



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Vargas Lipa, German Antronico (orcid.org/0009-0003-9735-6192)

ASESOR:

Mg. Canta Honores, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-9232-1359)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para completar este proyecto de investigación, en especial a mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi luz y fuente de inspiración en esta vida. A mi docente, por su orientación, paciencia y sabiduría, la cual ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Vargas Lipa, German Antronico

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fortaleza, sabiduría y salud para perseguir mis objetivos, también quiero reconocer el valor del trabajo arduo y la dedicación, que me han inculcado mis padres y mi familia. Su constante apoyo y aliento me han inspirado a esforzarme al máximo en mis estudios y en cada aspecto de mi vida.

Vargas Lipa, German Antronico

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANTA HONORES JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia del nanosilice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto alta resistencia, Puno 2023.", cuyo autor es VARGAS LIPA GERMAN ANTRONICO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, 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, 28 de Febrero del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| CANTA HONORES JORGE LUIS DNI: 10743048 ORCID: 0000-0002-9232-1359 | Firmado electrónicamente por: JCANTAHO el 28-02- 2024 16:18:39 |

Código documento Trilce: TRI - 0738976



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, VARGAS LIPA GERMAN ANTRONICO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia del nanosilíce y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto alta resistencia, Puno 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.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|--|
| GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA DNI: 70130299 ORCID: 0009-0003-9735-6192 | Firmado electrónicamente por: GAVARGAS el 28-02- 2024 01:38:08 |

Código documento Trilce: TRI - 0738977

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA..... | II |
| AGRADECIMIENTO..... | III |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR | IV |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES | V |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS | VII |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS | IX |
| RESUMEN | XI |
| ABSTRACT | XII |
| I.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| II.- MARCO TEÓRICO | 7 |
| III.- METODOLOGÍA | 24 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación:..... | 24 |
| 3.2. Variables y Operacionalización: | 25 |
| 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:..... | 25 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: | 28 |
| 3.5. Procedimientos:..... | 29 |
| 3.6. Método de análisis de datos: | 57 |
| 3.7. Aspectos éticos:..... | 58 |
| IV.- RESULTADOS | 59 |
| V.- DISCUSIÓN..... | 67 |
| VI.- CONCLUSIONES | 70 |
| VII.- RECOMENDACIONES..... | 71 |
| REFERENCIAS..... | 72 |
| ANEXOS | 79 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Cuadro de porcentajes máximos y mínimos para los insumos de nanosílice y cenizas volantes..... | 5 |
| Tabla 2. Propiedades químicas y físicas de GAIA Nanosílice | 13 |
| Tabla 3. Análisis químico | 14 |
| Tabla 4. Componentes de la ceniza volante mediante medición FRX | 15 |
| Tabla 5. <i>Resistencia promedio de compresión</i> | 16 |
| Tabla 6. <i>Asentamientos del concreto</i> | 16 |
| Tabla 7. <i>Porcentaje de aire atrapado</i> | 17 |
| Tabla 8. <i>Relación a/c y f'c</i> | 17 |
| Tabla 9. Normativas usadas para medir las propiedades del concreto y agregados. | 23 |
| Tabla 10. Variables de estudio | 25 |
| Tabla 11. Población en relación al concreto..... | 26 |
| Tabla 12. Tipo de ensayo y tipo de muestra a emplear..... | 27 |
| Tabla 13. Peso específico y % de absorción de la piedra chancada..... | 31 |
| Tabla 14. Peso específico y % de absorción de la arena por método picnómetro | 31 |
| Tabla 15. Peso específico y % de absorción de la piedra chancada..... | 32 |
| Tabla 16. Granulometría del agregado fino..... | 35 |
| Tabla 17. Granulometría del agregado grueso..... | 38 |
| Tabla 18. Peso unitario del agregado fino | 41 |
| Tabla 19. Peso unitario del agregado grueso..... | 41 |
| Tabla 20. Ensayo de humedad en agregados..... | 42 |
| Tabla 21. Diseño de mezcla patrón..... | 44 |
| Tabla 22. Diseño de mezcla con 3% de Ns..... | 44 |
| Tabla 23. Diseño de mezcla con 3% de Ns y 5%CFA..... | 45 |
| Tabla 24. Diseño de mezcla con 3% de Ns y 10%CFA..... | 45 |
| Tabla 25. Diseño de mezcla con 3% de Ns y 15%CFA..... | 46 |
| Tabla 26. Asentamiento del diseño de mezcla patrón | 48 |
| Tabla 27. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns..... | 49 |
| Tabla 28. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 5%CFA | 49 |

| | |
|---|----|
| Tabla 29. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 10%CFA | 50 |
| Tabla 30. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 15%CFA | 51 |
| Tabla 31. Resumen de asentamiento de muestra patrón e incorporaciones | 51 |
| Tabla 32. Resistencia a la compresión a los 7 días. | 52 |
| Tabla 33. Resistencia a la compresión a los 14 días. | 53 |
| Tabla 34. Resistencia a la compresión a los 28 días. | 54 |
| Tabla 35. Resumen de resistencia a la compresión según edad | 55 |
| Tabla 36. Resistencia a la flexión a los 28 días..... | 57 |
| Tabla 37. Prueba de normalidad al ensayo de trabajabilidad..... | 59 |
| Tabla 38. Prueba ANOVA al ensayo de trabajabilidad..... | 59 |
| Tabla 39. Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm ²) a los 7 días | 60 |
| Tabla 40. Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm ²) a los 7 días | 61 |
| Tabla 41. Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm ²) a los 14 días | 61 |
| Tabla 42. Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm ²) a los 14 días | 62 |
| Tabla 43. Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm ²) a los 28 días | 62 |
| Tabla 44. Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm ²) a los 28 días | 63 |
| Tabla 45. Prueba de normalidad a la resistencia a la flexión a los 28 días | 63 |
| Tabla 46. Prueba ANOVA a la resistencia a la flexión a los 28 días | 64 |
| Tabla 47. Costo por m ³ de concreto patrón | 65 |
| Tabla 48. Costo por m ³ de concreto con 3%Ns + 5%CFA..... | 65 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Árbol de problemas | 2 |
| Figura 2. Resistencia a la compresión sin y con aditivo de nanosílice..... | 13 |
| Figura 3. Slump con aditivo de nanosílice..... | 13 |
| Figura 4. Cenizas volantes..... | 14 |
| Figura 5. Tipos de fractura en probetas cilíndricas..... | 20 |
| Figura 6. Gráfico del equipo para ensayar a flexión vigas con cargas a los tercios. | 21 |
| Figura 7. Flujo del proyecto..... | 30 |
| Figura 8. Tamizado del material fino | 33 |
| Figura 9. Material retenido en cada tamiz | 34 |
| Figura 10. Pesaje de material retenido por cada malla | 34 |
| Figura 11. Curva granulométrica del material fino..... | 36 |
| Figura 12. Tamizado del material fino | 37 |
| Figura 13. Material retenido en cada tamiz | 37 |
| Figura 14. Pesaje de material retenido por cada malla | 37 |
| Figura 15. Curva granulométrica del material grueso..... | 39 |
| Figura 16. Medición de las dimensiones de la probeta | 39 |
| Figura 17. Peso unitario compactado de la arena..... | 40 |
| Figura 18. Peso unitario suelto de la piedra chancada (3/4") | 41 |
| Figura 19. Peso de las muestras de arena y piedra saturados | 42 |
| Figura 20. Muestras colocadas en el horno | 42 |
| Figura 21. Dosificación en % de Ns y CFA..... | 43 |
| Figura 22. Dosificación de la piedra chanchada, arena gruesa y cemento | 46 |
| Figura 23. Instrumentos de laboratorio..... | 47 |
| Figura 24. Desmolde y curado de probetas | 47 |
| Figura 25. Asentamiento del diseño de mezcla patrón..... | 48 |
| Figura 26. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns | 49 |
| Figura 27. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 5%CFA | 50 |
| Figura 28. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 10%CFA..... | 50 |
| Figura 29. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 15%CFA | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 30. Resumen de asentamiento de muestra patrón e incorporaciones | 52 |
| Figura 31. Resistencia a la compresión _ 7 días..... | 53 |
| Figura 32. Resistencia a la compresión _ 14 días..... | 54 |
| Figura 33. Resistencia a la compresión _ 28 días..... | 55 |
| Figura 34. Resumen de resistencia a la compresión..... | 56 |
| Figura 35. Resumen de resistencia a la flexión..... | 57 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. La metodología de investigación fue del tipo aplicada, diseño cuasiexperimental y enfoque cuantitativo; la población y muestra estuvo dada por 60 probetas, 45 briquetas y 15 vigas de concreto con incorporación de nanosílice (Ns) al 3% y ceniza volante de carbón (CFA) al 5%, 10% y 15%; dentro de las técnicas se empleó la observación participante y no participante cuyo instrumento fue la guía de observación. El proceso de datos se realizó con los programas Excel y SPSS. Los resultados obtenidos indicaron que el porcentaje óptimo es de 3% de Ns y 5% de CFA, con el cual se logra una resistencia a la compresión de $378,67\text{kg/cm}^2$ sobrepasando la resistencia de diseño a los 28 días de edad. Sin embargo, al incorporar 3% con 10% y 15% de Ns con CFA las propiedades mecánicas del concreto decaen respecto a la muestra patrón, pero cumplen con lo requerido para un $f'c = 350\text{ kg/cm}^2$. La resistencia a la flexión indica que se obtuvo un buen comportamiento adicionando 3% de Ns y 5% de CFA en el concreto. Se concluye que el Ns y CFA se podría reutilizar como sustituto del cemento, pero con un porcentaje de 3% y 5%, respectivamente.

Palabras clave: Nanosílice, ceniza volante de carbón, propiedades del concreto, concreto de alta resistencia.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of nanosilica and coal fly ash on the physical-mechanical properties of high-strength concrete, Puno-2023. The research methodology was of the applied type, quasi-experimental design and quantitative approach; The population and sample consisted of 60 concrete specimens with incorporation of nanosilica (Ns) at 3% and coal fly ash (CFA) at 5%, 10% and 15%; Within the techniques, participant and non-participant observation was used, the instrument of which was the observation guide. Data processing was carried out with Excel and SPSS programs. The results obtained indicated that the optimal percentage is 3% of Ns and 5% of CFA, with which a compressive strength of 378.67kg/cm² is achieved, exceeding the design strength at 28 days of age. However, when incorporating 3% with 10% and 15% of Ns with CFA, the mechanical properties of the concrete decline with respect to the standard sample, but meet the requirements for a $f'c = 350$ kg/cm². The flexural strength indicates that good behavior was obtained by adding 3% Ns and 5% CFA to the concrete. It is concluded that Ns and CFA could be reused as a cement substitute, but with a percentage of 3% and 5%, respectively.

Keywords: Nanosilica, coal fly ash, concrete properties, high strength concrete.

I.- INTRODUCCIÓN

A nivel global, el concreto logra ser el producto con más demanda en la actualidad, causado por el crecimiento del desarrollo urbano mundial, el cual su consumo de concreto rodea los 10 mil millones de m³; por otro lado, es necesario conocer que, así como crece la demanda del cemento, paralelamente crece la contaminación ambiental (Muñoz, et al., 2021). Una investigación reciente afirma que la producción de cemento es causante del 7% al 10% de las emisiones totales de CO₂; así mismo la utilización de diversos tipos de concreto, siendo uno de ellos el de alta resistencia, en proyectos de ingeniería civil ha despertado un gran interés entre los ingenieros de la India debido a los avances en la industria y el concreto y junto a esto se suma la idea de mejorar sus propiedades para hacer frente a los nuevos requerimientos, lo cual se convierte en un problema si no se tiene una resistencia adecuada (Hakeem, et al., 2023). No obstante, un concreto de alta resistencia genera más requerimiento de cemento que un concreto tradicional, por que impacta directamente al medio ambiente; por lo que, el hormigón de alto rendimiento (HPC) ha ganado reconocimiento en la construcción especialmente en China debido a su capacidad para adaptar las propiedades de la microestructura mediante el uso de diversos aditivos minerales (Valukolaee, et al., 2022). Del mismo modo, diversos estudios se han dedicado a investigar el comportamiento y las propiedades del HPC al utilizar diferentes combinaciones y proporciones de materiales cementicios complementarios, con el objetivo de cumplir con los crecientes requisitos de rendimiento del concreto (Cabanillas, 2020). Sin embargo, el HPC contiene una mayor cantidad de material cementante en comparación con el concreto convencional, aproximadamente cinco veces más; por tal motivo Gadag et al., (2022) plantea el desafío de reducir los costos del material de HPC al minimizar la cantidad de cemento utilizado y reemplazarlo con aditivos minerales disponibles.

A nivel nacional, en el Perú, en especial las zonas altoandinas debido a su creciente desarrollo de innovación y generación de nuevos proyectos inmobiliarios, buscan hacer uso del concreto con resistencias altas y no del convencional; debido a sus características de la zona el concreto convencional presenta deficiencias; por ello, Huaraz es una de las ciudades en que sus obras civiles son afectadas y se mide la posibilidad de hacer empleo del concreto de alta resistencia con fines de proyectos

de índole habitacional, comercial e inmobiliario, buscando que el diseño sea óptimo, ya que en este tipo de concreto el cemento es el que aumentaría y eso genera problemas ambientales (Bedon, 2019). En la actualidad, la construcción se enfrenta a un desafío crítico en términos de consumo del recurso natural y energía, al mismo tiempo que los costos del cemento se ajustan en aumento, por ende, la adquisición de cemento resulta en la emisión de grandes cantidades de CO₂. Como resultado, se está considerando la posibilidad de sustituir el cemento con residuos con el ideal de reducir el gasto de energía y lograr una producción sostenible. Es fundamental tomar medidas para disminuir la huella ambiental asociada al producir concreto y transformarlo en un componente de mayor sostenibilidad (Coronel, et al., 2022).

A nivel local, Puno por su parte presenta también la necesidad de conseguir concreto con resistencias altas, dado que el avance de la industria es generalizada y esto no es ajeno a las necesidades de la ciudad, por ello que se realizan investigación que hagan frente a este vacío en la construcción.

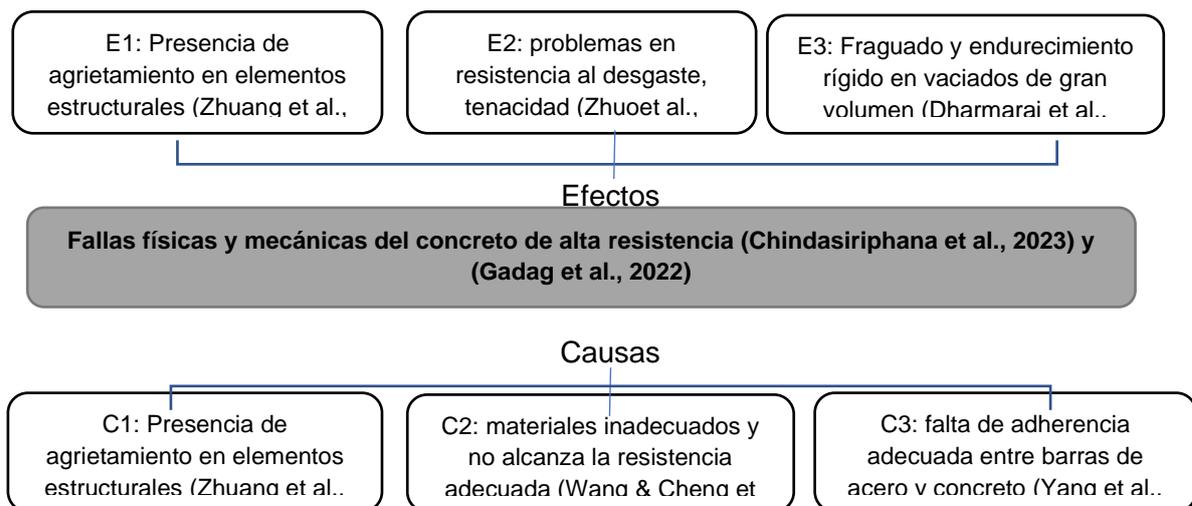


Figura 1. Árbol de problemas

Fuente. Elaboración propia.

Algunas de las causas más comunes, son el **agrietamiento en elementos estructurales**, y esto puede ser por un cambio de uso de servicio, dónde el concreto no resiste las solicitaciones y empieza a presentar esfuerzos adicionales (Zhuang, et al., 2023). Asimismo, el avance de la civilización y la tecnología genera demanda de proyectos de construcción con características adecuadas con lo que el concreto convencional no cumple con todo ello, buscan que el concreto a parte

de una buena resistencia presente **resistencia al desgaste y tenacidad** que a mayor envergadura de proyecto este hace que el concreto no cumpla con estos parámetros en diseño tradicional (Xhuo, et al., 2023). Por ello, el buscar nuevos materiales cementosos para un concreto de prestaciones altas no solo es con fines de disponibilidad y economía, sino que se busca disminuir el **fraguado y endurecimiento muy rígido** en general en grandes volúmenes de concreto que a su vez contienen gran cantidad de cemento (Dharmaraj, et al., 2023).

En lo que respecta al concreto de alta resistencia a comparación del concreto tradicional aumenta la cantidad de cemento en su composición, generando un elevado **calor de hidratación** más aún si se genera en un volumen considerado, esto afecta en gran parte las propiedades del concreto y buscar una solución ante ello es indispensable (Velumani, et al., 2023). De la misma manera, la composición del concreto debe ser adecuada, desde el diseño hasta los agregados a usar, el concreto de por sí para generar eficiencia en sus propiedades está ligado a lo mencionado anteriormente, por ello en lugares donde el acceso a los materiales convencionales para el concreto no es accesible, usan **agregados diferentes** y esto afecta considerablemente su composición y por ende sus propiedades (Beddaa, et al., 2021). El concreto armado con el fin de poder soportar las diferentes solicitaciones hace uso del concreto mismo y del material de refuerzo que es el acero; aunque cuándo la **adherencia entre concreto y acero** no son eficientes causa deterioros en el elemento estructural ya que tiene un trabajo individual y no colectivo, teniendo en cuenta que el concreto tiene buena capacidad de soporte a compresión más no a tracción y el acero presenta la resistencia adecuada a la tracción , en conjunto son una solución pero por separado generan problemas estructurales y con posibilidad de fallar (Li, et al., 2023). Por otro lado, se tiene que la aplicación de nanosílice al ser un sustituto del cemento debido a su composición similar, reduce la proporción de cemento sobre el concreto de alta resistencia, debido a eso, implementar el uso de nanosílice y ceniza volante de carbón en la mezcla de diseño como un aditivo para el incremento sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto es una solución viable (Mohammad, et al., 2022).

De lo planteado, se estableció como **problema general**: ¿Cómo influye la nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del

concreto de alta resistencia, Puno 2023? y como **problemas específicos**: i) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno 2023? ii) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno 2023? iii) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno 2023? iv) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en el análisis costo beneficio para la elaboración de un concreto de alta resistencia, Puno, 2023?.

Con lo formulado anteriormente, se definió como **objetivo general**: Demostrar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. Asimismo, se plantean como **objetivos específicos**: i) Determinar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno 2023. ii) Evaluar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno 2023. iii) Analizar influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno 2023. y iv) Realizar un análisis de costo beneficio del uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón para la elaboración del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.

Se plantea como **hipótesis general**: El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. Como **hipótesis específicas**: i) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón mejora la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno 2023. ii) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón incrementa la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno 2023. iii) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón incrementa la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno 2023. iv) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón disminuye el costo de la elaboración de un concreto de alta resistencia, Puno, 2023.

La investigación se **justifica teóricamente**, dado que se presentan limitaciones para producir concretos de alta resistencia para edificaciones, siendo un vacío

teórico, la propuesta de aditivos alternativos que mejoren las propiedades físicas y mecánicas del concreto (Golewski, 2023), ya que debe garantizar la resistencia, pero sin afectar la trabajabilidad. En tal sentido, el nanosílice y la ceniza volante es una alternativa viable (Golewski, 2023). Así mismo se conoce los problemas en el concreto de alta resistencia, como la pérdida de trabajabilidad a medida que aumenta el valor porcentual de sílice en el concreto, en tal sentido se ve la necesidad de incorporar superplastificante para conseguir la trabajabilidad lo cual genera mayor costo en el concreto (Farid et al., 2022). En tal sentido el uso de cenizas volantes se ha convertido en un material adecuado para fines de aumentar la capacidad, la durabilidad y un incremento considerable de la resistencia, y el nanosílice tiene excelentes resultados aumentado la compresión y acortando el tiempo de curado inicial y final del concreto, al mismo tiempo que aumenta su resistencia a temprana edad (Khan et al., 2022). Así mismo, el nanosílice presenta gran comportamiento debido a su nanoestructura el cual permite tener una superficie ideal para comportarse como un aglutinante excepcional al juntarse con cemento y el agregado (Barbhuiya, et al., 2020).

Tabla 1. Cuadro de porcentajes máximos y mínimos para los insumos de nanosílice y cenizas volantes.

| AUTOR | ADICIONES | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| | Nanosílice min. | Cenizas volantes min. | Nanosílice máx. | Cenizas volantes máx. |
| González, et al. (2020) | 1.5% | 5% | 3% | 20% |
| Hassan, et al. (2020) | 5% | 5% | 15% | 15% |
| Thuc, et al. (2020) | 0.5% | - | 3% | - |
| García et al., (2021) | - | 1% | - | 2% |
| Barrionuevo y Tapia (2021) | 0.75% | - | 3% | - |
| Cabanillas (2020) | 1% | - | 1.5% | - |
| Castañeda y Salguero (2020) | 0.2% | - | 0.25% | - |
| Vega y Pareja (2021) | - | 2.5% | - | 15% |

| | | | | |
|-----------------|----|---|------|---|
| Camargo (2022), | 1% | - | 1.6% | - |
|-----------------|----|---|------|---|

Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, como **justificación práctica**, se brindarán nuevos conocimientos respecto al uso de nanosílice y cenizas volantes en el concreto con un clima variado en Puno, además, se busca conocer qué efectos positivos o negativos se puede alcanzar con los diferentes porcentajes de incorporación de estos aditivos en concreto resistencias elevadas. Asimismo, bajo una **justificación ambiental**, la inclusión de nanosílice y ceniza volante de carbón permite reducir la cantidad de cemento utilizado en el concreto de prestaciones altas, por lo que, la alta reactividad de la nanosílice y su capacidad para formar una red de partículas dentro de la matriz del concreto permiten una mayor compactación, lo que genera reducción de vacíos y porosidad; esto implica que se emplea una cantidad reducida de cemento para lograr la misma resistencia, disminuyendo la contaminación por adquisición de cemento (Coronel et al., 2022).

