobe, distrito de Tambillo, Ayacucho – 2022. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2022. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88313>.

ROMERO, Manuel. Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal [en línea]. España: Revista Enfermería del trabajo, vol. 6, no. 3, 2016. [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>. ISSN: 2174-2510

SALAMANCA CORREA, R., 2001. La tecnología de los morteros. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina; Vol. 11 (2001); 41-48* [en línea], [consulta: 26 noviembre 2023]. DOI 10.18359/rcin.1353. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/33250>.

SANCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero [en línea]. 5.<sup>a</sup> ed. Colombia: Bhandar Editores LTDA, 2001. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EWq-QPJhsRAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=TECNOLOGIA+DEL+CONCRETO+Y+DEL+MORTERO+sanchez&ots=g\\_CUJowXDq&sig=IIQvM2MlaRiANWdQzw2QQAYf2A0#v=onepage&q=TECNOLOGIA%20DEL%20CONCRETO%20Y%20DEL%20MORTERO%20sanchez&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EWq-QPJhsRAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=TECNOLOGIA+DEL+CONCRETO+Y+DEL+MORTERO+sanchez&ots=g_CUJowXDq&sig=IIQvM2MlaRiANWdQzw2QQAYf2A0#v=onepage&q=TECNOLOGIA%20DEL%20CONCRETO%20Y%20DEL%20MORTERO%20sanchez&f=false) ISBN: 9589247040

SKOCZYLAS, Katarzyna y RUCIŃSKA, Teresa. The effects of low curing temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica. *Nanotechnologies in Construction* [en línea], vol. 11, no. 5, 2 de octubre de 2019. [fecha de consulta: 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2337165476/fulltextPDF/5B2740944D28442C/PQ/1?accountid=37408>. DOI: <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544> ISSN: 2075-8545.

Revista especializada para la construcción Costos [en línea]. Edición, no. 306, junio - julio 2020 [fecha de consulta: 15 de octubre de 2023]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/467772688/Revista-Costos-306-Jun-Jul-pdf>.ISSN 2223-0017

VARGAS, Zoila R. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica [en línea]. vol. 33, no. 1, 08 de junio de 2009. [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2023]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>ISSN: 0379-7082

WEI, Xiaobin et al. Influence of low-temperature curing on the mechanical strength, hydration process, and microstructure of alkali-activated fly ash and ground granulated blast furnace slag mortar. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 269, 01 de febrero de 2021 [fecha de consulta: 8 octubre 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.121811. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820338150>.ISSN 0950-0618

WEI, Xiaobin et al. Influence of Water Content on Mechanical Strength and Microstructure of Alkali-Activated Fly Ash/GGBFS Mortars Cured at Cold and Polar Regions. *Materials* [en línea], vol. 13, no. 1, 29 de diciembre de 2019 [fecha de consulta: 5 noviembre 2023]. DOI 10.3390/ma13010138. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/1/138>.ISSN: 1996-1944.



## ANEXOS

INCIDENCIA DE CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA EN LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO EN MUROS PORTANTES EN CLIMA FRIO, HUANCABAMBA-2023							
MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES							
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidad de medida	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA
VARIABLE INDEPENDIENTE: <i>Ceniza del rastrojo de kiwicha</i>	En un análisis químico realizado en las cenizas del rastrojo de quinua, se descubrió que los óxidos y minerales se forman en un horno mufla a una temperatura promedio de 600 °C durante un período de 3 horas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 0.72% de nitrógeno (N), 0.37% de óxido fósforo (P2O5), 1.35% de óxido de potasio (K2O), 2.32% óxido de calcio (CaO), y 0.77% óxido de magnesio (MgO). (Ore, 2022, p.23).	Residuo de una combustión completa caracterizado por sus propiedades físicas y mecánicas, que a dosificaciones de 1%, 2% y 3% modificarán las propiedades del mortero	Porcentaje de incorporación	0% (patrón) 1% 2% 3%	%	Intervalo	TIPO DE INVESTIGACION: Aplicada DISEÑO DE METODOLOGICO: Cuasi-Experimental NIVEL DE INVESTIGACION: Explicativo ENFOQUE: Cuantitativo
VARIABLE DEPENDIENTE: <i>Propiedades físico-mecánicas del mortero</i>	La característica fundamental del mortero en las etapas fresca y endurecida es su comportamiento tanto mecánico como físico, ya que estos factores determinan su capacidad para resistir cargas. Las propiedades físicas del mortero, como la velocidad de endurecimiento, su capacidad de absorción y su fluidez, entre otras, junto con las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y la adherencia, son determinantes en su capacidad de respuesta (Sánchez, 2001, p.308-310)	Las propiedades físicas y mecánicas del mortero se detallan como la fluidez del mortero, la capacidad de absorción, la porosidad, capacidad para resistir cargas y la durabilidad, se realizarán ensayos de resistencia a la compresión, asimismo la porosidad y la capacidad de absorción	Propiedad física	Absorción	%	Razón	
			Propiedad Mecánica	Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>		

INCIDENCIA DE CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA EN LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO EN MUROS PORTANTES EN CLIMA FRIO, HUANCABAMBA-2023							
TITULO DEL PROYECTO	INCIDENCIA DE CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA EN LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO EN MUROS PORTANTES EN CLIMA FRIO, HUANCABAMBA-2023						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION			METODOLOGIA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE:	DIMENSIONES	INDICADORES		
¿Cuál es la incidencia de la ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físicas y mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?	Determinar la incidencia de la ceniza del rastrojo de kiwicha en las propiedades físicas y mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023	La ceniza del rastrojo de kiwicha incide significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023	INDEPENDIENTE:  Ceniza del rastrojo de kiwicha	Porcentaje de incorporación	0 % (patrón) 1% 2% 3%	TIPO DE INVESTIGACION: Aplicada DISEÑO METODOLOGICO: Cuasi-Experimental NIVEL DE INVESTIGACION: Explicativo ENFOQUE: Cuantitativo	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	DEPENDIENTE:				
¿Cuál es la influencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?	Analizar la influencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023	La incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha influye significativamente en la propiedad física de absorción del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023	Propiedades físico-mecánicas del Mortero	Propiedad física	Absorción		
¿Cómo influye la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de la porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023?	Evaluar la influencia de incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad física de la porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023	La incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha influye significativamente en la propiedad física de porosidad del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023		Propiedad física	Porosidad		
¿Cuál es la incidencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del mortero en clima frío del centro poblado de Huancabamba-2023?	Determinar la incidencia de la incorporación de la ceniza del rastrojo de kiwicha en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023	La incorporación de la ceniza de rastrojo de kiwicha tiene un impacto positivo en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023		Propiedad Mecánica	Resistencia a la compresión		

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO	Código	FOR-LAB-MS-002
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	---

LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO  
 ASTM C1437

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano
<b>TESIS</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú

<b>MORTERO</b>	: 3% de Ceniza de rastrojo de kiwicha en remplazo al cemento	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	23/04/2024
----------------	--------------------------------------------------------------	-------------------------	------------

Formula:

$$\% \text{fluidéz} = \frac{\text{Díametro Promedio} - 101.6 \text{ mm}}{101.6 \text{ mm}} \times 100$$

Propiedades del agregado fino:

Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2.57
Contenido de humedad	%	1.01
Absorción	%	3.07
Modulo de fineza	-	3.00

Lecturas de fluidez:

Diámetro lectura 1 (mm)	206.5
Diámetro lectura 2 (mm)	207.6
Diámetro lectura 3 (mm)	208.4
Diámetro lectura 4 (mm)	212.5

Valores de diseño:

%Fluidez	105.5
Diametro promedio (mm)	208.8
Diametro inicial (mm)	101.6

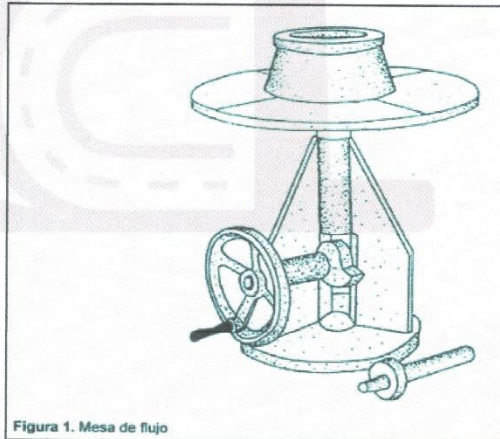


Figura 1. Mesa de flujo

OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Melazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO	Código	FOR-LAB-MS-002
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	---

LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO  
 ASTM C1437

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano
<b>TESIS</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades fisico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú

<b>MORTERO</b>	: 2% de Ceniza de rastrojo de kiwicha en remplazo al cemento	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	22/04/2024
----------------	--------------------------------------------------------------	-------------------------	------------

Formula:

$$\% \text{fluidéz} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 101.6 \text{mm}}{101.6 \text{mm}} \times 100$$

Propiedades del agregado fino:

Peso específico	g/cm3	2.57
Contenido de humedad	%	1.01
Absorción	%	3.07
Modulo de fineza	-	3.00

Lecturas de fluidez:

Diámetro lectura 1 (mm)	213.5
Diámetro lectura 2 (mm)	211.5
Diámetro lectura 3 (mm)	209.3
Diámetro lectura 4 (mm)	214.9

Valores de diseño:

%Fluidez	109.0
Diámetro promedio (mm)	212.3
Diámetro inicial (mm)	101.6

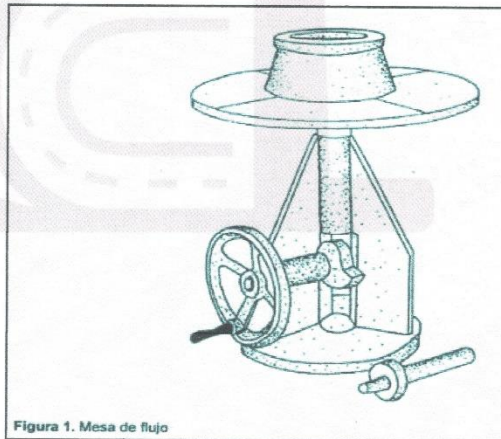



Figura 1. Mesa de flujo

OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231259 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO	Código	FOR-LAB-MS-002
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	---

LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO  
 ASTM C1437

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andia Damiano
<b>TESIS</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades fisico-mecanicas del morteros en muros portantes en clima frio, huancabamba - 2023"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú

<b>MORTERO</b>	: 1% de Ceniza de rastrojo de kiwicha en remplazo al cemento	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	21/04/2024
----------------	--------------------------------------------------------------	-------------------------	------------

Formula:

$$\% \text{fluidéz} = \frac{\text{Diametro Promedio} - 101.6 \text{mm}}{101.6 \text{mm}} \times 100$$

Propiedades del agregado fino:

Peso específico	g/cm3	2.57
Contenido de humedad	%	1.01
Absorción	%	3.07
Modulo de fineza	-	3.00

Lecturas de fluidez:

Diámetro lectura 1 (mm)	215.3
Diámetro lectura 2 (mm)	216.5
Diámetro lectura 3 (mm)	215.4
Diámetro lectura 4 (mm)	214.6

Valores de diseño:

%Fluidez	112.1
Diametro promedio (mm)	215.5
Diametro inicial (mm)	101.6

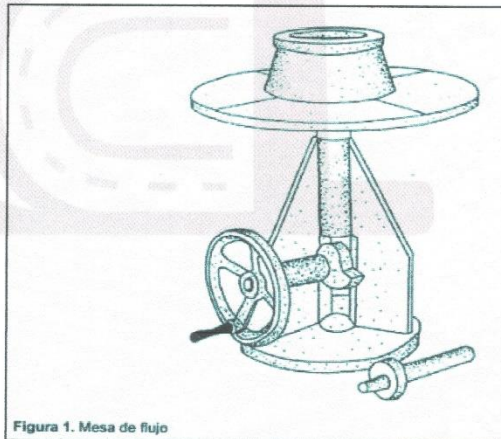



Figura 1. Mesa de flujo

OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos de Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO	Código	FOR-LAB-MS-002
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	---

LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO  
 ASTM C1437

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano
<b>TESIS</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades fisico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú

<b>MORTERO</b>	: Patrón	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	20/04/2024
----------------	----------	-------------------------	------------

Formula:

$$\% \text{fluidéz} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 101.6 \text{mm}}{101.6 \text{mm}} \times 100$$

Propiedades del agregado fino:

Peso específico	g/cm3	2.57
Contenido de humedad	%	1.01
Absorción	%	3.07
Modulo de fineza	-	3.00

Lecturas de fluidez:

Diámetro lectura 1 (mm)	219.3
Diámetro lectura 2 (mm)	216.6
Diámetro lectura 3 (mm)	217.4
Diámetro lectura 4 (mm)	217.3

Valores de diseño:

%Fluidez	114.2
Diametro promedio (mm)	217.7
Diametro inicial (mm)	101.6

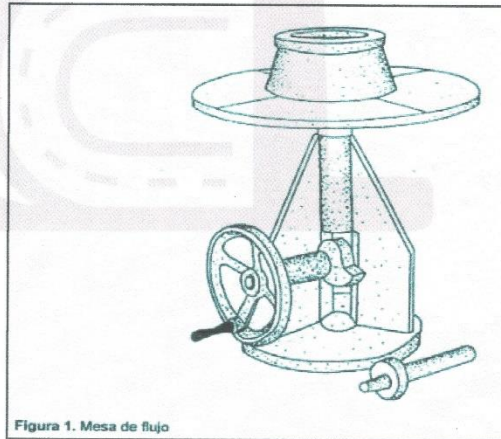



Figura 1. Mesa de flujo

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP Nº 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

suelos- concreto - asfalto



+51 993 638 679 / 993 376 155  
 informes@tclgeotecniasac.com  
 www.tclgeotecniasac.com

Mz I2 Lt15 Calle la Madrid,  
 Asociación San Francisco de Cayran III etapa  
 San Martín de Porres, Lima, Perú.  
 (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-PR-LAB-AG-004.01
		Revisión	2
		Aprobado	TC-TCL
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C128			
TESIS : Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, HuancaBamba-2023 SOLICITANTE : Randy Andía Damiano UBICACIÓN : Lima - Perú			
Centera : Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuayles Material : Agregado fino N° Muestra : M-01		Ensayado por: P. Tasaayo C. Fecha de ensayo: 19/04/2024	
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS</b> ASTM C128			

