

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**Incorporación de nanosílice y polvillo de horno rotax para la  
mejora de propiedades físico mecánicas del concreto  
estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Gerson David Callata Flores

Guillermo Salcedo Mamani

**Asesor:**

Mg. Arnaldo Cahui Galarza

**Juliaca, abril de 2025**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Arnaldo Cahui Galarza, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“INCORPORACIÓN DE NANOSÍLICE Y POLVILLO DE HORNO ROTAX PARA LA MEJORA DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL A TEMPERATURAS BAJAS EN LA REGIÓN PUNO 2023”** de los autores **Gerson David Callata Flores** y **Guillermo Salcedo Mamani** tiene un índice de similitud de 12% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 24 días del mes de abril del año 2025.



---

Mg. Arnaldo Cahui Galarza

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 01 día(s) del mes de abril del año 2025 siendo las 17:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mg. Leonel G. Chahuaroc Paucar, el (la) secretario(a): Mg. Heron Dubinsky Paris Cusi y los demás miembros: Msc. Eder Mamani Grambi

y el (la) asesor(a) Mg. Arnaldo Galvis Galvarza con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Incorporación de naucalico y pohlillo de homo notax para la mejora de propiedades físico mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023

del(los) bachiller(es): a) Gerzon David Gallata Flores  
b) Guillermo Salcedo Mamani  
c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Gerzon David Gallata Flores

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Guillermo Salcedo Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma] Presidente/a  
[Firma] Asesor/a  
[Firma] Bachiller (a)  
[Firma] Miembro  
[Firma] Bachiller (b)  
[Firma] Secretario/a  
[Firma] Miembro  
[Firma] Bachiller (c)

## Lista de Contenido

Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
1. Introducción.....	8
2. Revisión de Literatura .....	9
3. Metodología.....	11
4. Población y muestra.....	12
5. Resultados y Discusiones .....	13
5.1. Nanosilice.....	13
5.2. Polvillo de horno rotax.....	14
5.3. Propiedad del concreto en estado fresco .....	16
5.4. Propiedad del concreto en estado endurecido .....	18
5.4.1. A compresión.....	18
6. Conclusiones.....	24
7. Referencia Bibliográfica.....	26
Anexos .....	29

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Propiedades Físico Químicas</i> .....	13
<b>Tabla 2.</b> <i>Propiedades Químicas</i> .....	15
<b>Tabla 3.</b> <i>Resultado de slump para diferentes porcentajes</i> .....	17
<b>Tabla 4.</b> <i>Resultados de la resistencia a la compresión</i> .....	19
<b>Tabla 5.</b> <i>Propiedades Físico Químicas</i> .....	13

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Se muestra la nanosilice en su estado líquido</i> .....	13
<b>Figura 2.</b> <i>Se muestra el polvillo de horno rotax</i> .....	16
<b>Figura 3.</b> <i>Se muestra el slump de diseño para un concreto con 3% de Na + 0% Phr</i> .....	17
<b>Figura 4.</b> <i>Se muestra el asentamiento para diferentes porcentajes de incorporación</i> .....	18
<b>Figura 5.</b> <i>Muestra la evolución del concreto a compresión</i> .....	23

## Lista de Anexos

<b>Anexo 1.</b> <i>Evidencia de Sumisión</i> .....	29
<b>Anexo 2.</b> <i>Resolución de Expedito</i> .....	30
<b>Anexo 3.</b> <i>Pruebas de laboratorio</i> .....	31
<b>Anexo 4.</b> <i>Fotografías</i> .....	32

# **Incorporación de nanosílice y polvillo de horno rotax para la mejora de propiedades físico mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023**

## **Resumen**

En entornos de bajas temperaturas, como la Región de Puno, las estructuras de concreto enfrentan desafíos climáticos que afectan su resistencia y durabilidad. El estudio propone mejorar el concreto convencional mediante la incorporación de polvillo de horno rotax y nanosílice para contrarrestar las deficiencias en condiciones de temperaturas bajas. El objetivo es analizar el comportamiento físico mecánico del concreto al incorporar nanosílice en proporciones de 0%, 1%, 2%, y 3% y polvillo de horno rotax en proporciones de 0%, 5%, 10%, y 15%. Es una investigación cuantitativa, enfocada en la recolección y análisis de datos numéricos para probar la hipótesis. Los resultados revelan que la adición de 1% de nanosílice y 5% de polvillo de horno mejora la resistencia a compresión del concreto en todos los periodos. Además, se observó un crecimiento continuo en la resistencia incrementando 3% de nanosílice y 5% de polvillo de horno. La incorporación de nanosílice y polvillo de horno mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto estructural a temperaturas de  $-5^{\circ}\text{C}$ . En particular, se destaca la combinación de 1% de nanosílice y 5% de polvillo de horno, que muestra la óptima resistencia a la compresión en  $251.80 \text{ kg/cm}^2$ , representando el 119.89% superando la resistencia teórica a los 28 días.

***Palabras Claves:** Bajas temperaturas, concreto, polvillo de horno rotax, propiedades mecánicas, nanosílice.*

# **Incorporation of nanosilica and rotax kiln dust to improve the physical-mechanical properties of structural concrete at low temperatures in the Puno region 2023**

## **Abstract**

In low temperature environments, such as the Puno Region, concrete structures face climatic challenges that affect their strength and durability. The study proposes to improve conventional concrete by incorporating rotax kiln dust and nanosilica to counteract the deficiencies in low temperature conditions. The objective is to analyze the physical-mechanical behavior of concrete by incorporating nanosilica in proportions of 0%, 1%, 2%, and 3% and rotax kiln dust in proportions of 0%, 5%, 10%, and 15%. It is a quantitative research, focused on the collection and analysis of numerical data to test the hypothesis. The results reveal that the addition of 1% nanosilica and 5% kiln dust improves the compressive strength of concrete in all periods. In addition, a continuous growth in strength was observed with increasing 3% nanosilica and 5% baking powder. The incorporation of nanosilica and kiln dust significantly improves the compressive strength of structural concrete at temperatures of  $-5^{\circ}\text{C}$ . In particular, the combination of 1% nanosilica and 5% kiln dust shows the optimum compressive strength at  $251.80\text{ kg/cm}^2$ , representing 119.89% over the theoretical strength at 28 days.

***Keywords:** Low temperature, concrete, rotax kiln dust, mechanical properties, nanosilica.*

## **1. Introducción**

La construcción de estructuras de concreto en entornos de temperaturas extremadamente bajas, como la Región de Puno, situada a altitudes superiores a 3800 m.s.n.m, presenta desafíos considerables. El concreto utilizado en estas áreas se ve expuesto a condiciones climáticas adversas que pueden comprometer su resistencia y durabilidad, lo que resulta en una disminución significativa de sus propiedades físico mecánicas. La propuesta de este estudio se basa en la utilización de incorporaciones específicas, como la nanosílice y el polvillo de horno rotax, con el fin de mejorar las deficiencias del concreto convencional frente a temperaturas bajas. La nanosílice, caracterizada por su tamaño nanométrico y propiedades reactivas, ofrece mejoras sustanciales en la resistencia a la compresión y en la durabilidad del concreto, particularmente relevante en entornos de condiciones climáticas adversas. Por otro lado, el polvillo de horno, obtenido como subproducto de la combustión de la piedra caliza en procesos industriales, se considera como una adición capaz de mejorar propiedades como la resistencia a la compresión, al desgaste y la capacidad de llenado de espacios vacíos, lo que contribuye a una mayor compactación y menor porosidad del concreto. La incorporación de estos aditivos se vuelve esencial en la Región de Puno debido a la necesidad de contar con estructuras de concreto capaces de resistir y mantener su funcionamiento en condiciones de bajas temperaturas. A pesar de los avances en la aplicación de nanosílice y polvillo de horno rotax en la formulación del concreto, existen desafíos específicos en su implementación bajo las condiciones climáticas y materiales locales, lo que motiva esta investigación para evaluar su efectividad. El objetivo es analizar el comportamiento físico mecánico del concreto estructural al incorporar nanosílice en proporciones de 0%, 1%, 2% y 3 % y el polvillo de horno rotax en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15%. Se busca determinar la influencia de diferentes proporciones de estas variables (nanosílice y polvillo) en la resistencia a la compresión, así como identificar la proporción óptima que maximicen las propiedades físico mecánicas del

material en condiciones de temperaturas de  $-5^{\circ}\text{C}$ . Los resultados esperados no solo apuntan a optimizar la formulación del concreto, sino también a mejorar la calidad y vida útil de las estructuras en la Región, reduciendo los costos asociados a mantenimiento y reparaciones.

## **2. Revisión de Literatura**

Según (Vargas & Sedano, 2023), tuvo como objetivo evaluar de qué manera influye la temperatura baja en concretos de alta resistencia en el anexo Yuraccrumi del Distrito de Ccochaccasa Angaraes – Huancavelica, en el año 2023. Fue un estudio experimental. la población de muestra es: La mezcla de concreto de alta resistencia de  $280\text{ kg/cm}^2$  probetas de concreto cuya población es de 80 unidades de acuerdo al R.N.E. El muestreo fue probabilístico. El instrumento empleado fue el laboratorio de tecnología de concreto (ensayos de resistencia a la compresión). Los resultados experimentales revelan que Al evaluar la influencia de la temperatura baja en concretos de alta resistencia en el Anexo de Yuraccrumi del Distrito de Ccochaccasa – Angaraes – Huancavelica. Afecta significativamente en la resistencia del concreto se tiene los ensayos registrados en rotura de probetas de concreto las cuales se muestran que en  $F'_{C}=280$  (que a los 7 días de edad llega a una máxima de  $204\text{ kg/cm}^2$  y a los 15 días de edad teniendo como Máxima resistencia a  $86\text{ kg/cm}^2$  y a los 29 días de edad llega a una máxima de  $215\text{ kg/cm}^2$  y como resultado de la prueba de resistencia a la compresión a los 42 días de edad llegando a una máxima de  $273\text{ kg/cm}^2$  con una temperatura baja de  $-6^{\circ}\text{C}$ . Según (Ozturk & Kılınçkale, 2023), estudio el efecto cambiante de las cenizas volantes en la estructura interna de los compuestos a base de cemento. Los resultados mostraron que, las muestras que contenían cenizas volantes se desempeñaron mejor que las mezclas de control después de un período de curado de 90 días con/sin aplicación de ciclos de humectación y secado, como logro importante de este estudio, las reacciones puzolánicas