II.- MARCO TEÓRICO

Sobre los **antecedentes internacionales**, González, et al. (2020), en su artículo “Análisis costo beneficio en hormigones de alto desempeño que emplean nanosílice”, mencionan el problema que existe con la adquisición de volumen de concreto, dado que la industria sigue creciendo y esto hace que aumente la demanda y los precios, por ello que se buscan materiales eco amigables y de bajos costos como sílice, cenizas volantes. Es por ello que tuvieron como objetivo analizar el costo-beneficio de usar Nanosílice, Humo de sílice y Cenizas Volantes sobre el diseño de mezcla de concreto. La investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo. El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0%, 1.5% y 3% de Nanosílice (NS); 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de humo de sílice (HS) y 0%, 5% 10% y 20% de Cenizas Volantes (CV) por peso de cemento. Se consideró una muestra de 192 elementos, 4 muestras por cada diseño uniendo diferentes porcentajes y se analizó a la edad de 7, 28, 90 y 180. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices dónde el tamaño promedio fue de 25nm, 200nm y 25000nm respectivamente. El $f'c$ a los 28 días fueron de 86.2 Mpa para la incorporación de 3% de NS y 20% de HS y de la muestra patrón fue de 67.9Mpa. Concluyeron que hacer uso de ceniza volantes, nanosílice y humo de sílice incrementa el valor $f'c$, pero al mismo tiempo incrementa el costo del concreto.

De la misma forma, Hassan, et al. (2020), por medio del artículo “Investigation of Using Nano-silica, Silica Fume and Fly Ash in High Strength Concrete”, mencionan que la gran demanda del concreto que puede llegar a alcanzar los 35 mil millones de toneladas es debido al crecimiento exponencial de la sociedad y a los avances de la tecnología que requieren de novedosos diseños en la construcción, debido a esto se hacen investigaciones referentes a usar materiales que aporten sostenibilidad al concreto y en especial a determinar posibles insumos que con el tiempo sustituyan el cemento dentro del concreto por su costo y la contaminación que este genera. Es por ello que su objetivo fue conocer cómo rinde el concreto endurecido de una alta resistencia al incorporarle nanosílice, cenizas volantes y humo de sílice. La investigación llegó a ser aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo. El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0%, 5% ,10% y 15% por peso de cemento. Se consideró una muestra de 90 elementos, 3

muestras por cada diseño y se analizaron a la edad de 7, 28 y 56. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices dónde se obtiene el tamaño deseado para incorporar en la mezcla. El $f'c$ a los 28 días fueron de 66.74 Mpa para la incorporación de 5% de nanosílice y con un asentamiento de 125 mm y la muestra patrón fue de 60.78Mpa con un asentamiento de 200 mm. Concluyeron que hacer uso de cenizas volantes, nanosílice y humo de sílice incrementa la resistencia a compresión, al mismo tiempo que reduce el asentamiento, y que el material con mejores resultados fue el nanosílice con la óptima incorporación de 5%.

Así mismo, Thuc, et al. (2020), en su artículo “Experimental Evaluation of Nano Silica Effects to High Performance Concrete Strength in Early Age”, mencionan que existe grandes investigaciones respecto al concreto de alta resistencia, dónde el diseño parte desde relaciones agua/cemento relativamente bajas por lo que la cantidad de cemento que se requiere es mayor y esto repercute en mayor contaminación, por ello es que existen investigaciones para poder sustituir parcialmente el cemento por materiales con características similares. Es por ello que su objetivo fue analizar de manera experimental el efecto del nanosílice sobre el concreto de alta resistencia. La investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo. El diseño consistió en incorporar cantidades porcentuales igual a 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% por peso de cemento. Dado ello, se consideró una muestra de 336 elementos, las cuales fueron evaluadas a la edad de 3, 7, 28 y 56. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices dónde se obtiene el tamaño deseado para incorporar en la mezcla. El $f'c$ a los 28 días fueron de 87.10 Mpa para la incorporación de 1.5% de nanosílice y la muestra patrón fue de 82.10Mpa. Concluyeron que hacer uso de cenizas volantes, nanosílice y humo de sílice incrementa el valor de $f'c$ y que el material con mejores resultados fue el nanosílice con la óptima incorporación de 1.5%, por otro lado, recomiendan investigar con otras incorporaciones mayores.

Así mismo, García et al., (2021) en su artículo “Concreto de ultra alto desempeño con ceniza volante local con alto contenido de inquemados”, mencionan la importancia de tener un concreto de altas prestaciones con propiedades mejoradas tanto físicas como mecánicas y de gran durabilidad. Pero para llevar a cabo este concreto requiere de mayor cemento de lo convencional y esto afecta al medio

ambiente, debido a esto el empleo de cenizas volantes son un novedoso componente que se podría usar siendo sustituto del cemento. Es por ello que su objetivo fue elaborar un concreto de ultra alto desempeño mediante la aplicación de cenizas volantes en su composición. La investigación llegó a ser aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0%, 1% y 2% por peso de cemento. Se consideró una muestra de 162 elementos, las cuales fueron evaluadas a la edad de 24 horas, 7 y 28 días. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices dónde se obtiene el tamaño deseado para incorporar en la mezcla con tamaño de 0.5 – 0.6mm solo tomando en cuenta cenizas volantes de Colombia. El valor de $f'c$ a los 28 días fueron de 144.31 Mpa para la incorporación de 2% de nanosílice y la muestra patrón fue de 124.20 Mpa. Concluyeron que hacer uso de cenizas volantes incrementa el valor de $f'c$ y que el uso de cenizas volantes a pesar de no ser de la mejor calidad genera mejoras sobre la resistencia a compresión en base a la óptima incorporación igual a 2%, por otro lado, recomiendan investigar con otras incorporaciones mayores.

También, Barrionuevo y Tapia (2021) en su investigación “Estudio de un hormigón Eco-Amigable de alto desempeño (HPC) fabricado con la incorporación de una mezcla entre Micro-Nano Sílice”, mencionan que el concreto a nivel mundial presenta mayor demanda e importante en la industria, pero se tiene la necesidad de buscar elementos, materiales o sustancias que aporten al concreto propiedades únicas, así mismo de bajar costos en la fabricación y generar tendencias en el desarrollo de la construcción. Es por ello que su objetivo fue analizar la implicancia del microsíllice y nanosíllice dentro del diseño de mezcla del concreto de alto desempeño. La investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo El diseño consistió en incorporar porcentajes de 5%, 10% y 15% de microsíllice, 0.75%, 1.50% y 3% de nanosíllice y una mezcla conjunta de 15% de microsíllice + 1.5% y 3% de nanosíllice por peso de cemento. Se consideró una muestra de 135 elementos, las cuales fueron evaluadas a la edad de 3, 7, 28, 56 y 91 días. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices dónde se obtiene el tamaño deseado para incorporar en la mezcla. El valor de $f'c$ a los 28 días fueron de 74.62 Mpa para la incorporación de 15% de microsíllice y la muestra

patrón fue de 58.65 Mpa. Concluyeron que hacer uso de nanosílice y microsílice en diferentes porcentajes y en conjunto mejoran considerablemente el valor de $f'c$ del concreto, pero en relación a docilidad este valor se minimiza mediante el porcentaje de adición aumenta, por otro lado, la trabajabilidad y consistencia se mejoran evitando así la segregación.

Como **antecedentes nacionales**, Cabanillas (2020), en su investigación “Concreto de alta resistencia, utilizando nanosílice y superplastificante”, comentan que la ciencia en su proceso de avance tecnológico genera nanociencia y nanotecnología, lo cual está siendo usado en diferentes campos de investigación, respecto a la construcción se usan materiales que aporten mejoras en el concreto en especial su resistencia, permeabilidad y trabajabilidad; es allí donde materiales como nanosílice y microsílice juegan un papel muy importante al mismo tiempo que aditivos que permitan trabajabilidad en el concreto en especial en los de alta resistencia donde tiende a existir mayor proporción de cemento. Es por ello que tuvieron el objetivo de conocer las variaciones del $f'c$ del concreto utilizando nanosílice y aditivos superplastificantes. La investigación llegó a contemplar ser aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo. El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0%, 1% y 1.5% de nanosílice (NS) y 0.6%, 0.8% y 1.2% de superplastificante, por peso de cemento. Se consideró una muestra de 72 elementos, 3 muestras por cada diseño uniendo diferentes porcentajes y se analizó a la edad de 7, 14 y 28 días. Los materiales fueron obtenidos donde se evaluaron su diseño, tamaño y composición. El valor de $f'c$ a los 28 días fueron de 826.61 kg/cm² para la inclusión igual a 1.0% de NS y la muestra patrón logró ser igual a 526.72 kg/cm². Concluyeron que hacer uso de nanosílice incrementa el $f'c$ con un porcentaje óptimo de 1.0% de nanosílice.

Según Castañeda y Salguero (2020), en su tesis “Diseño y evaluación de concreto resistente a sulfatos mediante la adición de nanosílice para la construcción de canales en la costa norte: Caso Chavimochic Etapa I”, muestran el problema que existe en estructuras de obras hidráulicas especialmente ubicadas en zonas costeras, por presencia de agentes externos, por ello es que buscan propiedades en el concreto que evite la permeabilidad de estos agentes al concreto de alta resistencia haciendo uso del nanosílice. Es por ello que su objetivo fue examinar y

diseñar un concreto de alta resistencia adicionando nanosílice para ser aplicados en canales hidráulicos de primer orden con exposición a sulfatos. La investigación llegó a ser aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0%, 0.2%, 0.225% y 0.25% de nanosílice (NS), por peso de cemento. Se consideró una muestra de 72 elementos, 3 muestras por cada diseño uniendo diferentes porcentajes y se analizó a la edad de 7, 14 y 28 días. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices para obtener el tamaño ideal. El valor de $f'c$ a los 28 días fueron de 487.41 kg/cm² para la incorporación de 0.225% de NS manteniendo un asentamiento de 3.5" y la muestra base logró ser igual a 458.59 kg/cm². Concluyeron que hacer uso de nanosílice mayor el valor de $f'c$ con la inclusión óptima igual a 0.225% de nanosílice ya que incrementa el valor a los 28 días en un 3.41%

Según Vega y Pareja (2021) en su tesis "Cenizas volantes de carbón para mejorar la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto", muestran el problema que existe en no presentar respuestas adecuadas para las propiedades del concreto convencional, por lo que se buscan nuevos materiales para ser incorporados sobre el diseño de mezclas y garantizar mejoras sobre sus propiedades. Debido a esto su objetivo abordó al evaluar el concreto de alta resistencia al incorporar cenizas volantes de carbón por medio de su diseño de mezclas y sobre sus propiedades mecánicas. La investigación llegó a ser aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0% 2.50%, 5.0%, 10% y 15% de ceniza volante (CV), por peso de cemento. Se consideró una muestra de 45 elementos, 3 muestras por cada diseño uniendo diferentes porcentajes y se analizó a la edad de 7, 14 y 28 días. Los materiales fueron obtenidos y pasados por tamices para obtener el tamaño ideal. El valor de $f'c$ a los 28 días fueron de 231 kg/cm² para la incorporación de 5.0% de CV y la muestra patrón llegó a ser igual a 218 kg/cm². Concluyeron que hacer uso de ceniza volante mayor el $f'c$ con un porcentaje óptimo de 5.0% de cenizas volantes ya que incrementa el valor a los 28 días y al mismo tiempo aporta permeabilidad al concreto.

Seguidamente los **antecedentes nacionales** como, Camargo (2022), en su tesis "Efecto de la adición del nanosílice en las propiedades del concreto en estado

fresco y endurecido empleando agregados de la ciudad de Abancay- Apurímac 2019”, muestran el problema que existe con el concreto, si bien a corto tiempo presenta buenas propiedades que aportan significancia a estructuras, con el paso del tiempo esto se visualiza en patologías del concreto, en especial pérdida de resistencia, durabilidad y funcionalidad. Es por ello que tuvieron como objetivo conocer el efecto de adicionar nanosílice sobre el concreto y analizar la repercusión sobre sus propiedades en estado fresco y endurecido así mismo haciendo uso de agregados de la ciudad de Abancay. La investigación llegó a ser aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo El diseño consistió en incorporar porcentajes de 0%, 1,0% y 1,2%, 1,4% y 1,6% de Nanosílice (NS). Se consideró una muestra de 90 elementos y se analizó a la edad de 1, 3, 7, 28 y 56 días de curado. Los materiales fueron obtenidos medidos en relación a una solución acuosa o líquida. El valor de $f'c$ a los 28 días fueron de 643.93 kg/cm^2 para la incorporación de 1.6% de NS y la muestra patrón llegó a ser igual a 383.77 kg/cm^2 . Concluyeron que hacer uso del nanosílice mayor el valor de $f'c$ con la incorporación óptima de 1.6%.

Respecto a las **bases teóricas** a fin de comprender la variable independiente, tal como el compuesto de **nanosílice** (Ns) se menciona que desempeña un papel como fortificante en el concreto al mejorar su resistencia mecánica en términos de compresión y flexión. Desde una perspectiva científica, la interacción de la nanosílice en el concreto se caracteriza por la formación de gel silicato de calcio (CSH), por el cual como resultado se genera una reacción entre las especies iónicas de calcio liberados A medida que se hidrata el cemento y la sílice coloidal presente (Huincho, 2011).

Además, contribuye a disminuir la permeabilidad del hormigón, lo que a su vez aumenta su durabilidad y capacidad de resistir la corrosión (Qian, et al., 2023). Por otro lado, sus principales propiedades influyen significativamente en el incremento de la resistencia final e inicial (ver Figura 2) sobre el concreto, aumenta en un 50% la resistencia a flexo tracción, existe una reducción del slump de 78 a 50cm (ver Figura 3), no logra producir aplazamientos sobre el fraguado, impida la excesiva exudación y segregación (GAIA Nanosilice, 2023).

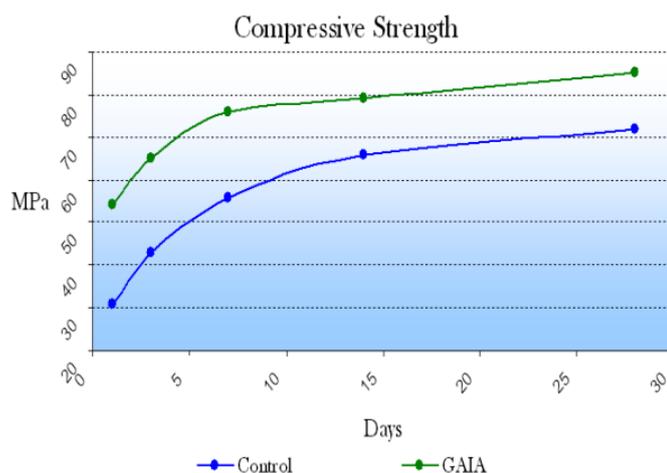


Figura 2. Resistencia a la compresión sin y con aditivo de nanosílice.

Fuente. Tomado de la Ficha Técnica GAIA (2023).

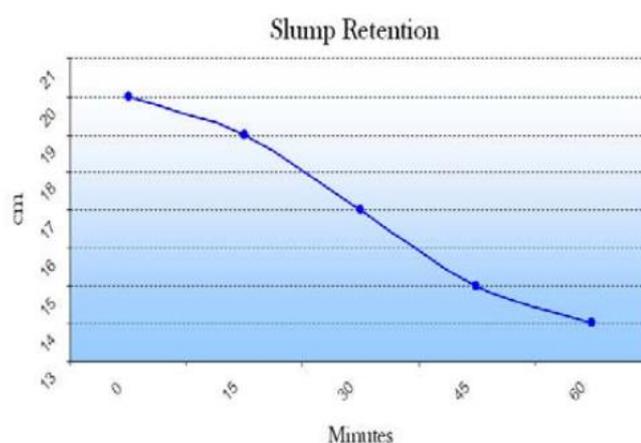


Figura 3. Slump con aditivo de nanosílice.

Fuente. Tomado de la Ficha Técnica GAIA (2023).

Así mismo, la cantidad de nanosílice agregada al concreto puede variar según diversos factores, como las propiedades deseadas del concreto, las características particulares de la nanosílice utilizada y los requisitos específicos del proyecto (Li et al., 2023); para ello, se detallan las propiedades físicas y químicas a continuación:

Tabla 2. Propiedades químicas y físicas de GAIA Nanosílice

| | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Aspectos físicos | Líquidos turbios ligeramente viscosos |
| Contenidos en cloruro | < 0.010% |
| Viscosidad, 20°C | 13 ± 2 sec. (C. Ford No.4) |
| Densidad, 20°C | 1.0300 ± 0.020 gr/ml |
| pH, 20°C | 5.000 ± 1 |
| Color | Café claro |

| | |
|-----------------------|--|
| Almacenamiento | Tiene una vida útil igual a 6 meses cuando se mantiene en su envase original y sellado, no exponerse al sol, a temperaturas entre 5° a 35°C. |
| Presentación | Bidón plástico de 200Kgs. Contenedor pallet de 1.000kg- |

Fuente. Tomado de la Ficha Técnica GAIA (2023).

Las **cenizas volantes de carbón** son otro componente de la variable independiente, estas se consideran como subproductos generados por la combustión de carbón pulverizado, materiales orgánicos o en plantas hidroeléctricas (Anish, et al., 2023). Así mismo, la producción de estas cenizas es alta y su gestión adecuada representa un problema ambiental (Prieto, et al., 2019). Del mismo modo, en términos de composición, las cenizas volantes comparten características al cemento, lo que las convierte en un sustituto parcial viable, por lo que este sustituto no solo mejora en campos diversos, sino que también reduce los costos de adquisición y aplicación (Cáceres, et al., 2018).



Figura 4. Cenizas volantes

Fuente. Tomado de Anish et al., (2023).

Además, las **propiedades químicas** de las cenizas volantes varían según el tipo de horno empleado; por ello para un horno Rotax presenta 15.3% de cal útil, 24.9 de material volátil, 58.7 de ceniza y 16.5 de carbón fijo. Por el contrario, el horno Maerz posee 5.8%, 37.9%, 48.5% y 13.8% de cal útil, materia volátil, ceniza y carbón fijo (ver Tabla 3). Siendo, los principales componentes: el óxido de silicio, óxido de calcio y óxido de aluminio (ver Tabla 4).

Tabla 3. Análisis químico

| Determinación del ensayo | Und | HORNO ROTAX | HORNO MAERZ | Norma |
|---------------------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Cal útil | % | 15.3 | 5.8 | ASTMC-25 |

| | | | | |
|-------------------------|---------|------|------|---------------|
| Pérdida por calcinación | % | 25.6 | 39.5 | ASTMC-25 |
| Poder calorífico Bruto | Kcal/kg | 66.3 | 54.4 | LECO AC600 |
| Materia Volátil | (%) | 24.9 | 37.9 | LECO-TGA |
| Ceniza | (%) | 58.7 | 48.5 | LECO-TGA |
| Carbón Fijo | (%) | 16.5 | 13.8 | LECO-SC-144DR |

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4. Componentes de la ceniza volante mediante medición FRX

| Componente | Und | HORNO ROTAX | HORNO MAERZ | Norma |
|--------------------------------|-----|-------------|-------------|-------------|
| SiO ₂ | % | 8.5 | 4.8 | ASTM C-1271 |
| Al ₂ O ₃ | % | 2.1 | 1.1 | ASTM C-1271 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 0.8 | 0.6 | ASTM C-1271 |
| CaO | % | 47.1 | 45.5 | ASTM C-1271 |
| MgO | % | 1.6 | 1.4 | ASTM C-1271 |
| SO ₃ | % | 0.2 | 0.1 | ASTM C-1271 |
| Na ₂ O | % | 0.1 | 0.1 | ASTM C-1271 |
| K ₂ O | % | 0.8 | 1.9 | ASTM C-1271 |

Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, la **dosificación** se suele expresar como un porcentaje en cuanto al peso del cemento, en donde las dosis típicas varían entre el 1% y el 10% en peso de cemento (Potapov, et al., 2021). No obstante, es fundamental llevar a cabo pruebas y estudios específicos para determinar la dosificación óptima en función de las propiedades deseadas y las características del cemento y los agregados utilizados, siendo importante tener en cuenta que la dosificación exacta depende de varios factores, como las propiedades del cemento, la condición de los agregados, el diseño de la mezcla y los requisitos sobre el rendimiento del concreto; por lo tanto, se recomienda realizar pruebas preliminares y contar con el asesoramiento de expertos en tecnología de materiales para determinar la dosificación óptima en un proyecto específico (Barbhuiya, et al., 2020).