A) INFORMACIÓN DE LABORATORIO:

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3
1	Peso de Muestra Seca	gr	483.60	483.40
2	Peso de fiola + Agua	gr	659.00	647.40
3	Peso de Fiola + Muestra SSS + Agua	gr	971.20	959.60
4	Peso de Muestra SSS	gr	500.00	500.00
8)	Peso Especifico de la Masa (SSS )	gr/cc	2.66	2.66
9)	Peso Especifico de la Masa (OD)	gr/cc	2.58	2.57
10)	Peso Especifico de la Masa (Aparente)	gr/cc	2.82	2.82
11)	Absorción	%	3.07	3.07

B) PESO ESPECÍFICO:

PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S	gr/cc	2.66
PESO ESPECÍFICO DE MASA HORNO SECO	gr/cc	2.57
PESO ESPECÍFICO DE MASA APARENTE	gr/cc	2.82

C) ABSORCIÓN DE AGUA:

ABSORCIÓN (%)	3.07
---------------	------

OBSERVACIONES:

\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231260 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO PARA AGREGADOS	Código	FOR-PR-LAB-AG-002.01
		Revisión	3
		Aprobado	TC-TCL
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C29			
TESIS : Incidencia de ceniza de rastrojo de kwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023 SOLICITANTE : Randy Andía Damiano UBICACIÓN : Lima - Perú			
Cantera : Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas Material : Agregado fino N° Muestra : M-01			
			Ensayado por: P. Tasyco C. Fecha de ensayo: 17/04/2024
<b>PESO UNITARIO PARA AGREGADOS</b> ASTM C29			

**A) PESO UNITARIO COMPACTADO:**

Método utilizado Método A (PUC, TMN<1 1/2')  
 Recipiente utilizado R1 (Pequeño)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	7.70	7.70	7.72
2	Peso del Recipiente	kg	2.54	2.54	2.54
3	Peso de la Muestra	kg	5.17	5.18	5.18
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.00287	0.00287	0.00287
5	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1799.65	1798.61	1804.18

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1801</b>
----------------------------------------------------	-------------

**B) PESO UNITARIO SUELTO:**


Método utilizado Método C (PUS)  
 Recipiente utilizado R1 (Pequeño)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	7.04	7.12	7.10
2	Peso del Recipiente	kg	2.54	2.54	2.54
3	Peso de la Muestra	kg	4.50	4.58	4.56
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	0.00287	0.00287	0.00287
5	Peso Unitario Compactado	gr/cm <sup>3</sup>	1568.64	1596.86	1588.15

<b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1585</b>
------------------------------------------------	-------------

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA







LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
 ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andia Damiano
<b>TESIS</b>	: Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades fisico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>Fecha de ensayo:</b> 19/04/2024	

DISEÑO DE MORTERO 1 EN 4							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>	
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TOTORAL	2.57	3.00	1.0	3.07	1585.0	1801.0	

MATERIALES: CEMENTO, AGREGADO FINO, CENIZA Y AGUA							
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>							
1	FLUIDEZ			105.5	%		
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			N4			
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.809			
4	AGUA			285			
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>							
<b>FACTOR CEMENTO</b>		355.000					
Volumen absoluto del cemento				0.1138	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Agua				0.2850	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.399
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>							
Volumen absoluto del Agregado fino				0.6012	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.601
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>							1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>							
CEMENTO				344	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA				285	Lt/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO				1545	Kg/m <sup>3</sup>		
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (3% reemplazo al peso de cemento)				10.65	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2185	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD</b>							
AGREGADO FINO HUMEDO				1560.7	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>							
AGREGADO FINO				2.06	Lts/m <sup>3</sup>		31.8
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>							31.8
							316.8
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>							
CEMENTO				344	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA				317	Lts/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO				1561	Kg/m <sup>3</sup>		
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (3% reemplazo al peso de cemento)				10.65	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>							
<b>CANTIDAD DE MATERIALES (1.6 lt.)</b>				2222	Kg/m <sup>3</sup>		
CEMENTO				551.0	g		
AGUA				506.9	ml		
AGREGADO FINO				2497.2	g		
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (3% reemplazo al peso de cemento)				17.0	g		
<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (seco)</b>				<b>PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (seco)</b>			
C	1.0			C	1.0		
A.F	4.35			A.F	4.12		
H2o	37.9			H2o	37.9		

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 251290	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
 ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andia Damiano
<b>TESIS</b>	: Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades fisico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>Fecha de ensayo:</b> 19/04/2024	

DISEÑO DE MORTERO 1 EN 4							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>	
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TOTAL	2.57	3.00	1.0	3.07	1585.0	1801.0	
<b>MATERIALES: CEMENTO, AGREGADO FINO, CENIZA Y AGUA</b>							
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>							
1 FLUIDEZ				109.0	%		
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				N4			
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.803			
4 AGUA				285			
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>							
FACTOR CEMENTO		355.000			Kg/m <sup>3</sup>	8.4	Bts/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1138		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.2850		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>							
Volumen absoluto del Agregado fino				0.6012		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.399
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>							
							0.601
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>							
CEMENTO				348		Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				285		Lt/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				1545		Kg/m <sup>3</sup>	
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (2% reemplazo al peso de cemento)				7.10		Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) PESO DE MEZCLA</b>							
CORRECCIÓN POR HUMEDAD				2185		Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO HUMEDO				1580.7		Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>							
AGREGADO FINO				2.06		Lts/m <sup>3</sup>	31.8
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>							
							31.8
							316.8
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>							
CEMENTO				348		Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				317		Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				1561		Kg/m <sup>3</sup>	
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (2% reemplazo al peso de cemento)				7.10		Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>							
CANTIDAD DE MATERIALES (1.6 lt.)				2225		Kg/m <sup>3</sup>	
CEMENTO				556.6		g	
AGUA				506.9		ml	
AGREGADO FINO				2497.2		g	
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (2% reemplazo al peso de cemento)				11.4		g	
<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (seco)</b>				<b>PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (seco)</b>			
C	1.0			C	1.0		
A.F	4.35			A.F	4.12		
H2o	37.9			H2o	37.9		

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Alejandro Elias Melazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
 ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	<b>Fecha de ensayo:</b>	19/04/2024
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano		
<b>TESIS</b>	: Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú		

DISEÑO DE MORTERO 1 EN 4							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>	
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TOTORAL	2.57	3.00	1.0	3.07	1585.0	1801.0	

MATERIALES: CEMENTO, AGREGADO FINO, CENIZA Y AGUA							
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>							
1	FLUIDEZ			112.1	%		
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			N4			
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.803			
4	AGUA			285			
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>							
FACTOR CEMENTO		355.000					
Volumen absoluto del cemento				0.1138	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Agua				0.2850	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS							0.399
Volumen absoluto del Agregado fino				0.6012	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS							1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>							
CEMENTO				351	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA				285	L/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO				1545	Kg/m <sup>3</sup>		
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (1% reemplazo al peso de cemento)				3.55	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>D) PESO DE MEZCLA</b>							
CORRECCION POR HUMEDAD				2185	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO HUMEDO				1560.7	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>							
AGREGADO FINO				2.06	%		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					Lts/m <sup>3</sup>		
					31.8		
					31.8		
					316.8	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>							
CEMENTO				351	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA				317	Lts/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO				1561	Kg/m <sup>3</sup>		
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (1% reemplazo al peso de cemento)				3.55	Kg/m <sup>3</sup>		
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>							
CANTIDAD DE MATERIALES (1.6 lt.)				2229	Kg/m <sup>3</sup>		
CEMENTO				562.3	g		
AGUA				506.9	ml		
AGREGADO FINO				2497.2	g		
CENIZA DE RASTROJO DE KIWICHA (1% reemplazo al peso de cemento)				3.55	g		
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (seco)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (seco)</b>			
C	1.0			C	1.0		
A.F	4.35			A.F	4.12		
H2o	37.9			H2o	37.9		

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231290 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
 ACI 211

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Randy Andia Damiano  
**TESIS** : Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023  
**UBICACIÓN** : Lima - Perú **Fecha de ensayo:** 19/04/2024

DISEÑO DE MORTERO 1 EN 4						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TOTAL	2.57	3.00	1.0	3.07	1585.0	1801.0

**MATERIALES: CEMENTO, AGREGADO FINO Y AGUA**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	FLUIDEZ			114.2	%	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			N4		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.803		
4	AGUA			285		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
	FACTOR CEMENTO	355.000		Kg/m <sup>3</sup>	8.4	Bis/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1138	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.2850	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.399
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.6012	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					0.601
	1.000					
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			285	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			1545	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) PESO DE MEZCLA</b>						
	CORRECCIÓN POR HUMEDAD			2185	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO HUMEDO			1580.7	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
	AGREGADO FINO			2.06	%	Lts/m <sup>3</sup>
						31.8
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					31.8
						318.8
						Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			317	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			1561	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) PESO DE MEZCLA</b>						
	CANTIDAD DE MATERIALES (1.8 lt.)			2233	Kg/m <sup>3</sup>	
	CEMENTO			568.0	g	
	AGUA			506.9	ml	
	AGREGADO FINO			2497.2	g	
<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (seco)</b>			<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (seco)</b>			
C	1.0		C	1.0		
A.F	4.35		A.F	4.12		
H2o	37.9		H2o	37.9		

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto, Asfalto Alejandro Elias Melazco Rios INGENIERO CIVIL CP N° 231250	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO</b>
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C642 / NTP 339.187

**TESIS** : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas de los morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"  
**SOLICITANTES** : Randy Andía Damiano  
**UBICACIÓN** : Lima - Perú

**Tipo de muestra** : Espácamenes cilíndricos  
**Fecha de vaciado** : 23/04/2024  
**Fecha de ensayo** : 21/05/2024  
**Edad** : 28 días

RESULTADOS ASTM C642	3% C.R.K. 1°C M-1 28 DIAS	3% C.R.K. 1°C M-2 28 DIAS	3% C.R.K. 1°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO	3% C.R.K. 5°C M-1 28 DIAS	3% C.R.K. 5°C M-2 28 DIAS	3% C.R.K. 5°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	11.6%	11.2%	11.6%	11.4%	11.2%	10.9%	11.0%	11.0%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	10.0%	9.9%	10.2%	10.0%	10.1%	10.1%	10.2%	10.1%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.947	1.950	1.941	194.6%	1.946	1.959	1.944	194.9%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.172	2.168	2.166	216.9%	2.164	2.172	2.158	216.5%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.142	2.142	2.139	214.1%	2.142	2.166	2.142	214.7%
DENSIDAD APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )	2.418	2.414	2.421	241.8%	2.421	2.439	2.424	242.8%
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	19.5%	19.2%	19.8%	19.5%	19.6%	19.7%	19.8%	19.7%

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e elaboradas en laboratorio  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de TCL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto  Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231256	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------




**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C642 / NTP 339.187

**TESIS** : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas de los morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"  
**SOLICITANTES** : Randy Andía Damiano  
**UBICACIÓN** : Lima - Perú

**Tipo de muestra** : Especímenes cilíndricos  
**Fecha de vaciado** : 22/04/2024  
**Fecha de ensayo** : 20/05/2024  
**Edad** : 28 días

RESULTADOS ASTM C642	2% C.R.K. 1°C M-1 28 DIAS	2% C.R.K. 1°C M-2 28 DIAS	2% C.R.K. 1°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO	2% C.R.K. 5°C M-1 28 DIAS	2% C.R.K. 5°C M-2 28 DIAS	2% C.R.K. 5°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	12.0%	11.9%	12.1%	12.0%	12.0%	11.8%	12.0%	12.0%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	9.8%	9.8%	9.6%	9.7%	10.0%	9.8%	10.2%	10.0%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.924	1.924	1.939	192.9%	1.910	1.916	1.911	191.3%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.155	2.152	2.175	216.0%	2.141	2.143	2.141	214.1%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.112	2.112	2.125	211.6%	2.102	2.104	2.105	210.4%
DENSIDAD APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )	2.371	2.371	2.381	237.4%	2.362	2.359	2.371	236.4%
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	18.9%	18.9%	18.5%	18.8%	19.1%	18.8%	19.4%	19.1%

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e elaboradas en laboratorio  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de TCL GEOTECNIA SAC

<b>Elaborado por:</b>  Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b> TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto  Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL C.P. N° 231259 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	<b>Aprobado por:</b> TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO</b>
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C642 / NTP 339.187

**TESIS** : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"  
**SOLICITANTES** : Randy Andía Damiano  
**UBICACIÓN** : Lima - Perú

**Tipo de muestra** : Especímenes cilíndricos  
**Fecha de vaciado** : 21/04/2024  
**Fecha de ensayo** : 19/05/2024  
**Edad** : 28 días

RESULTADOS ASTM C642	1% C.R.K. 1°C M-1 28 DIAS	1% C.R.K. 1°C M-2 28 DIAS	1% C.R.K. 1°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO	1% C.R.K. 5°C M-1 28 DIAS	1% C.R.K. 5°C M-2 28 DIAS	1% C.R.K. 5°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	11.5%	11.0%	11.3%	11.3%	11.1%	11.3%	11.0%	11.2%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	9.5%	9.3%	9.4%	9.4%	9.7%	9.6%	9.5%	9.6%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.936	1.929	1.948	193.7%	1.937	1.939	1.952	194.3%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.159	2.141	2.168	215.6%	2.153	2.158	2.167	215.9%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.119	2.107	2.131	211.9%	2.125	2.126	2.138	213.0%
DENSIDAD APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )	2.371	2.348	2.385	236.8%	2.385	2.385	2.399	239.0%
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	18.4%	17.9%	18.3%	18.2%	18.8%	18.7%	18.6%	18.7%

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e elaboradas en laboratorio  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de TCL GEOTECNIA SAC

<b>Elaborado por:</b>  Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b> TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231289 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	<b>Aprobado por:</b> TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
--------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO</b>
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
 ASTM C642 / NTP 330.187