requirieron al menos 90 días para completarse en condiciones normales de curado a la temperatura estándar. Debido al largo tiempo de curado requerido, la utilización parcial de cenizas volantes en lugar de cemento puede ser una alternativa eficiente para la producción de elementos prefabricados utilizados en la construcción marina u otras construcciones expuestas al frío. El estudio de (Hakeem et al., 2023), se enfocó en el impacto de la adición de nanosílice en las propiedades del concreto sostenible de alta resistencia. El enfoque experimental utilizó briquetas y vigas de concreto como población de estudio, con 25 mezclas en total y muestreo no probabilístico. Los ensayos de compresión y flexión a los 7, 28 y 91 días fueron los instrumentos empleados. Los resultados destacaron que la incorporación del 3% de nanosílice en mezclas cuaternarias mejoró significativamente las propiedades mecánicas a los 28 y 91 días. La mezcla con 75% de mezclas cuaternarias y 3% de nanosílice mostró el mejor rendimiento sostenible. Además, la mezcla con 3% de nanosílice y 50% de mezclas cuaternarias alcanzó una destacada resistencia a la compresión de 80.7, 6.46 y 10.09 MPa a diferentes edades. La revisión sugiere que la adición de nanosílice en combinación con mezclas cuaternarias puede ser crucial para mejorar la resistencia a la compresión en concreto sostenible. El estudio de (Lia et al., 2023), buscó mejorar las propiedades de tracción del concreto de ultra alto rendimiento mediante la adición de nanosílice. Encontraron que el 3% en peso de nanosílice aumentó la resistencia a la compresión y flexión, pero al aumentar al 5%, la fuerza disminuyó debido a la formación de poros. Recomiendan el uso del 3% de nanosílice para mejorar la estructura porosa y promover la hidratación de la matriz, aunque sugieren investigar más sobre los efectos a niveles más altos para comprender mejor sus límites y maximizar los beneficios en este tipo de concreto de ultra-alto rendimiento con características de endurecimiento por deformación. Según (Panditharadhya et al., 2023).Se centró en la evaluación de un concreto ecológico que incorpora cenizas volantes como reemplazo parcial del cemento portland, junto con la adición

de fibras de acero y yute. La investigación reveló mejoras significativas al añadir un 15% de ceniza volante y un 1.5% de fibras, tanto en propiedades mecánicas como en durabilidad, comparadas con el concreto convencional. La inclusión de 10 y 15% de ceniza volante y 1.5 y 2% de fibras también mejoró las propiedades de durabilidad. El concreto desarrollado demostró ser sostenible, mejorando la resistencia y las propiedades de unión en comparación con el concreto convencional de grado M3. La conclusión destacó que el reemplazo parcial de cenizas volantes mejoró la trabajabilidad del concreto sin comprometer la resistencia. Para futuras investigaciones, podría explorarse la optimización de las proporciones de los materiales adicionados y evaluar el desempeño a largo plazo del concreto ecológico en diferentes condiciones ambientales. Según (Behera et al., 2023). Se enfocó en evaluar la influencia de gránulos de cenizas volantes sinterizados en el concreto de grado M30. Utilizando un enfoque experimental con muestreo no probabilístico, el estudio empleó probetas cúbicas, cilíndricas y prismas de concreto, evaluando propiedades mediante ensayos de compresión, tracción y flexión. Los resultados destacaron un aumento significativo de 10.66% y 14.31% a 7 y 28 días en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto convencional. Se concluyó que el concreto mejoró en resistencia a la compresión y tracción dividida, aunque mostró menor resistencia a la flexión. La revisión sugiere considerar la durabilidad a largo plazo, posibles limitaciones metodológicas y efectos no mencionados. Para futuras investigaciones, podrían explorarse aspectos económicos y ambientales, así como otras propiedades del concreto que podrían beneficiarse de la adición de gránulos sinterizados.

### **3. Metodología**

La metodología utilizada en este estudio corresponde a la investigación cuantitativa, centrada en la recolección y análisis de datos numéricos para comprender la realidad y probar hipótesis, según (Borja S., 2016). Este proyecto es experimental, estadística no paramétrica,

evalúa el efecto de la incorporación de nanosílice y polvillo de horno en la resistencia a la compresión del concreto sometido a bajas temperaturas, simulando el clima de la Región Puno. Los factores considerados fueron: contenido de polvillo de horno (0%, 5%, 10%, 15% del peso del cemento), contenido de nanosílice (0%, 1%, 2%, 3% del peso del cemento) y edad de curado (7, 14 y 28 días), resultando en 48 combinaciones con 5 réplicas cada una, totalizando 240 briquetas cilíndricas de concreto de dimensiones 6" x 12". Se emplearon materiales como cemento, agua potable, agregados, nanosílice y polvillo de horno. Se utilizó una máquina de compresión para los ensayos, así como congeladoras a temperaturas de aproximadamente -5 °C y el software Minitab para el análisis de datos. El procedimiento experimental consistió en preparar mezclas con proporciones específicas de nanosílice y polvillo de horno, seguido del moldeado y curado de las probetas en condiciones controladas. Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en los días de curado indicados. Para analizar los resultados, se utilizó estadística no paramétrica conocida como la prueba de Friedman o Análisis de la varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman. Se usó esta prueba para ver  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  depende de 3 características como el tratamiento, edad y las repeticiones. Estas variables medidas en escala ordinal, fue el principal criterio de evaluación, lo que permitió comparar los efectos de los distintos tratamientos en las propiedades mecánicas del concreto en condiciones de bajas temperaturas.

#### **4. Población y muestra**

Según (Hernández et al., 2014), la población se define como el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. En el estudio busca evaluar la mejora de propiedades físico mecánicas de briquetas cilíndricas mediante la incorporación de nanosílice y polvillo de horno rotax, la población a considerar engloba la cantidad total de ensayos que se realizarán para verificar este proceso de mejora. Por otro lado, (Balestrini, 2008)

define la muestra como una parte o subconjunto de la población. En este contexto, se estima que el diseño del experimento dependerá de la incorporación de diferentes porcentajes de polvillo de horno 0%, 5%, 10% y 15% y nanosílice 0%, 1%, 2% y 3% en el diseño del concreto. Como resultado, se generarán 5 unidades de muestra por cada combinación y porcentajes mediante un análisis de varianza (ANOVA) en Minitab, evaluando la significancia estadística de los efectos y las interacciones entre factores con un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$ , permitiendo recopilar una parte precisa y representativa de datos para analizar cómo estas adiciones afectan las propiedades de las briquetas, según las distintas edades.

## 5. Resultados y Discusiones

### 5.1. Nanosilice

La nanosílice empleada en esta investigación es un líquido con propiedades físicas y químicas específicas, como se detalla en la Tabla 1. Presenta un color café claro y un olor característico, tiene un Phr de  $5 \pm 2$ , y una densidad de  $1.3 \pm 0.02$  g/mL. Su contenido de sólidos es del  $1.5 \pm 1.8\%$ , y su temperatura de ebullición es de  $100$  °C.

Una propiedad destacada de la nanosílice es su total solubilidad en agua, lo cual permite una dispersión uniforme en la mezcla de concreto. Esta solubilidad asegura su integración completa en el matriz cementante, contribuyendo así a mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto endurecido, especialmente en términos de resistencia y durabilidad.

**Tabla 1**

*Propiedades Físico Químicas*

Propiedades		
Estado Físico	:	Líquido
Color	:	Café claro
Olor	:	Característico

Phr	:	$5 \pm 2$
Densidad	:	$1.3 \pm 0.02$ (g/mL)
Sólidos	:	$1.5 \pm 1.8\%$
Temperatura de ebullición	:	100 (C°)
Punto de inflamación	:	No aplica
Temperatura de autoignición	:	No aplica
Límite de inflamabilidad	:	No aplica
Solubilidad	:	Totalmente soluble en agua

### Figura 1

*Se muestra la nanosilice en su estado líquido.*



### 5.2. Polvillo de horno rotax

Se realizó el análisis de las características físico químicas del polvillo de horno por parte de la empresa mostrando los siguientes resultados:

**Tabla 2***Propiedades Químicas*

<b>Propiedades</b>		
<b>Composición Química</b>	<b>Resultado (%)</b>	<b>Norma</b>
Silicato tricálcico (C <sub>3</sub> S)	2.77	ASTM C-1365-18
Silicato tricálcico (C <sub>3</sub> S)	0.92	ASTM C-1365-18
Silicato dicálcico (C <sub>2</sub> S)	3.85	ASTM C-1365-18
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A)	7.2	ASTM C-1365-18
Ferritoaluminato tetracálcico (C <sub>4</sub> AF)	0.33	ASTM C-1365-18
Óxido de calcio (CaO)	16.82	ASTM C-1365-18
Hidróxido de calcio (Ca(OH) <sub>2</sub> )	0.00	ASTM C-1365-18
Óxido de magnesio (MgO)	1.69	ASTM C-1365-18
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	2.99	ASTM C-1365-18
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	63.42	ASTM C-1365-18

Los resultados del análisis por Difracción de Rayos X (DRX) según la norma ASTM C-1365-18 revelan la composición mineralógica de la muestra, típicamente asociada con los componentes del cemento utilizado en la fabricación del concreto. En particular, se destaca la alta presencia de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>, 63.42%), un compuesto común que actúa como material filler y puede influir en la reactividad del cemento. También se identifican minerales como el dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>, 2.99%), un componente esencial en la formación de gel de sílice que proporciona resistencia al concreto; el óxido de calcio (CaO, 16.82%), que es un componente principal en la producción de cal y cemento, contribuyendo a la reacción de fraguado del cemento; y el óxido de magnesio (MgO, 1.69%), que puede influir en la resistencia del concreto y su comportamiento en condiciones de alta temperatura. Además, se observa la presencia de tricalcio aluminato (C<sub>3</sub>A, 7.20%), que mejora el fraguado y la resistencia inicial

del cemento, y dicalcio silicato ( $C_2S$ , 3.85%), que proporciona resistencia a largo plazo al concreto. La ausencia de hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ ) y los niveles mínimos de óxido de hierro sugieren características particulares de la muestra analizada, lo que podría tener implicaciones en el comportamiento del concreto en condiciones específicas.