En relación al **diseño de mezcla**, abarca ser el proceso de formulación de la mezcla de concreto que implica determinar las dosis idóneas sobre los componentes del concreto, conforme al cemento, los agregados, el agua y posibles aditivos, con el objetivo generar un diseño de concreto con otras peculiaridades que se buscan en términos de resistencia, trabajabilidad, durabilidad y propiedades específicas; para ello, el desarrollo del diseño del concreto requiere tener en cuenta varios factores,

como los requisitos estructurales del proyecto, las condiciones ambientales, la disponibilidad de materiales, las especificaciones y normas aplicables, y los resultados de pruebas y ensayos previos, por ello, para diseñar la mezcla, se pueden emplear métodos empíricos o basados en ensayos de laboratorio, estos enfoques considerando la relación a/c, la gradación de los agregados, la resistencia deseada y otros factores relevantes (Shobeiri, et al., 2023).

Según el ACI, el **método** ofrece los ingredientes apropiados para la mezcla de concreto. Actualmente, hay diversos métodos para diseñar concreto, aunque no se ha identificado un método específico que garantice los mejores resultados (ACI 211.1, 2017).

El método por lo general se expresa en 11 pasos:

1. El diseño promedio de resistencia

$$f'_{cr} = f'c + 1.340 Ds$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.330 Ds - 35$$

Siendo:

f'_{cr} : Resistencia requerida a compresión

$f'c$: Resistencia a compresión.

2. En el caso de la ausencia de resultados estadísticos se usa la tabla 5 en relación a la resistencia a diseñar:

Tabla 5. Resistencia promedio de compresión

| $f'c$ (kg/cm ²) | f'_{cr} |
|-----------------------------|-----------|
| > a 350 | $f'c+98$ |
| 210 - 350 | $f'c+84$ |
| < 210 | $f'c+70$ |

Fuente. Tomado del Método ACI 211.1

3. Se selecciona el tamaño Máximo del agregado
4. Se selecciona el asentamiento

Tabla 6. Asentamientos del concreto

| Consistencias | Asentamiento |
|---------------|--------------|
|---------------|--------------|

| | |
|----------|---------------|
| Seco | Entre 0" y 2" |
| Plástico | Entre 3" y 4" |
| Fluido | > a 5" |

Fuente. Tomado del Método ACI 211.1

5. Se estima el agua y el % de aire
6. Se calcula el aire atrapado

Tabla 7. Porcentaje de aire atrapado

| Tamaño Máximo Nominal (pulg) | Aire Atrapado (%) |
|------------------------------|-------------------|
| 6 | 0.200 |
| 3 | 0.300 |
| 2 | 0.500 |
| 1 1/2 | 1.000 |
| 1 | 1.500 |
| 3/4 | 2.000 |
| 1/2 | 2.500 |
| 3/8 | 3.000 |

Fuente. Tomado del Método ACI 211.1

7. Se elige la relación de a/c

Tabla 8. Relación a/c y f'c

| f'cr (kg/cm ²) | Relación a/c de diseño en peso | |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |

| | | |
|-----|------|-----|
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | - |

Fuente. Tomado del Método ACI 211.1

8. Se determina el factor de cemento
9. Logra determinarse el contenido del agregado
10. Se evalúan los volúmenes absolutos de los componentes
11. S realizar los reajustes según se requiera

Para lograr una comprensión más profunda de la variable dependiente, llega a ser crucial examinar **las propiedades físicas y mecánicas del concreto de alta resistencia**, según se hace referencia en el texto, el concreto de alta resistencia se distingue por exhibir propiedades mecánicas superiores comparando con un concreto tradicional (Hari, et al., 2023). Por otro lado, las **características físico-mecánicas** se refieren a las cualidades del material tanto en términos de su estructura física como de su resistencia y capacidad para soportar cargas (Shi, et al., 2023). Del mismo modo, estas propiedades son fundamentales para evaluar la idoneidad y el rendimiento del concreto en diferentes aplicaciones y entornos (Hari, et al., 2023).

Por ello, el concreto posee diversas **características físicas** que influyen en su comportamiento y su adecuación para distintas aplicaciones en la construcción, siendo algunas de estas propiedades se pueden medir cuando el concreto está fresco, mientras que otras se evalúan una vez que ha resistido, por ende el conocimiento de estas propiedades nos ayuda a determinar la condición del concreto. Realizar pruebas para evaluar estas cualidades es crucial, ya que muchas veces garantizan la calidad del concreto y pueden influir en su aceptación o rechazo durante el proceso constructivo (Rao, et al., 2023).

Del mismo modo, la **trabajabilidad** logra ser la cualidad del concreto que hace referencia sobre la facilidad y capacidad del concreto al ser mezclado, movilizado, vaciado y compactado sin ningún problema, por lo que afecta el manejo y la capacidad de conformar y dar forma al concreto en la construcción, ya que esta cualidad puede ser influenciada por diversos factores, como la cantidad de agua en la mezcla, la relación a/c, la granulometría de los agregados, el contenido de finos,

la existencia de aditivos y el rango térmico común; sin embargo, estos factores pueden ajustarse para lograr la trabajabilidad deseada según los requisitos del proyecto y las condiciones de construcción (Saedi, et al., 2022).

Asimismo, la medida conocida como "**slump**" se emplea para evaluar la trabajabilidad o la consistencia del concreto fresco, se le conoce como prueba del revenimiento o cono de Abrams; además, el término "slump" se refiere al cambio o la reducción en la altura de un volumen de concreto recién mezclado al retirar un molde de metal cónico o de plástico; por ende, el valor del "slump" logra emplearse siendo un indicador sobre la facilidad de manejo del concreto, ya que un mayor "slump" indica un concreto fluido y maleable, mientras que un bajo "slump" indica un concreto rígido y menos manejable, por lo que, la medida del "slump" se utiliza para ajustar el nivel de hidratación y los componentes adicionales en la composición del concreto, con el objetivo de lograr la consistencia deseada para una aplicación específica (Tuan, et al., 2021).

Las **propiedades mecánicas** aluden a la forma en el cual el hormigón se comporta y resiste las cargas que se le aplican, estas características brindan información sobre la capacidad del hormigón para soportar fuerzas y deformaciones, y tienden a desempeñar un papel crítico sobre el diseño y la evaluación de estructuras de hormigón (Zhang, et al., 2023).

En relación a la **compresión** mencionan que aborda ser la capacidad del concreto a razón de resistir cargas aplicadas en dirección de compresión sin sufrir deformaciones o fracturas se conoce como resistencia a la compresión, esta cualidad mecánica es esencial sobre el concreto y se utiliza ampliamente para evaluar su eficiencia e idoneidad en aplicaciones estructurales, ya que el valor de f'_c está influenciado por diversos factores, concerniente a la relación a/c, la proporción y eficacia de los materiales cementantes y agregados, el curado del concreto, la dosificación y mezcla adecuada de los materiales, y la edad de curado al momento de la prueba (Joshia, et al., 2023). Además, la resistencia a la compresión logra verse afectado por condiciones climáticas, este parámetro tiende a ser indispensable sobre el diseño estructural, por motivo de que proporciona una indicación de la capacidad para soportar las sollicitaciones; además, se utilizan

curvas de f_c para establecer las dimensiones y características del concreto necesario en proyectos de construcción, teniendo en cuenta las cargas previstas durante la longevidad de la estructura (Seyam, et al., 2023).

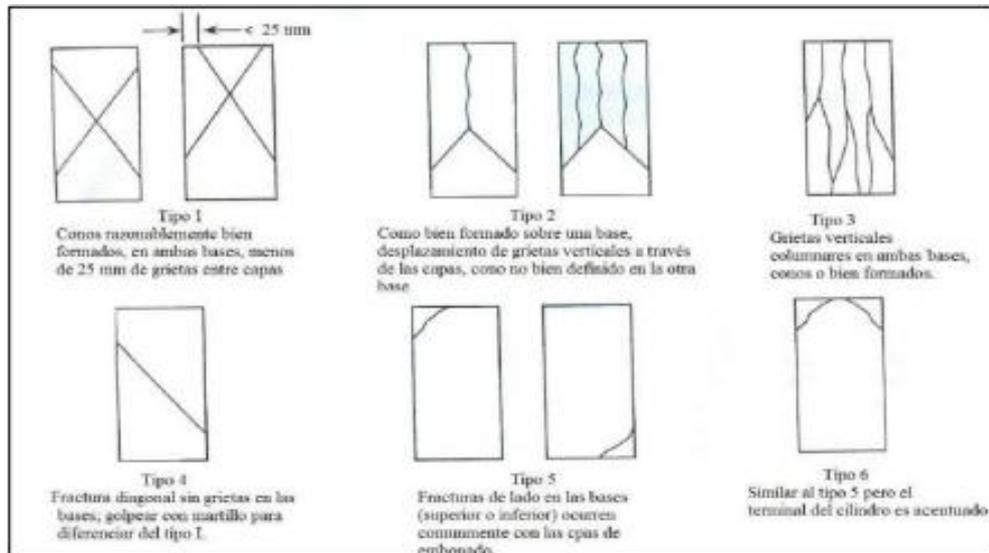


Figura 5. Tipos de fractura en probetas cilíndricas

Fuente. Tomado de NTP 339.034 (2015)

Por otro lado, la capacidad presente en el hormigón para resistir las fuerzas a **flexión** aplicadas a una viga o elemento estructural se conoce como resistencia a la flexión, esta propiedad mecánica logra ser uno de los puntos fundamentales a razón de evaluar la capacidad del concreto en aplicaciones, esperando esté sujeto a cargas de flexión, como vigas, losas y elementos prefabricados (Mohammed, et al., 2020). Así mismo, se evalúa comúnmente mediante ensayos de flexión o flexión transversal, en este tipo de pruebas, se aplica una carga en el punto medio o en varios puntos de una viga o muestra de concreto, y se registran la deformación y la carga aplicada para determinar la resistencia, de esta manera, logra ser de importancia destacar que este punto suele ser inferior a lo que aborda la resistencia a la compresión, pues, en el diseño de las estructuras, se considera tanto las propiedades de flexión como de compresión del concreto, así como la interacción con el refuerzo de acero, para salvaguardar el bienestar y la capacidad de carga idónea sobre los elementos estructurales de concreto sujeto a flexión (Wei, et al., 2021).

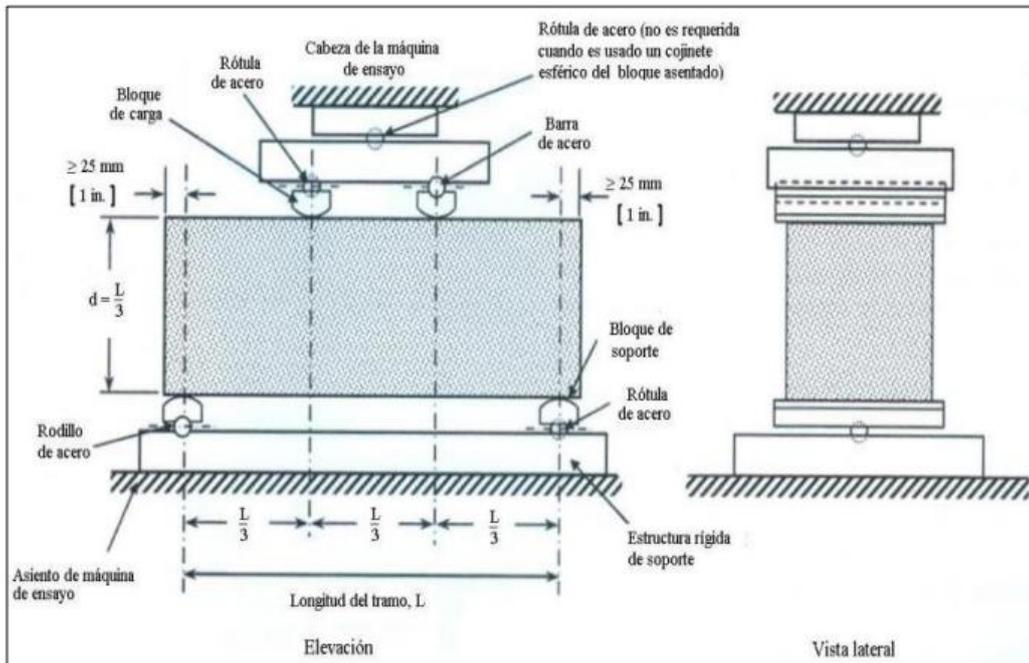


Figura 6. Gráfico del equipo para ensayar a flexión vigas con cargas a los tercios.

Fuente. Tomado de de NTP 339.078 (2012)

En relación a las **normativas** usadas en el concreto, el Reglamento Nacional de Edificaciones, por medio de su Norma E0.60, establece parámetros y exigencias mínimas sobre el diseño, al analizar los materiales, calidad y supervisión relacionados con el concreto armado en elementos estructurales (SENCICO, 2019). Por otro lado, las Normas Técnicas Peruanas son documentos que proporcionan instrucciones detalladas sobre los procedimientos a seguir para evaluar la calidad de productos, servicios y procesos, estas normas abarcan métodos de ensayo, prueba, envase y etiquetado, entre otros aspectos, cuyo objetivo es regular y estandarizar los procedimientos utilizados en departamentos de investigación, laboratorios y otros ámbitos, garantizando así la consistencia y la calidad en dichas actividades, etc (INACAL, 2020). Así mismo, la ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales), es una organización que parametriza el desarrollo de procesos aplicables a materiales, velando por su control de calidad y los parámetros mínimos normativos que regulan el comportamiento y desempeño de materiales o procesos (ASOCEM, 2021).

La combinación de Cv y nanosílice en el concreto puede proporcionar beneficios complementarios, mejorando la resistencia, la durabilidad, la permeabilidad y la trabajabilidad presente sobre el concreto, ya que su uso conjunto puede resultar en un concreto de mayor calidad y rendimiento (Ruiz, et al., 2021).

El diseño de mezcla es de vital importancia en un concreto para que satisfaga las exigencias de resistencia, durabilidad y rendimiento establecido para una aplicación específica; además, el diseño de mezcla también puede considerar aspectos económicos, ambientales y de sostenibilidad al utilizar materiales alternativos o aditivos que mejoren las propiedades del concreto, en fin, de mejorar estas propiedades es que se agregan el nanosílice y cenizas volantes sobre el diseño de mezcla como un aporte en resistencia y trabajabilidad (Shobeiri, et al., 2023).

Tanto la Cv como el nanosílice contribuyen a aumentar la resistencia del concreto, ya que la ceniza volante proporciona una reacción puzolánica adicional, lo que resulta en una formación de más productos de hidratación y una mayor resistencia a largo plazo, además, la nanosílice, debido a su tamaño reducido, puede llenar los poros y aumentar la densidad del concreto, dando lugar a una mayor resistencia (Moreno, 2019).

La combinación de ceniza volante y nanosílice puede mejorar la trabajabilidad del concreto, al ser la ceniza volante actúa como un aditivo superplastificante, mejorando la fluidez y la capacidad de llenado, y la nanosílice ayuda a lubricar las partículas y mejorar la cohesión, lo que facilita la manipulación y colocación del hormigón (Solache, et al., 2023).

Mezcla directa: Esta es la técnica más común y sencilla. La nanosílice y la ceniza volante se agregan sin rodeos a la mezcla de concreto durante el proceso de mezcla, se recomienda mezclarlos junto con el cemento y los agregados para lograr una distribución uniforme en toda la mezcla (González, et al., 2020).

Premezcla en polvo: La nanosílice y la ceniza volante se mezclan previamente en forma de polvo antes de añadirse a la mezcla de concreto, esta técnica asegura una distribución más homogénea sobre los materiales de la mezcla y evita posibles aglomeraciones (Solache, et al., 2023).

Dispersiones líquidas: En esta técnica, la nanosílice se dispersa en una solución líquida antes de agregarse al concreto, la dispersión líquida puede ser agua u otro líquido compatible con el concreto, esta técnica ayuda a mejorar la dispersión de la nanosílice y facilita su mezcla homogénea en el concreto (González, et al., 2020).

Tabla 9. Normativas usadas para medir las propiedades del concreto y agregados.

| Materiales | Descripción | NTP | ASTM |
|-------------------|--|------------|-------------|
| Agregados | Parámetros de agregados | 400.037 | C-33 |
| | Muestreo de agregados | 400.010 | C-702 |
| | Contenido de Humedad | 339.185 | C-566 |
| | Peso unitario | 400.017 | C-29 |
| | Peso específico y Absorción del agregado fino | 400.022 | C-127 |
| | Peso específico y Absorción del agregado grueso | 400.021 | C-128 |
| | Granulometría | 400.012 | C-136 |
| | Material más fino que el tamiz No. 200 | 400.018 | C-177 |
| Agua | Especificación de norma para aguas que se usen con mortero y concretos | 339.088 | --- |
| Aditivo | Parámetros de norma para aditivos químicos en el concreto | 339.086 | C-494 |
| Concreto | Asentamiento | 339.035 | C-143 |
| | Muestreo | 339.036 | C-112 |
| | Resistencia a compresión | 339.034 | C-39 |
| | Resistencia a la flexión | 339 078 | C78 |

Fuente. Tomado de MTC (2016)

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación aplicada consiste en tomar una teoría y aplicarla mediante estudios a razón de obtener resultados y conclusiones para determinada investigación (Bell, et al., 2023) Por medio del estudio se considera de tipo aplicada por que busca aplicar teorías, fórmulas en relación a las propiedades físicas y mecánicas del concreto en base a las adiciones de nuevos materiales como nanosílice y cenizas volantes.

Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo busca datos cuantificables, aquellos que se pueden expresar en números específicos y pudiendo ser analizados mediante la estadística (Arias, et al., 2021) En este estudio se considera cuantitativo debido a que los resultados obtenidos de ensayos, respuestas de laboratorios son datos numéricos como resistencia a compresión, asentamiento entre otros.

3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño experimental hace una manipulación de su variable independiente generando un análisis y conclusión frente a los efectos que causa sobre la variable dependiente (Hadi, et al., 2023). En la presente investigación contempló abordar el diseño cuasiexperimental dado que se llegará a manejar la variable nanosílice y cenizas volantes con diferentes porcentajes de incorporación y ver qué resultados se tienen sobre las propiedades del concreto en esas condiciones.

Nivel de Investigación

El nivel explicativo busca la razón, el efecto y causa que originó cierto suceso mediante aplicación de estudios experimentales (Borsboom, et al., 2021). En la presente investigación presentará un alcance explicativo por lo que se hace uso de ensayos, pruebas en laboratorios para identificar el efecto del nanosílice y cenizas volantes en el comportamiento del concreto.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable Independiente: Cenizas volantes de carbón (CFA) y Nanosílice (Ns)

Variable Dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del concreto

Tabla 10. *Variables de estudio*

| V1: Ceniza Volante de Carbón y Nanosílice | V2: Propiedades físicas y mecánicas del concreto |
|--|---|
| Nanosílice: 3% | D1XV2: Trabajabilidad |
| Ceniza volante de carbón: 5%, 10% y 15% | D2XV2: Resistencia a la compresión |
| | D3XV2: Resistencia a la flexión |
| | D3XV2: Costo/beneficio |

Fuente. Elaboración propia.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

3.3.1. Población:

Dicho punto hace alusión a un conjunto de unidades, individuos u objetos, de los cuales poseen características similares y se encuentran en el área de estudio determinado (Leonor, et al., 2019). En la investigación la población estará definida por el concreto elaborado con nanosílice y cenizas volantes en la ciudad de Puno para un concreto de alta resistencia. Así mismo el Comité 211 del sistema ACI señala que el cálculo del aporte de concreto debe realizarse mediante la aplicación de tablas de diseño, en las cuales se realizan cálculos de peso y volumen, a partir de la determinación del volumen correspondiente. Por ello, se establecieron criterios de inclusión y exclusión con el fin de garantizar la representatividad de la muestra y la aplicabilidad de los resultados.

- **Criterios de inclusión:** Con la finalidad de incluir una probeta en el estudio, se consideró la elaboración de un concreto de alta resistencia, fabricados mediante el diseño de mezcla propuesto por el ACI 211, elaborándose

probetas cuyas dimensiones son 30cm de altura con un diámetro de 15 cm, con el propósito de mantener uniformidad. Asimismo, éstas serán evaluadas a los 7, 14 o 28 días de edad, bajo un curado en agua constante, para asegurar condiciones consistentes.

- **Criterios de exclusión:** Se excluyeron las probetas que no cumplan con ciertos criterios, como: defectos evidentes como grietas, desprendimientos o agrietamientos. Asimismo, las probetas que hayan sido contaminadas durante su fabricación o almacenamiento, se descartaron aquellas que no representan adecuadamente la mezcla o el proceso de construcción, se excluyen las probetas que tienen dimensiones atípicas o que difieren significativamente de las especificaciones, se rechazan las probetas que hayan sido sometidas a condiciones de curado que podrían influir en la resistencia y durabilidad del concreto.

Estos criterios aseguraron la coherencia de la muestra y la fiabilidad de los resultados, los cuales reflejaron las condiciones y propiedades específicas del concreto bajo estudio.

Tabla 11. Población en relación al concreto

| Descripción | N° | Población (m ³) |
|---------------------------|----|-----------------------------|
| Concreto patrón | 9 | 0.047 |
| Concreto + 3% Ns | 9 | 0.047 |
| Concreto + 3% Ns + 5% Cv | 9 | 0.047 |
| Concreto + 3% Ns + 10% Cv | 9 | 0.047 |
| Concreto + 3% Ns + 15% Cv | 9 | 0.047 |
| TOTAL | 45 | 2.115 |

Fuente. Elaboración propia.

3.3.2. Muestra:

La muestra será estudiada según el autor con el fin de obtener respuestas ante determinada problemática o con carácter de conocer efectos entre variables, y servirá para dar conclusiones generales de una población (Leonor, et al., 2019;

CBarrionuevo, et al., 2021). Según la norma ASTM C31, las probetas de concreto deberán ser como mínimo 2 muestras para ensayar a edades de 7 y 28 días. El presente estudio tomará con fines de tener mejores resultados 3 muestras para cada ensayo y en cuestión de edades de tiempo de curado evaluar a los 7, 14 y 28 días en tal sentido la muestra total será de 60 probetas, 45 para medir el valor de $f'c$ y 15 para la resistencia a la flexión.