**TESIS** : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"  
**SOLICITANTES** : Randy Andía Damiano  
**UBICACIÓN** : Lima - Perú

**Tipo de muestra** : Especímenes cilíndricos  
**Fecha de vaciado** : 20/04/2024  
**Fecha de ensayo** : 18/05/2024  
**Edad** : 28 días

RESULTADOS ASTM C642	PATRÓN 1°C M-1 28 DIAS	PATRÓN 1°C M-2 28 DIAS	PATRÓN 1°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO	PATRÓN 5°C M-1 28 DIAS	PATRÓN 5°C M-2 28 DIAS	PATRÓN 5°C M-3 28 DIAS	PROMEDIO
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	10.9%	10.6%	10.7%	10.7%	11.4%	10.6%	11.2%	11.1%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	9.3%	9.2%	9.3%	9.3%	9.8%	9.9%	9.7%	9.8%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.873	1.882	1.886	188.0%	1.873	1.840	1.886	186.6%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.077	2.081	2.089	208.2%	2.087	2.035	2.096	207.3%
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm <sup>3</sup> )	2.047	2.054	2.062	205.5%	2.057	2.022	2.068	204.9%
DENSIDAD APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )	2.289	2.274	2.288	227.7%	2.296	2.249	2.306	228.4%
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	17.5%	17.3%	17.6%	17.4%	18.4%	18.2%	18.2%	18.3%

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e elaboradas en laboratorio  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de TCL GEOTECNIA SAC

<b>Elaborado por:</b>  Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b> TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elías Velazco Ríos INGENIERO CIVIL CIP N° 231260 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	<b>Aprobado por:</b> TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			

<b>PROYECTO</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas de morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"		
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú		
<b>EXPEDIENTE N°</b>	: -		
<b>Cantera</b>	: Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas		
<b>Material</b>	: Mortero - 3% C.R.K. en reemplazo al cemento		<b>Ensayado por:</b> P. Tascayo C.
<b>N° Muestra</b>	: M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09		<b>Fecha de ensayo:</b> 21/05/2024

**COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO**  
MTC E 609

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Dosisificación: -  
 Resistencia de Diseño: 150 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fc Diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	% Fc
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	26/04/2024	3	25.0	2827.6	113.1	150.0	75.4
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	26/04/2024	3	25.0	2869.4	114.8	150.0	76.5
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	26/04/2024	3	25.0	2910.2	116.4	150.0	77.6
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	30/04/2024	7	25.0	3153.9	126.2	150.0	84.1
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	30/04/2024	7	25.0	3181.5	127.3	150.0	84.8
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	30/04/2024	7	25.0	3229.4	129.2	150.0	86.1
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	7/05/2024	14	25.0	3651.5	146.1	150.0	97.4
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	7/05/2024	14	25.0	3500.6	140.0	150.0	93.4
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	7/05/2024	14	25.0	3535.3	141.4	150.0	94.3
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	21/05/2024	28	25.0	3855.5	154.2	150.0	102.8
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	21/05/2024	28	25.0	3809.6	152.4	150.0	101.6
3% C.R.K. 5 °C	23/04/2024	21/05/2024	28	25.0	3830.0	153.2	150.0	102.1

**OBSERVACIONES:**

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			

<b>PROYECTO</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas de morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"		
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú		
<b>EXPEDIENTE N°</b>	: -		
<b>Cantera</b>	: Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas		
<b>Material</b>	: Mortero - 3% C.R.K. en reemplazo al cemento		<b>Ensayado por:</b> P. Tasyco C.
<b>N° Muestra</b>	: M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09		<b>Fecha de ensayo:</b> 21/05/2024

<b>COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO</b> MTC E 609
----------------------------------------------------------------

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado

Dosificación: -

Resistencia de Diseño: 150 kgf/cm<sup>2</sup>


Velocidad de carga: - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Fc
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	26/04/2024	3	25.0	2443.2	97.7	150.0	65.2
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	26/04/2024	3	25.0	2506.4	100.3	150.0	66.8
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	26/04/2024	3	25.0	2603.3	104.1	150.0	69.4
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	30/04/2024	7	25.0	3143.7	125.7	150.0	83.8
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	30/04/2024	7	25.0	3076.4	123.1	150.0	82.0
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	30/04/2024	7	25.0	3084.6	123.4	150.0	82.3
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	7/05/2024	14	25.0	3353.8	134.2	150.0	89.4
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	7/05/2024	14	25.0	3344.6	133.8	150.0	89.2
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	7/05/2024	14	25.0	3340.5	133.6	150.0	89.1
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	21/05/2024	28	25.0	3630.1	145.2	150.0	96.8
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	21/05/2024	28	25.0	3656.6	146.3	150.0	97.5
3% C.R.K. 1°C	23/04/2024	21/05/2024	28	25.0	3701.5	148.1	150.0	98.7

**OBSERVACIONES:**

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

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 234250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			
PROYECTO : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023" SOLICITANTE : Randy Andía Damiano UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : -			
Cantera : Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas Material : Mortero - 2% C.R.K. en reemplazo al cemento N° Muestra : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09		Ensayado por: P. Tasaayo C. Fecha de ensayo: 20/05/2024	
<b>COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO</b> MTC E 609			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Dosificación: -  
 Resistencia de Diseño: 150 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	AREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Fc
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	25/04/2024	3	25.0	3013.2	120.5	150.0	80.4
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	25/04/2024	3	25.0	3121.3	124.9	150.0	83.2
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	25/04/2024	3	25.0	3027.5	121.1	150.0	80.7
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	29/04/2024	7	25.0	3635.2	145.4	150.0	96.9
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	29/04/2024	7	25.0	3628.1	145.1	150.0	96.7
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	29/04/2024	7	25.0	3681.1	147.2	150.0	98.2
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	6/05/2024	14	25.0	4170.6	166.8	150.0	111.2
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	6/05/2024	14	25.0	4161.4	166.5	150.0	111.0
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	6/05/2024	14	25.0	4083.9	163.4	150.0	108.9
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	20/05/2024	28	25.0	4729.4	189.2	150.0	126.1
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	20/05/2024	28	25.0	4642.7	185.7	150.0	123.8
2% C.R.K. 5 °C	22/04/2024	20/05/2024	28	25.0	4675.3	187.0	150.0	124.7

**OBSERVACIONES:**

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

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			
PROYECTO : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwcha en las propiedades físico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023" SOLICITANTE : Randy Andia Damiano UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : -			
Cantera : Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas Material : Mortero - 2% C.R.K. en reemplazo al cemento N° Muestra : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09 Ensayado por: P. Tasayco C. Fecha de ensayo: 20/05/2024			
<b>COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO</b> MTC E 609			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Dosificación: -  
 Resistencia de Diseño: 150 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% F <sub>c</sub>
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	25/04/2024	3	25.0	2631.8	105.3	150.0	70.2
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	25/04/2024	3	25.0	2654.3	106.2	150.0	70.8
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	25/04/2024	3	25.0	2603.3	104.1	150.0	69.4
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	29/04/2024	7	25.0	3308.9	132.4	150.0	88.2
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	29/04/2024	7	25.0	3303.8	132.2	150.0	88.1
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	29/04/2024	7	25.0	3289.6	131.6	150.0	87.7
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	6/05/2024	14	25.0	3846.3	153.9	150.0	102.6
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	6/05/2024	14	25.0	3869.8	154.8	150.0	103.2
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	6/05/2024	14	25.0	3932.0	157.3	150.0	104.9
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	20/05/2024	28	25.0	4103.3	164.1	150.0	109.4
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	20/05/2024	28	25.0	4104.3	164.2	150.0	109.4
2% C.R.K. 1°C	22/04/2024	20/05/2024	28	25.0	4183.8	167.4	150.0	111.6

**OBSERVACIONES:**

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Esteban Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-003.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			

<b>PROYECTO</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>EXPEDIENTE Nº</b>	: -

<b>Cantera</b>	: Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas	<b>Ensayado por:</b>	P. Tasyco C.
<b>Material</b>	: Mortero - 1% C.R.K. en reemplazo al cemento	<b>Fecha de ensayo:</b>	19/05/2024
<b>Nº Muestra</b>	: M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09		

**COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO**  
MTC E 609

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

**Tipo de muestra:** Moldeado

**Dotificación:** -

**Resistencia de Diseño:** 150 kgf/cm<sup>2</sup>


**Velocidad de carga:** - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	AREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Fc
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	24/04/2024	3	25.0	2713.4	108.5	150.0	72.4
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	24/04/2024	3	25.0	2728.7	109.1	150.0	72.8
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	24/04/2024	3	25.0	2806.2	112.2	150.0	74.8
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	28/04/2024	7	25.0	3047.9	121.9	150.0	81.3
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	28/04/2024	7	25.0	3038.7	121.5	150.0	81.0
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	28/04/2024	7	25.0	3034.6	121.4	150.0	80.9
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	5/05/2024	14	25.0	3324.2	133.0	150.0	88.6
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	5/05/2024	14	25.0	3248.8	130.0	150.0	86.6
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	5/05/2024	14	25.0	3293.6	131.7	150.0	87.8
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	19/05/2024	28	25.0	3561.8	142.5	150.0	95.0
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	19/05/2024	28	25.0	3538.4	141.5	150.0	94.4
1% C.R.K. 5 °C	21/04/2024	19/05/2024	28	25.0	3637.3	145.5	150.0	97.0

**OBSERVACIONES:**

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

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elías Velazco Ríos INGENIERO CIVIL CIP Nº 231286 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			

<b>PROYECTO</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"		
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú		
<b>EXPEDIENTE N°</b>	: -		
<b>Cantera</b>	: Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas		
<b>Material</b>	: Mortero - 1% C.R.K. en reemplazo al cemento		<b>Ensayado por:</b> P. Tasyco C.
<b>N° Muestra</b>	: M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09		<b>Fecha de ensayo:</b> 19/05/2024

**COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO**  
MTC E 609

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**


Tipo de muestra: Moldeado  
 Dosificación: -  
 Resistencia de Diseño: 150 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pc Diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	% Fc
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	24/04/2024	3	25.0	2349.4	94.0	150.0	62.7
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	24/04/2024	3	25.0	2364.7	94.6	150.0	63.1
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	24/04/2024	3	25.0	2410.6	96.4	150.0	64.3
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	28/04/2024	7	25.0	2955.1	118.2	150.0	78.8
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	28/04/2024	7	25.0	2935.7	117.4	150.0	78.3
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	28/04/2024	7	25.0	2952.0	118.1	150.0	78.7
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	5/05/2024	14	25.0	3245.7	129.8	150.0	86.6
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	5/05/2024	14	25.0	3193.7	127.7	150.0	85.2
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	5/05/2024	14	25.0	3273.2	130.9	150.0	87.3
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	19/05/2024	28	25.0	3449.6	138.0	150.0	92.0
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	19/05/2024	28	25.0	3431.3	137.3	150.0	91.5
1% C.R.K. 1°C	21/04/2024	19/05/2024	28	25.0	3477.2	139.1	150.0	92.7

**OBSERVACIONES:**

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231259	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			

<b>PROYECTO</b>	: "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023"
<b>SOLICITANTE</b>	: Randy Andía Damiano
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>EXPEDIENTE N°</b>	: -

<b>Cantera</b>	: Totoral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas	<b>Ensayado por:</b>	P. Tasaayo C.
<b>Material</b>	: Mortero - Patrón	<b>Fecha de ensayo:</b>	18/05/2024
<b>N° Muestra</b>	: M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09		

<b>COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO</b> MTC E 609
----------------------------------------------------------------

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

**Tipo de muestra:** Moldeado

**Dosificación:** -

**Resistencia de Diseño:** 150 kgf/cm<sup>2</sup>


**Velocidad de carga:** - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	AREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fc Diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	% Fc
Patrón 5 °C	20/04/2024	23/04/2024	3	25.0	2554.3	102.2	150.0	68.1
Patrón 5 °C	20/04/2024	23/04/2024	3	25.0	2613.5	104.5	150.0	69.7
Patrón 5 °C	20/04/2024	23/04/2024	3	25.0	2582.9	103.3	150.0	68.9
Patrón 5 °C	20/04/2024	27/04/2024	7	25.0	2809.3	112.4	150.0	74.9
Patrón 5 °C	20/04/2024	27/04/2024	7	25.0	2815.4	112.6	150.0	75.1
Patrón 5 °C	20/04/2024	27/04/2024	7	25.0	2823.5	112.9	150.0	75.3
Patrón 5 °C	20/04/2024	4/05/2024	14	25.0	3212.1	128.5	150.0	85.7
Patrón 5 °C	20/04/2024	4/05/2024	14	25.0	3153.9	126.2	150.0	84.1
Patrón 5 °C	20/04/2024	4/05/2024	14	25.0	3200.8	128.0	150.0	85.4
Patrón 5 °C	20/04/2024	18/05/2024	28	25.0	3431.3	137.3	150.0	91.5
Patrón 5 °C	20/04/2024	18/05/2024	28	25.0	3424.2	137.0	150.0	91.3
Patrón 5 °C	20/04/2024	18/05/2024	28	25.0	3477.2	139.1	150.0	92.7

**OBSERVACIONES:**

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

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto <hr/> Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 791299 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. <hr/> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO	Código	FOR-LAB-CON-005.01
		Revisión	0
		Aprobado	TC-TCL
		Fecha	24/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> MTC E 609			
PROYECTO : "Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del morteros en muros portantes en clima frío, huancabamba - 2023" SOLICITANTE : Randy Andía Damiano UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : -			
Cantera : Toloral - Distrito de San Jerónimo - Provincia de Andahuaylas Material : Mortero - Patrón N° Muestra : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08, M-09 Ensayado por: P. Tassayco C. Fecha de ensayo: 18/05/2024			
<b>COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CUBOS DE MORTERO</b> MTC E 609			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**