## Figura 2

*Se muestra el polvillo de horno rotax.*



### 5.3. Propiedad del concreto en estado fresco

El diseño del concreto se enfocó en lograr una consistencia que oscile entre 3" y 4" en un estado plástico, lo que se considera como un concreto trabajable. Durante la etapa en la que el concreto se encuentra fresco, se llevaron a cabo medidas específicas según se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3***Resultado de slump para diferentes porcentajes*

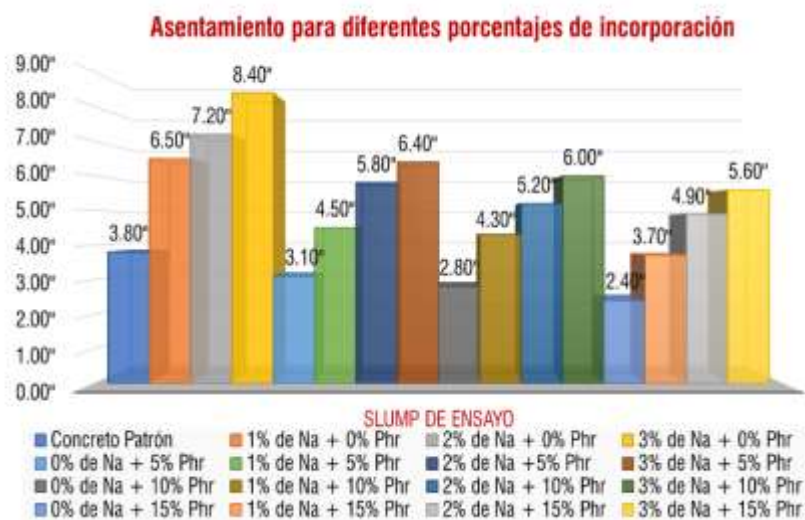
<b>Descripción</b>	<b>Slump de Diseño</b>	<b>Slump de Ensayo</b>
Concreto Patrón	3" - 4"	3.8"
Concreto con 1% de Na + 0% Phr	3" - 4"	6.5"
Concreto con 2% de Na + 0% Phr	3" - 4"	7.2"
Concreto con 3% de Na + 0% Phr	3" - 4"	8.4"
Concreto con 0% de Na + 5% Phr	3" - 4"	3.1"
Concreto con 1% de Na + 5% Phr	3" - 4"	4.5"
Concreto con 2% de Na + 5% Phr	3" - 4"	5.8"
Concreto con 3% de Na + 5% Phr	3" - 4"	6.4"
Concreto con 0% de Na + 10% Phr	3" - 4"	2.8"
Concreto con 1% de Na + 10% Phr	3" - 4"	4.3"
Concreto con 2% de Na + 10% Phr	3" - 4"	5.2"
Concreto con 3% de Na + 10% Phr	3" - 4"	6.0"
Concreto con 0% de Na + 15% Phr	3" - 4"	2.4"
Concreto con 1% de Na + 15% Phr	3" - 4"	3.7"
Concreto con 2% de Na + 15% Phr	3" - 4"	4.9"
Concreto con 3% de Na + 15% Phr	3" - 4"	5.6"

**Phr:** Polvillo de horno rotax**Na:** Nanosilice**Figura 3***Se muestra el slump de diseño para un concreto con 3% de Na + 0% Phr*

Los resultados del slump de ensayo mostrados en la Figura 4. indican que el incremento de la proporción de nanosílice (Na) en el concreto con 0% de polvillo de horno (Phr) está asociado con un aumento significativo en la trabajabilidad del concreto, alcanzando un slump de hasta 8.4" con un 3% de Na. Esto indica que la adición de nanosílice mejora notablemente la fluidez del concreto, facilitando su colocación y manejo. Por otro lado, cuando se incrementa la cantidad de polvillo de horno, se observa una disminución en el slump, lo que indica que el concreto se vuelve menos trabajable. Por ejemplo, con 0% de Na y 15% de Phr, el slump se reduce a 2.4", lo que podría dificultar su aplicación. Este comportamiento resalta la importancia de equilibrar los porcentajes de estos aditivos para lograr una mezcla óptima que cumpla con los requisitos de trabajabilidad.

**Figura 4.**

*Se muestra el asentamiento para diferentes porcentajes de incorporación*



## 5.4. Propiedad del concreto en estado endurecido

### 5.4.1. A compresión

Los resultados promedio de la resistencia a la compresión del concreto, obtenidos en intervalos de 7, 14 y 28 días, han sido analizados considerando distintas proporciones de

polvillo de horno y nanosilíce. Estos resultados proporcionan una visión detallada de cómo varía la resistencia del concreto en relación con la cantidad de estas incorporaciones, permitiendo evaluar su impacto en las propiedades físicas y mecánicas del material a lo largo del tiempo, especialmente bajo condiciones de temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , aspecto relevante para entender cómo se comporta el concreto en condiciones de bajas temperaturas. A continuación, se presentan estos resultados detallados en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Resultados de la resistencia a la compresión*

Concreto con:			Resistencia a la compresión con respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup>					
Concreto con:	Nanosilíce (Na)	Polvillo de horno (Phr)	7 días		14 días		28 días	
			Kg/cm <sup>2</sup>	%	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Kg/cm <sup>2</sup>	%
		Resistencia teórica	142.80	68.00%	180.60	86.00%	210.00	100.00%
100%	0%	0%	100.40	47.82%	119.80	57.04%	179.10	85.28%
99%	1%	0%	163.70	77.97%	217.40	103.51%	222.00	105.73%
98%	2%	0%	200.90	95.66%	222.20	105.80%	231.50	110.24%
97%	3%	0%	224.40	106.85%	267.00	127.13%	272.70	129.86%
95%	0%	5%	174.80	83.25%	183.90	87.55%	198.30	94.41%
94%	1%	5%	216.30	102.99%	226.70	107.95%	251.80	119.89%
93%	2%	5%	235.50	112.12%	259.60	123.62%	264.80	126.10%
92%	3%	5%	272.30	129.68%	293.90	139.94%	297.40	141.61%
90%	0%	10%	93.00	44.29%	95.90	45.67%	113.00	53.95%
89%	1%	10%	127.40	60.65%	131.20	62.49%	150.00	71.51%
88%	2%	10%	145.80	69.45%	170.80	81.31%	208.00	99.16%
87%	3%	10%	160.10	76.24%	217.70	103.67%	231.00	109.88%
85%	0%	15%	88.00	41.89%	93.90	44.71%	102.00	48.54%
84%	1%	15%	116.70	55.59%	123.20	58.67%	135.00	64.26%
83%	2%	15%	117.00	55.70%	121.60	57.88%	159.00	75.76%
82%	3%	15%	133.80	63.71%	140.30	66.83%	178.00	84.96%

El análisis de la resistencia a la compresión del concreto sometido a una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  muestra cómo la incorporación de nanosílice y polvillo de horno permite superar los desafíos de desarrollo de resistencia en condiciones de bajas temperaturas. A los 7 días, el concreto sin aditivos (0% Na, 0% Phr) alcanza una resistencia de solo  $100.40\text{ kg/cm}^2$ , que representa el 47.82% inferior a la resistencia teórica de  $210\text{ kg/cm}^2$ . Este resultado evidencia las limitaciones del concreto convencional bajo frío, ya que la hidratación del cemento se ve ralentizada, afectando el desarrollo de la resistencia temprana. Sin embargo, al incorporar un 3% de nanosílice sin polvillo (3% Na, 0% Phr), la resistencia a los 7 días aumenta significativamente hasta  $224.40\text{ kg/cm}^2$ , es decir, el 106.85% superior a la resistencia teórica. Este incremento muestra notablemente cómo la nanosílice, debido a su alta superficie específica y capacidad para mejorar la densidad de la matriz de cemento, acelera la ganancia de resistencia incluso bajo condiciones de baja temperatura, permitiendo una compactación efectiva de la mezcla y un refuerzo de las propiedades mecánicas del concreto. En esta etapa inicial, la combinación de 3% de nanosílice con 5% de polvillo de horno (3% Na, 5% Phr) resulta ser la más efectiva, logrando una resistencia de  $272.30\text{ kg/cm}^2$  (129.68% superior a la resistencia teórica), lo cual confirma la sinergia de ambos aditivos al cerrar poros y mejorar la cohesión interna del concreto.

A los 14 días, los efectos de los aditivos continúan siendo evidentes, destacando el rol de la nanosílice y el polvillo de horno en el desarrollo intermedio de la resistencia a compresión bajo condiciones de temperatura  $-5^{\circ}\text{C}$ . Sin aditivos, el concreto alcanza una resistencia de  $119.80\text{ kg/cm}^2$ , correspondiente al 57.04% inferior a la resistencia teórica, lo cual subraya la dificultad de obtener un desarrollo completo de resistencia en bajas temperaturas con mezclas convencionales. Al agregar un 3% de nanosílice sin polvillo de horno, la resistencia aumenta hasta  $267.00\text{ kg/cm}^2$ , es decir, un 127.13% superior a la resistencia teórica, reflejando el impacto positivo de la nanosílice en esta etapa. La nanosílice contribuye a una estructura

interna más densa, lo cual facilita la ganancia de resistencia a mediano plazo. La combinación de 3% de nanosílice y 5% de polvillo de horno nuevamente sobresale, alcanzando una resistencia de 293.90 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente al 139.94% superior a la resistencia teórica. Este resultado indica que el polvillo de horno actúa como una puzolana secundaria en este punto, ayudando a formar compuestos que aumentan la estabilidad de la matriz de concreto, especialmente en condiciones de bajas temperaturas. La mezcla de nanosílice y polvillo de horno, no solo acelera el desarrollo temprano de resistencia, sino que también refuerza su capacidad estructural en el mediano plazo, adaptándose eficazmente al entorno de -5°C.