Tabla 12. Tipo de ensayo y tipo de muestra a emplear

| DISEÑO | Trabajabilidad | Resistencia a la compresión | | | Resistencia a la flexión |
|----------------|----------------|-----------------------------|---------|---------|--------------------------|
| | | 7 días | 14 días | 28 días | 28 días |
| Muestra Patrón | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3%Ns | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3%Ns+5%Cv | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3%Ns+10%Cv | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3%Ns+15%Cv | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| TOTAL | 15 | 45 | | | 15 |

Fuente. Elaboración propia.

3.3.3. Muestreo:

Este término está relacionado con la manera o proceso con el que se realiza la selección de la muestra dentro de un conjunto que sería la población (Fernández, et al., 2021). Por otro lado, la selección de esta muestra podría darse por conveniencia, aleatorio o de manera estratégica con el fin de tener una muestra representativa y garantice que la conclusión será de manera general para la población dentro de una investigación (Zhang, y otros, 2022) . En el muestreo será No probabilístico (no aleatorio) por el hecho que se tendrán en cuenta parámetros normativos.

3.3.4. Unidad de análisis:

Es aquel elemento que es objeto de estudio (Ruiz, et al., 2022). Se define como unidad base de la cual se recopilaron y analizaron información. Su selección dependerá de cuál es el objeto de estudio y la naturaleza de ello (Bell, et al., 2023). Para la investigación será el concreto con nanosílice y Cv.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas:

Se utilizaron dos técnicas a razón de recopilar datos. Una de ellas fue la observación, que consistió en registrar detalladamente y de forma experimental el material percibido. Esto implicó la descripción inmediata de lo que se observaba (Guamán, et al., 2021) La segunda técnica utilizada fue el análisis documental, el cual se basó en las pautas y criterios establecidos por la normativa nacional e internacional (Hadi, et al., 2023). Estos lineamientos se encuentran en libros, informes y artículos que abordan la metodología necesaria para llevar a cabo de manera adecuada el proceso o desarrollo de los ensayos y diseños de mezcla de los elementos que serán analizados.

Instrumentos de recolección de datos

Llegaron a emplearse dos instrumentos a razón de recopilar datos. Uno de ellos fue la ficha de observación, que se utilizó para desarrollar mecanismos de organización y clasificación de lo recopilado durante los diferentes ensayos realizados (Guamán, et al., 2021). En resumen, esta ficha sirvió como una guía concisa para el investigador, registrando los aspectos más importantes de lo observado. El segundo instrumento utilizado fueron los formatos de análisis documental, los cuales se emplearon para examinar y analizar la información documental relevante (Fernández, et al., 2021). Estos formatos permitieron seguir pautas específicas para el análisis de los documentos utilizados en el estudio.

Validez

Implica la evaluación minuciosa de cada herramienta utilizada para obtener datos en un estudio. Este procedimiento logra ser trascendental para certificar la

exactitud, fiabilidad y pertinencia de los datos recabados en relación con el objetivo de investigación (Hadi, et al., 2023).

Confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos utilizados en una investigación con fines experimentales tienen que mantener consistencia y estabilidad en sus resultados obtenidos. Se trata de la potencialidad de un instrumento presente al producir mediciones o recopilar datos de manera precisa y reproducible en diferentes situaciones y en diferentes momentos. Una alta confiabilidad indica que los resultados obtenidos son consistentes y no están afectados por fuentes de error aleatorias o variaciones no deseadas (Ruiz, et al., 2022).

3.5. Procedimientos:

Con el fin de expresar de manera detallada cuál será el procedimiento para la presente investigación se detallan los siguientes puntos:

- Se realizará una recolección de información buscando así toda la información necesaria y que sea relevante para la investigación tales como normativas, fichas técnicas, teorías, fórmulas, guías de ensayos entre otros, de tal manera que durante la ejecución de proceso en la investigación pueda hacerse uso de ello.
- Se tendrá que hacer un requerimiento y adquisición de materiales con el fin de tener cantidades exactas que servirán en la composición del concreto y para su respectiva evaluación.
- Terminado el paso anterior se tendrá que realizar una caracterización de los materiales, como los agregados, aditivos, cemento y demás. Con el fin de poder ser usada esta información en el diseño del concreto y al mismo tiempo poder tener criterio de analizar el porqué de los resultados finales.
- Se realizará el diseño del concreto en dónde se usará la información anterior. Se tendrá un diseño patrón que es el tradicional de un concreto y otros diseños con los diferentes porcentajes de incorporación de nanosílice y cenizas volantes.

- Se realizaron ensayos del concreto fresco como la trabajabilidad midiendo así el asentamiento y su capacidad de acomodarse en un encofrado. Por otro lado, se evaluarán sus cualidades mecánicas como el $f'c$ y resistencia a flexión del concreto y evaluarlas en diferentes días pudiendo así determinar cómo llega a evolucionar su resistencia a medida que transcurre el tiempo.
- Finalmente se analizará un análisis de los resultados obtenidos los cuales serán definidos por los objetivos específicos de los cuales se tienen en la investigación así mismo se determinará el costo del concreto modificado y poder compararlo con el concreto tradicional y ver que tan viable es el nuevo diseño.

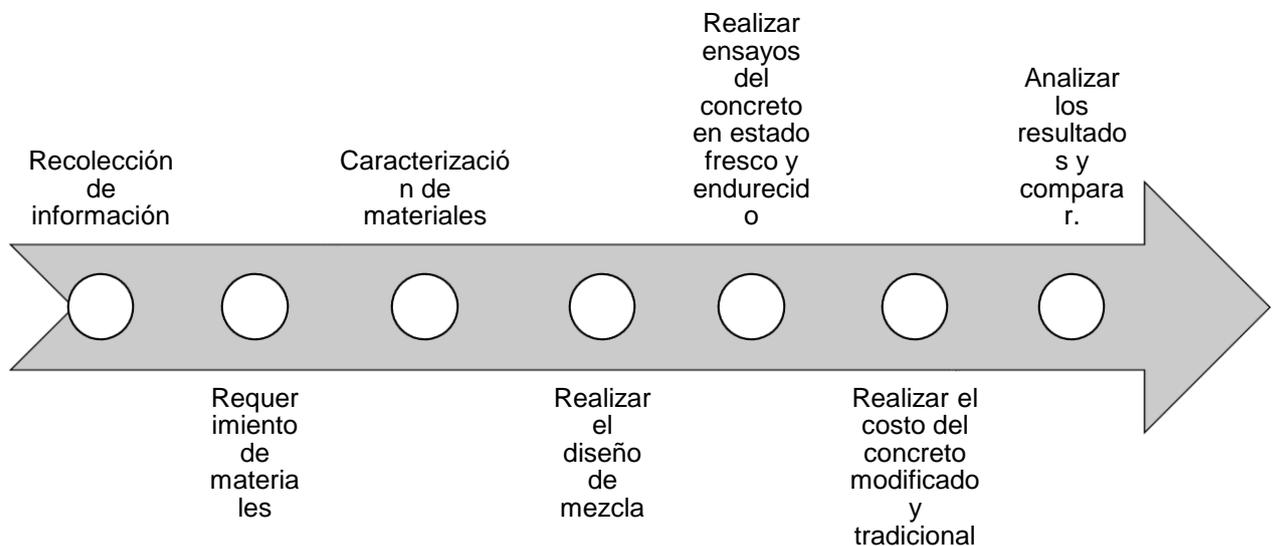


Figura 7. Flujo del proyecto

Fuente. Propia.

OBJETIVO GENERAL: Respecto a la influencia del nanosílice y ceniza volante de carbón en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de alta resistencia.

Se puede mencionar que, para el desarrollo de este objetivo, el equipo de investigación contempló la adquisición de los materiales pétreos de la cantera Isla requerido durante la preparación de la mezcla de concreto previa evaluación de sus propiedades. En tal sentido, se dispuso el análisis mecánico y físico de los

agregados por medio de una secuencia de experimentos en el laboratorio con el propósito de elaborar un concreto equivalente a 350 kg/cm², destinado para su empleo en edificaciones de gran relevancia. Considerando lo mencionado, la Tabla 13 exhibe el resumen de los resultados obtenidos sobre los cuatro ensayos, considerando los siguientes: ensayo de peso específico y absorción, análisis granulométrico, peso unitario de los agregados y contenido de humedad, con la finalidad de obtener las características de los mismos.

Tabla 13. *Peso específico y % de absorción de la piedra chancada*

| IDENTIFICACIÓN | AF | AG |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| TMN (Pulg): | | 3/4" |
| Peso Esp seco (gr/cm ³): | 2,59 | 2,62 |
| Abs. (%): | 2,12% | 1,31% |
| Hum (%): | 4,81% | 1,27% |
| PUS (gr/cm ³): | 1,642 | 1,356 |
| PUC (gr/cm ³): | 1,761 | 1,483 |
| M.F | 3,04 | |

Fuente: Elaboración propia.

Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro

Este ensayo se avala bajo la norma NTP 400.021:2020: Método de prueba estandarizado sobre el peso específico y absorción del **agregado fino**, mediante el cual se desarrolló como primer paso, el llenado parcial del picnómetro con agua. Luego, se introdujo 500gr de arena y logró llenarse con agua adicional a razón de que alcance el aproximado del 90% de su capacidad. Después, llegó a agitarse manualmente el picnómetro con el propósito de deshacerse de las burbujas de aire existentes y dejar reposar por 24hr. Posteriormente, se retiró del recipiente y secó el agregado por medio del horno a temperatura constante igual a 110°C ± 5°C. Por último, se dejó enfriar el material, logrando registrar la masa obtenida para su posterior análisis.

Tabla 14. *Peso específico y % de absorción de la arena por método picnómetro*

| Descripción | Valor | Und |
|---------------------------------|--------------|-------------------|
| Peso de muestra secada al horno | 489,64 | kg/m ³ |

| | | |
|-------------------------------|---------|--------------------|
| Peso de muestra saturada seca | 500,00 | kg/m ³ |
| Peso de picnómetro con agua | 1310,45 | kg/m ³ |
| Peso de Pic + muestra + agua | 1617,35 | kg/m ³ |
| Peso específico | 2,59 | gr/cm ³ |
| Absorción | 2,12 | % |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 14, evidencia el resultado obtenido igual a 2.59gr/cm³ sobre el ensayo de peso específico, dicho valor permitió ajustar el diseño de mezcla con la finalidad de obtener las propiedades deseadas en el concreto, como trabajabilidad, durabilidad y resistencia. Asimismo, el 2.12% de absorción influyó directamente en el agua proporcional requerido.

Por otro lado, considerando la norma NTP 400.022:2002: Método de prueba estandarizada sobre el peso específico y absorción del **agregado grueso**, se realizó siguiendo el proceso a continuación expuesto: en primer lugar, se secó la muestra a una temperatura continua igual a 110°C ± 5°C. Posterior a ello, logró enfriarse a temperatura ambiente y posteriormente se cubrió la muestra con agua sumergiéndola durante 24hr. Luego, abordó retirarse la muestra del agua y se dejó secar a temperatura ambiente, en donde se obtuvo la muestra en base a la denominación de saturada superficialmente seca (PSSS), se pesó y se efectuó el colocado de la misma muestra sobre una cesta de alambre a razón de conocer su peso en agua. Posteriormente, tendió a secarse la muestra a una temperatura de ambiente (1hr a 3hr aproximadamente) y se pesó. Por último, se registró los datos obtenidos (ver Tabla 15) y se procedió con el cálculo, obteniendo un peso específico y absorción igual a 2.62 gr/cm³ y 1.31%, tal que corresponda.

Tabla 15. *Peso específico y % de absorción de la piedra chancada*

| Descripción | Valor | Und |
|---------------------------------|---------|-------------------|
| Peso de muestra secada al horno | 789,62 | kg/m ³ |
| Peso de muestra saturada seca | 800,00 | kg/m ³ |
| Peso de picnómetro con agua | 1310,45 | kg/m ³ |
| Peso de Pic + muestra + agua | 1805,17 | kg/m ³ |

| | | |
|-----------------|------|--------------------|
| Peso específico | 2,62 | gr/cm ³ |
| Absorción | 1,31 | % |

Fuente: Elaboración propia.

Análisis granulométrico por tamizado

El procedimiento de ensayo se fundamenta por medio de la norma NTP. 400.012:2021: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso, método de ensayo. En base a ello, inicialmente se realizó el cuarteo del **agregado fino**, luego se pesó 500gr aproximadamente del material cuarteado. Después, logró efectuarse el proceso de lavado de la arena utilizando la malla N°200 con el propósito de eliminar partículas finas y suavizar posibles grumos presentes. Posteriormente, el material logró someterse al proceso de secado en un horno a una temperatura controlada de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$. Posterior a ello, dicho material estuvo totalmente desprovisto de humedad, se procedió a zarandear por los tamices ordenados descendientemente, considerando: N°4, N°8, N°16, N°50, N°100 y N°200 y fondo.



Figura 8. Tamizado del material fino

Fuente. Propia.



Figura 9. Material retenido en cada tamiz

Fuente. Propia.

Para finalizar, se registró el peso del material que se retiene en cada tamiz para su posterior análisis.



Figura 10. Pesaje de material retenido por cada malla

Fuente. Propia.

Por medio de la Tabla 16 se exhibe al análisis de granulometría de la muestra considerada, donde se evaluó la distribución de los tamaños del árido fino.

Tabla 16. Granulometría del agregado fino

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | % RETENIDO | %RET ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------------|-------------|---------------|------------|----------------|------------|------------|--|
| 3/8" | 9,525 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100% | Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 3.04 gr OBSERVACIONES: |
| 1/4" | 6,350 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 95 - 100 % | |
| No4 | 4,760 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 80 - 100 % | |
| No8 | 2,380 | 113,19 | 22,64 | 22,64 | 77,36 | % | |
| No10 | 2,000 | | | | | 50 - 85 % | |
| No16 | 1,190 | 87,08 | 17,42 | 40,05 | 59,95 | 25 - 60 % | |
| No20 | 0,840 | | | | | 10 - 30 % | |
| No30 | 0,590 | 106,12 | 21,22 | 61,28 | 38,72 | 2-10% | |
| No40 | 0,420 | | | | | | |
| No 50 | 0,300 | 115,01 | 23,00 | 84,28 | 15,72 | | |
| No60 | 0,250 | | | | | | |
| No80 | 0,180 | | | | | | |
| No100 | 0,149 | 59,39 | 11,88 | 96,16 | 3,84 | | |
| No200 | 0,074 | 10,34 | 2,07 | 98,23 | 1,77 | | |
| BASE | | 8,87 | 1,77 | 100 | 0,00 | | |
| TOTAL | | 500,00 | 100,00 | | | | |
| % PÉRDIDA | | 1,77 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En este análisis, se observó que los valores retenidos en cada tamiz no se encuentran dentro de los rangos máximos y mínimos permitidos, tal como están especificados y parametrizados (ver Figura 11). Por lo tanto, se concluyó que no se puede recomendar el uso de estos agregados en la mezcla de concreto debido a la mala distribución de las partículas que presentan.

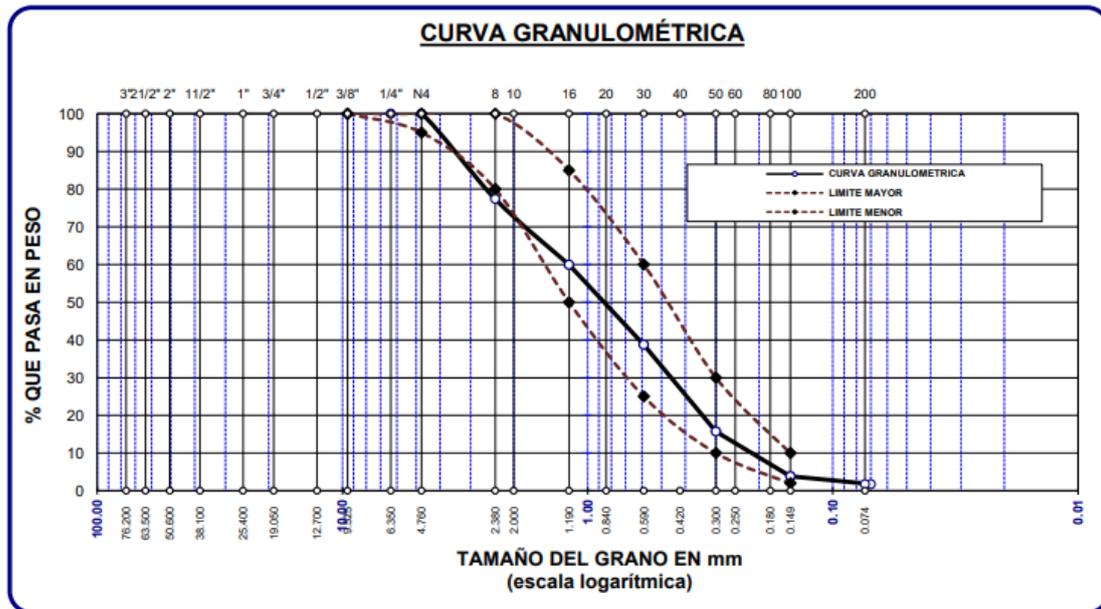


Figura 11. Curva granulométrica del material fino

Fuente. Elaboración propia.

En cuanto al ensayo granulométrico para el **agregado grueso**, se realizó el cuarteo de la piedra chancada y se pesó 3500gr aproximadamente del material cuarteado. Después, se procedió a zarandear por los tamices ordenados descendientemente, considerando: 3", 2", 1 1/2", 1", 1 3/4", 1/2", 3/8", N°4 y fondo. Por último, se registró el peso del material retenido en los tamices a razón de ser analizados.



Figura 12. Tamizado del material fino
Fuente. Elaboración propia.



Figura 13. Material retenido en cada tamiz
Fuente. Elaboración propia.

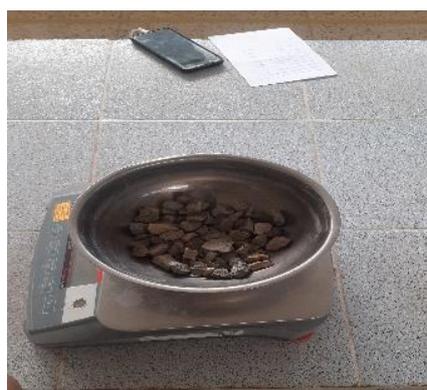


Figura 14. Pesaje de material retenido por cada malla
Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 17 se exhibe al análisis de granulometría de la muestra considerada, donde se evaluó la distribución de los tamaños del árido fino.

Tabla 17. *Granulometría del agregado grueso*

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|--|
| 3" | 76,200 | | | | | 100 % | Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4 " OBSERVACIONES: |
| 2 1/2" | 63,500 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 90 - | |
| 2" | 50,600 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100 % | |
| 1 1/2" | 38,100 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 20 - | |
| 1" | 25,400 | 19,00 | 0,54 | 0,54 | 99,46 | 55 % | |
| 3/4" | 19,050 | 1040,00 | 29,71 | 30,26 | 69,74 | 0 - 10 % | |
| 1/2" | 12,700 | 1740,00 | 49,71 | 79,97 | 20,03 | | |
| 3/8" | 9,525 | 529,00 | 15,11 | 95,09 | 4,91 | | |
| 1/4" | 6,350 | | | | | | |
| No4 | 4,760 | 172,00 | 4,91 | 100,00 | 0,00 | | |
| BASE | | 0,00 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | | |
| TOTAL | | 3500,00 | 100,00 | | | | |
| % PÉRDIDA | | 0,00 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En este análisis, se observó que los valores retenidos en cada tamiz se encuentran dentro de los rangos máximos y mínimos permitidos, tal como están especificados y parametrizados (ver Figura 15). Por lo tanto, se concluyó que se puede recomendar el uso de estos agregados en la mezcla de concreto debido a la buena distribución de las partículas que presentan.

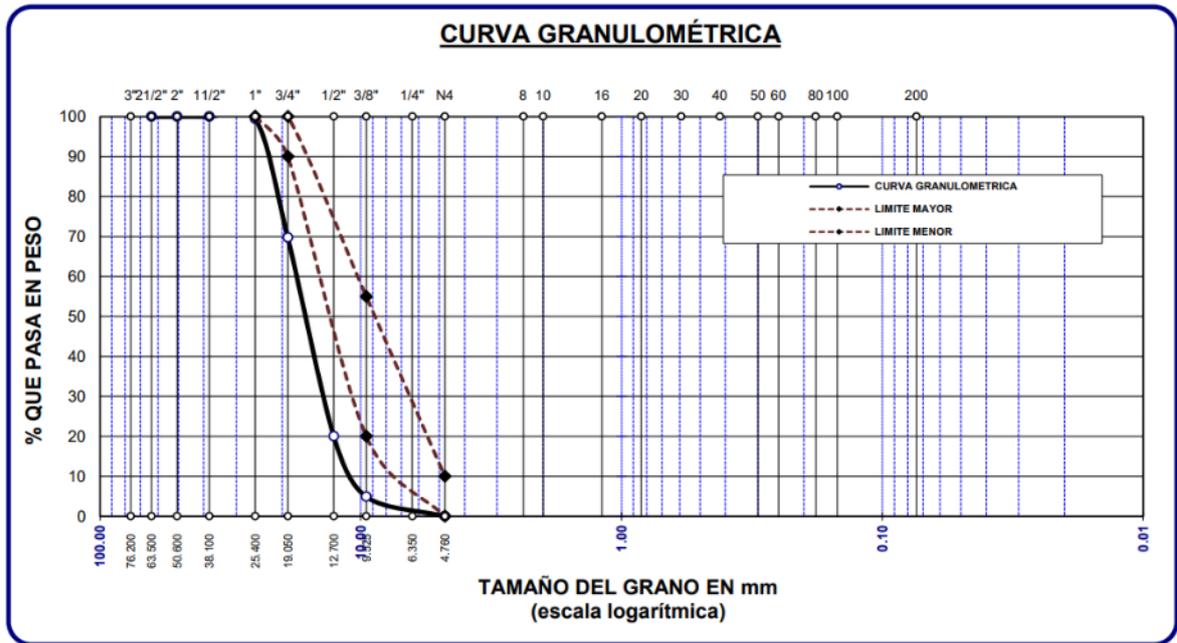


Figura 15. Curva granulométrica del material grueso
 Fuente. Elaboración propia.