Tipo de muestra: Moldeado  
 Dosificación: -  
 Resistencia de Diseño: 150 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: - kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA MÁXIMA (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Fc
Patrón 1 °C	20/04/2024	23/04/2024	3	25.0	2140.4	85.6	150.0	57.1
Patrón 1 °C	20/04/2024	23/04/2024	3	25.0	2162.8	86.5	150.0	57.7
Patrón 1 °C	20/04/2024	23/04/2024	3	25.0	2269.9	90.8	150.0	60.5
Patrón 1 °C	20/04/2024	27/04/2024	7	25.0	2656.3	106.3	150.0	70.8
Patrón 1 °C	20/04/2024	27/04/2024	7	25.0	2715.5	108.6	150.0	72.4
Patrón 1 °C	20/04/2024	27/04/2024	7	25.0	2684.9	107.4	150.0	71.6
Patrón 1 °C	20/04/2024	4/05/2024	14	25.0	3111.1	124.4	150.0	83.0
Patrón 1 °C	20/04/2024	4/05/2024	14	25.0	3027.5	121.1	150.0	80.7
Patrón 1 °C	20/04/2024	4/05/2024	14	25.0	3069.3	122.8	150.0	81.8
Patrón 1 °C	20/04/2024	18/05/2024	28	25.0	3288.5	131.5	150.0	87.7
Patrón 1 °C	20/04/2024	18/05/2024	28	25.0	3308.9	132.4	150.0	88.2
Patrón 1 °C	20/04/2024	18/05/2024	28	25.0	3358.9	134.4	150.0	89.6

**OBSERVACIONES:**

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Alejandro Elías Velazco Ríos INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

**4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE ANÁLISIS**

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1329	Cenizas obtenidas	Kg	N.A.	1.12

Condiciones de ensayo: 700 °C por 2 Horas

**4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Limite de detección del equipo es 0.001%.

Tabla N°1: COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADOS COMO ÓXIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1329	Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	%	0.001	50.042
	Óxido de Calcio, CaO	%	0.001	22.845
	Óxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.001	12.118
	Óxido de Fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.001	11.584
	Óxido de Magnesio, MgO	%	0.001	3.411

*Nota: Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.*



FOTO N°1: EQUIPO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

**INFORME DE ENSAYO  
IE-2024-0626**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

1.1 Cliente : RANDY ANDIA DAMIANO  
1.2 RUC o DNI : 75467134  
1.3 Dirección : No Precisa

**2. DATOS DE LA MUESTRA**

2.1 Producto : CENIZAS  
2.2 Muestreado por : CLIENTE (1)  
2.3 Número de Muestras : 01  
2.4 Fecha de Recepción : 2024-04-04  
2.5 Período de Ensayo : 2024-04-04 al 2024-04-15  
2.6 Fecha de Emisión : 2024-04-15  
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : No Precisa  
2.8 N° de cotización : COT-112210-SL24

**3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA**

ENSAYO	MÉTODO
<u>Serv. Recalcinación de Cenizas</u>	Calcínación controlada (Mufia)
<u>Ensayo de Fluorescencia de Rayos X</u> Composición Química por (óxidos) SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, etc.	Fluorescencia de Rayos X - FRX

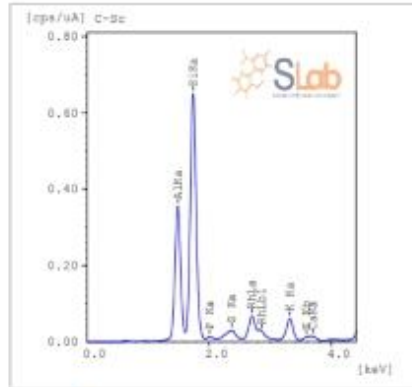
**4. RESULTADOS**

4.1. Descripción de Muestra: Ceniza de rastrojo de kiwicha (1)

**Título de tesis:** Incidencia de ceniza de rastrojo de kiwicha en las propiedades físico-mecánicas del mortero en muros portantes en clima frío, Huancabamba-2023. (1)



DIEGO ROMANO FERRER FARRERO  
QUÍMICO  
CQP. 1237

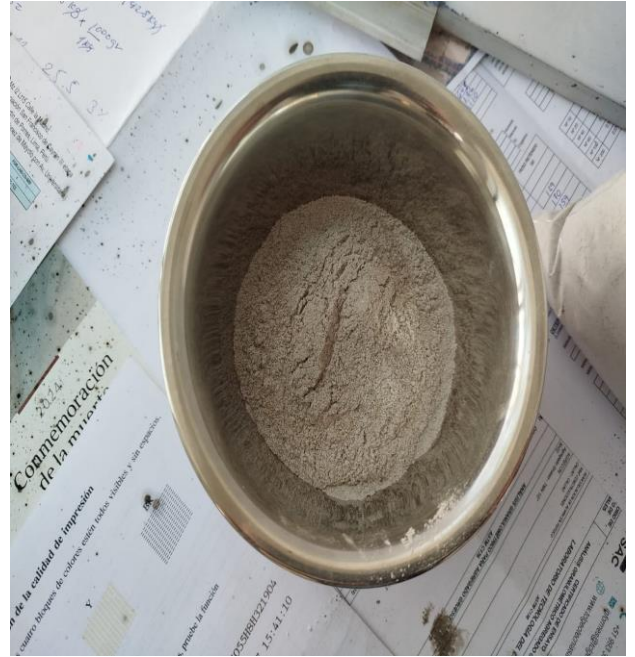




Identificación del lugar para la recolección de rastrojo de kiwicha



Incineración artesanal del rastrojo de kiwicha <https://youtu.be/9-MU6Oc33O4>



Comparación de texturas de la ceniza calcinada artesanalmente y la ceniza con segunda calcinación a 700 °C



Ensayo de granulometría del agregado fino de la cantera total de la provincia de Andahuaylas



Ensayo de fluidez del mortero patrón



Verificación de las medidas de los moldes previo al vaciado

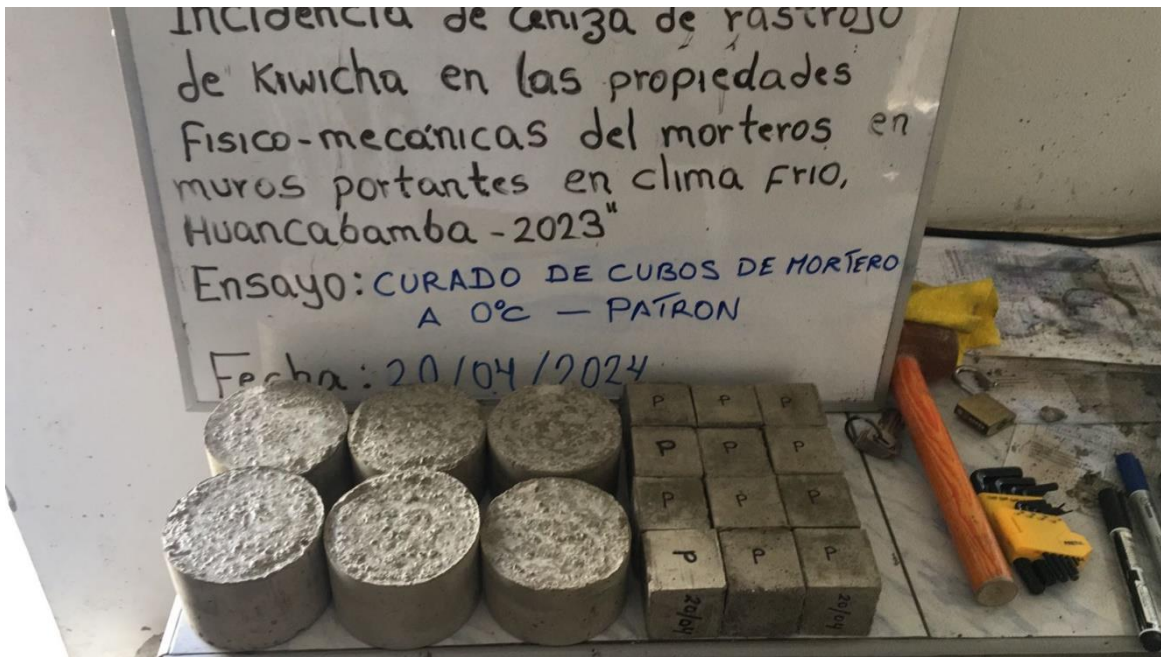


Elaboración de especímenes cúbicos de mortero patrón

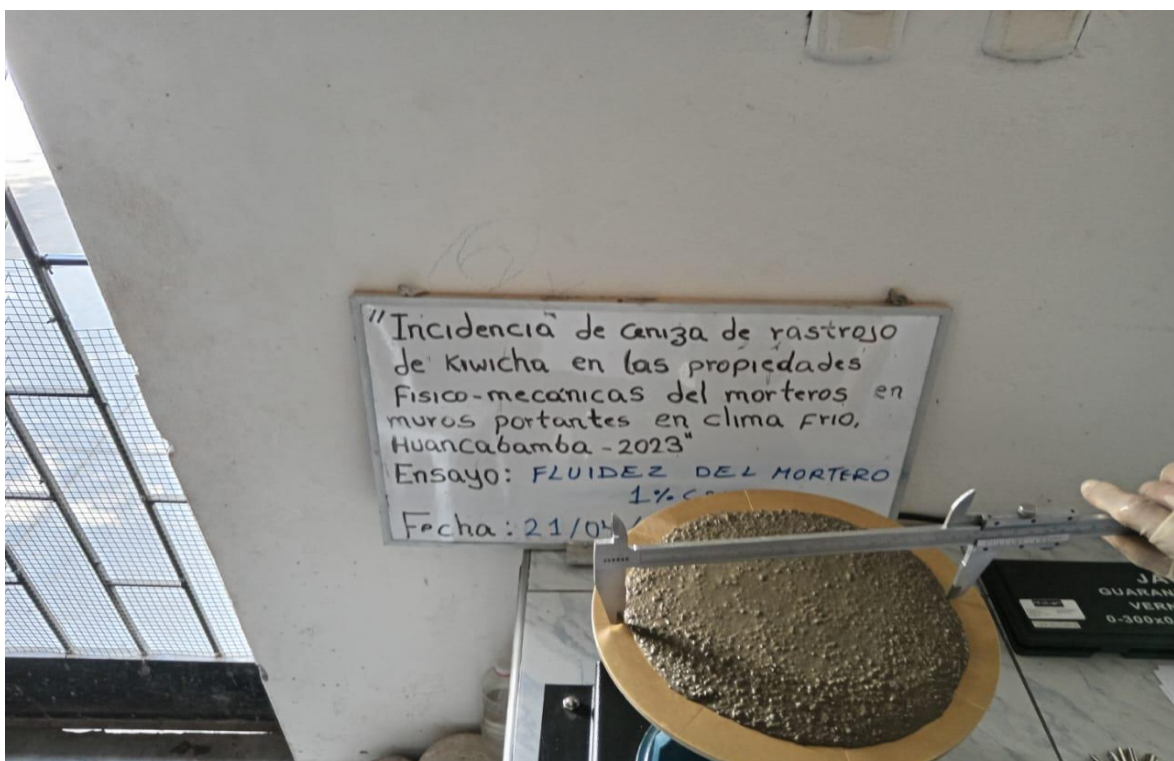


Elaboración de probetas cilíndricas de mortero patrón para el ensayo de porosidad





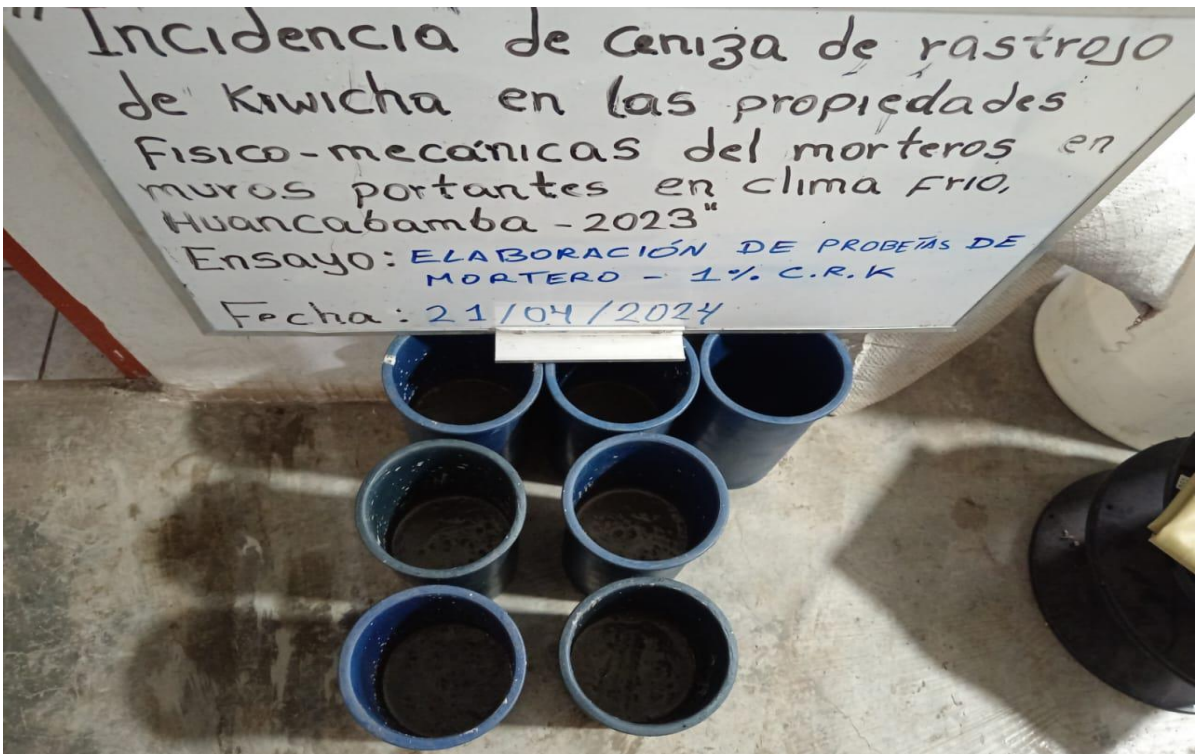
Desmoldamiento de las probetas cilíndricas y los especímenes cubicos