Finalmente, a los 28 días, el efecto acumulativo de la nanosílice y el polvillo de horno en la resistencia a compresión bajo las condiciones frías (-5°C) se consolida, evidenciando una mejora de durabilidad y estabilidad en el concreto. En el caso del concreto sin aditivos, la resistencia obtenida es de 179.10 kg/cm<sup>2</sup> (85.28%), un valor que sigue siendo inferior al esperado y que indica que el concreto convencional enfrenta una limitación clara en su desarrollo de resistencia final bajo temperaturas frías. La adición de un 3% de nanosílice sin polvillo de horno permite alcanzar una resistencia de 272.70 kg/cm<sup>2</sup>, que representa el 129.86% superior a la resistencia teórica, demostrando cómo la nanosílice no solo facilita la ganancia temprana de resistencia, sino que mantiene su efecto positivo en la durabilidad a largo plazo. La mezcla más efectiva continúa siendo la de 3% de nanosílice con 5% de polvillo de horno, con la cual se logra una resistencia máxima de 297.40 kg/cm<sup>2</sup> (141.61% superior a la resistencia teórica). Este valor supera significativamente el rendimiento del concreto convencional y evidencia que esta combinación no solo garantiza una excelente resistencia inicial, sino que también asegura una durabilidad estructural en climas fríos (-5°C). La sinergia entre la nanosílice y el polvillo de horno permite al concreto resistir las condiciones adversas de frío extremo, reduciendo la porosidad y aumentando la cohesión de su estructura interna, lo cual lo convierte en una opción ideal para aplicaciones estructurales en entornos de bajas temperaturas.

Diversos estudios han evidenciado los beneficios del uso de nanosílice como aditivo en el concreto. (Qian et al., 2023). desarrollaron una nanosílice porosa producida in situ, logrando una mejora superior al 35% en la resistencia a compresión a los 28 días, además de una significativa densificación de la microestructura y una reducción del calor de hidratación sin comprometer la resistencia temprana. En contraste, (Rahim et al., 2021). destacan que la nanosílice, aunque no especifican su forma de producción, mejora notablemente las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, al rellenar los microporos y aumentar su densidad. Asimismo, señalan el potencial del metacaolín como puzolana natural, aunque mencionan su uso limitado a nivel industrial. Mientras (Qian et al., 2023). proponen una solución innovadora y más sostenible, (Rahim et al., 2021). ofrecen una visión más general de los beneficios técnicos de estos aditivos, reforzando el valor de la nanosílice en la mejora del desempeño físico-mecánico del concreto.

En el estudio de (Anish et al., 2023)., el concreto convencional (CC) y el concreto de humo de sílice (SFC-1) mostraron las mejores resistencias a los 28 y 56 días, mientras que la mezcla FASFC-2 tuvo un mejor rendimiento a los 7 días, lo que resalta el impacto positivo de los superplastificantes a edades tempranas. Mientras (Raut, 2023), también observó que el reemplazo de cemento con cenizas volantes redujo la resistencia a edades tempranas, pero al utilizar fibra de vidrio, se logró mejorar la resistencia a la compresión a largo plazo, especialmente a los 56 días. (Gadag et al., 2021), por su parte, mostraron que el reemplazo de cemento por ceniza volante ultrafina mejora la resistencia a la compresión hasta un 10%, pero a partir del 20%, se observa una disminución significativa.

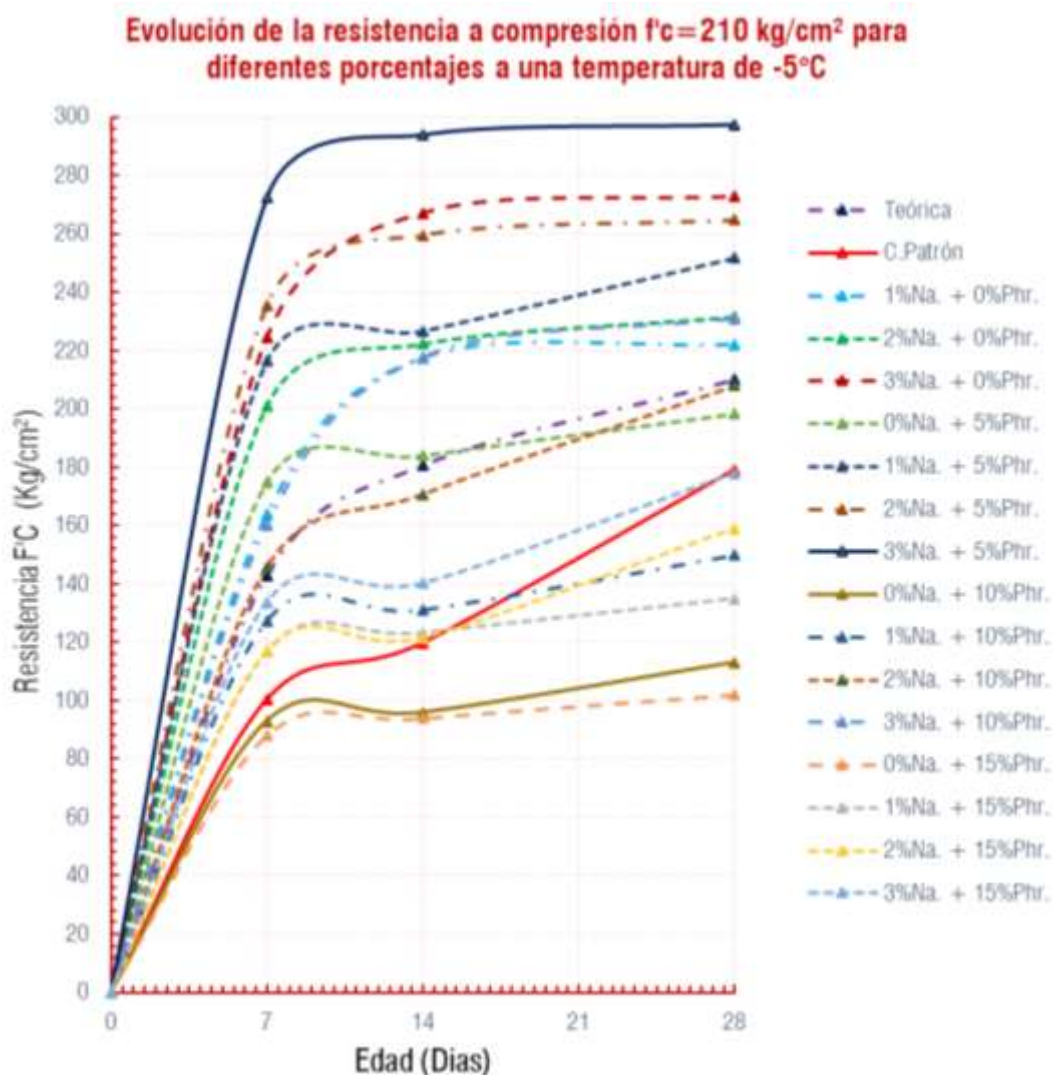
En resumen, ambos estudios coinciden en que las bajas temperaturas tienen efectos negativos en la resistencia y durabilidad del concreto, especialmente en las primeras edades. Sin embargo, los estudios ofrecen diferentes perspectivas sobre los mecanismos subyacentes: mientras que (Vargas & Sedano, 2023), se concentran en la pérdida de resistencia mecánica

debido a un mal fraguado y dificultades en el proceso exotérmico a bajas temperaturas, (Chen et al., 2023), profundizan en los efectos de la microestructura y la interfaz mortero-árido en el comportamiento del concreto, especialmente en ambientes de alta altitud.

Ambos estudios sugieren que, para mejorar las propiedades del concreto en condiciones frías, es necesario optimizar las mezclas de concreto, considerando el tipo de aditivos, la relación agua/cemento, y el tiempo de curado para mitigar los efectos adversos de la baja temperatura.

**Figura 5**

*Muestra la evolución del concreto a compresión*



## 6. Conclusiones

Se concluyó que la resistencia a compresión del concreto se incrementó en un 136.91%, alcanzando un valor de 297.40 kg/cm<sup>2</sup> en la mezcla con 3% de nanosílice y 5% de polvillo de horno, en comparación con la muestra patrón, que obtuvo un valor de 179.10 kg/cm<sup>2</sup>. Este aumento resalta la efectividad de los aditivos en la mejora del desempeño mecánico del concreto. A pesar de que el costo unitario del concreto convencional es bajo que el de la mezcla que incluye estos aditivos, los beneficios mecánicos y de durabilidad del concreto modificado justifican la inversión. Esta combinación no solo optimiza las propiedades del concreto, sino que también asegura un mejor desempeño en entornos de bajas temperaturas (-5°C), garantizando así la calidad y estabilidad de las estructuras construidas con este material.

Al incorporar nanosílice y polvillo de horno en el concreto estructural en condiciones de temperaturas de -5°C, se evaluaron diversas proporciones de nanosílice (1%, 2% y 3%) y polvillo de horno (5%, 10% y 15%) como sustituciones parciales al cemento, con el objetivo de mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto, cuyo diseño tenía una resistencia teórica de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Según los resultados obtenidos de la prueba de diseño factorial, el concreto convencional mostró un desempeño deficiente, alcanzando solo 100.4 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 119.8 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 179.10 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, sin lograr alcanzar la resistencia esperada. En contraste, las diferentes combinaciones con aditivos lograron resultados sobresalientes: 223.70 kg/cm<sup>2</sup> con una proporción de 2% de nanosílice y 0% de polvillo de horno, 224.30 kg/cm<sup>2</sup> con 0% de nanosílice y 5% de polvillo de horno, 229.90 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de nanosílice y 0% de polvillo de horno, 231.00 kg/cm<sup>2</sup> con 3% de nanosílice y 10% de polvillo de horno, 251.80 kg/cm<sup>2</sup> con 1% de nanosílice y 5% de polvillo de horno, 264.80 kg/cm<sup>2</sup> con 2% de nanosílice y 5% de polvillo de horno, 272.70 kg/cm<sup>2</sup> con 3% de nanosílice y 0% de polvillo de horno, y finalmente, 297.40 kg/cm<sup>2</sup> con 3% de nanosílice y 5% de polvillo de horno, superando así la resistencia teórica a los 28 días. Estos resultados evidencian que la inclusión

de nanosílice y polvillo de horno no solo optimiza la resistencia del concreto, sino que también mejora sus propiedades autocompactantes, lo que lo convierte en una opción altamente eficiente y adecuada para aplicaciones estructurales en condiciones de frío, garantizando un rendimiento mecánico superior y una mayor durabilidad en entornos adversos.