Peso Unitario

El ensayo se rigió bajo la norma NTP 400.017: Método de prueba estandarizada para la determinación de la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos sobre los agregados. Para ello, se tomó los datos de las dimensiones del molde a utilizar, considerando el diámetro y altura (ver Figura 16).



Figura 16. Medición de las dimensiones de la probeta
 Fuente. Elaboración propia.

Después, respecto al cálculo del **peso unitario compactado**, logró llenarse al recipiente hasta aproximadamente 1/3 de su capacidad y se apisonó la capa de

agregado aplicando 25 golpes empleando una varilla, distribuyéndolos homogéneamente en la superficie. Posteriormente, se siguió el mismo proceso hasta el llenado completo del molde, se retiró la fracción excedente y se procedió a pesar (ver Figura 17).



Figura 17. Peso unitario compactado de la arena

Fuente. Elaboración propia.

Sobre el cálculo del **peso unitario suelto**, logró llenarse completamente el molde hasta que se produzca un desbordamiento y llegó a nivelarse la superficie del agregado empleando una espátula de modo que cierta ligera protrusión de las partículas de mayor envergadura del agregado grueso compensa proporcionalmente los espacios de vacío mayor sobre la superficie justo inferior del borde superior del recipiente. Por último, se procedió a pesar y registrar dicho dato.



Figura 18. Peso unitario suelto de la piedra chancada (3/4")

Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 18, se exhibe al resultado promedio del peso unitario suelto y compactado obtenido de 1,642gr/cm³ y 1,761gr/cm³, respectivamente para el agregado fino.

Tabla 18. Peso unitario del agregado fino

| Descripción | Símbolo | Muestra | | | Promedio | Und |
|--------------------------|---------|---------|-------|-------|----------|--------------------|
| | | AG1 | AG2 | AG3 | | |
| Peso unitario suelto | P.U.S. | 1,640 | 1,629 | 1,656 | 1,642 | gr/cm ³ |
| Peso unitario compactado | P.U.C. | 1,747 | 1,765 | 1,771 | 1,761 | gr/cm ³ |

Nota. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 19, se exhibe al resultado promedio del peso unitario suelto y compactado obtenido de 1,356gr/cm³ y 1,483gr/cm³, respectivamente para el agregado grueso.

Tabla 19. Peso unitario del agregado grueso

| Descripción | Símbolo | Muestra | | | Promedio | Unidad |
|--------------------------|---------|---------|-------|-------|----------|--------------------|
| | | AG1 | AG2 | AG3 | | |
| Peso unitario suelto | P.U.S. | 1,359 | 1,352 | 1,356 | 1,356 | gr/cm ³ |
| Peso unitario compactado | P.U.C. | 1,485 | 1,481 | 1,483 | 1,483 | gr/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad

Este ensayo, abordó lo descrito por la norma NTP 339.185: Método de prueba para contenido de humedad de agregados, en el cual, como primer paso, se seleccionó la muestra representativa mediante el cuarteo. Luego, se saturó por 24hr la muestra, posteriormente, una vez saturada se seca superficialmente con un paño absorbente y se pesó.



Figura 19. Peso de las muestras de arena y piedra saturados

Fuente. Elaboración propia.

Por último, se sometió la muestra al horno durante 24hr, seguido de un enfriamiento a temperatura ambiente y se procedió a pesar a razón de alcanzar al porcentaje de humedad presente sobre los agregados.



Figura 20. Muestras colocadas en el horno

Fuente. Elaboración propia.

La Tabla 20, muestra que el porcentaje de humedad de arena y grava es de 4.81% y 1.27%, correspondientemente.

Tabla 20. *Ensayo de humedad en agregados*

| Ensayo | % |
|-------------------------|----------|
| % Humedad para la arena | 4,81 |
| % Humedad para la grava | 1,27 |

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de mezcla

En el proceso de desarrollo del mismo, se prepararon cinco mezclas diferentes con incorporaciones de nanosílice y ceniza volante en diversos porcentajes (ver Figura 21).



Figura 21. Dosificación en % de Ns y CFA

Fuente. Elaboración propia.

Las características detalladas en las Tablas 21, 22, 23, 24 y 25 reflejan las propiedades finales de estos cinco diseños de mezcla, los cuales varían en función de los contenidos de agua y los materiales utilizados. Estas variaciones están relacionadas con las características específicas de cada uno de los agregados, como la piedra, la arena, la nanosílice, la ceniza volante y el cemento Wari Tipo I (peso específico de 3.14 gr/cm^3). Por ello, logra ser de importancia mencionar que la relación a/c se mantiene constante con equivalencia igual a 0.38, con el propósito de asegurar la manejabilidad adecuada de la mezcla.

Tabla 21. *Diseño de mezcla patrón*

| CONSIDERACIONES | | | |
|-------------------------------------|---|-------|---------------------|
| Asentamiento | : | 3 | pulg |
| Factor cemento | : | 12.69 | |
| a/c | : | 0.380 | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (9 PROBETAS) | | | |
| Cemento | : | 25.73 | kg |
| | | | Cemento Wari Tipo I |
| Agua | : | 8.83 | lt |
| | | | Localidad |
| Piedra | : | 42.44 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Arena | : | 32.56 | kg |
| | | | Cant. Isla |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22. *Diseño de mezcla con 3% de Ns*

| CONSIDERACIONES | | | |
|-------------------------------------|---|-------|---------------------|
| Asentamiento | : | 3 | Pulg |
| Factor cemento | : | 12.69 | |
| a/c | : | 0.380 | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (9 PROBETAS) | | | |
| Cemento | : | 24.96 | kg |
| | | | Cemento Wari Tipo I |
| Agua | : | 8.83 | lt |
| | | | Localidad |
| Piedra | : | 42.44 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Arena | : | 32.56 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Aditivo nanosílice | : | 0.77 | kg |
| | | | 3%Ns |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23. *Diseño de mezcla con 3% de Ns y 5%CFA*

| CONSIDERACIONES | | | |
|-------------------------------------|---|-------|---------------------|
| Asentamiento | : | 3 | Pulg |
| Factor cemento | : | 12.69 | |
| a/c | : | 0.380 | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (9 PROBETAS) | | | |
| Cemento | : | 24.96 | kg |
| | | | Cemento Wari Tipo I |
| Agua | : | 8.83 | lt |
| | | | Localidad |
| Piedra | : | 42.44 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Arena | : | 32.56 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Aditivo nanosílice | : | 0.77 | kg |
| | | | 3%Ns |
| Ceniza volante de carbón | : | 1.29 | kg |
| | | | 5%CFA |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24. *Diseño de mezcla con 3% de Ns y 10%CFA*

| CONSIDERACIONES | | | |
|-------------------------------------|---|-------|---------------------|
| Asentamiento | : | 3 | Pulg |
| Factor cemento | : | 12.69 | |
| a/c | : | 0.380 | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (9 PROBETAS) | | | |
| Cemento | : | 24.96 | kg |
| | | | Cemento Wari Tipo I |
| Agua | : | 8.83 | lt |
| | | | Localidad |
| Piedra | : | 42.44 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Arena | : | 32.56 | kg |
| | | | Cant. Isla |
| Aditivo nanosílice | : | 0.77 | kg |
| | | | 3%Ns |
| Ceniza volante de carbón | : | 2.57 | kg |
| | | | 10%CFA |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25. Diseño de mezcla con 3% de Ns y 15%CFA

| CONSIDERACIONES | | | |
|-------------------------------------|---|----------|---------------------|
| Asentamiento | : | 3 Pulg | |
| Factor cemento | : | 12.69 | |
| a/c | : | 0.380 | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (9 PROBETAS) | | | |
| Cemento | : | 24.96 kg | Cemento Wari Tipo I |
| Agua | : | 8.83 lt | Localidad |
| Piedra | : | 42.44 kg | Cant. Isla |
| Arena | : | 32.56 kg | Cant. Isla |
| Aditivo nanosílice | : | 0.77 kg | 3%Ns |
| Ceniza volante de carbón | : | 3.86 kg | 15%CFA |

Nota. Elaboración propia.



Figura 22. Dosificación de la piedra chanchada, arena gruesa y cemento

Fuente. Elaboración propia.

Durante la fabricación de los especímenes de concreto, se consideró las dosificaciones en peso respecto al diseño de mezcla final, por lo que fue necesario el uso de los siguientes instrumentos: máquina mezcladora de concreto, bandejas, moldes de acero y cucharón.



Figura 23. Instrumentos de laboratorio

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, una vez se tiene la mezcla de concreto elaborada, se procedió a llenar las probetas por medio de tres capas, cubriendo hasta $\frac{1}{3}$ de la altura del molde. Después, para las capas se compactó mediante 25 golpes empleando una varilla, distribuidos homogéneamente sobre la superficie. Luego, se nivela la probeta hasta que se alcanzó el borde superior del molde utilizando un cucharón, retirando cualquier exceso. Por último, se dejó reposar durante 24hr para que, una vez cumplido este tiempo, se desmoldó y curó la probeta de concreto en las cámaras de curado in situ (ver Figura 24).



Figura 24. Desmolde y curado de probetas

Fuente. Elaboración propia.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Determinar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno 2023.

A razón de evaluar la propiedad de trabajabilidad del concreto en estado fresco, se determinó el slump para cada uno de los diseños de mezcla realizados con las diversas incorporaciones de CFA y Ns, ya que esta propiedad mostró la capacidad del concreto para fluir, es decir, el grado de adaptabilidad a la forma del encofrado. Continuando con ello, se presentan los resultados respecto al asentamiento sobre los diferentes diseños de mezcla. Las Tablas 26, 27, 28, 29 y 30, junto con las Figuras 25, 26, 27, 28 y 29, exhiben los resultados de los asentamientos correspondientes a las diversas incorporaciones de mezclas. La información detallada logra estar disponible por medio del Anexo 6, por datos:

Tabla 26. Asentamiento del diseño de mezcla patrón

| Descripción | Diseños | | | Promedio |
|---------------------|---------|-------|------|----------|
| | MP- 1 | MP- 2 | MP 3 | |
| Asentamiento (pulg) | 2,85 | 3,00 | 3,15 | 3,00 |

Fuente: Elaboración propia.

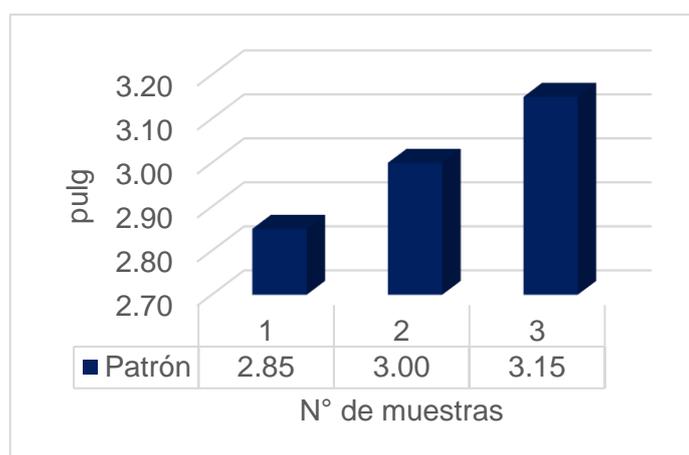


Figura 25. Asentamiento del diseño de mezcla patrón

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 27. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns

| Descripción | Diseños | | | Promedio |
|---------------------|---------|-------|------|----------|
| | MP- 1 | MP- 2 | MP 3 | |
| Asentamiento (pulg) | 2,38 | 2,50 | 2,63 | 2,50 |

Fuente: Elaboración propia.

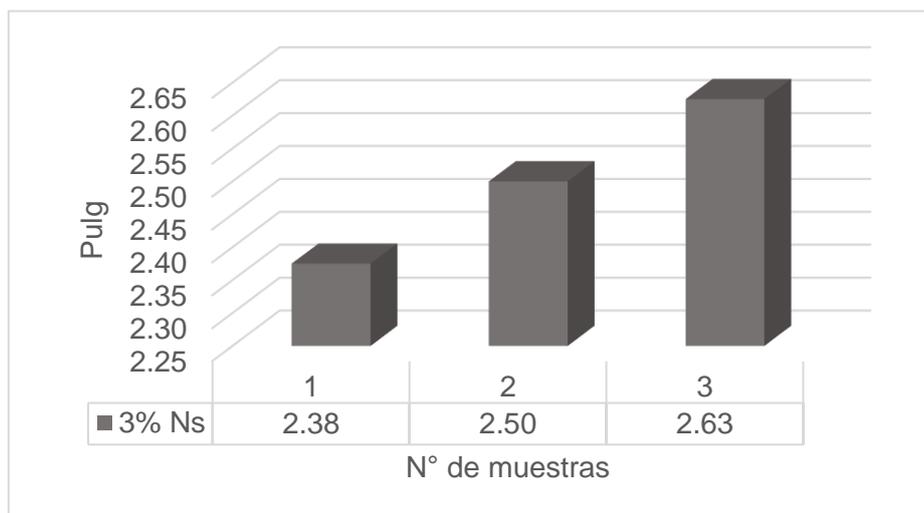


Figura 26. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns

Fuente. Propia.

Tabla 28. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 5%CFA

| Descripción | Diseños | | | Promedio |
|---------------------|---------|-------|------|----------|
| | MP- 1 | MP- 2 | MP 3 | |
| Asentamiento (pulg) | 1,90 | 2,00 | 2,10 | 2,00 |

Fuente: Elaboración propia.

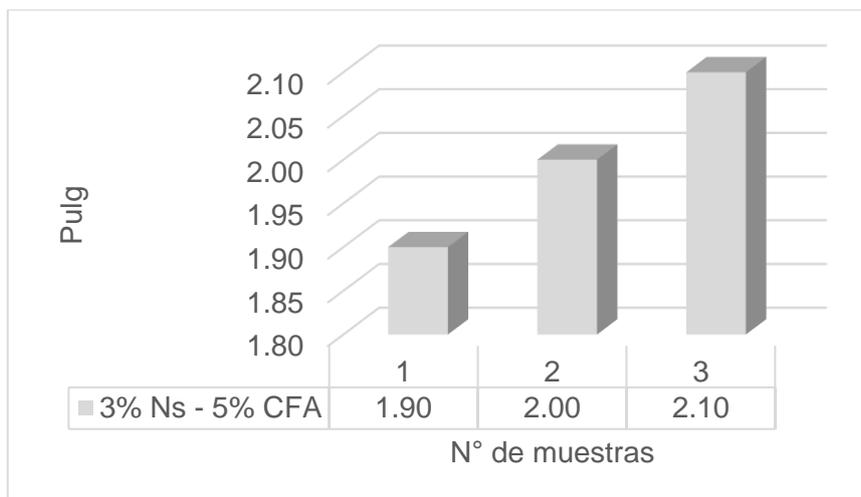


Figura 27. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 5%CFA

Fuente. Propia.

Tabla 29. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 10%CFA

| Descripción | Diseños | | | Promedio |
|---------------------|---------|-------|------|----------|
| | MP- 1 | MP- 2 | MP 3 | |
| Asentamiento (pulg) | 1,43 | 1,50 | 1,58 | 1,50 |

Fuente: Elaboración propia.

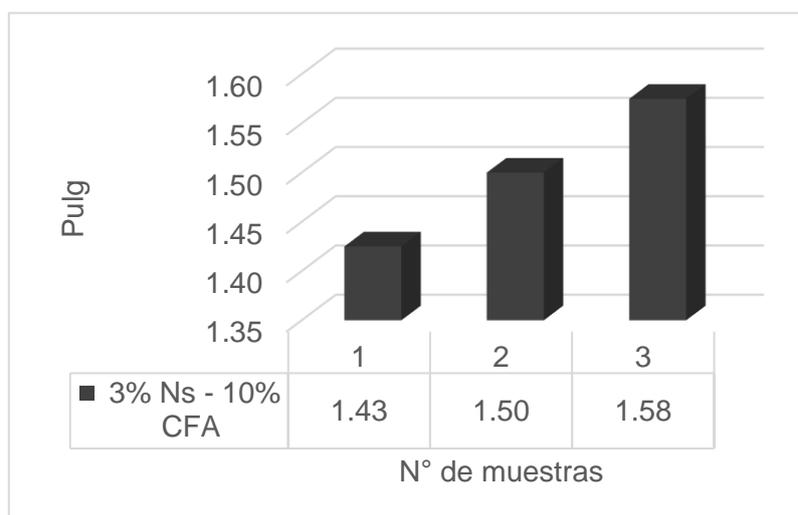


Figura 28. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 10%CFA

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 30. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 15%CFA

| Descripción | Diseños | | | Promedio |
|---------------------|---------|-------|------|----------|
| | MP- 1 | MP- 2 | MP 3 | |
| Asentamiento (pulg) | 1,27 | 1,34 | 1,41 | 1,34 |

Fuente: Elaboración propia.

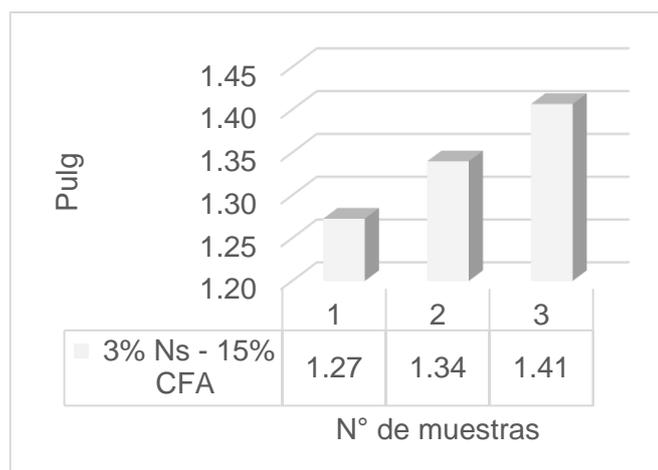


Figura 29. Asentamiento del diseño de mezcla con 3%Ns + 15%CFA

Fuente. Propia.

Por medio de la Tabla 31 y la Figura 30 se examina la trabajabilidad del concreto en relación con su asentamiento. En este contexto, el diseño patrón muestra un valor de 3", mientras que el diseño con un 3% Ns y 5% CFA alcanza un valor de 2.5". Por su parte, el diseño con un 3% Ns y 5% CFA presenta un valor de 2.0", el diseño con un 3% Ns y 10% CFA registra un valor de 1.50", y el diseño con un 3% Ns y 15% CFA muestra un valor de 1.34". En este sentido, el diseño de la muestra patrón y adición exclusiva de nanosílice demuestra tener una mejor consistencia en la mezcla, mejorando la trabajabilidad del concreto y mitigando, en cierta medida, la segregación y la formación de cangrejas en los encofrados.

Tabla 31. Resumen de asentamiento de muestra patrón e incorporaciones

| Diseños | Patrón | 3% Ns | 3% Ns - 5% CFA | 3% Ns - 10% CFA | 3% Ns - 15% CFA |
|---------|--------|-------|----------------|-----------------|-----------------|
|---------|--------|-------|----------------|-----------------|-----------------|

| | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| Asentamiento (pulg) | 3,00 | 2,50 | 2,00 | 1,50 | 1,34 |
|---------------------|------|------|------|------|------|

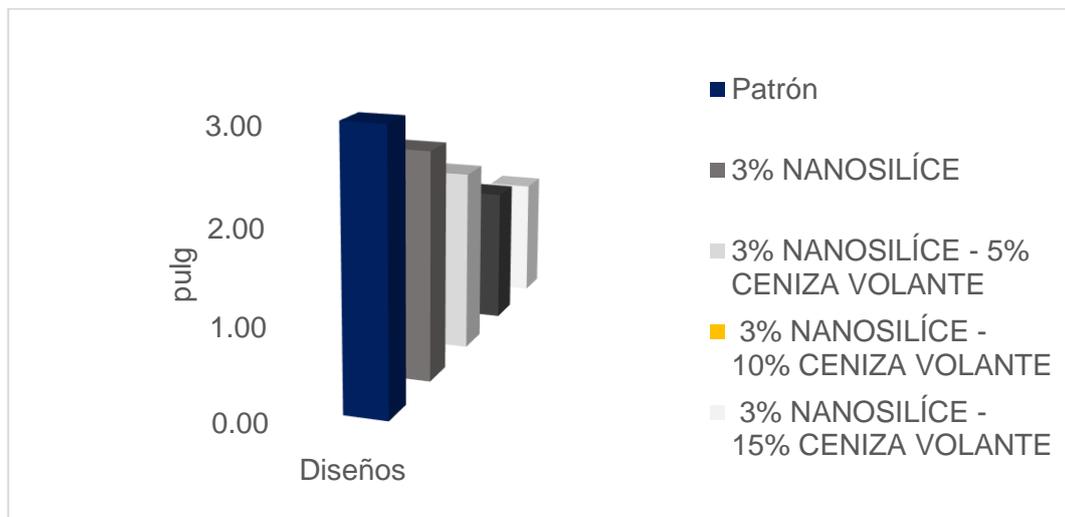


Figura 30. Resumen de asentamiento de muestra patrón e incorporaciones
Fuente. Elaboración propia.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Evaluar la influencia del nanosilíce y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno 2023.

La evaluación de esta propiedad reveló la capacidad del concreto presente al resistir cargas axiales y, al mismo tiempo, permitió verificar el adecuado diseño de la mezcla para alcanzar la resistencia necesaria dentro del plazo establecido.