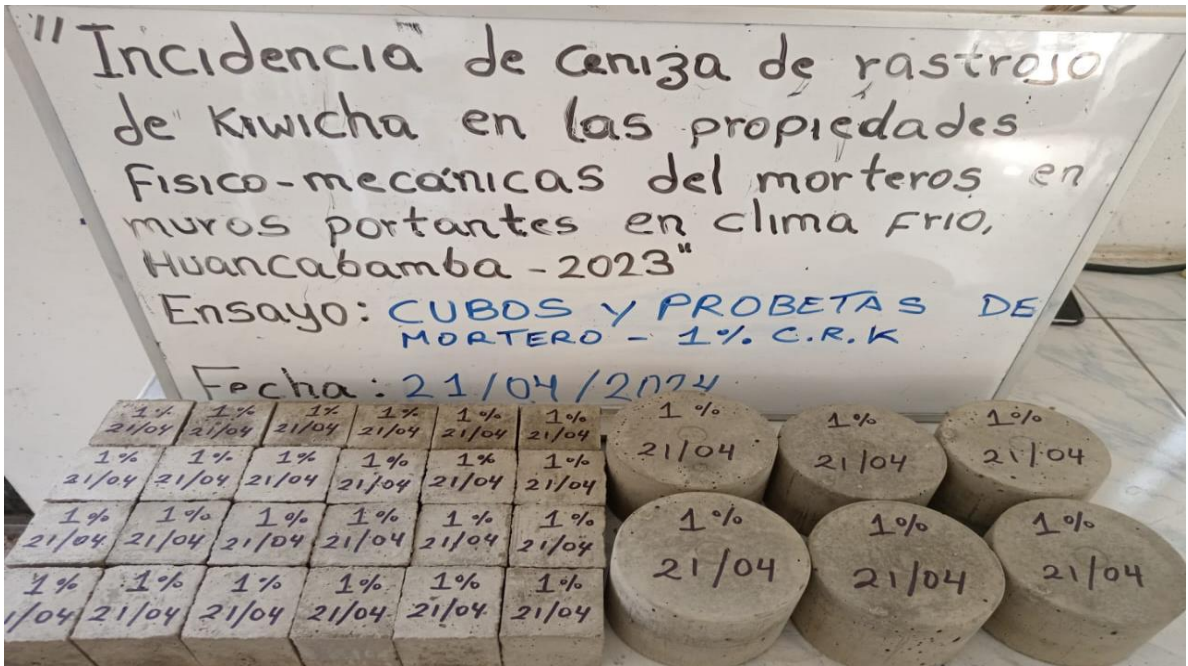
Ensayo de fluidez del mortero con adición del 1% de ceniza de rastrojo de kiwicha



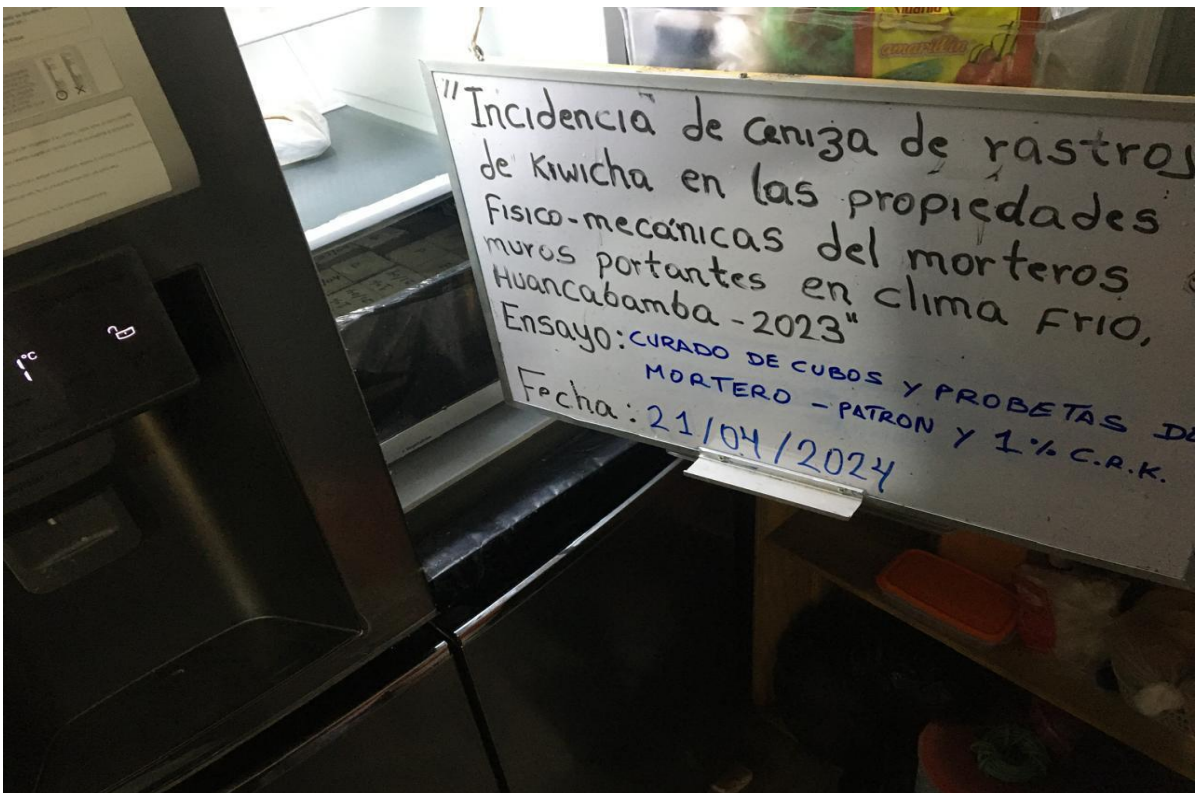
Elaboración de especímenes cúbicos de 5cm de lado con adición de 1% de ceniza de rastrojo de kwacha.



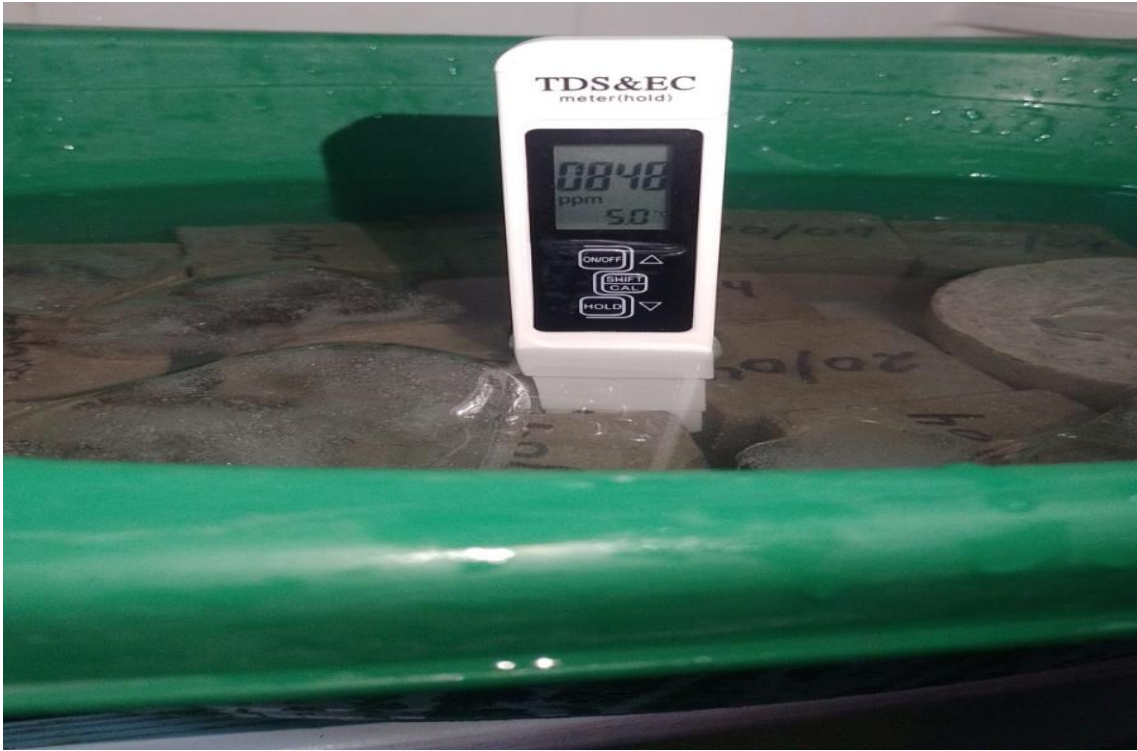
Elaboración de probetas cilíndricas con adición de 1% de ceniza de rastrojo de kiwicha.



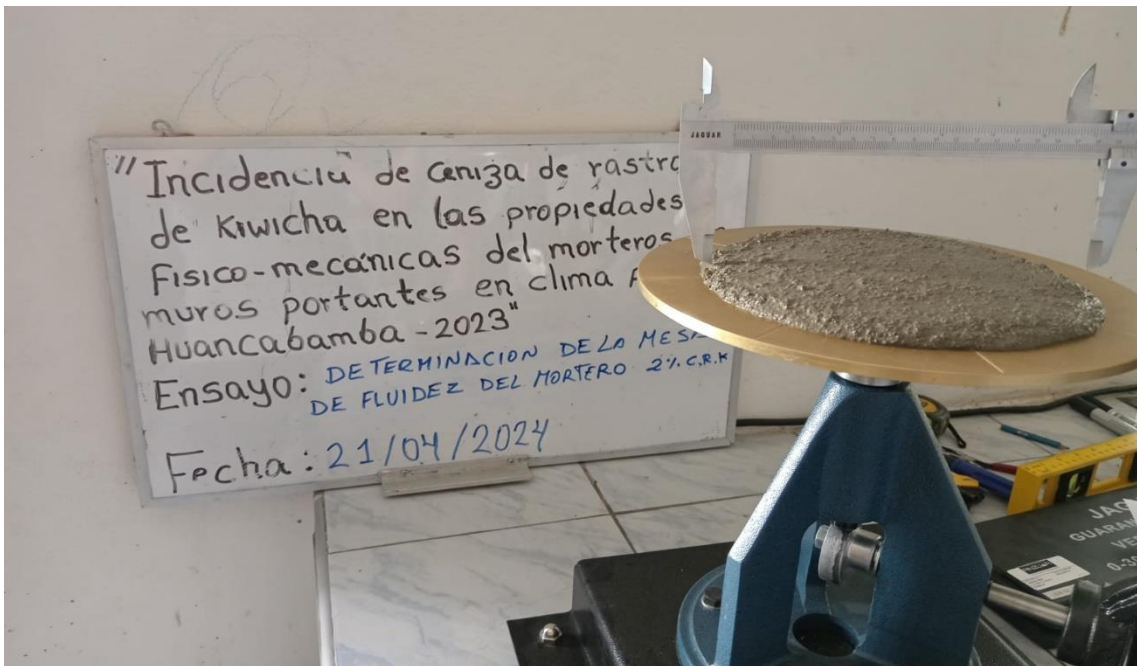
Desmoldado de especímenes cúbicos y probetas cilíndricas con adición de 1% de ceniza.



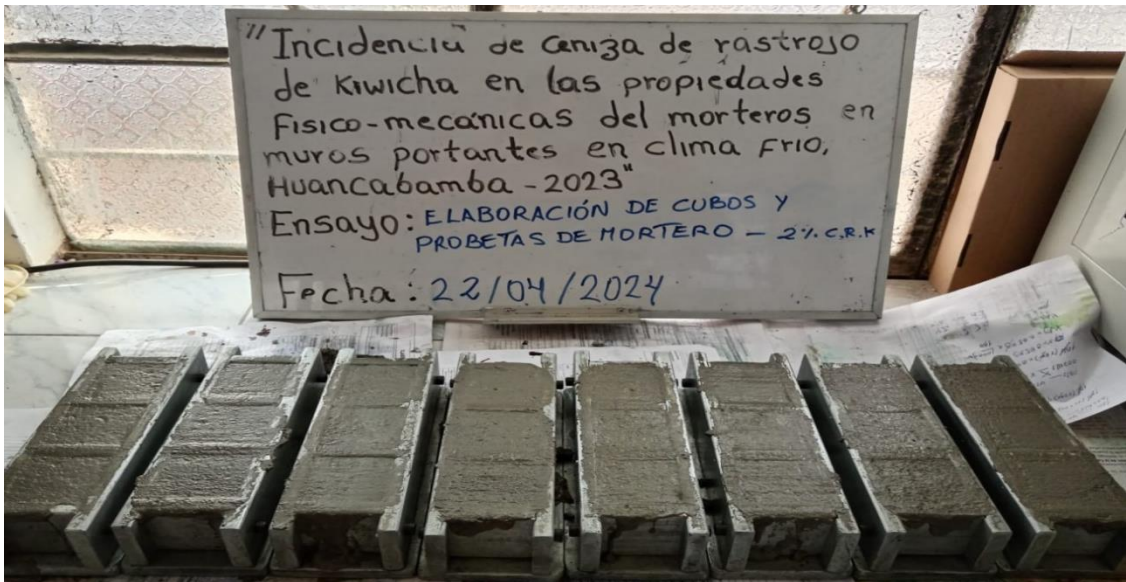
Curado de especímenes cúbicos de mortero a 1°C.