El estudio demuestra que la incorporación de nanosílice y polvillo de horno en la concreta mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural en condiciones de bajas temperaturas en la Región Puno. La combinación adecuada de ambos aditivos 1% de nanosilice y 5% polvillo de horno con 251.80 kg/cm<sup>2</sup> optimiza la resistencia a la compresión, durabilidad y comportamiento a temperaturas extremas (-5°C).

El nanosílice mejora la densidad del concreto, aumentando la resistencia a la compresión a bajas temperaturas, mientras que el polvillo de horno contribuye a la mejora de la trabajabilidad y la reducción de la impermeabilidad, lo cual es crucial en climas fríos. Juntos, estos materiales ofrecen una solución eficaz para mitigar los efectos negativos del frío en las propiedades del concreto. En la Región Puno, donde las temperaturas bajas son un desafío para la durabilidad del concreto, el uso de nanosílice y polvillo de horno es una solución viable para aumentar la resistencia y durabilidad del concreto estructural sin comprometer la trabajabilidad en condiciones de frío extremo.

## 7. Referencia Bibliográfica

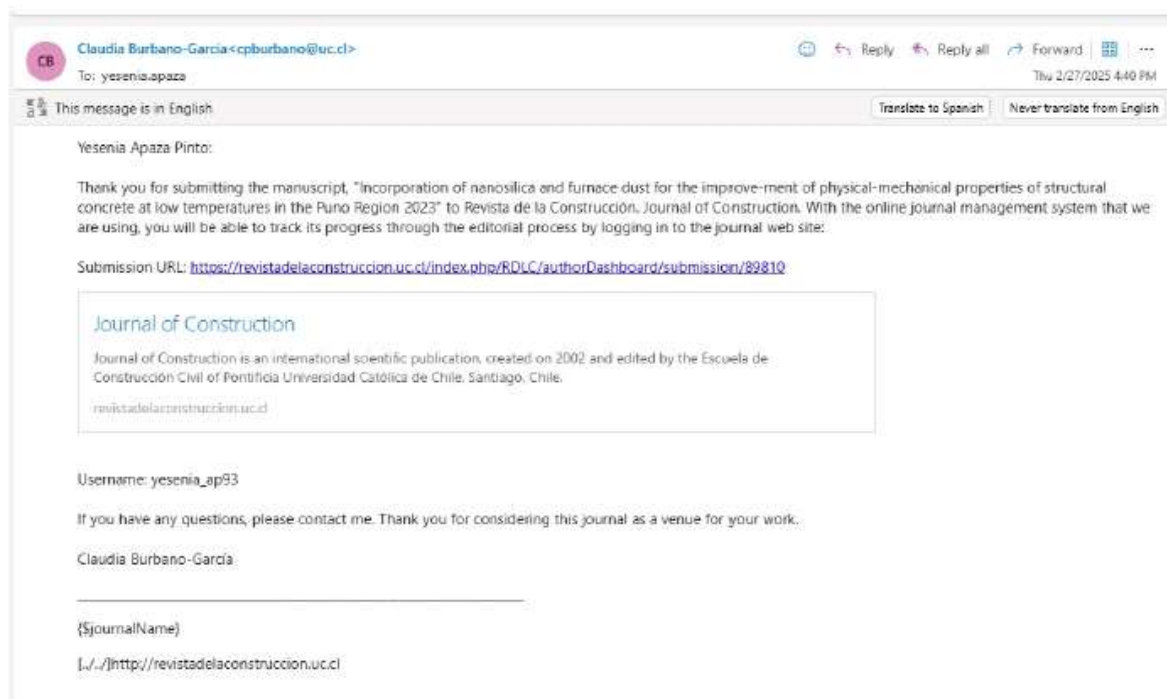
- Anish, C., Krishnaiah, V. R., & Raju, B. V. K. (2023). Comportamiento resistente del hormigón verde mediante el uso de cenizas volantes y humo de sílice.
- Balestrini, A. M. (2008). Como se elabora el proyecto de investigacion.
- Behera, K. S., Sahoo, K. K., Bhosale, A., & Pradhan, A. (2023). Propiedades estructurales y efecto de la temperatura de los gránulos de cenizas volantes sinterizados concreto. *Materials Today: Proceedings*.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.229>
- Borja S., M. (2016). Chiclayo, 2016 Metodología de la Investigación Científica para ingenieros 2 Ing. Manuel Borja Suárez.  
[file:///C:/Users/HP/Downloads/Metodologia\\_de\\_Investigacion\\_Cientifica.pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Metodologia_de_Investigacion_Cientifica.pdf)
- Chen, X., Liu, X., Feng, Y., Huang, X., Li, L., Ge, Y., & Tian, B. (2023). Microestructuras y propiedades de superficies de concreto bajo diferentes condiciones de exposición en ambientes naturales complejos de regiones de gran altitud. *Journal of Building Engineering*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106663>
- Gadag, P. R., Ghorpade, V. G., & Rao, H. S. (2021). Evaluación de parámetros de resistencia de cenizas volantes ultrafinas y nanosílice Concreto de alto desempeño incorporado. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2288–2296.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.344>
- Hakeem, I. Y., Alharthai, M., Amin, M., Zeyad, A. M., Tayeh, B. A., & Agwa, I. S. (2023). Propiedades del hormigón sostenible de alta resistencia que contienen grandes cantidades de desechos industriales, nanosílice y áridos reciclados. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, 7444–7461.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.05.050>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta edición ed., Vol. 1). (I. 978-1-4562-2396-0, Ed.) México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.
- Lia, M., Sol, J., Li, L., Meng, L., Wang, S., Wei, J., & Mao, J. (2023). Efecto de la nanosílice en el comportamiento de extracción de fibras y las propiedades mecánicas del hormigón de ultra alto rendimiento endurecido por deformación. *Construction and Building Materials*, 367. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130255>
- Ozturk, H., & Kılınçkale, F. M. (2023). El efecto de los ciclos de humectación-secado / congelación-descongelación en las propiedades de los compuestos a base de cemento sustituidos con cenizas volantes sin aire incorporado. *Ceramics International*, 49(7), 10993–11004. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.11.294>
- Panditharadhya, B.J., Mulangi, R. H., & Ravi Shankar, A.U. (2023). Estudios mecánicos y de durabilidad en hormigón armado a base de cenizas volantes. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.280>
- Qian, X., Yang, H., Wang, J., Fang, Y., Wang, L., Chen, P., & Zhao, H. (2023). Nanosílice producido in situ con silicato de sodio como aditivo para mejorar el rendimiento de los hormigones. *Cement and Concrete Composites*, 142, 105198. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105198>
- Rahim, A. A., Abdulwahab, R., & Kareem, M. A. (2021). Incorporación de metacaolín y nanosílice en morteros mixtos de cemento y concreto- Una revisión. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 290). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125852>

- Raut, M. V. (2023). Influencia de las cenizas volantes de grano fino junto con la fibra de vidrio en la resistencia y el costo de las mezclas de concreto propuestas. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.515>
- Vargas, L. M., & Sedano, T. R. (2023). Influencia de la temperatura baja en concreto de alta resistencia en el Anexo de Yeracrumi del Distrito de Ccochaccasa - Angaraes - Huancavelica. <https://orcid.org/0000-0002-5926-0099>

## Anexos

### Anexo 1. Evidencia de Sumisión



**Revista:** Revista de la construcción, UC. Ch.

**Fecha de sumisión:** 27 de febrero de 20254.

## Anexo 2. Resolución de Expedito



“AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA”

RESOLUCIÓN N° 0077-2025/UPeU-FIA-CF

Lima, Naña, 11 de marzo de 2025

### VISTO:

El expediente de los (las) bachilleres **Gerson David Callata Flores** identificado(a) con código universitario N° 201712338 y **Guillermo Salcedo Mamani** identificado(a) con código universitario N° 201610660, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

### CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado “Incorporación de nanosilíce y polvillo de horno rotax para la mejora de propiedades físico mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023.”, presentado por los (las) bachilleres **Gerson David Callata Flores** y **Guillermo Salcedo Mamani**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 11 de marzo de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

### SE RESUELVE:

1. Declarar expedito a los (las) bachilleres **Gerson David Callata Flores** y **Guillermo Salcedo Mamani**, para que sustenten la tesis en formato artículo titulada “Incorporación de nanosilíce y polvillo de horno rotax para la mejora de propiedades físico mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023.”, conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 01 de abril a las 17:00 horas, en la modalidad presencial, en el Salón de Actos Wellesley Muir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: Mg. Leonel Chalmare Paucar

Secretario: Mg. Herson Duberly Pari Cusi

Asesor: Mg. Arnaldo Calni Galarza

Vocal 1: MSc. Ecler Mamani Chambi

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



Ph.D. Silvia Pilco Quesada  
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:  
-Secretaría  
-Jurado (JG)  
-Secretaría General  
-Archivo

### Anexo 3. Pruebas de laboratorio

		<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES</b>		
NOMBRE DEL PROYECTO		"Incorporación de nanosilica y polvo de horno rotas para la mejora de propiedades físico-mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023"		
SOLICITANTE		Gerson David Callata Flores- Guillermo Salcedo Mamau		
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Leonel Chafuarez Paucar		
PERSONAL DEL LABORATORIO		Bach. Thyssen Sefas Pampa	Fecha de ejecución de ensayo: según se indica	

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO**  
**NTP 339.214.2007, NTP 339.034.2008**

ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	ESPAJ (mm)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA (kgf)	RESISTENCIA TESTIGO kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DISEÑO kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA PORCENTAJE
1	Prob. N°001 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.20 cm	179.08	18101.80 kgf	101.08	210	48.13%
2	Prob. N°002 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.20 cm	181.40	18824.50 kgf	81.72	210	44.15%
3	Prob. N°003 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.20 cm	179.08	18410.00 kgf	103.92	210	49.48%
4	Prob. N°004 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.00 cm	176.71	18113.00 kgf	102.50	210	48.81%
5	Prob. N°005 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.00 cm	176.71	18010.00 kgf	101.92	210	48.53%
6	Prob. N°006 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.00 cm	176.71	27395.50 kgf	154.99	210	73.82%
7	Prob. N°007 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.00 cm	176.71	21214.20 kgf	120.01	210	57.64%
8	Prob. N°008 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.00 cm	176.71	33221.70 kgf	187.49	210	89.28%
9	Prob. N°009 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.20 cm	179.08	23441.30 kgf	130.89	210	62.80%
10	Prob. N°010 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	5/08/2024	7	15.20 cm	181.40	30933.50 kgf	169.92	210	80.39%
11	Prob. N°011 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	34074.00 kgf	192.85	210	91.82%
12	Prob. N°012 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	36142.40 kgf	204.90	210	98.02%
13	Prob. N°013 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	36410.00 kgf	206.04	210	98.12%
14	Prob. N°014 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	36321.10 kgf	205.01	210	98.12%
15	Prob. N°015 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	34938.10 kgf	197.71	210	94.25%
16	Prob. N°016 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	39671.20 kgf	221.60	210	105.52%
17	Prob. N°017 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	41947.20 kgf	234.26	210	111.60%
18	Prob. N°018 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	40607.00 kgf	226.76	210	107.98%
19	Prob. N°019 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	38871.20 kgf	219.57	210	104.75%
20	Prob. N°020 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	181.40	39547.20 kgf	218.05	210	103.83%
21	Prob. N°021 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	21245.20 kgf	120.01	210	57.47%
22	Prob. N°022 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	181.40	20885.10 kgf	114.60	210	54.59%
23	Prob. N°023 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	181.40	32814.50 kgf	176.71	210	83.59%
24	Prob. N°024 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	31794.20 kgf	177.54	210	84.54%
25	Prob. N°025 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	30895.10 kgf	174.83	210	81.25%
26	Prob. N°026 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	37828.80 kgf	214.07	210	103.94%
27	Prob. N°027 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	14.80 cm	171.03	37523.50 kgf	218.12	210	103.67%
28	Prob. N°028 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	38917.60 kgf	220.49	210	104.99%
29	Prob. N°029 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	37124.20 kgf	210.08	210	100.04%
30	Prob. N°030 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	38793.10 kgf	216.57	210	103.13%
31	Prob. N°031 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	42523.70 kgf	240.49	210	114.50%
32	Prob. N°032 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	42321.50 kgf	239.49	210	113.65%
33	Prob. N°033 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	14.80 cm	171.03	40685.40 kgf	238.50	210	112.62%
34	Prob. N°034 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	40125.20 kgf	227.06	210	108.12%
35	Prob. N°035 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	41283.50 kgf	233.62	210	111.26%
36	Prob. N°036 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	181.40	49336.10 kgf	271.89	210	129.47%
37	Prob. N°037 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	48876.40 kgf	273.49	210	130.23%
38	Prob. N°038 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	14.80 cm	174.37	47253.90 kgf	271.00	210	129.05%
39	Prob. N°039 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	48121.00 kgf	272.51	210	129.67%
40	Prob. N°040 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	48898.40 kgf	273.89	210	129.95%
41	Prob. N°041 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	18148.40 kgf	93.64	210	44.59%
42	Prob. N°042 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	14296.20 kgf	80.47	210	40.12%
43	Prob. N°043 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	14531.50 kgf	81.76	210	43.70%
44	Prob. N°044 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	14.80 cm	174.37	24804.70 kgf	96.38	210	46.89%
45	Prob. N°045 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.00 cm	176.71	14342.80 kgf	80.49	210	44.24%
46	Prob. N°046 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	21866.40 kgf	122.00	210	60.88%
47	Prob. N°047 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/08/2024	7	15.20 cm	179.08	21134.20 kgf	123.19	210	61.52%

48	Prob. N°582 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	22984.30 kgf	128.87	210	60.32%
49	Prob. N°583 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	179.08	22432.50 kgf	125.21	210	59.82%
50	Prob. N°584 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	22085.50 kgf	127.81	210	60.86%
51	Prob. N°585 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	22096.80 kgf	127.87	210	60.89%
52	Prob. N°586 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	174.57	22448.80 kgf	128.74	210	61.32%
53	Prob. N°587 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	22892.80 kgf	129.20	210	61.53%
54	Prob. N°588 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20224.30 kgf	121.89	210	57.49%
55	Prob. N°589 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20474.30 kgf	121.45	210	57.12%
56	Prob. N°590 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20524.80 kgf	118.15	210	55.77%
57	Prob. N°591 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	179.08	21225.50 kgf	118.50	210	56.43%
58	Prob. N°592 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	179.08	20940.80 kgf	118.81	210	55.88%
59	Prob. N°593 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20643.80 kgf	124.33	210	59.82%
60	Prob. N°594 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20704.80 kgf	124.88	210	59.99%
61	Prob. N°595 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	176.29	15524.50 kgf	85.09	210	41.00%
62	Prob. N°596 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	174.37	15667.50 kgf	80.03	210	38.07%
63	Prob. N°597 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	15384.80 kgf	87.06	210	41.49%
64	Prob. N°598 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	15476.80 kgf	87.58	210	41.70%
65	Prob. N°599 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	179.08	15530.30 kgf	87.86	210	41.63%
66	Prob. N°600 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	17465.80 kgf	98.87	210	48.01%
67	Prob. N°601 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20212.80 kgf	114.44	210	54.03%
68	Prob. N°602 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	18276.50 kgf	103.38	210	49.18%
69	Prob. N°603 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	180.98	17802.80 kgf	100.89	210	47.97%
70	Prob. N°604 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	180.27	24325.80 kgf	133.70	210	63.67%
71	Prob. N°605 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	176.29	20285.80 kgf	115.67	210	55.08%
72	Prob. N°606 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20184.30 kgf	114.23	210	54.39%
73	Prob. N°607 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	21252.50 kgf	120.15	210	57.21%
74	Prob. N°608 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	20098.50 kgf	113.73	210	54.16%
75	Prob. N°609 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	21436.50 kgf	121.54	210	57.88%
76	Prob. N°610 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	176.29	19811.20 kgf	105.22	210	49.99%
77	Prob. N°611 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	19643.80 kgf	103.90	210	49.71%
78	Prob. N°612 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	15.00 cm	176.71	22705.30 kgf	124.15	210	59.08%
79	Prob. N°613 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	174.37	23212.80 kgf	123.13	210	58.65%
80	Prob. N°614 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	6/06/2024	F	14.90 cm	175.77	23547.30 kgf	132.83	210	63.75%

**Observación:**

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Los datos como elemento estructural, la RESISTENCIA DE DISEÑO de 210 kg/cm<sup>2</sup> fueron proporcionados por el solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante



Reylicher Theyson Solís Poma  
PERSONAL DEL LABORATORIO



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES



NOMBRE DEL PROYECTO  
 "Incorporación de nanosilice y polvillo de horno rotax para la mejora de propiedades físico mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023"

SOLICITANTE  
 Gerson David Callaña Flores- Guillermo Salcedo Mamani

RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
 Ing. Leonel Chahuana Paucar

PERSONAL DEL LABORATORIO  
 Bach. Yheyson Salas Pampa

Fecha de ejecución de ensayo: según se indica

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CICLINDROS DE CONCRETO**  
 NTP 339.214:2007, NTP 339.034:2008

ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO PROBETA(cm)	AREA (cm2)	LECTURA (kgf)	RESISTENCIA TESTIGO kg/cm2	RESISTENCIA DISEÑO kg/cm2	RESISTENCIA PORCENTAJE
1	Prob. N°001 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	21205.00 kgf	118.41	210	56.39%
2	Prob. N°002 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	20911.20 kgf	116.77	210	55.61%
3	Prob. N°003 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.20 cm	181.46	22172.80 kgf	122.19	210	58.19%
4	Prob. N°004 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.00 cm	176.71	21455.00 kgf	121.41	210	57.81%
5	Prob. N°005 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	21518.40 kgf	120.16	210	57.22%
6	Prob. N°006 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	37481.60 kgf	209.30	210	99.67%
7	Prob. N°007 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	41382.10 kgf	231.08	210	110.04%
8	Prob. N°008 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.00 cm	176.71	36587.30 kgf	207.04	210	98.59%
9	Prob. N°009 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	39272.10 kgf	219.30	210	104.43%
10	Prob. N°010 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.00 cm	176.71	36892.20 kgf	220.08	210	104.80%
11	Prob. N°011 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	39923.00 kgf	225.92	210	107.58%
12	Prob. N°012 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38741.10 kgf	219.23	210	104.40%
13	Prob. N°013 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	40223.10 kgf	227.62	210	108.39%
14	Prob. N°014 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38812.00 kgf	219.63	210	104.59%
15	Prob. N°015 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38632.10 kgf	218.61	210	104.10%
16	Prob. N°016 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.17 cm	180.74	47812.40 kgf	264.53	210	125.97%
17	Prob. N°017 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	47308.50 kgf	267.71	210	127.48%
18	Prob. N°018 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.10 cm	179.08	47469.70 kgf	265.08	210	126.23%
19	Prob. N°019 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	47459.90 kgf	268.57	210	127.89%
20	Prob. N°020 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	47529.20 kgf	268.96	210	128.08%
21	Prob. N°021 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	32146.70 kgf	179.51	210	85.48%
22	Prob. N°022 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	14.90 cm	174.37	3242.60 kgf	190.65	210	90.78%
23	Prob. N°023 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.00 cm	176.71	3284.40 kgf	188.35	210	89.69%
24	Prob. N°024 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	32168.80 kgf	179.64	210	85.54%
25	Prob. N°025 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	31/07/2024	13/08/2024	14	15.10 cm	179.08	32425.70 kgf	181.07	210	86.22%
26	Prob. N°026 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	14.90 cm	174.37	41249.50 kgf	236.57	210	112.65%
27	Prob. N°027 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	42465.30 kgf	240.30	210	114.43%
28	Prob. N°028 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38431.10 kgf	217.48	210	103.56%
29	Prob. N°029 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38826.50 kgf	219.71	210	104.63%
30	Prob. N°030 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	14.85 cm	173.20	37989.30 kgf	219.34	210	104.45%
31	Prob. N°031 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.17 cm	180.74	46839.00 kgf	259.15	210	123.40%
32	Prob. N°032 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	13.00 cm	132.69	34267.80 kgf	258.25	210	122.98%
33	Prob. N°033 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.17 cm	180.74	46075.80 kgf	254.92	210	121.39%
34	Prob. N°034 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	45898.60 kgf	259.73	210	123.68%
35	Prob. N°035 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	14.70 cm	169.72	45142.60 kgf	265.99	210	126.66%
36	Prob. N°036 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.27 cm	183.13	52848.30 kgf	288.58	210	137.42%
37	Prob. N°037 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.10 cm	179.08	50573.10 kgf	293.58	210	139.80%