Tabla 32. Resistencia a la compresión a los 7 días.

| ED AD | Muestra | Patrón f'c (kg/cm ²) | 3% Ns f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 5% CFA f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 10% CFA f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 15% CFA f'c (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|---|
| 7 días | 1 | 238,12 | 244,6 | 245,23 | 239,49 | 235,98 |
| | 2 | 230,2 | 241,23 | 249,99 | 238,36 | 236,65 |
| | 3 | 239,05 | 239,85 | 247,89 | 240,1 | 230,48 |
| | Promedio | 235,79 | 241,89 | 247,70 | 239,32 | 234,37 |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 32, se exhibe el punto de resistencia que alcanzó la probeta de concreto dentro de los 7 días, en este periodo la muestra patrón logró alcanzar por resistencia de 235.79 kg/cm². No obstante, en la mezcla con incorporaciones, se destaca el resultado alcanzado con 3% Ns y 5% CFA, quien logró una resistencia de 247,70 kg/cm², siendo superior en 3.4% respecto a la probeta patrón.

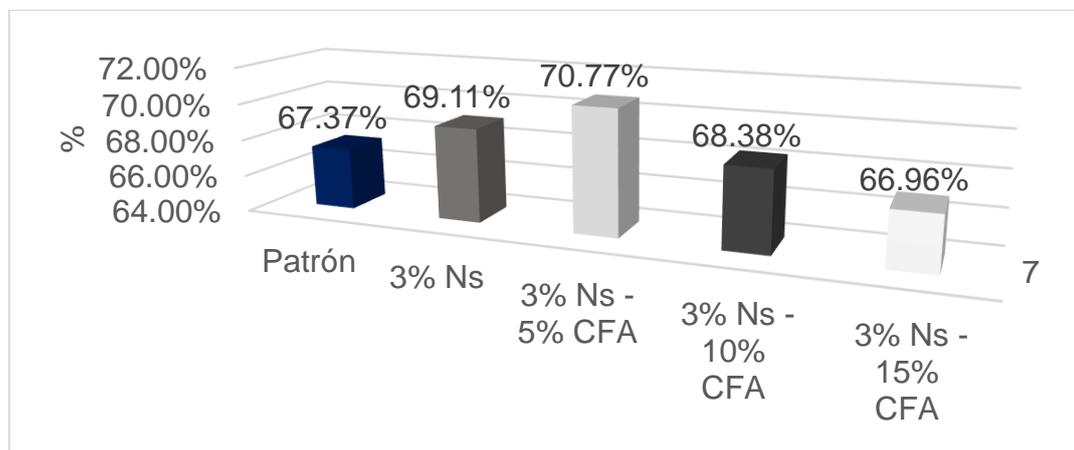


Figura 31. Resistencia a la compresión _ 7 días.

Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Figura 31, evidencia las altas resistencias iniciales en los primeros 7 días al incorporar nanosílice a la mezcla de concreto: sin embargo, decae al incorporar los porcentajes de 10 y 15% de CFA. Por otro lado, la muestra patrón e incorporación de 3% Ns y 5% CFA logran un 67.37% y 70.77% respecto a la resistencia de diseño (350kg/cm²), respectivamente. Por lo que, se evidencia un mejor comportamiento con las adiciones de Ns y CFA.

Tabla 33. Resistencia a la compresión a los 14 días.

| ED AD | Muestra | Patrón f'c (kg/cm ²) | 3% Ns f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 5% CFA f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 10% CFA f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 15% CFA f'c (kg/cm ²) |
|---------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|---|
| 14 días | 1 | 284,1 | 293,99 | 297,92 | 288,12 | 279,25 |
| | 2 | 286,21 | 291,45 | 294,86 | 289,99 | 280,59 |
| | 3 | 282,13 | 289,51 | 299,78 | 290,65 | 278,89 |
| | Promedio | 284,15 | 291,65 | 297,52 | 289,59 | 279,58 |

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 33, exhibe la resistencia alcanzada por la probeta de concreto dentro de los 14 días, en este periodo la muestra patrón registró por resistencia igual a 284.15 kg/cm². No obstante, en la mezcla con incorporaciones, se resalta el resultado obtenido con 3% Ns y 5% CFA, quien logró una resistencia de 297,52 kg/cm², siendo superior en 3.82% respecto a la probeta patrón.

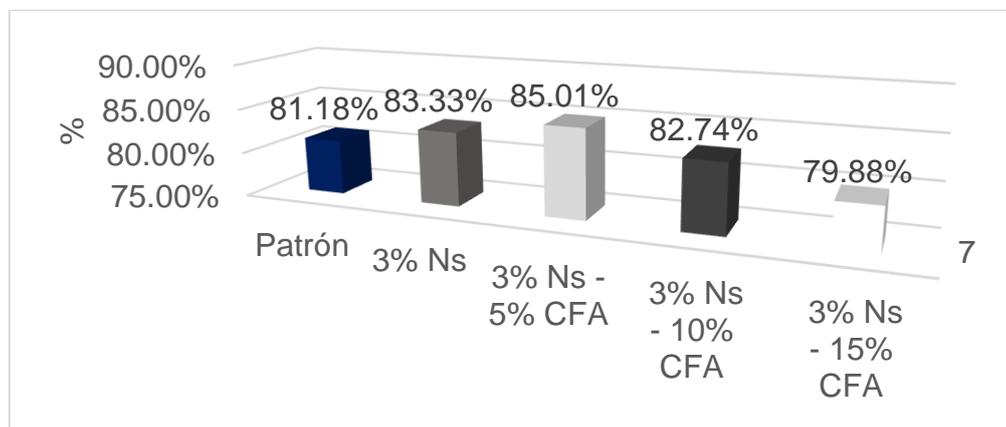


Figura 32. Resistencia a la compresión _ 14 días.

Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Figura 32, evidencia el porcentaje de resistencia dentro de los 14 días obteniendo un 85.01% para la mezcla de concreto con incorporaciones de 3% Ns y 5% CFA, siendo superior a la muestra patrón en 3.83%.

Tabla 34. Resistencia a la compresión a los 28 días.

| ED AD | Muestra | Patrón f'c (kg/cm ²) | 3% Ns f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 5% CFA f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 10% CFA f'c (kg/cm ²) | 3% Ns - 15% CFA f'c (kg/cm ²) |
|---------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|---|
| 28 días | 1 | 351,21 | 366,6 | 379,89 | 362,3 | 354,15 |
| | 2 | 361,1 | 368 | 377,15 | 360,89 | 355,22 |
| | 3 | 355,45 | 364,2 | 378,97 | 362,99 | 356,36 |
| | Promedio | 355,92 | 366,27 | 378,67 | 362,06 | 355,24 |

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 34, exhibe la resistencia alcanzada por la probeta de concreto dentro de los 28 días, en este periodo la muestra patrón registró por resistencia igual a 355.92 kg/cm². No obstante, en la mezcla con incorporaciones, se resalta el resultado

obtenido con 3% Ns y 5% CFA, quien logró una resistencia de 378.67 kg/cm², siendo superiores en 6.50% y 8.19% respecto a la probeta patrón y resistencia de diseño (350.00 kg/cm²), correspondientemente.

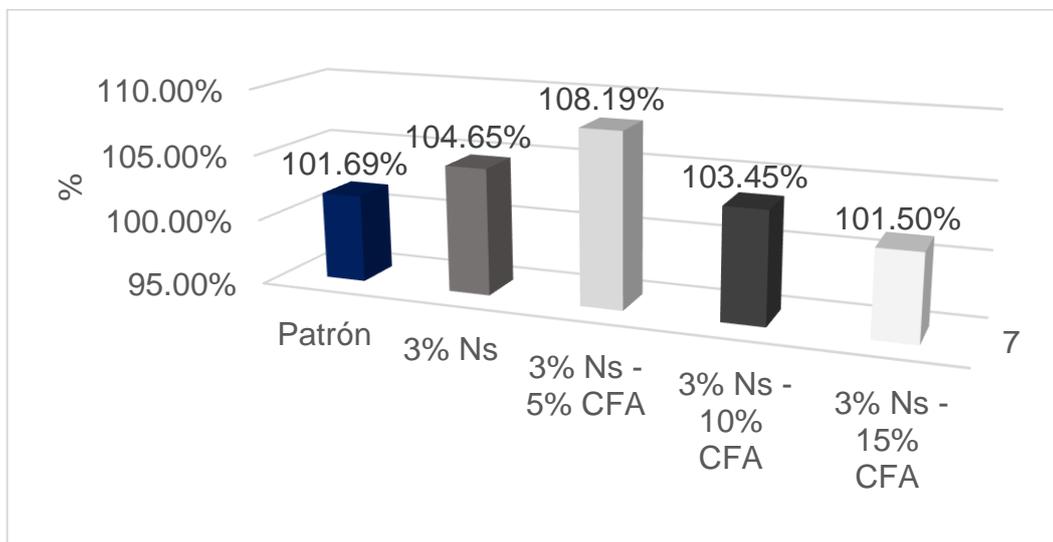


Figura 33. Resistencia a la compresión _ 28 días.

Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Figura 33, evidencia el porcentaje de resistencia a los 28 días obteniendo un 108.19% para la mezcla de concreto con incorporaciones de 3% Ns y 5% CFA, siendo superior a la muestra patrón y resistencia de diseño.

Tabla 35. Resumen de resistencia a la compresión según edad

| Edad | Patrón | 3% Ns | 3% Ns - 5% CFA | 3% Ns - 10% CFA | 3% Ns - 15% CFA |
|------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| 7 | 235,79 | 241,89 | 247,70 | 239,32 | 234,37 |
| 14 | 284,15 | 291,65 | 297,52 | 289,59 | 279,58 |
| 28 | 355,92 | 366,27 | 378,67 | 362,06 | 355,24 |

Fuente: Elaboración propia.

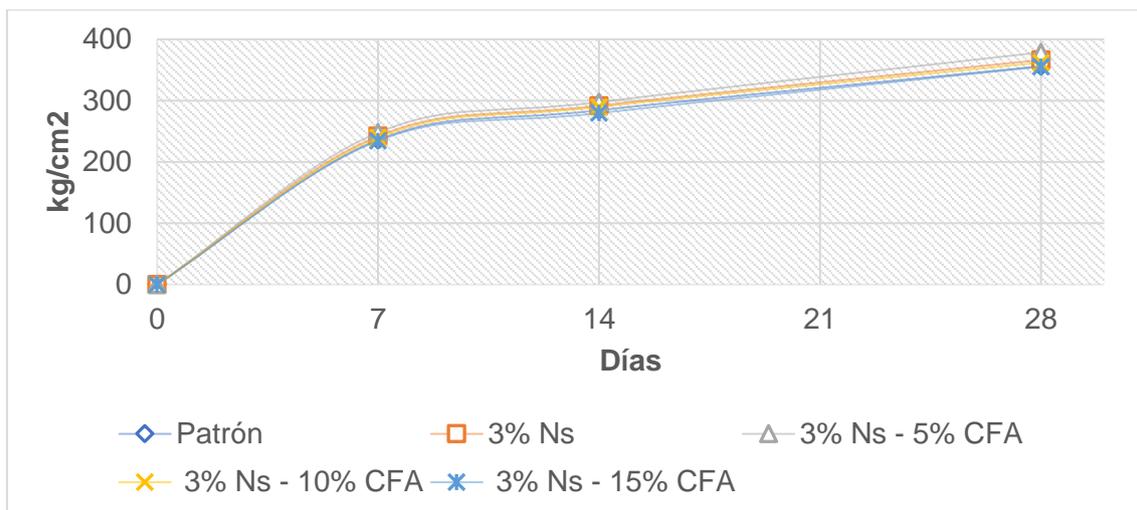


Figura 34. Resumen de resistencia a la compresión

Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 35 y la Figura 34, se presenta la resistencia a la compresión en función de los días de rotura, evaluando a los 7, 14 y 28 días. A los 28 días, la resistencia lograda por el diseño patrón llegó a ser igual a 355,92 kg/cm². En contraste, el valor máximo de resistencia llegó a ser igual a 378,67 kg/cm² para el diseño que incorpora un 3% Ns y 5% CFA, mientras que el valor mínimo registrado llegó a ser igual a 355,24 kg/cm² sobre el diseño con un 3% Ns y 15% CFA. Por lo tanto, se concluye que el diseño óptimo en términos de resistencia a la compresión del concreto es aquel que contiene un 3% de Nanosílice y 15% de Ceniza volante de carbón.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Analizar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.

A pesar de que la resistencia a la flexión del concreto no es particularmente alta, se mide con propósitos de diseño y se puede variar según los resultados en función del diseño de la mezcla. Por medio de los resultados de la resistencia a la flexión teniendo de consideración diversos diseños de mezcla se presentan por medio de la Tabla 35, así como en la Figura 34.

Tabla 36. Resistencia a la flexión a los 28 días

| N° vigas | Patrón | 3% Ns | 3% Ns - 5% CFA | 3% Ns - 10% CFA | 3% Ns - 15% CFA |
|----------|--------|-------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 39,00 | 38,22 | 41,25 | 40,10 | 38,98 |
| 2 | 40,22 | 38,94 | 41,32 | 39,58 | 38,56 |
| 3 | 38,99 | 39,45 | 40,89 | 39,98 | 38,76 |
| Promedio | 39,40 | 38,87 | 41,15 | 39,89 | 38,77 |

Fuente: Elaboración propia.

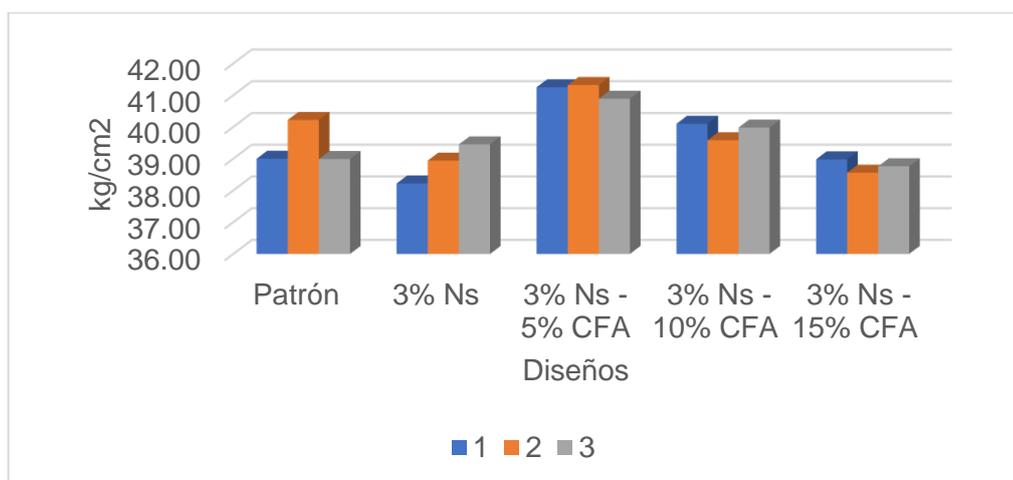


Figura 35. Resumen de resistencia a la flexión

Fuente. Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 36 y la Figura 35 se analiza la resistencia a la flexión en relación con los días de rotura, evaluando a los 28 días. Se destaca que, el diseño patrón logra una resistencia igual a 39.40 kg/cm². En contraste, el valor máximo de resistencia se alcanza en el diseño que incorpora un 3% de nanosílice (Ns) y 5% de ceniza volante de carbón (CFA), registrando 41.15 kg/cm², mientras que el valor mínimo se registra en el concreto con 3% Ns y 15% CFA. Por lo que, tan solo los diseños 3% Ns con 5% y 10% CFA superan a la muestra patrón, pero se considera que el diseño con un 3% Ns y 5% CFA es el óptimo al presentar el mejor rendimiento frente a la flexión.

3.6. Método de análisis de datos:

Están estrechamente vinculados con normativas referentes a criterios en materiales de construcción, diseño de mezclas y el concreto en sí. El análisis se realizará de

las fichas de análisis de datos que fueron parametrizadas por NTP, RNE como normativas peruanas e internacionales como ASTM y ACI.

3.7. Aspectos éticos:

Con el fin de cumplir con la ética en una investigación es importante ya que garantiza que la información colocada es real y si en caso se toman argumentos de otros investigadores, estos serán citados correctamente con la norma ISO 690 tal como lo determina la respectiva universidad y la facultad. Así mismo se tendrá que gestionar el uso del software Turnitin para indicar el porcentaje de similitud con otras investigaciones y que no supere el parámetro normativo. Del mismo modo se presentará la aprobación del curso Conducta Responsable en Investigación, asimismo, validez de expertos y de instrumentos con el fin de demostrar que los resultados de ensayos, laboratorio son genuinos y relevantes para la investigación.

GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA



IV.- RESULTADOS

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Determinar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno 2023.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis estadístico para el ensayo de trabajabilidad

Tabla 37. Prueba de normalidad al ensayo de trabajabilidad

| | Tratamientos | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------|----|------|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Ensayo de trabajabilidad (mm) | Patrón | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 3% Ns | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 3 % Ns – 5%CFA | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 3 % Ns – 10%CFA | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 3 % Ns – 15%CFA | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 37 se realizó la prueba de normalidad sobre la resistencia a la compresión a los 7 días en base a Shapiro-Wilk puesto que las muestras son de 15 datos siendo una cantidad inferior a la requerida de 50 datos. En correspondencia a ello, todas las resistencias arrojaron una sig. mayor a 0.05 indicando que siguen una distribución normal.

Tabla 38. Prueba ANOVA al ensayo de trabajabilidad

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 3702,233 | 4 | 925,558 | 123,170 | ,000 |
| Dentro de grupos | 75,145 | 10 | 7,514 | | |

| | | | | | |
|-------|----------|----|--|--|--|
| Total | 3777,377 | 14 | | | |
|-------|----------|----|--|--|--|

Nota. Elaboración propia.

Dado a que las muestras son paramétricas, por medio de la Tabla 38 se realizó la prueba de ANOVA donde se arrojó una sig. menor a 0.05 existiendo evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis alterna, es decir existe diferencia significativa entre las diferentes incorporaciones de nanosílice y ceniza volante de carbón aplicados en la trabajabilidad del concreto.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Evaluar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno 2023.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis estadístico para la resistencia a la compresión

Tabla 39. Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión ($f'c = 350$ kg/cm²) a los 7 días

| | Tratamientos | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|--|-----------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia a la compresión $f'c$ (kg/cm ²) a 7 días | Patrón | ,351 | 3 | . | ,828 | 3 | ,183 |
| | 3% Ns | ,274 | 3 | . | ,945 | 3 | ,547 |
| | 3 % Ns – 5%CFA | ,198 | 3 | . | ,995 | 3 | ,870 |
| | 3 % Ns – 10%CFA | ,244 | 3 | . | ,971 | 3 | ,674 |
| | 3 % Ns – 15%CFA | ,349 | 3 | . | ,830 | 3 | ,189 |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 39 se realizó la prueba de normalidad a la resistencia a la compresión a los 7 días en base a Shapiro-Wilk puesto que las muestras son de 15 datos siendo una cantidad inferior a la requerida de 50 datos. En correspondencia a ello, todas las resistencias arrojaron una sig. mayor a 0.05 indicando que siguen una distribución normal.

Tabla 40. Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) a los 7 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 337,927 | 4 | 84,482 | 8,883 | ,003 |
| Dentro de grupos | 95,108 | 10 | 9,511 | | |
| Total | 433,035 | 14 | | | |

Nota. Elaboración propia.

Dado a que las muestras son paramétricas, por medio de la Tabla 40 se realizó la prueba de ANOVA donde se llegó a arrojar por sig. menor a 0.05 existiendo evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis alterna, es decir existe diferencia significativa entre las diferentes incorporaciones de nanosílice y ceniza volante de carbón aplicados.

Tabla 41. Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) a los 14 días

| | Tratamientos | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|-----------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia a la compresión $f'c(\text{kg/cm}^2)$ a 14 días | Patrón | ,177 | 3 | . | 1,000 | 3 | ,962 |
| | 3% Ns | ,202 | 3 | . | ,994 | 3 | ,853 |
| | 3 % Ns – 5%CFA | ,231 | 3 | . | ,981 | 3 | ,733 |
| | 3 % Ns – 10%CFA | ,287 | 3 | . | ,929 | 3 | ,485 |
| | 3 % Ns – 15%CFA | ,309 | 3 | . | ,900 | 3 | ,386 |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 41 se realizó la prueba de normalidad a la resistencia a la compresión a los 14 días en base a Shapiro-Wilk puesto que las muestras son de 15 datos siendo una cantidad inferior a la requerida de 50 datos. En correspondencia a ello, todas las resistencias arrojaron una sig. mayor a 0.05 indicando que siguen una distribución normal.

Tabla 42. Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) a los 14 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 573,123 | 4 | 143,281 | 40,006 | ,000 |
| Dentro de grupos | 35,814 | 10 | 3,581 | | |
| Total | 608,938 | 14 | | | |

Nota. Elaboración propia.

Dado que las muestras son paramétricas, por medio de la Tabla 42 se realizó la prueba de ANOVA donde se llegó a arrojar por sig. menor a 0.05 existiendo evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis alterna, es decir existe diferencia significativa entre las diferentes incorporaciones de nanosílice y ceniza volante de carbón aplicados.

Tabla 43. Prueba de normalidad a la resistencia a la compresión ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) a los 28 días

| | Tratamientos | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|-----------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia a la compresión $f'c(\text{kg/cm}^2)$ a 28 días | Patrón | ,204 | 3 | . | ,993 | 3 | ,843 |
| | 3% Ns | ,236 | 3 | . | ,977 | 3 | ,712 |
| | 3 % Ns – 5%CFA | ,252 | 3 | . | ,965 | 3 | ,642 |
| | 3 % Ns – 10%CFA | ,255 | 3 | . | ,962 | 3 | ,627 |
| | 3 % Ns – 15%CFA | ,177 | 3 | . | 1,000 | 3 | ,965 |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Tabla 43 se realizó la prueba de normalidad a la resistencia a la compresión a los 28 días en base a Shapiro-Wilk debido a que las muestras son de 15 datos siendo una cantidad inferior a la requerida de 50 datos. En correspondencia a ello, todas las resistencias arrojaron una sig. mayor a 0.05 indicando que siguen una distribución normal.