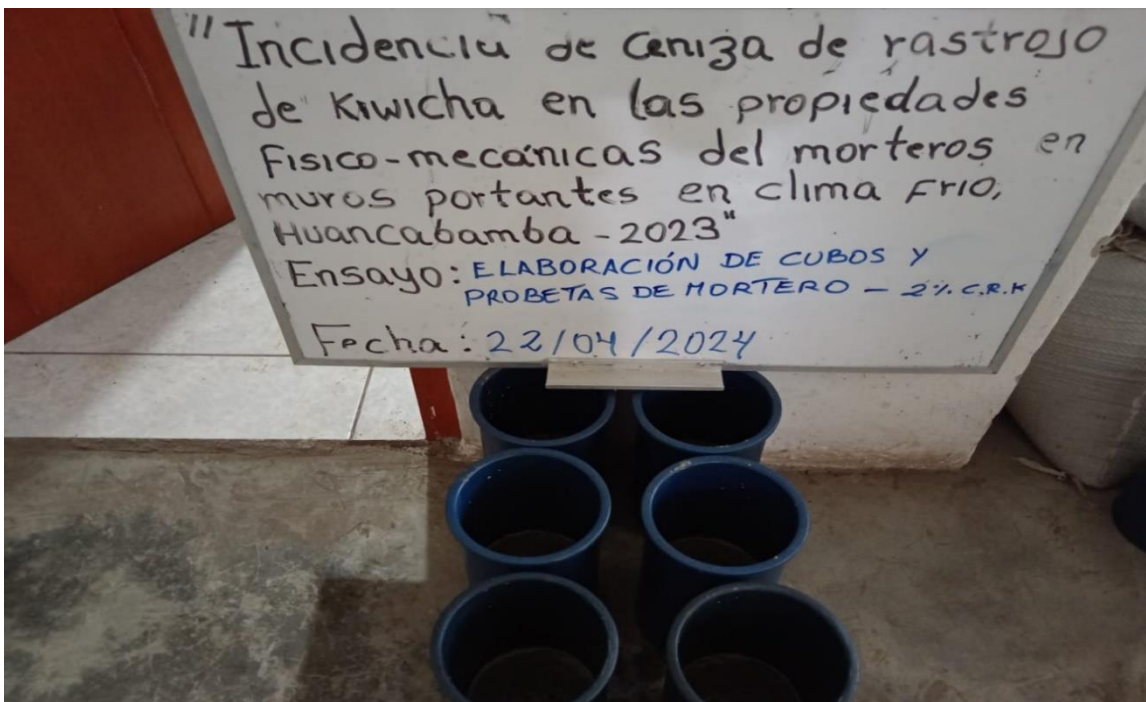
Curado de especímenes cúbicos y probetas cilíndricas a 5 °C



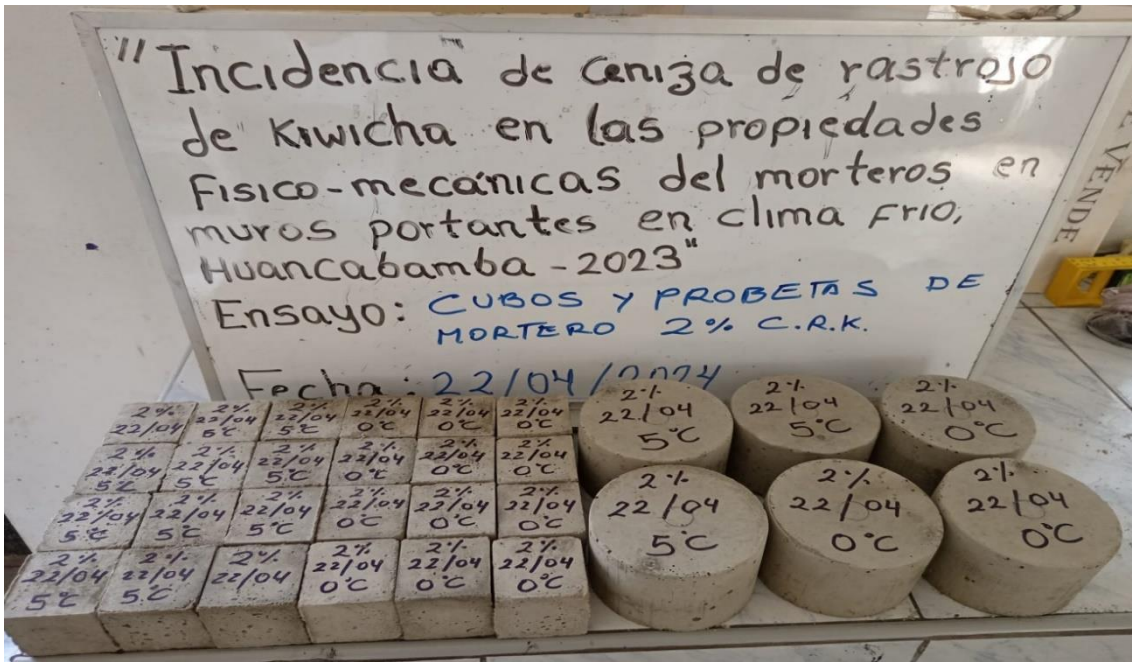
Fluidez del mortero con adición de 2% de mortero



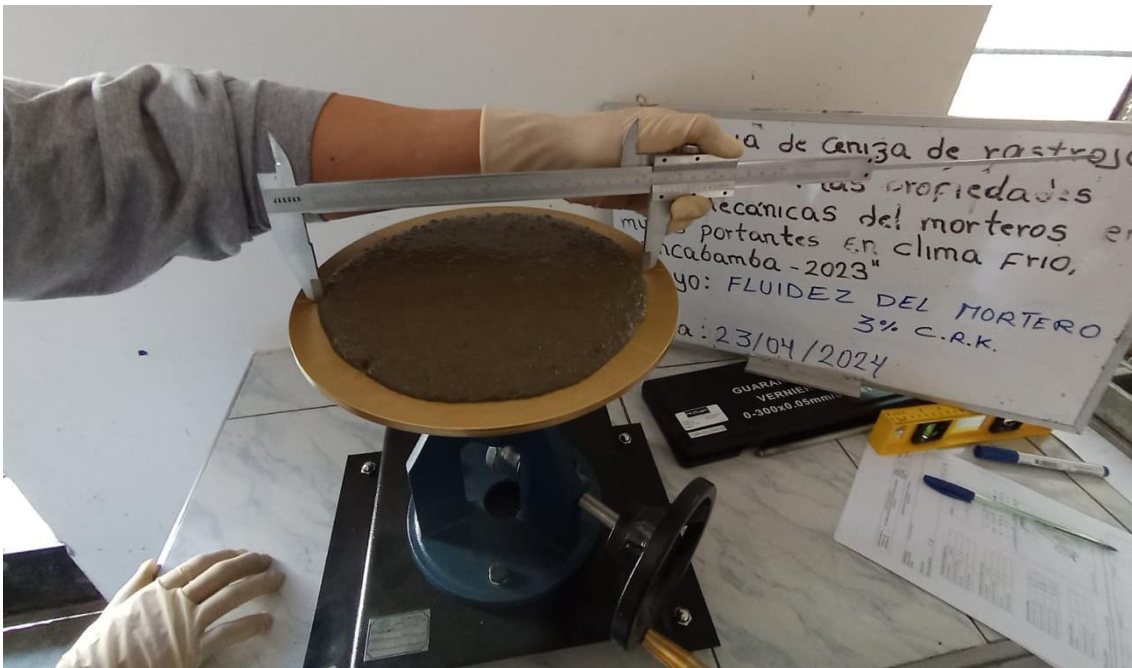
Elaboración de especímenes cúbicos de 5cm.



Elaboración de probetas cilíndricas con 2% de adición de ceniza de rastrojo de kwacha.



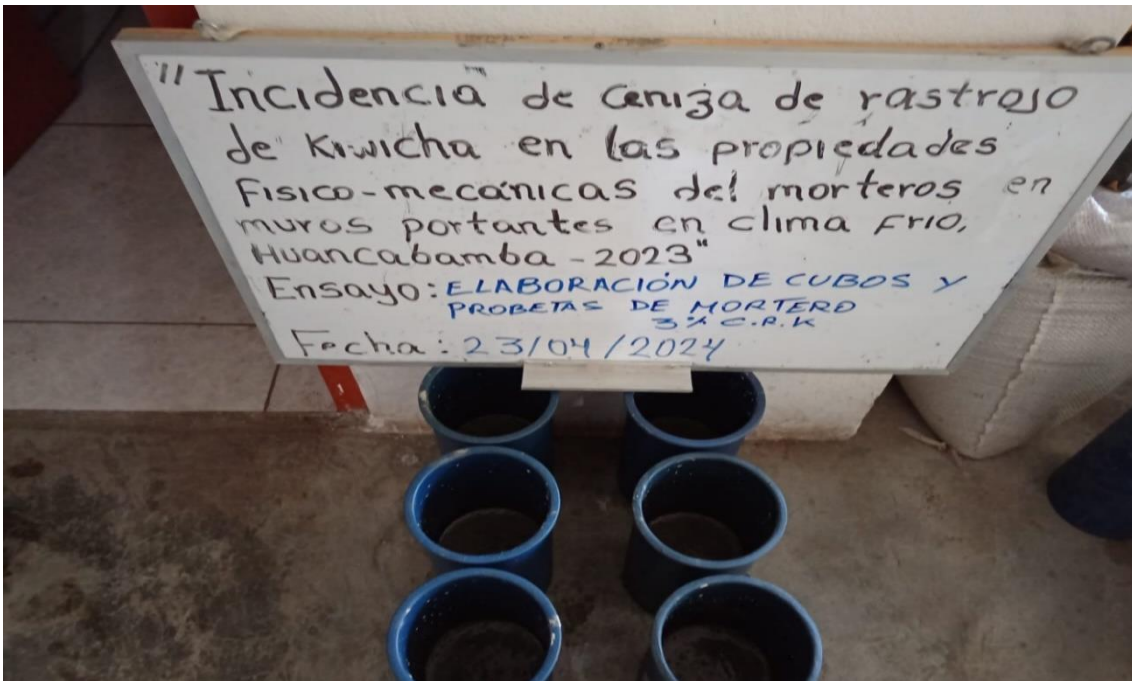
Desmoldamiento de especímenes cúbicos de 5cm de lado y probetas cilíndricas con adiciones de 2% de ceniza de rastrojo de kiwicha.



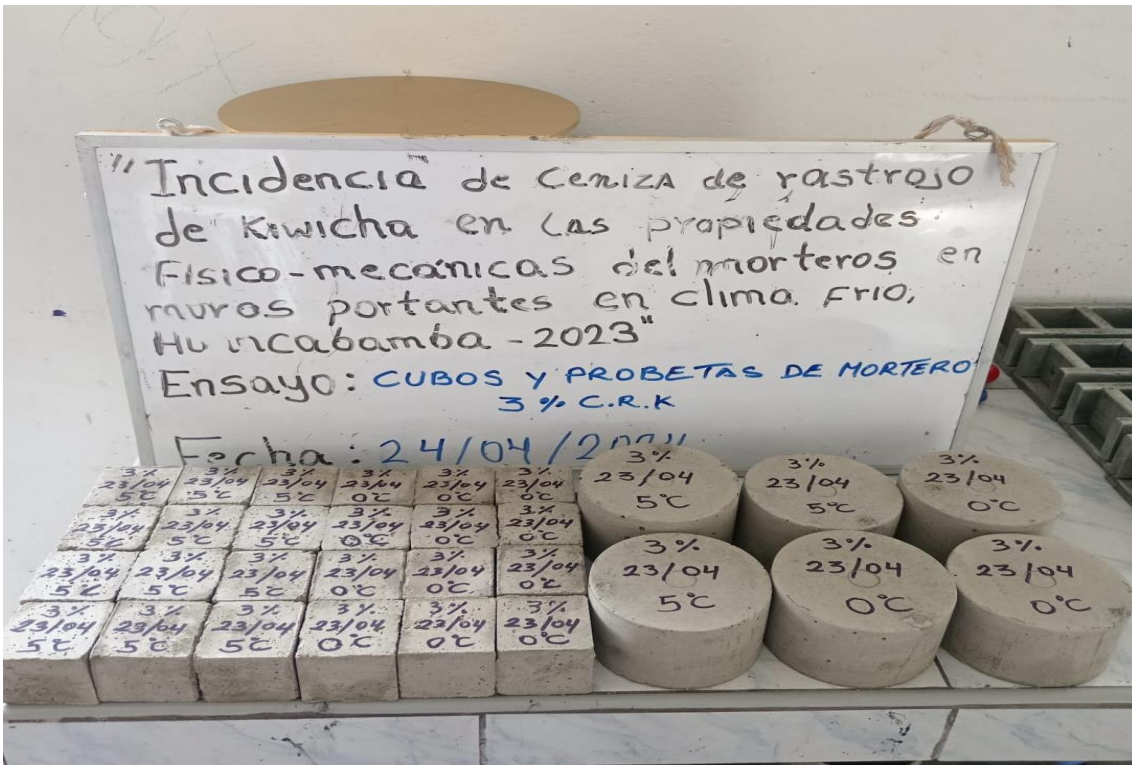
Fluidez del mortero con adición de 3% de ceniza de rastrojo de kwacha.



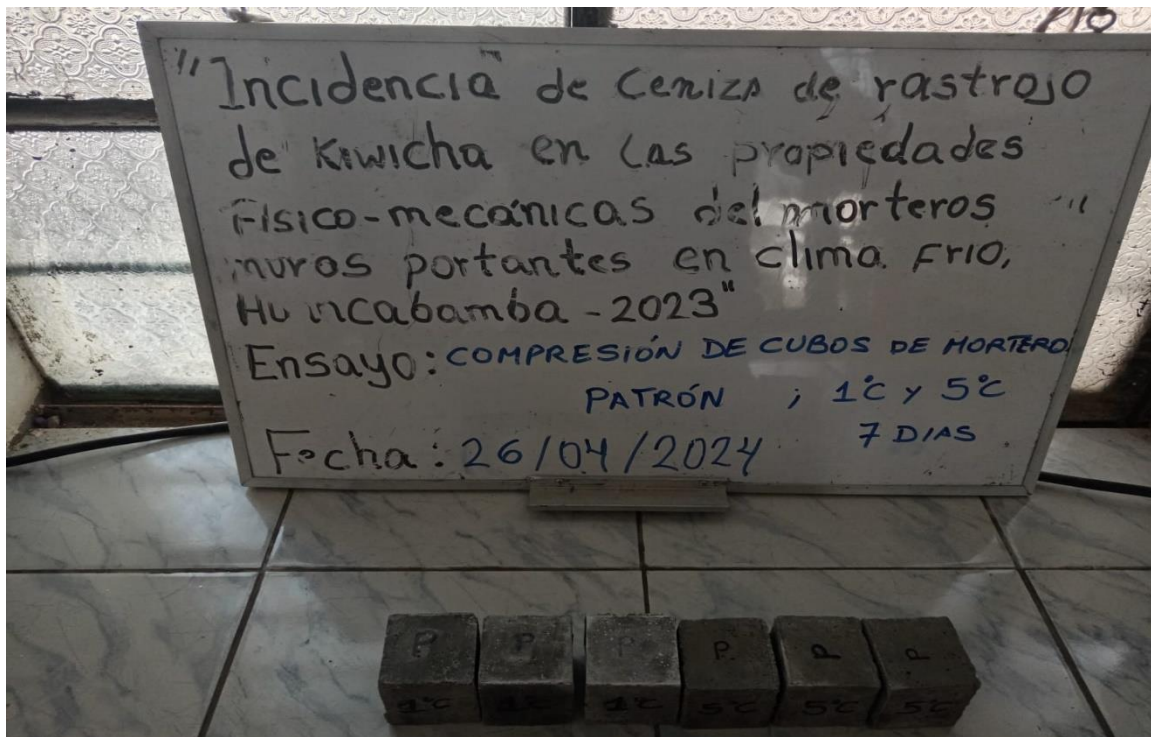
Elaboración de especímenes cúbicos de 5cm de lado con adición de 3% de ceniza de rastrojo de kwacha.