38	Prob. N°038 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.00 cm	176.71	51975.10 kgf	294.12	210	140.06%
39	Prob. N°039 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.10 cm	179.08	51245.40 kgf	297.33	210	141.59%
40	Prob. N°040 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	2/08/2024	15/08/2024	14	15.10 cm	179.08	52965.30 kgf	295.77	210	140.84%
41	Prob. N°041 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	18977.30 kgf	107.39	210	51.48%
42	Prob. N°042 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.10 cm	179.08	16114.00 kgf	89.98	210	42.85%
43	Prob. N°043 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.10 cm	179.08	15854.20 kgf	88.53	210	42.16%
44	Prob. N°044 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	17195.30 kgf	97.33	210	46.34%
45	Prob. N°045 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.10 cm	179.08	17153.00 kgf	96.34	210	45.88%
46	Prob. N°046 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	23002.40 kgf	130.17	210	61.98%
47	Prob. N°047 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.10 cm	179.08	24466.70 kgf	136.63	210	65.06%
48	Prob. N°048 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.20 cm	181.46	23119.50 kgf	127.96	210	60.93%
49	Prob. N°049 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.20 cm	181.46	23428.50 kgf	129.11	210	61.48%
50	Prob. N°050 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	23365.60 kgf	137.22	210	62.96%
51	Prob. N°051 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	29384.50 kgf	164.58	210	78.37%
52	Prob. N°052 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.10 cm	179.08	30840.30 kgf	172.22	210	82.01%
53	Prob. N°053 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	30653.70 kgf	173.46	210	82.60%
54	Prob. N°054 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	30224.20 kgf	171.03	210	81.44%
55	Prob. N°055 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	30474.30 kgf	172.45	210	82.12%
56	Prob. N°056 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	35539.70 kgf	201.11	210	95.77%
57	Prob. N°057 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	37078.80 kgf	209.82	210	99.92%
58	Prob. N°058 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	42989.20 kgf	243.27	210	115.84%
59	Prob. N°059 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38142.40 kgf	215.84	210	102.78%
60	Prob. N°060 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.00 cm	176.71	38604.80 kgf	218.46	210	104.03%
61	Prob. N°061 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.07 cm	178.37	16318.00 kgf	91.49	210	43.56%
62	Prob. N°062 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.08 cm	178.60	17118.50 kgf	95.85	210	45.64%
63	Prob. N°063 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	14.97 cm	176.01	16358.30 kgf	92.94	210	44.26%
64	Prob. N°064 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.10 cm	179.08	17347.20 kgf	96.87	210	46.13%
65	Prob. N°065 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.09 cm	178.84	16526.90 kgf	92.42	210	44.01%
66	Prob. N°066 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	14.95 cm	176.54	21029.80 kgf	119.80	210	57.05%
67	Prob. N°067 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.12 cm	179.55	18020.20 kgf	100.36	210	47.79%
68	Prob. N°068 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.30 cm	183.85	24151.50 kgf	131.36	210	62.55%
69	Prob. N°069 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.18 cm	180.98	23652.60 kgf	130.69	210	62.23%
70	Prob. N°070 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	28/08/2024	14	15.15 cm	180.27	24101.40 kgf	133.70	210	63.67%
71	Prob. N°071 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	19743.50 kgf	108.90	210	51.86%
72	Prob. N°072 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	14.90 cm	174.37	21262.60 kgf	121.94	210	58.07%
73	Prob. N°073 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.10 cm	179.08	22311.20 kgf	124.59	210	59.33%
74	Prob. N°074 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	22422.20 kgf	126.88	210	60.42%
75	Prob. N°075 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	14.90 cm	174.37	21882.50 kgf	125.50	210	59.78%
76	Prob. N°076 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	25716.80 kgf	145.53	210	69.30%
77	Prob. N°077 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	14.97 cm	176.01	26151.30 kgf	148.58	210	70.75%
78	Prob. N°078 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	14.95 cm	175.54	22620.30 kgf	128.86	210	61.36%
79	Prob. N°079 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.00 cm	176.71	24846.20 kgf	139.47	210	66.41%
80	Prob. N°080 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	26/08/2024	14	15.08 cm	178.60	24875.30 kgf	139.28	210	66.32%

**Observación:**

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Los datos como elemento estructural, la RESISTENCIA DE DISEÑO de 210 kg/cm<sup>2</sup> fueron proporcionados por el solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante



Bachiller Yheyson Salas Pampa  
PERSONAL DEL LABORATORIO



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES



<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>		*Incorporación de nanosilice y polvillo de horno rotax para la mejora de propiedades físico-mecánicas del concreto estructural a temperaturas bajas en la Región Puno 2023*	
<b>SOLICITANTE</b>		Gerson David Callaña Flores - Guillermo Salcedo Mamani	
<b>RESPONSABLE DEL LABORATORIO</b>		Ing. Leonel Chahuilares Paucar	
<b>PERSONAL DEL LABORATORIO</b>		Bach. Yheyson Salas Pampa	
		Fecha de ejecución de ensayo: según se indica	

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CICLINDROS DE CONCRETO**  
NTP 339.214;2007, NTP 339.034;2008

ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO PROBETA(cm)	AREA (cm2)	LECTURA (kgf)	RESISTENCIA TESTIGO kg/cm2	RESISTENCIA DISEÑO kg/cm2	RESISTENCIA PORCENTAJE
1	Prob. N°001 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.10 cm	179.08	31606.70 kgf	176.50	210	84.05%
2	Prob. N°002 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.00 cm	176.71	31619.50 kgf	178.93	210	85.20%
3	Prob. N°003 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	14.96 cm	175.77	31821.00 kgf	181.03	210	86.21%
4	Prob. N°004 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.00 cm	176.71	31742.40 kgf	179.63	210	85.54%
5	Prob. N°005 - 0% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.00 cm	176.71	31698.20 kgf	179.38	210	85.42%
6	Prob. N°006 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.00 cm	176.71	40738.50 kgf	230.53	210	109.78%
7	Prob. N°007 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.20 cm	181.46	40300.10 kgf	222.09	210	105.76%
8	Prob. N°008 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.20 cm	181.46	38948.10 kgf	214.64	210	102.21%
9	Prob. N°009 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.10 cm	179.08	40226.20 kgf	224.63	210	106.97%
10	Prob. N°010 - 1% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.20 cm	181.46	39624.30 kgf	218.37	210	103.98%
11	Prob. N°011 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	6/11/2024	3/12/2024	28	15.30 cm	183.85	43882.50 kgf	238.57	210	113.61%
12	Prob. N°012 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	6/11/2024	3/12/2024	28	15.30 cm	183.85	42199.40 kgf	229.53	210	109.30%
13	Prob. N°013 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	6/11/2024	3/12/2024	28	15.00 cm	176.71	40013.10 kgf	226.43	210	107.82%
14	Prob. N°014 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	6/11/2024	3/12/2024	28	15.00 cm	176.71	40643.20 kgf	229.99	210	109.51%
15	Prob. N°015 - 2% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	6/11/2024	3/12/2024	28	15.10 cm	179.08	41735.10 kgf	233.05	210	110.98%
16	Prob. N°016 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	48778.60 kgf	272.39	210	129.71%
17	Prob. N°017 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.00 cm	176.71	48102.50 kgf	272.20	210	129.62%
18	Prob. N°018 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	14.90 cm	174.37	48273.60 kgf	276.85	210	131.83%
19	Prob. N°019 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	48381.20 kgf	270.00	210	128.57%
20	Prob. N°020 - 3% NANOSILICE+0% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	48706.30 kgf	271.98	210	129.52%
21	Prob. N°021 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.00 cm	176.71	35688.30 kgf	201.95	210	96.17%
22	Prob. N°022 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	14.97 cm	176.01	35356.60 kgf	200.88	210	95.66%
23	Prob. N°023 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.20 cm	181.46	36097.40 kgf	198.93	210	94.73%
24	Prob. N°024 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	14.90 cm	174.37	34549.50 kgf	198.14	210	94.35%
25	Prob. N°025 - 0% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	30/07/2024	26/08/2024	28	15.00 cm	176.71	33823.40 kgf	191.40	210	91.14%
26	Prob. N°026 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.20 cm	181.46	44059.20 kgf	242.81	210	115.62%
27	Prob. N°027 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	45738.20 kgf	277.75	210	132.26%
28	Prob. N°028 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	43757.30 kgf	244.35	210	116.36%
29	Prob. N°029 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.20 cm	181.46	44124.60 kgf	243.17	210	115.79%
30	Prob. N°030 - 1% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.20 cm	181.46	45523.20 kgf	250.87	210	119.46%
31	Prob. N°031 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.30 cm	183.85	48491.50 kgf	263.26	210	125.36%
32	Prob. N°032 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.30 cm	183.85	48005.50 kgf	261.11	210	124.34%
33	Prob. N°033 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	48087.30 kgf	268.41	210	127.82%
34	Prob. N°034 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	47913.50 kgf	267.56	210	127.41%
35	Prob. N°035 - 2% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.20 cm	181.46	47845.50 kgf	263.67	210	125.56%
36	Prob. N°036 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.00 cm	176.71	53884.70 kgf	304.93	210	145.20%
37	Prob. N°037 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.10 cm	179.08	54113.90 kgf	302.18	210	143.90%
38	Prob. N°038 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15.60 cm	391.13	56172.30 kgf	293.89	210	139.95%