Tabla 44. Prueba ANOVA a la resistencia a la compresión ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) a los 28 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 1096,196 | 4 | 274,049 | 40,002 | ,000 |
| Dentro de grupos | 65,247 | 10 | 6,525 | | |
| Total | 1161,443 | 14 | | | |

Nota. Elaboración propia.

Dado que las muestras son paramétricas, por medio de la Tabla 44 se realizó la prueba de ANOVA donde se llegó a arrojar por sig. menor a 0.05 existiendo evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis alterna, es decir existe diferencia significativa entre las diferentes incorporaciones de nanosílice y ceniza volante de carbón aplicados.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Analizar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno 2023.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis estadístico para la resistencia a la flexión

Tabla 45. Prueba de normalidad a la resistencia a la flexión a los 28 días

| | Tratamientos | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|--|-----------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia a la flexión a los 28 días | Patrón | ,314 | 3 | . | ,893 | 3 | ,363 |
| | 3% Ns | ,212 | 3 | . | ,990 | 3 | ,812 |
| | 3% Ns - 5% CFA | ,329 | 3 | . | ,868 | 3 | ,291 |
| | 3% Ns - 10% CFA | ,301 | 3 | . | ,912 | 3 | ,424 |
| | 3% Ns - 15% CFA | ,179 | 3 | . | ,999 | 3 | ,948 |

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 45 se realizó la prueba de normalidad a la resistencia a la flexión a los 28 días en base a Shapiro-Wilk debido a que las muestras son de 15 datos siendo una cantidad inferior a la requerida de 50 datos. En correspondencia a ello, todas

las resistencias arrojaron una sig. mayor a 0.05 indicando que siguen una distribución normal.

Tabla 46. Prueba ANOVA a la resistencia a la flexión a los 28 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 191,480 | 4 | 47,870 | 31,688 | ,000 |
| Dentro de grupos | 15,107 | 10 | 1,511 | | |
| Total | 206,587 | 14 | | | |

Nota. Elaboración propia.

Dado que las muestras son paramétricas, por medio de la Tabla 46 se realizó la prueba de ANOVA donde se llegó a arrojar por sig. menor a 0.05 existiendo evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis alterna, es decir existe diferencia significativa entre las diferentes incorporaciones de nanosílice y ceniza volante de carbón aplicados.

OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Realizar un análisis de costo beneficio del uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón para la elaboración del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.

Se determinó el costo de la propuesta de diseño óptimo del concreto por medio de la adición de nanosílice más ceniza volante de carbón y el costo del concreto patrón para su utilización en concretos de alta resistencia. En donde, el costo por m³ de un concreto patrón es de S/. 403.68

Tabla 47. Costo por m³ de concreto patrón

| Rendimiento | m ³ /día | 25.000 | Eq. | 25.000 | Costo unitario directo por: | | | m ³ | S/ | 403.68 | |
|---------------------------------|---------------------|--------|----------------|--------|-----------------------------|----------|--------|----------------|---------|--------|--------|
| Descripción Recurso | | | Unidad | | Cuadrilla | Cantidad | Precio | | Parcial | | |
| Mano de obra | | | | | | | | | | | |
| Operario | | | HH | | 2.000 | 0.640 | S/ | 25.85 | S/ | 16.54 | |
| Peón | | | HH | | 8.000 | 2.560 | S/ | 18.39 | S/ | 47.08 | |
| | | | | | | | | | | S/ | 63.62 |
| Materiales | | | | | | | | | | | |
| Cemento Portland Tipo I | | | bls | | | 13.000 | S/ | 23.73 | S/ | 308.47 | |
| Piedra chancada | | | m ³ | | | 0.340 | S/ | 46.61 | S/ | 15.83 | |
| Arena gruesa | | | m ³ | | | 0.264 | S/ | 42.37 | S/ | 11.17 | |
| Agua | | | m ³ | | | 0.185 | S/ | 3.66 | S/ | 0.68 | |
| | | | | | | | | | | S/ | 336.15 |
| Equipo | | | | | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | | %MO | | | 3.000 | S/ | 63.62 | S/ | 1.91 | |
| Mezcladora de concreto 20-30 HP | | | HM | | 1.000 | 0.320 | S/ | 6.25 | S/ | 2.00 | |
| | | | | | | | | | | S/ | 3.91 |

Fuente: Elaboración propia.

El costo por m³ de concreto en base a la incorporación de 3%Ns + 5%CFA es de S/. 653.59.

Tabla 48. Costo por m³ de concreto con 3%Ns + 5%CFA

| Rendimiento | m ³ /día | 25.000 | Eq. | 25.000 | Costo unitario directo por: | | | m ³ | S/ | 653.59 | |
|---------------------------------|---------------------|--------|----------------|--------|-----------------------------|----------|--------|----------------|---------|--------|--------|
| Descripción Recurso | | | Unidad | | Cuadrilla | Cantidad | Precio | | Parcial | | |
| Mano de obra | | | | | | | | | | | |
| Operario | | | HH | | 2.000 | 0.640 | S/ | 25.85 | S/ | 16.54 | |
| Peón | | | HH | | 8.000 | 2.560 | S/ | 18.39 | S/ | 47.08 | |
| | | | | | | | | | | S/ | 63.62 |
| Materiales | | | | | | | | | | | |
| Cemento Portland Tipo I | | | gl | | | 12.000 | S/ | 23.73 | S/ | 284.75 | |
| Arena gruesa | | | m ³ | | | 0.264 | S/ | 42.37 | S/ | 11.17 | |
| Piedra chancada | | | m ³ | | | 0.340 | S/ | 46.61 | S/ | 15.83 | |
| Ceniza Volante | | | kg | | | 26.974 | S/ | 5.93 | S/ | 160.01 | |
| Nanosilíce | | | kg | | | 16.184 | S/ | 6.78 | S/ | 109.72 | |
| Agua | | | m ³ | | | 0.185 | S/ | 3.66 | S/ | 0.68 | |
| | | | | | | | | | | S/ | 582.16 |
| Equipo | | | | | | | | | | | |
| Herramientas manuales | | | %MO | | | 3.000 | S/ | 63.62 | S/ | 1.91 | |
| Mezcladora de concreto 20-30 HP | | | HM | | 1.000 | 0.320 | S/ | 18.45 | S/ | 5.90 | |
| | | | | | | | | | | S/ | 7.81 |

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, se evidencia una diferencia de S/. 249.91 entre el concreto patrón frente al concreto óptimo con adiciones iguales a 3%Ns + 5%CFA, siendo más económico el primero en mención. Sin embargo, se resalta que al incorporar esta adición se

obtienen mejores propiedades mecánicas del concreto, lo cual resulta beneficioso para los principales elementos estructurales.

V.- DISCUSIÓN

En esta sección, se procedió a sintetizar y evaluar los hallazgos mediante la combinación de datos provenientes de la triangulación, información contextual y teorías pertinentes, junto con los resultados. Pues, estos últimos obtenidos en la presente investigación hacen referencia al objetivo general: Demostrar la influencia del nanosílice y ceniza volante de carbón en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de alta resistencia, Puno 2023, el cual, basándose en los resultados descritos en el ítem anterior, se obtuvo una mejora en dichas características del mortero a nivel físico y mecánico, siendo 3% Ns y 5% CFA el porcentaje óptimo. De igual forma, se concuerda con la González et al., (2020), puesto que en su investigación demuestra que la incorporación de nanosílice (Ns) mejora las propiedades físicas y mecánicas hasta un porcentaje de sustitución del 3%. Así mismo, se concuerda con Vega y Pareja (2021), los cuáles mencionan que la adición de ceniza volante como un reemplazo parcial del cemento mejora principalmente las propiedades mecánicas del concreto con un porcentaje óptimo de 5.0%. Por otro lado, se discrepa con Thuc, et al. (2020), ya que demuestran que la inclusión del 3% de Ns en el concreto experimenta una disminución en la resistencia a compresión, por lo que recomienda trabajar con la incorporación del 1.5% de Ns.

Discusión 01, respecto a la determinación de la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, se analizó el asentamiento del concreto el cual estuvo influenciado por la sustitución del cemento por nanosílice y ceniza volante de carbón, en el que se experimentó una disminución al solo incorporar nanosílice llegando a tener un valor de 2 1/2" a diferencia de la muestra patrón de 3" y se alcanzó el mínimo valor de 1.34" al adicionar 3% de Ns y 15% de CFA, lo que resultaría en mejor trabajabilidad en el concreto al adicionar Ns y CFA. Así mismo se concuerda con Hassan, et al. (2020), ya que demuestran que adicionar Ns en el concreto minimiza la trabajabilidad alcanzando un valor de asentamiento mínimo de 125mm siendo inferior a la muestra patrón de 200mm. Por otro lado, se discrepa con Castañeda y Salguero (2020), ya que en su investigación demuestran que adicionar nanosílice incrementa la trabajabilidad del concreto con un valor óptimo de 3.3" siendo superior a la

muestra patrón de 3.2". Del mismo modo se discrepa con Vega y Pareja (2021), ya que demuestra que adicionar Ns incrementa el asentamiento en el concreto con un valor máximo de 11.6" siendo superior a la muestra patrón con un valor de 1.2" llegando a ser demasiado fluida para una relación a/c de 0.55.

Discusión 02, respecto a la evaluación de la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, los resultados muestran que con un 3% de Ns + 5% de CFA se alcanzó el valor óptimo de 378.67kg/cm² superando a la muestra patrón en un 6.50% el cuál presenta un valor de 355.92 kg/cm², lo que indicaría el nanosílice y ceniza volante de carbón si logran incrementar la resistencia del concreto ante cargas axiales. En tal sentido se concuerda con Cabanillas (2020), ya que en su investigación demuestran que la adición nanosílice y superplastificante en el concreto alcanza un valor óptimo de 826.61 kg/cm² superando a la muestra patrón de 526.72 kg/cm². Así mismo se concuerda con Castañeda y Salguero (2020) el cual demuestra en su investigación que el concreto con adición de Ns alcanza un valor óptimo de 487.41 kg/cm² siendo superior a la muestra patrón con un valor de 458.59 kg/cm². Por otro lado, se discrepa con Vega y Pareja (2021), ya que en su investigación experimentó una disminución en la resistencia a compresión al incorporar Ns a la composición, dónde la resistencia de la muestra patrón alcanzó un valor de 218 kg/cm² y el valor menor con incorporación de Ns llegó a ser de 192 kg/cm².

Discusión 03, respecto al análisis de la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, se encontró que la adición de Ns y CFA también mejora esta propiedad, alcanzando un valor óptimo de 41,15 kg/cm² superando al diseño patrón en un 0.50% el cual tiene un valor de resistencia de 39,40 kg/cm². Así mismo se concuerda con Castañeda y Salguero (2020), los cuales en su investigación demuestra que sustituyendo parcialmente el cemento por 0.225% de Ns en las mezclas de concreto se obtiene que la resistencia a flexión alcanza un valor máximo de 26.20 kg/cm² siendo superior a la muestra patrón con un valor de 20.79 kg/cm² a los 28 días de edad. Del mismo modo se concuerda con Camargo (2022), ya que en su investigación muestra que la sustitución parcial del cemento por 1%, 1.2%, 1.4% y 1.6 de Ns en

una mezcla de concreto, genera que la resistencia a flexión a los 28 días disminuye al incrementar el porcentaje de 1% de Ns pero incrementa y supera a la muestra patrón con las demás incorporaciones, donde el valor de la muestra patrón es de 51.89 kg/cm² y el valor mínimo del diseño con relave minero alcanzó un valor de 48.62 kg/cm². Por otro lado, se discrepa con Vega y Pareja (2021), los cuales realizaron una tesis de concreto sustituyendo el cemento por cenizas volantes Clase F (CEM I – REF) con los siguientes porcentajes 15%, 25%, 35% y 50% en una mezcla de concreto, obteniendo que la resistencia a flexión desciende al incrementar el porcentaje de CEM I - REF con un valor mínimo de 80 kg/cm² siendo inferior a la muestra patrón con un valor de 104 kg/cm².

Discusión 04, respecto a realizar un análisis de costo beneficio del uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón para la elaboración del concreto de alta resistencia, se obtiene que el costo del concreto patrón es menor al concreto con incorporación, siendo la diferencia de S/. 249.91, pero se logra obtener mejores propiedades cuando se añade 3%Ns y 5%CFA. Del mismo modo, se concuerda con González, et al. (2020), ya que evidencia que al aumentar el porcentaje de Ns en la mezcla de concreto, el costo por m³ va creciendo, llegando a existir una diferencia de \$273 entre el 3%Ns y la muestra control.

VI.- CONCLUSIONES

1.- Se concluyó, que la incorporación del nanosílice y ceniza volante de carbón en el concreto de alta resistencia con un porcentaje óptimo de 3% y 5%, respectivamente, como reemplazo de cemento presenta una mejora sus propiedades físicas y mecánicas. Sin embargo, cuando se adiciona 3%Ns con 10% y 15%CFA la resistencia empieza a descender, pero sigue cumpliendo con ser mayor a la de diseño (350kg/cm²).

2.- Se concluyó, que en el ensayo de asentamiento de acuerdo a la Tabla 31, se verificó que con incorporación de solo nanosílice se genera un incremento en el asentamiento de 2.5" y a medida que el porcentaje de Ns aumenta en el diseño de mezcla, se reduce el asentamiento del concreto hasta un valor mínimo de 1.34" generando menor trabajabilidad y dificultad al ser colocado en el encofrado.

3.- Se concluyó, que la resistencia a compresión del concreto de acuerdo a la Tabla 35, se verificó que adicionar nanosílice y ceniza volante de carbón en la composición se generó un incremento del 6.50% con un valor de 378,67 kg/cm² para el diseño con 3% de Ns + 5% de CFA en comparación con la muestra patrón que alcanzó un valor de 355,92 kg/cm².

4.- Se concluyó, que la resistencia a flexión del concreto de acuerdo a la Tabla 36, se observó que a medida que el porcentaje de ceniza volante de carbón se incrementa en el diseño de mezcla se reduce paralelamente la resistencia a flexión del concreto, obteniendo un valor mínimo de 38.77 kg/cm² para el diseño de 15 % de CFA + 3% de Ns y de 39.89 kg/cm² para el diseño con 15 % de CFA + 3% de Ns, siendo este último superior a la muestra patrón. Lo que permite tener un concreto que sea posible de soportar mayores cargas de flexión a diferencia del convencional.

5.- Se concluyó, que el análisis de costo unitarios evidencia que el concreto de la muestra patrón es más económico en comparación con la mezcla con adición del 3%Ns y 5%CFA. Sin embargo, se obtienen mejores propiedades mecánicas del concreto cuando se trabaja con el porcentaje óptimo de 3%Ns y 5%CFA.

VII.- RECOMENDACIONES

La investigación actual logró alcanzar los objetivos establecidos; no obstante, se sugiere lo siguiente:

- Se recomienda que, al preparar la mezcla, la incorporación del nanosílice se realice de manera gradual para facilitar una distribución más uniforme del aditivo. Además, se aconseja mezclar el nanosílice con un pequeño porcentaje de agua durante su aplicación, ya que es fundamental mantener un control riguroso sobre la cantidad de nanosílice, porque su dosificación imprecisa podría afectar los resultados previstos según los diseños de mezcla.
- Se sugiere emplear diversas relaciones a/c para lograr mezclas con una mayor trabajabilidad, consistencia y fluidez, evitando así la reducción del asentamiento y la segregación.
- Se aconseja realizar pruebas de calidad en el concreto, ya que constituye un parámetro crucial, especialmente al incluir ceniza volante de carbón, del cual se desconoce en parte.
- Se sugiere ampliar la información sobre ensayos químicos en el concreto con el propósito de prever o expandir la investigación sobre la presencia de cloruros o sulfatos en el material.
- Se insta a futuras investigaciones a ampliar la gama de porcentajes de ceniza volante y nanosílice utilizados, con el objetivo de abordar los varios en la investigación en relación con porcentajes más elevados. Esto permitirá identificar el porcentaje óptimo de ceniza volante y nanosílice.

REFERENCIAS

ACI 211.1. 2017. *Diseño de mezclas de concreto - ACI 211.* México : Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales, 2017.

Análisis costo beneficio en hormigones de alto desempeño que emplean nanosílice.
Gonzáles, L, et al. 2020. 2, s.l. : Revista Ciencia y Construcción, 2020, Vol. 1.

Anish, C, Krishnaiah, R and Raju, K. 2023. *Strength behavior of green concrete by using fly ash and silica fume.* 2023.

Arias, José and Covinos, Mitsuo. 2021. *Metodología de la Investigación.* s.l. : ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2021.

ASOCEM. 2021. *Normativa ASTM para cemento y concreto.* s.l. : ASOCEM (Asociación de productores de cemento), 2021.

Barbhuiya, G, et al. 2020. *Effects of the nanosilica addition on cement concrete: A review.* 2020. pp. 560-566.

Beddaa, H, Fraj, A and Ducléroir, S. 2021. *Experimental study on river sediment incorporation in concrete as a full aggregate replacement: Technical feasibility and economic viability.* s.l. : Construction and Building Materials, 313, 2021.

Bedon, Jorge. 2019. *Diseño óptimo para obtener concreto de alta resistencia para obras civiles en zonas altoandinas del Perú.* s.l. : Aporte Santiaguino, 9(2), 205-216, 2019.

Bell, Robin and Warren, Vessela. 2023. *Illuminating a methodological pathway for doctor of business administration researchers: Utilizing case studies and mixed methods for applied research.* s.l. : Social Sciences & Humanities Open. 7: 1-8, 2023.

Borsboom, Denny, et al. 2021. *Theory Construction Methodology: A Practical Framework for Building Theories in Psychology.* s.l. : Sage Journals Home, 16(4): 756-766, 2021.

Cabanillas, Henry. 2020. *Concreto de alta resistencia, utilizando nanosílice y superplastificante.* s.l. : Universidad Nacional de Cajamarca, 2020.

Cáceres, Samuel and Quispe, Germán. 2018. *Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento.* 2018. pp. 225-234.

Camarga, Victor. 2022. *Efecto de la adición del nanosílice en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido empleando agregados de la ciudad de Abancay- Apurímac 2019.* s.l. : Universidad Tecnológica de los Andes, 2022.

Castañeda, Luis and Salguero, Claudia. 2020. *Diseño y evaluación de concreto resistente a sulfatos mediante la adición de nanosílice para la construcción de canales en la costa norte: Caso Chavimochic Etapa I.* s.l. : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.

CBarrionuevo, Alexis and Tapia, Jhon. 2021. *Estudio de un hormigón Eco-Amigable de alto desempeño (HPC) fabricado con la incorporación de una mezcla entre Micro-Nano Sílice.* s.l. : Universidad Central del Ecuador, 2021.

Comparative Analysis of the Use of Nanosilica and Fly Ash in Hydraulic Concrete.

Solache, Sara, Delgado, David and Anteaga, Juan. 2023. 3, 2023, Civil and Environmental Engineering, Vol. 28.

Concreto de ultra alto desempeño con ceniza volante local con alto contenido de inquemados. **Gracia, Joaquín, et al. 2021.** 216, 2021, DYNA, Vol. 88, pp. 38-47.

Coronel et al. 2022. *Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura.* s.l. : Ingeniería Civil, 25(49), 2022.

Coronel, Yan, Altamirano, Luis and Muñoz, Sócrates. 2022. *Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura.* s.l. : Ingeniería Civil, 25(49), 321-329, 2022.

Dharmaraj, et al. 2023. *Partial substitution of the cement by cinder power in the composition of High Strength Concrete (HSC).* s.l. : Materials Today: Proceedings, 2023.

Experimental Evaluation of Nano Silica Effects to High Performance Concrete Strength in Early Age. **Thuc, Van, et al. 2020.** 2020, Materials Science and Engineering, Vol. 869.

Farid et al. 2022. *Estudio de la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC).* s.l. : Ingenio, 5(1), 2022.

Fernández, José, et al. 2021. *Metodología de la investigación científica y tecnología.* s.l. : ColloQUIUM, 2021.

Gadag, Pushpalatha, Ghorpade, Vaishali and Rao, Sudarsana. 2022. *Evaluation of strength parameters of ultra-fine flyash and nanosilica incorporated High-Performance Concrete.* s.l. : Materials Today: Proceedings, 49(5), 2288-2296, 2022.

GAIA Nanosilice. 2023. *Ficha técnica de nano aditivo superplastificante.* 2023.

Golewski, Grzegorz. 2023. *Combined Effect of Coal Fly Ash (CFA) and Nanosilica (nS) on the Strength Parameters and Microstructural Properties of Eco-Friendly Concrete.* s.l. : Energías, 16 (1), 2023.

Guamán, Klever , Hernández, Eduardo and Lloay , Stalyn. 2021. *El proyecto de investigación: la metodología de la investigación científica o jurídica.* s.l. : Conrado, 17(81): 163- 168, 2021.

Hadi, Mohamed, et al. 2023. *Metodología de la Investigación.* s.l. : Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2023.

Hakeem, et al. 2023. *Properties of sustainable high-strength concrete containing large quantities of industrial wastes, nanosilica and recycled aggregates.* s.l. : Journal of Materials Research and Technology, 24, 7444-7461, 2023.

Hari, Rahesh and Mini, K. 2023. *Mechanical and durability properties of basalt-steel wool hybrid fibre reinforced pervious concrete – A Box Behnken approach.* 2023.