Elaboración de probetas cilíndricas con adición de 3% de ceniza de rastrojo de kwacha.

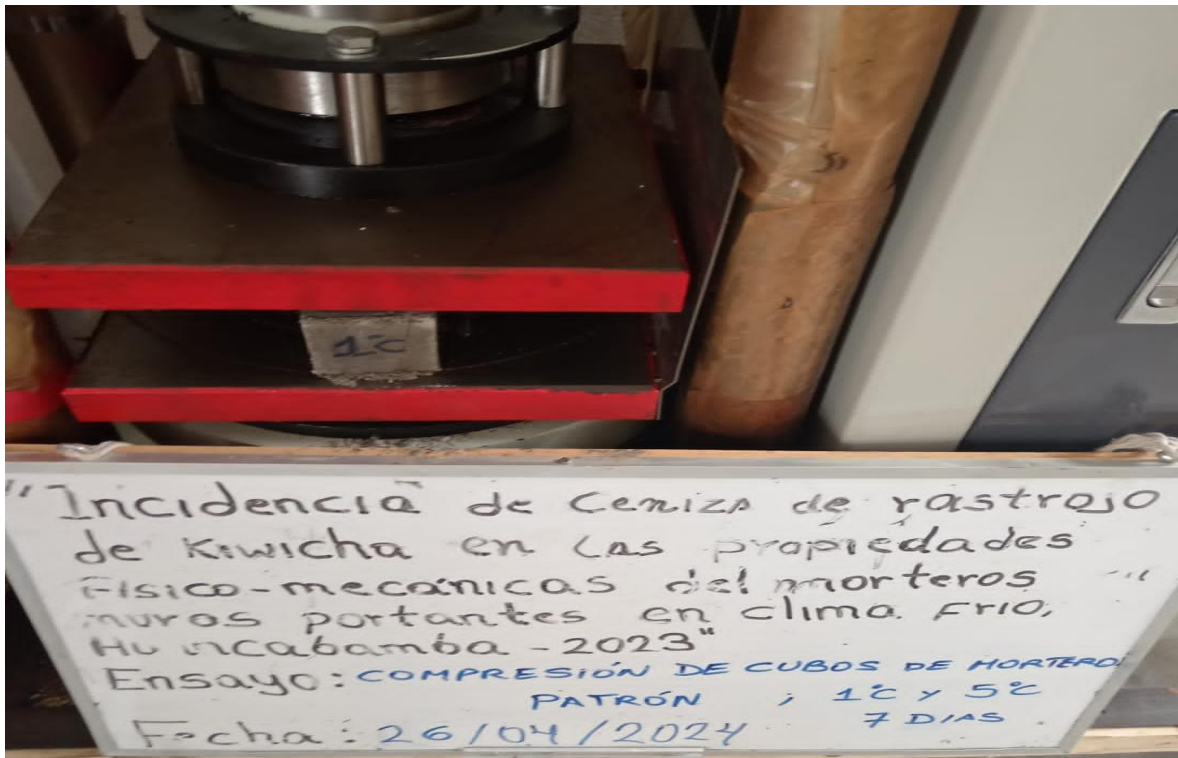


Desmoldamiento de especímenes cúbicos y probetas cilíndricas con adiciones de 3% de ceniza de rastrojo de kwacha.

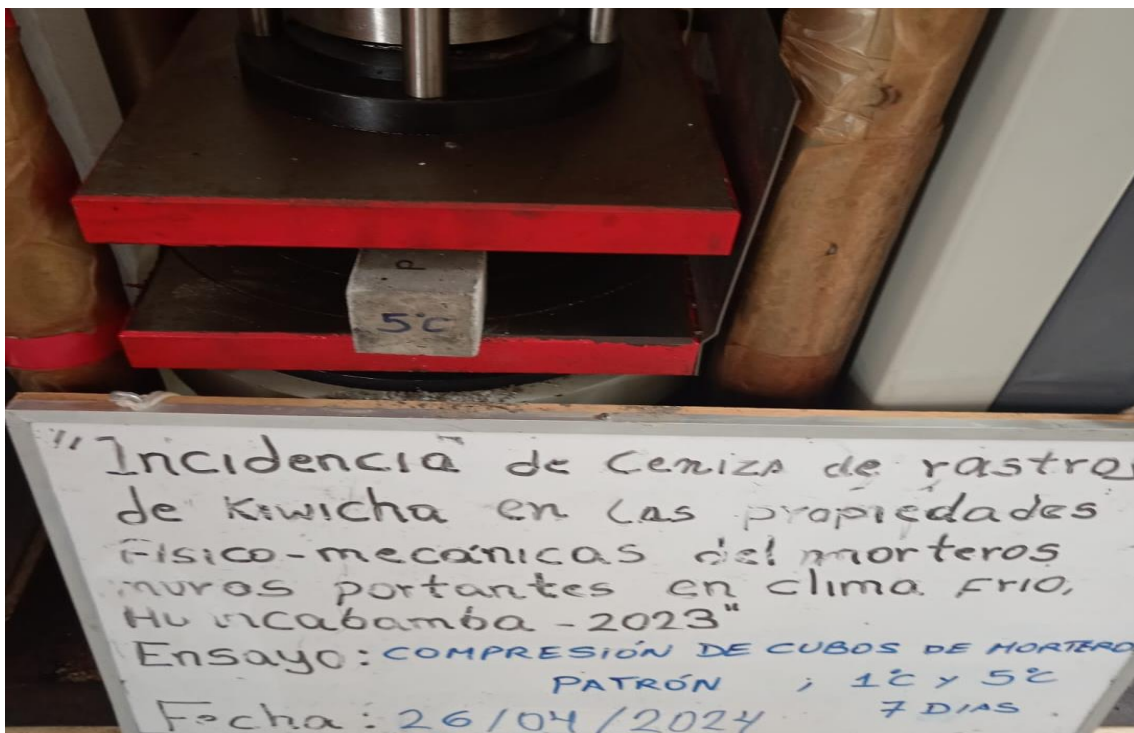


Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 0% de adición curados a 1°C y 5°C.

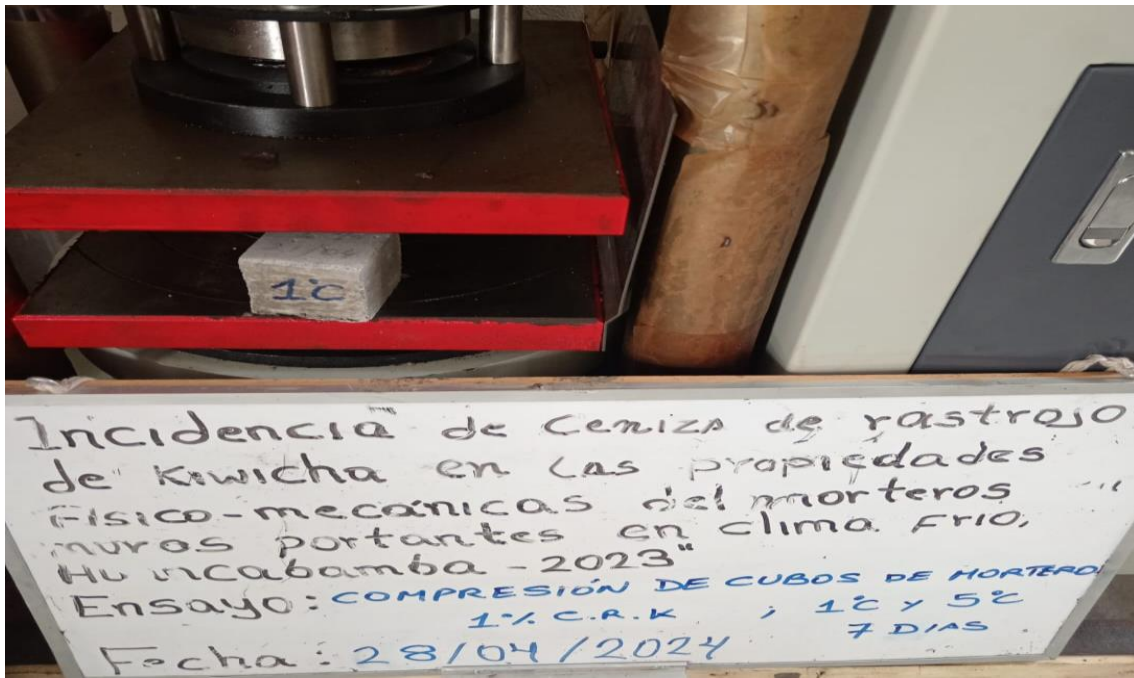




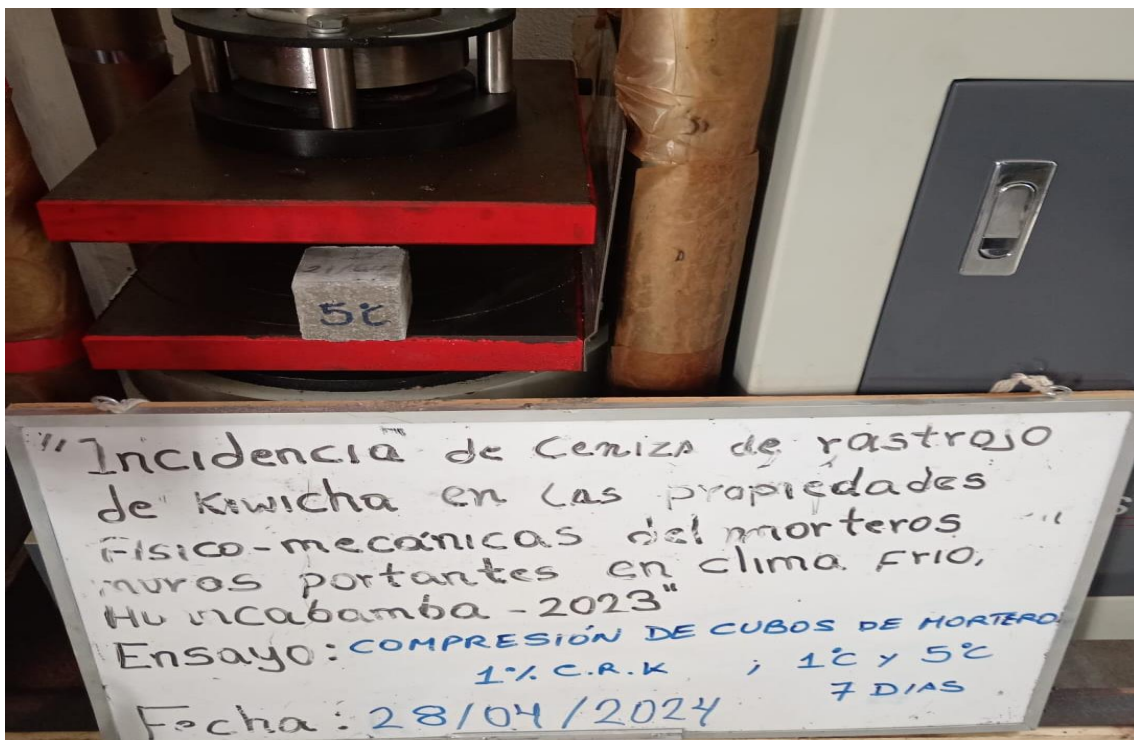
Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 0% de adición curados a 1°C y 5°C.



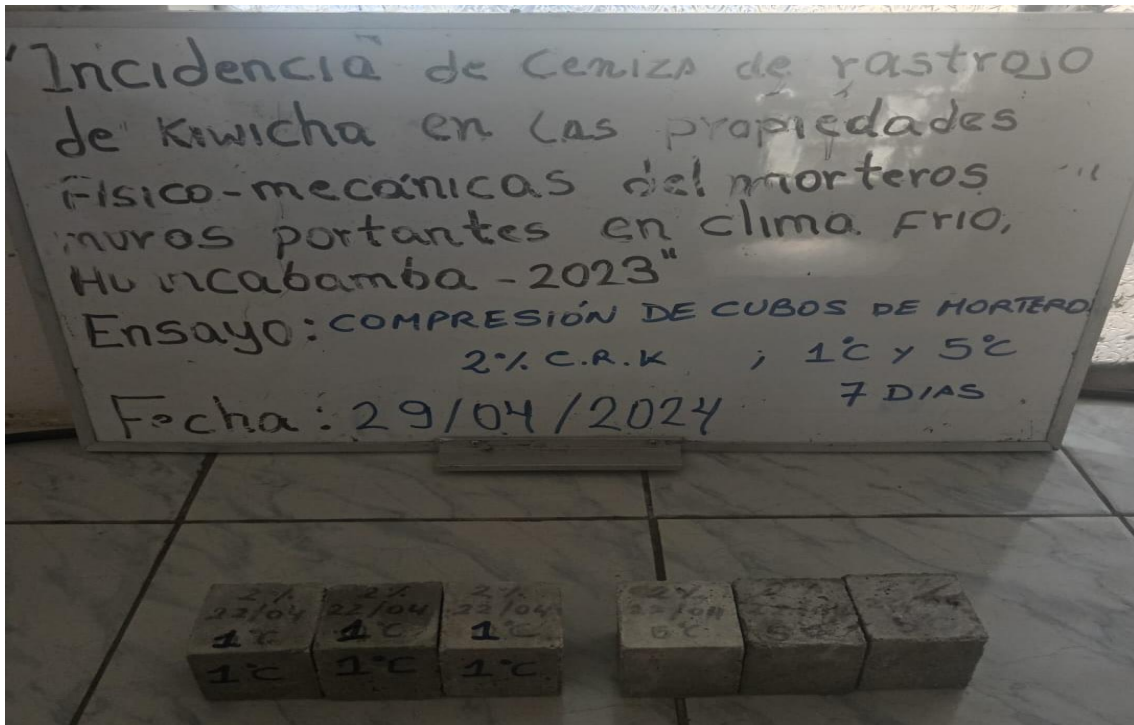
Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 0% de adición curados a 1°C y 5°C.