39	Prob. N°039 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	51974.70 kgf	294.12	210	140.06%
40	Prob. N°040 - 3% NANOSILICE+5% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	52233.90 kgf	291.79	210	138.95%
41	Prob. N°041 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	14,90 cm	174.37	16870.90 kgf	96.76	210	46.07%
42	Prob. N°042 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	14,90 cm	174.37	16020.40 kgf	91.88	210	43.75%
43	Prob. N°043 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	26323.20 kgf	146.99	210	70.00%
44	Prob. N°044 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	18354.40 kgf	103.86	210	49.48%
45	Prob. N°045 - 0% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	22425.50 kgf	126.90	210	60.43%
46	Prob. N°046 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,20 cm	181.46	25243.70 kgf	139.12	210	66.25%
47	Prob. N°047 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	29147.60 kgf	164.94	210	78.54%
48	Prob. N°048 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	31445.60 kgf	177.95	210	84.74%
49	Prob. N°049 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	24243.70 kgf	135.38	210	64.47%
50	Prob. N°050 - 1% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,20 cm	181.46	24251.90 kgf	133.65	210	63.64%
51	Prob. N°051 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	14,95 cm	175.34	38538.20 kgf	219.54	210	104.54%
52	Prob. N°052 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	14,99 cm	176.48	34366.40 kgf	194.73	210	92.73%
53	Prob. N°053 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,10 cm	179.08	37223.30 kgf	207.86	210	98.98%
54	Prob. N°054 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	14,95 cm	175.54	37248.00 kgf	212.19	210	101.04%
55	Prob. N°055 - 2% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	14,99 cm	176.48	36521.40 kgf	206.94	210	98.55%
56	Prob. N°056 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,10 cm	179.08	43638.60 kgf	243.68	210	116.04%
57	Prob. N°057 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,00 cm	176.71	41759.10 kgf	236.31	210	112.53%
58	Prob. N°058 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	14,90 cm	174.37	39996.80 kgf	229.38	210	109.23%
59	Prob. N°059 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,10 cm	179.08	39612.60 kgf	221.20	210	105.33%
60	Prob. N°060 - 3% NANOSILICE+10% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,00 cm	176.71	39423.50 kgf	223.09	210	106.23%
61	Prob. N°061 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	16016.60 kgf	90.64	210	43.16%
62	Prob. N°062 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	18079.10 kgf	102.31	210	48.77%
63	Prob. N°063 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	17764.90 kgf	100.53	210	47.87%
64	Prob. N°064 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	19584.20 kgf	109.36	210	52.08%
65	Prob. N°065 - 0% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	18889.10 kgf	106.89	210	50.96%
66	Prob. N°066 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,15 cm	180.27	23233.90 kgf	128.89	210	61.37%
67	Prob. N°067 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,00 cm	176.71	20193.20 kgf	114.27	210	54.41%
68	Prob. N°068 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,20 cm	181.46	27899.30 kgf	153.75	210	73.21%
69	Prob. N°069 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,00 cm	176.71	29147.60 kgf	164.94	210	78.54%
70	Prob. N°070 - 1% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	15/08/2024	11/09/2024	28	15,10 cm	179.08	20193.20 kgf	112.76	210	53.76%
71	Prob. N°071 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	28524.10 kgf	159.28	210	75.85%
72	Prob. N°072 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	28143.40 kgf	157.16	210	74.84%
73	Prob. N°073 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,00 cm	176.71	28671.00 kgf	162.24	210	77.26%
74	Prob. N°074 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	28666.10 kgf	160.19	210	76.28%
75	Prob. N°075 - 2% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	7/11/2024	4/12/2024	28	15,10 cm	179.08	28043.40 kgf	156.60	210	74.57%
76	Prob. N°076 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	9/09/2024	28	15,10 cm	179.08	41185.70 kgf	229.99	210	109.52%
77	Prob. N°077 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	9/09/2024	28	15,10 cm	179.08	23988.50 kgf	133.96	210	63.79%
78	Prob. N°078 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	9/09/2024	28	15,00 cm	176.71	31942.30 kgf	180.76	210	86.07%
79	Prob. N°079 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	9/09/2024	28	15,10 cm	179.08	37885.70 kgf	211.56	210	100.74%
80	Prob. N°080 - 3% NANOSILICE+15% POLVILLO DE HORNO.	13/08/2024	9/09/2024	28	15,00 cm	176.71	23988.50 kgf	133.75	210	64.64%

**Observación:**

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Los datos como elemento estructural, la RESISTENCIA DE DISEÑO DE 210 kg/cm2 fueron proporcionados por el solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante



Sachiller Theyson Salas Pampa  
PERSONAL DEL LABORATORIO

**Anexo 4. Fotografías**



Adquisición de materiales de la empresa Calcesur.



Adquisición de material de agregado fino de la cantera Isla.



Adquisición de material de agregado grueso de la cantera Piedra Azul.



Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso y fino.



Ensayo de granulometría de agregado grueso



Ensayo de granulometría de agregado fino



Peso unitario suelto de agregado grueso y fino



Peso unitario suelto de agregado grueso.



Peso unitario suelto de agregado fino.



Peso unitario compactado de agrado grueso y fino



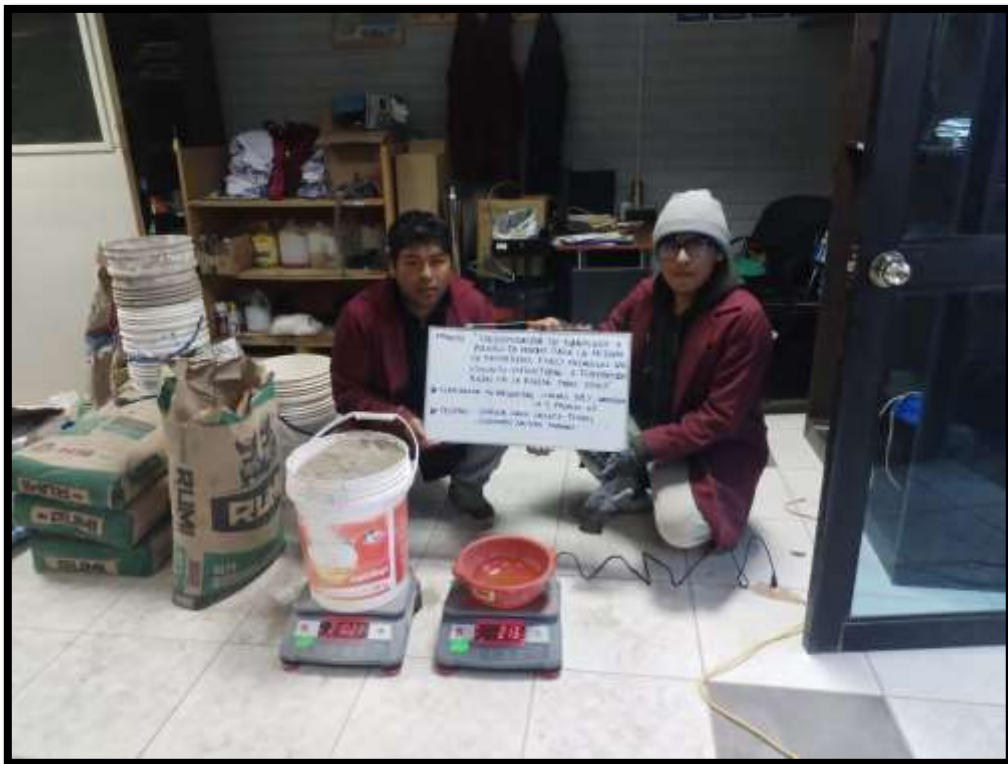
Peso unitario compactado de agregado grueso.



Ensayo de slump en diferentes proporciones incorporados con nanosílice y polvillo de horno rotax.



Ensayo de slump con mayor incorporación de nanosilice.



Incorporación nanosilíce y polvillo de horno rotax.



Preparación de concreto incorporando nanosílice y polvillo de horno rotax.



Elaboración de probetas o briquetas cilíndricas.



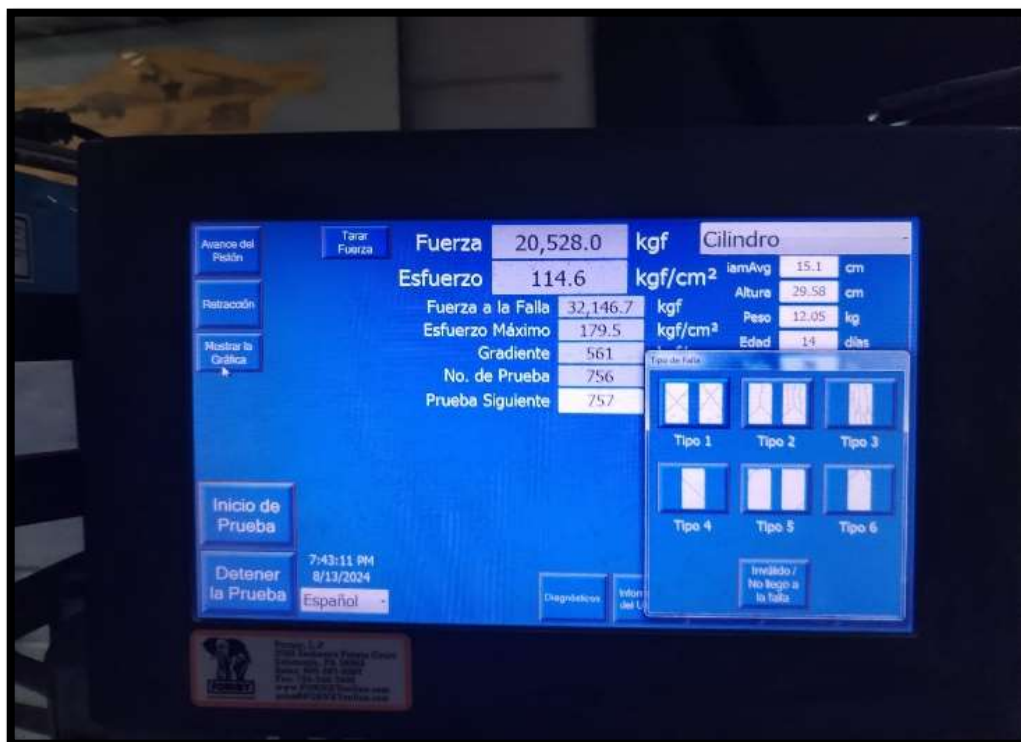
Curado de probetas sometidos en congelación  $-5^{\circ}\text{C}$ .



Ensayo de compresión a los 7, 14 y 28 días en el laboratorio de la UPeU.



Ensayo de compresión de probetas a los 28 días.



Ensayo de compresión de probetas a los 14 días.



Ensayo de compresión de probetas a los 7 días.