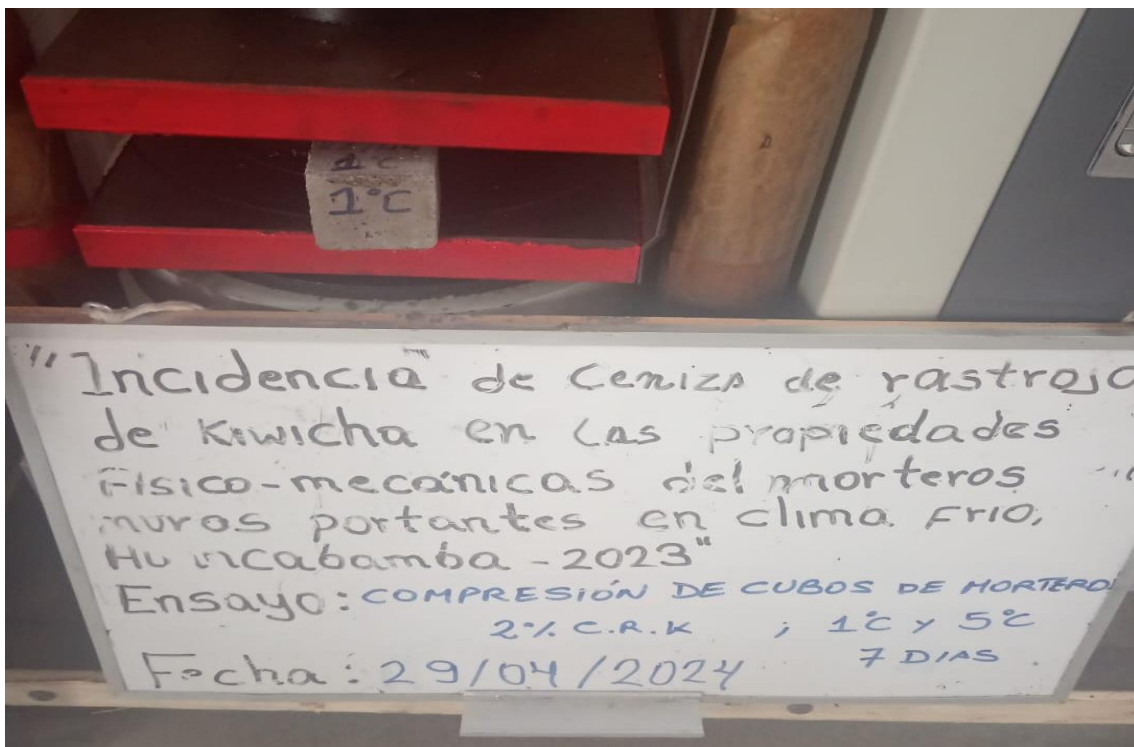
Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 1% de adición curados a 1°C.



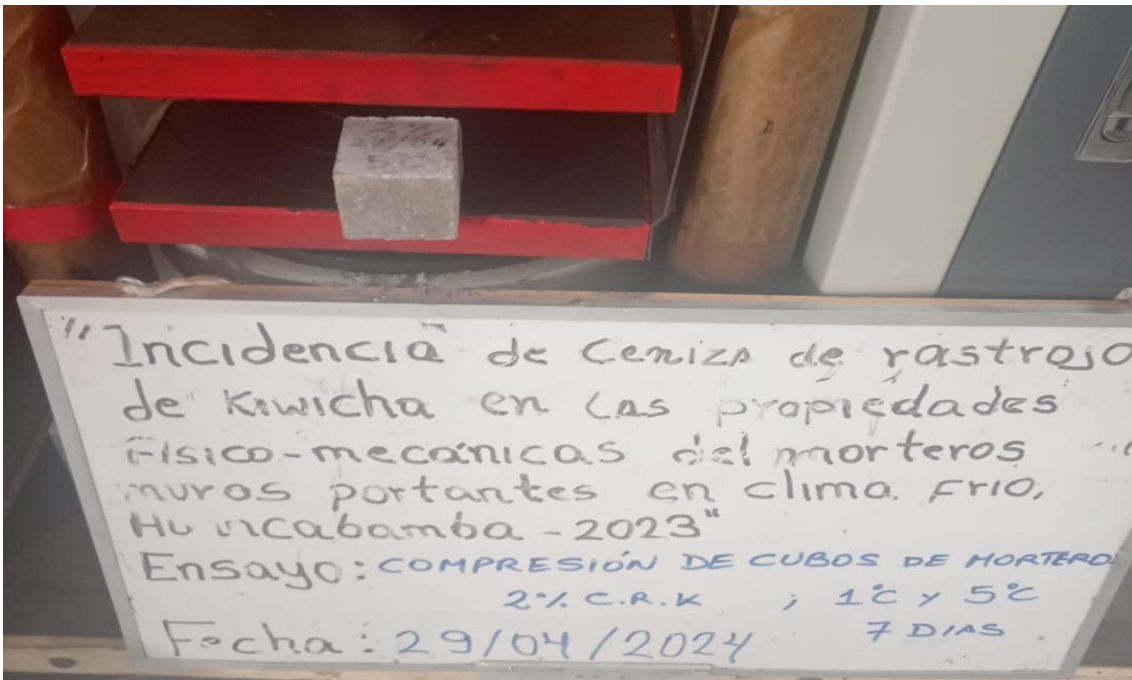
Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 1% de adición curados a 5°C.



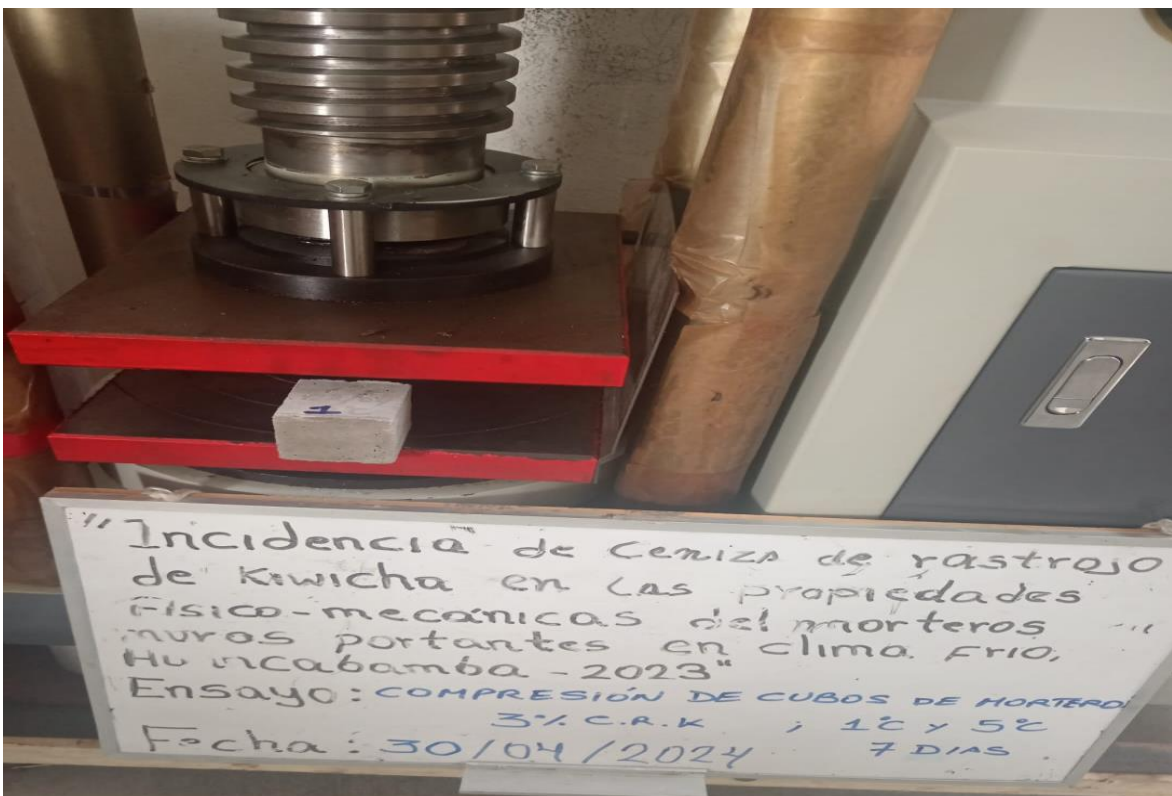
Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 2% de adición curados a 1°C y 5°C.



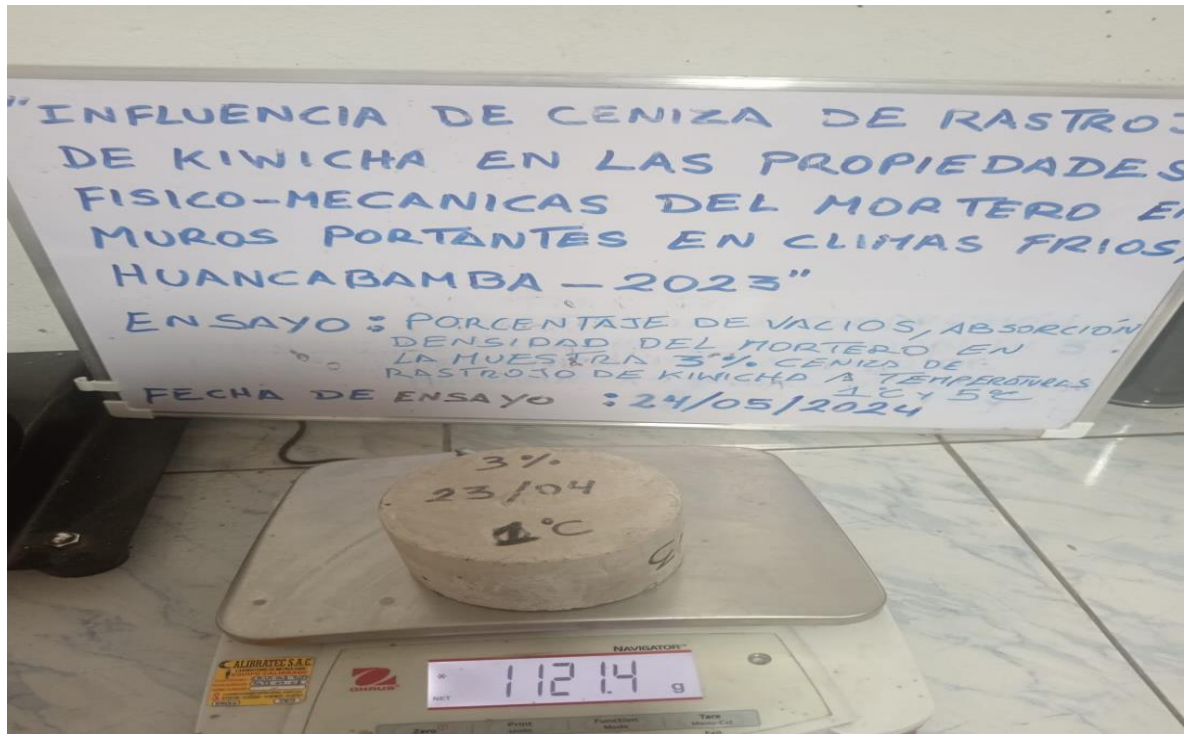
Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 2% de adición curados a 1°C.



Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 2% de adición curados a 5°C.



Ensayo a compresión de especímenes cúbicos con 2% de adición curados a 5°C.



Pesado de probeta cilíndrica para el secado en horno durante 24 horas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023

*Area de Metrología  
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	0380
2. Solicitante	TECNOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.
3. Dirección	JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACIFICO ET. DOS - LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Instrumento calibrado	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
Marca	OHAUS
Modelo	NVT6201ZH
N° de serie	8342450053
Identificación	No indica
Procedencia	China
Capacidad máxima:	6200 g
División de escala (d)	0,1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Capacidad mínima	2 g
Clase de exactitud	III
5. Fecha de calibración	2023-06-08

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-06-10



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817546 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 10/06/2023 10:38:27-0500

Jefe de Laboratorio

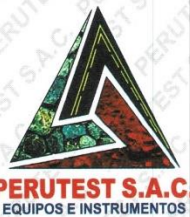


Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 047 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	1818-2024	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	<b>TECNOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.</b>	
3. Dirección	JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACIFICO ET. DOS LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
4. Equipo	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>	
Capacidad	2000 kN	
Marca	PERUTEST	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	231055	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	STYLE-2000	
Número de Serie	231055	
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2024-04-26	

Fecha de Emisión

2024-04-26

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

1. **Expediente:** 0380  
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. **Solicitante:** TECNOLOGIA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.  
Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. **Dirección:** JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACIFICO ET. DOS - LIMA-LIMA- SAN MARTIN DE PORRES  
CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. **Equipo:** HORNO DE SECADO  
**Marca:** PERUTEST  
**Modelo:** PT-H76  
**N° de serie:** 196  
**Procedencia:** PERÚ  
**Identificación:** NO INDICA  
**Ubicación:** Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de TCL GEOTECNIA SAC  
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

5. **Fecha de calibración** 2023-06-08

Fecha de Emisión

2023-06-15



Firmado digitalmente por:  
BARTOLO CHUQUIBALA JUAN  
CARLOS FIR 42443885 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 17/06/2023 12:13:27-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
📍 CALIBRATEC SAC