Huincho, E. 2011. *Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento Pórtland tipo I.* s.l. : Universidad Nacional de Ingeniería, 2011.

INACAL. 2020. *Normalización técnica en el Perú.* s.l. : Ministerio de la Producción, 2020.

Investigation of Using Nano-silica, Silica Fume and Fly Ash in High Strength Concrete. **Hassan, Mohamed, et al. 2020.** 2020, Engineering Research Journal, Vol. 43, pp. 211-211.

Joshia, D, et al. 2023. *Deep Learning based Concrete Compressive Strength Prediction Model with Hybrid Meta-Heuristic Approach.* 2023.

Khan et al. 2022. *Nano-Silica-Modified Concrete: A Bibliographic Analysis and Comprehensive Review of Material Properties.* s.l. : Nanomaterials, 12(12), 2022.

Leonor, Guadalupe and Mendoza, Amado . 2019. *Importancia de la enseñanza de la metodología de la investigación científica en las ciencias administrativas.* s.l. : Dominio de las ciencias, 5 (2): 56-70, 2019.

Li et al. 2023. *Effect of nanosilica on fiber pullout behavior and mechanical properties of strain hardening ultra-high performance concrete.* 2023.

Li, et al. 2023. *Study on local bond behaviors between steel bars and high-strength concrete exposed to early disturbances.* s.l. : Journal of Building Engineering, 76, 2023.

Manual de Ensayo de Materiales. **MTC. 2016.** 2016, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Mohammad, et al. 2022. *Estudio de la incorporación de nanosílíce en concreto de alto desempeño (hpc).* s.l. : Revista Ingenio, 5(1), 12-21, 2022.

Mohammed, Saif and Najim, Khalid. 2020. *Mechanical strength, flexural behavior and fracture energy of Recycled Concrete Aggregate self-compacting concrete.* s.l. : Structures, 23, 34-43, 2020.

Muñoz, Sócrates, et al. 2021. *Uso de nanomateriales en la producción del concreto: revisión literaria.* Pimentel : Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada 6(3): 74-87, 2021. pp. 74-87.

NTP 339.034. 2015. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.* s.l. : INACAL, 2015.

NTP 339.078. 2012. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.* s.l. : INACAL, 2012.

Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de añashuayco de arequipa. **Ruiz, A, Caballero, P and Damiani, C. 2021.** 1, 2021, Revista ingeniería de construcción, Vol. 36.

Optimización en la incorporación de nanoadiciones para la mejora de sus prestaciones y durabilidad. **Moreno, Ángela. 2019.** 2019.

Potapov, Vadim, Efimenko, Yuriy and Gorev, Denis. 2021. *Effect of hydrothermal nanosilica on the performances of cement concrete.* s.l. : Construction and Building Materials, 2021. p. 121307.

Prieto, L, et al. 2019. *Evaluación mecánica y ambiental del uso de ceniza volante con activación alcalina como alternativa de reemplazo total del cemento en la elaboración de tabletas prefabricadas.* 2019. pp. 67-82.

Qian, Xin, et al. 2023. *Nanosilica in-situ produced with sodium silicate as a performance enhancing additive for concretes.* 2023.

Rao, Silva, et al. 2023. *Utilization of agricultural, industrial waste and nanosilica as replacement for cementitious material and natural aggregates – Mechanical, microstructural and durability characteristics assessment.* s.l. : Environmental Research, 231, 2023.

Ruiz, Carlos and Valenzuela, Marisel. 2022. *Metodología de la Investigación.* s.l. : Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, 2022.

Saedi, Alieh, et al. 2022. *Utilization of lead–zinc mine tailings as cement substitutes in concrete construction: Effect of sulfide content.* s.l. : Journal of Building Engineering, 57, 2022.

SENCICO. 2019. *Norma E.060.* s.l. : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019.

Seyam, A and Nemes, R. 2023. *Age influence on compressive strength for concrete made with different types of aggregates after exposed to high temperatures.* 2023.

Shi, Yanchao, Lu, Yi and Cui, Jian. 2023. *Experimental study on dynamic mechanical properties of concrete under direct shear loading.* 2023.

Shobeiri, Vahid, et al. 2023. *Mix design optimization of concrete containing fly ash and slag for global warming potential and cost reduction.* s.l. : Case Studies in Construction Materials, 18, 2023.

Tuan, Nguyen, et al. 2021. *In-situ concrete slump test incorporating deep learning and stereo vision.* 2021. p. 103432.

Valukolaee, et al. 2022. *A comparative study of mechanical properties and life cycle assessment of high-strength concrete containing silica fume and nanosilica as a partial cement replacement.* s.l. : Structures, 46, 838-851, 2022.

Vega, Bruno y Pareja, Yeremi. 2021. *Cenizas volantes de carbón para mejorar la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto.* s.l. : Universidad Ricardo Palma, 2021.

Velumani, M, Nirmalkumar, K and Yuvaraj, K. 2023. *Copper slag and high-strength concrete.* s.l. : Materials Today: Proceedings, 2023.

Wei, Ren and Saikai, Yuya. 2021. *Experimental investigation on bending strength of compacted plastic-concrete.* 2021.

Xhuo, et al. 2023. *Axial compressive behavior of environmentally friendly high-strength concrete: Effects of recycled tire steel fiber and rubber powder.* s.l. : Journal of Building Engineering, 2023.

Zhang, Lisong, Lewsey, Jim y MacAllister, David. 2022. *Comparative effectiveness research considered methodological insights from simulation studies in physician's prescribing preference.* s.l. : Journal of clinical epidemiology, 148, 2022.

Zhang, Tong, et al. 2023. *Roles of carbonated recycled fines and aggregates in hydration, microstructure and mechanical properties of concrete: A critical review.* s.l. : Cement and Concrete Composites, 138, 2023.

Zhuang, Shiyu, Wang, Qiang and Luo, Ting. 2023. *Modification of ultrafine blast furnace slag with steel slag as a novel high-quality mineral admixture to prepare high-strength concrete.* s.l. : Journal of Building Engineering, 71, 2023.

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

| INFLUENCIA DEL NANOSÍLICE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023. | | | | | |
|--|--|---|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADOR | ESC. DE MEDICIÓN |
| Uso de cenizas volantes de carbón (CFA) y nanosílice (Ns) | La nanosílice y las cenizas volantes desempeñan un papel como fortificante en el concreto (Qian, et al., 2023), al mejorar su resistencia mecánica en términos de compresión y flexión (Anish, et al., 2023). | Los materiales de nanosílice y cenizas volantes permiten mejoras las propiedades del concreto de alta resistencia | Dosificación | 3% Ns, 5%, 10% y 15% CFA. | Razón |
| | | | Diseño de mezcla | Peso unitario y específico | |
| | | | | % de Absorción | |
| | | | | Contenido de Humedad | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADOR | ESC. DE MEDICIÓN |
| Propiedades físicas y mecánicas del concreto de alta resistencia | Las propiedades físicas y mecánicas del concreto se refieren a las características y comportamiento del material tanto en términos de su estructura física como de su resistencia y capacidad para soportar cargas (Shi, et al., 2023) | Las propiedades del concreto se mejoran en base a su trabajabilidad, y resistencia con adición de nanosílice y cenizas volantes de carbón | Trabajabilidad | Asentamiento | Razón |
| | | | Resistencia a la compresión | Ensayo de compresión axial | |
| | | | Resistencia a la flexión | Ensayo de flexión | |
| | | | Costo/beneficio | Análisis económico | |

ANEXO 2: Matriz de consistencia

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variables | Dimensión | Indicador | Metodología | |
|--|---|---|---|--|-----------------------------|--|---|
| <p>General:</p> <p>¿Cómo influye el nanosílice y ceniza volante de carbón en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de alta resistencia, Puno, 2023?</p> <p>Específicos:</p> <p>I) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno, 2023?</p> | <p>General:</p> <p>Demostrar la influencia del nanosílice y ceniza volante de carbón en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> | <p>General:</p> <p>El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> | <p>Independiente:</p> <p>Uso de cenizas volantes de carbón (CFA) y nanosílice (Ns)</p> | Dosificación | 3% Ns, 5%, 10% y 15% CFA. | <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada</p> | |
| | <p>Específicos:</p> <p>I) Determinar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> <p>II) Evaluar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión</p> | <p>Específicos:</p> <p>I) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón mejora la trabajabilidad del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> <p>II) El uso de nanosílice y cenizas</p> | | <p>Dependiente:</p> <p>Propiedades físicas y mecánicas del concreto de alta resistencia</p> | Diseño de mezcla | | Peso unitario y específico |
| | | | | | | % de Absorción | <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Experimental</p> |
| | | Contenido de Humedad | | | | <p>Enfoque de la investigación:</p> <p>Cuantitativo</p> | |
| | | | | | Trabajabilidad | | Asentamiento |
| | | | | | Resistencia a la compresión | Ensayo de compresión axial | |
| | | | | | Resistencia a la flexión | Ensayo de flexión | |
| | | | | | Costo/beneficio | Análisis económico | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|---|
| <p>II) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno, 2023?</p> <p>III) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno, 2023?</p> <p>IV) ¿Cómo influye el nanosílice y cenizas volantes de carbón en el costo beneficio del concreto de alta resistencia, Puno, 2023?</p> | <p>del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> <p>III) Analizar la influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> <p>IV) Realizar un análisis de costo beneficio del uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón para la elaboración del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> | <p>volantes de carbón incrementa la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> <p>III) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón incrementa la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> <p>IV) El uso de nanosílice y cenizas volantes de carbón disminuye el costo del concreto de alta resistencia, Puno, 2023.</p> | | | | <p>determinada por el concreto elaborado con nanosílice y cenizas volantes de carbón en Puno. La muestra estará definida por 60 testigos de concreto.</p> |
|---|--|--|--|--|--|---|

ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos

- Análisis de ensayos de laboratorio a los agregados



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSÍLICE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023
SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA
CANTERA : ISLA
LUGAR : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17
FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

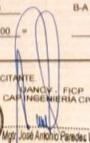
ARENA

| Malla | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro | | |
|--|---------------|------------|------------------|--------|---|---|--------|
| 3/8" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | A | -Peso de muestra secada al horno = 489.64 | |
| N° 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B | -Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00 | |
| N° 8 | 113.19 | 22.64 | 22.64 | 77.36 | Wc | -Peso del picnómetro con agua = 1310.45 | |
| N° 16 | 87.08 | 17.42 | 40.05 | 59.95 | W | -Peso del Pic. + muestra + agua = 1617.35 | |
| N° 30 | 106.12 | 21.22 | 61.28 | 38.72 | PESO ESPECÍFICO | | |
| N° 50 | 115.01 | 23.00 | 84.28 | 15.72 | Wc+B = | 1810 | |
| N° 100 | 59.39 | 11.88 | 96.16 | 3.84 | Wc+B-W = | 193 | |
| N° 200 | 10.34 | 2.07 | 98.23 | 1.77 | Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$ | = 2.99 gr/cm ³ | |
| FONDO | 8.87 | 1.77 | 100.00 | 0.00 | ABSORCIÓN | | |
| SUMA | 500.00 | 100.00 | | | B = | 500.00 | |
| Observaciones sobre el Análisis Granométrico | | | | | B-A = | 10.36 | |
| MI = MÓDULO DE FINEZA | | | | | Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$ | = | 2.12 % |
| | | | | | 3.04 | | |

PIEDRA CHANCADA

| Malla | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro | | |
|--|---------------|------------|------------------|--------|---|---|--------|
| 2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | A | -Peso de muestra secada al horno = 789.62 | |
| 1 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B | -Peso de muestra saturada seca (SSS) = 820.00 | |
| 1" | 19 | 0.54 | 0.54 | 99.46 | Wc | -Peso del picnómetro con agua = 1310.45 | |
| 3/4" | 1040 | 29.71 | 30.26 | 69.74 | W | -Peso del Pic. + muestra + agua = 1805.17 | |
| 1/2" | 1740 | 49.71 | 79.97 | 20.03 | PESO ESPECÍFICO | | |
| 3/8" | 529 | 15.11 | 95.09 | 4.91 | Wc+B = | 2110 | |
| 1/4" | | | | | Wc+B-W = | 305 | |
| N° 4 | 172 | 4.91 | 100.00 | 0.00 | Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$ | = 2.62 gr/cm ³ | |
| FONDO | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | ABSORCIÓN | | |
| SUMA | 3500.00 | 100.00 | | | B = | 800.00 | |
| Observaciones sobre el Análisis Granométrico | | | | | B-A = | 10.38 | |
| | | | | | Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$ | = | 1.31 % |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



M. Antrónico Vargas Lipa
 CIP 82794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSÍLICE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023
SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA
CANTERA : ISLA
LUGAR : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17
FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

MUESTRA : ARENA

| | |
|---|---------------|
| N° DE TARRO | 1 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.) | 401.20 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.) | 385.10 |
| PESO DEL TARRO (gr.) | 50.22 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.) | 350.98 |
| PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.) | 334.88 |
| PESO DEL AGUA (gr.) | 16.10 |
| % HUMEDAD | 4.81 |

MUESTRA : GRAVA

| | |
|---|---------------|
| N° DE TARRO | 2 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.) | 351.24 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.) | 347.50 |
| PESO DEL TARRO (gr.) | 52.10 |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.) | 299.14 |
| PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.) | 295.40 |
| PESO DEL AGUA (gr.) | 3.74 |
| % HUMEDAD | 1.27 |

OBSERVACIONES:
 * LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



M. Antrónico Vargas Lipa
 CIP 82794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

CANTERA : ISLA

LUGAR : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17

FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

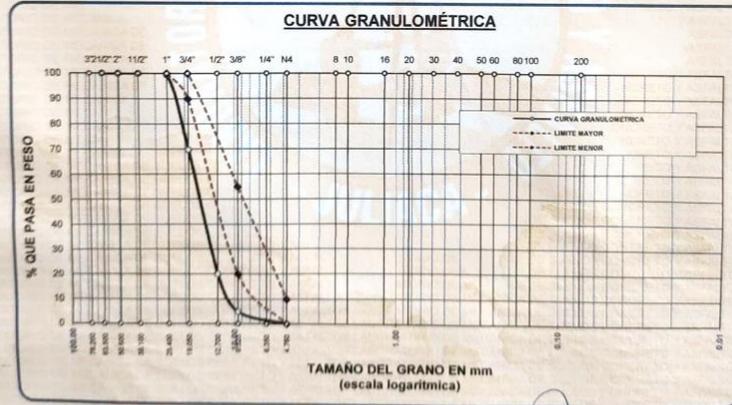
| GRAVA | | | | | | |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|------------|
| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 1" | 25.400 | 19.00 | 0.54 | 0.54 | 99.46 | 100 % |
| 3/4" | 19.050 | 1040.00 | 29.71 | 30.26 | 69.74 | 90 - 100 % |
| 1/2" | 12.700 | 1740.00 | 49.71 | 79.97 | 20.03 | 20 - 55 % |
| 3/8" | 9.525 | 529.00 | 15.11 | 95.09 | 4.91 | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | |
| No4 | 4.760 | 172.00 | 4.91 | 100.00 | 0.00 | 0 - 10 % |
| BASE | 0.00 | 0.00 | | 100.0 | 0.0 | |
| TOTAL | | 3500.00 | 100.00 | | | |
| % PERDIDA | | 0.00 | | | | |

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial = 3500 gr.

Tamaño máx. nominal = 3/4 "

OBSERVACIONES:



UNANCY - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.E.C.A.
JEFATURA
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62704



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

CANTERA : #1REF1

LUGAR : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17

FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

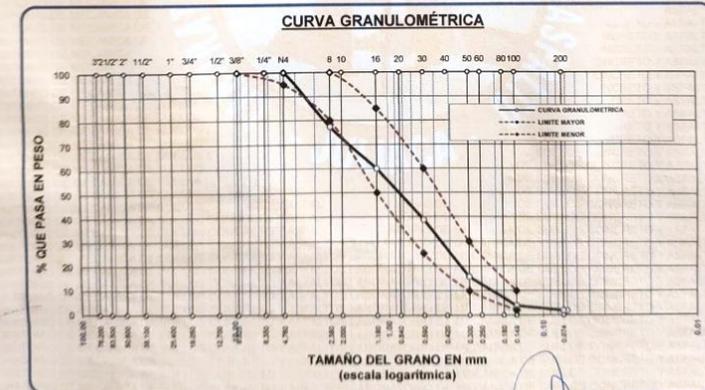
| ARENA | | | | | | |
|--------------|-------------|---------------|------------|-----------------|------------|------------|
| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | % RETENIDO | %RET. ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100% |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| No4 | 4.760 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 95 - 100 % |
| No8 | 2.380 | 113.19 | 22.64 | 22.64 | 77.36 | 80 - 100 % |
| No10 | 2.000 | | | | | |
| No16 | 1.190 | 87.08 | 17.42 | 40.05 | 59.95 | 50 - 85 % |
| No20 | 0.840 | | | | | |
| No30 | 0.590 | 106.12 | 21.22 | 61.28 | 38.72 | 25 - 60 % |
| No40 | 0.420 | | | | | |
| No 50 | 0.300 | 115.01 | 23.00 | 84.28 | 15.72 | 10 - 30 % |
| No60 | 0.250 | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | |
| No100 | 0.149 | 59.39 | 11.88 | 96.16 | 3.84 | 2-10% |
| No200 | 0.074 | 10.34 | 2.07 | 98.23 | 1.77 | |
| BASE | 8.87 | 1.77 | | 100 | 0.00 | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | |
| % PERDIDA | | 1.77 | | | | |

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial = 500 gr.

Módulo de Fineza = 3.04

OBSERVACIONES:



UNANCY - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.E.C.A.
JEFATURA
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62704



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

CANTERA : ISLA

LUGAR : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17

FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 8029 gr | 8029 gr | 8029 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 3200 cm ³ | 3200 cm ³ | 3200 cm ³ |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA | 12378.00 gr | 12357.00 gr | 12370.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA | 4349.00 gr | 4328.00 gr | 4341.00 gr |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.359 gr/cm ³ | 1.352 gr/cm ³ | 1.356 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.356 gr/cm ³ | | |

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 8029 gr | 8029 gr | 8029 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 3200 cm ³ | 3200 cm ³ | 3200 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | 3 | 3 | 3 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 25 | 25 | 25 |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 12783.00 gr | 12769.00 gr | 12776.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA | 4754.00 gr | 4740.00 gr | 4747.00 gr |
| DENSIDAD MÁXIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.485 gr/cm ³ | 1.481 gr/cm ³ | 1.483 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.483 gr/cm ³ | | |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
I.B.C.A.
JEFATURA
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

CANTERA : ISLA

LUGAR : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17

FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 5645 gr | 5645 gr | 5645 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2105 cm ³ | 2105 cm ³ | 2105 cm ³ |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA | 9098.00 gr | 9073.00 gr | 9131.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA | 3453.00 gr | 3428.00 gr | 3486.00 gr |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.640 gr/cm ³ | 1.629 gr/cm ³ | 1.656 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.642 gr/cm ³ | | |

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 5645 gr | 5645 gr | 5645 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2105 cm ³ | 2105 cm ³ | 2105 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | 3 | 3 | 3 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 25 | 25 | 25 |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 9323.00 gr | 9360.00 gr | 9374.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA | 3678.00 gr | 3715.00 gr | 3729.00 gr |
| DENSIDAD MÁXIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.747 gr/cm ³ | 1.765 gr/cm ³ | 1.771 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.761 gr/cm ³ | | |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
I.B.C.A.
JEFATURA
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794



DISEÑO DE MEZCLA F'c = 350 Kg./cm.²

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUÑO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

CANTERA : ISLA

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA- ISLA km 17

FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 350 Kg./cm.² a los 28 días entonces la resistencia promedio F'cr = 448 Kg./cm.²

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 3/4" (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA | AGREGADO FINO ARENA |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| P.e de Sólidos | | |
| P.e SSS | 2.62 | 2.59 |
| P.e Bulk | | |
| P.U. Vanillado | 1483 | 1761 |
| P.U. Suelto | 1356 | 1642 |
| % de Absorción | 1.31 | 2.12 |
| % de Humedad Natural | 1.27 | 4.81 |
| Modulo de Fineza | - | 3.04 |

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal 3/4" (19.05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m³
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de: 0.38
- De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:
 $(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.38) = 539 \text{ Kg/m}^3$

LIANGVI: FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794

B. N° 006-271419

- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.04 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1483 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.584 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.584) * (1483) = 867 \text{ Kg/m}^3$$

- Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (539) / (2.80 * 1000) = 0.193 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (867) / (2.62 * 1000) = 0.331 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.748 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1000 - 0.748) = 0.252 \text{ m}^3$$

$$(0.252) * (2.59) * 1000 = 651 \text{ Kg/m}^3$$

- De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado grueso húmedo } (867) * (1.012661) = 878 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (651) * (1.0481) = 683 \text{ Kg.}$$

- El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 867 * \left(\frac{1.27 - 1.31}{100} \right) - 651 * \left(\frac{4.81 - 2.12}{100} \right) = 188$$

DOSIFICACIÓN

| AGREGADO | DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN | DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|---------------|--|-----------------------|--|-----------------------|
| Cemento | 539 | 1.00 | 539 | 1.00 |
| Agua | 205 | 0.38 | 188 | 0.35 |
| Agreg. Grueso | 867 | 1.61 | 878 | 1.63 |
| Agreg. Fino | 651 | 1.21 | 683 | 1.27 |
| Aire | 2.0 % | | 2.0 % | |

12.69 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento : 42.50 Kg.
Agregado fino húmedo : 53.78 Kg.
Agregado grueso húmedo : 69.16 Kg.
Agua efectiva : 14.80 Kg.

LIANGVI: FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
CIP 62794

DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies3

| 1.0 Bolsa de Cemento: | Redondeo |
|------------------------------|---------------------------|
| - 1.16 p3 de Arena | 1.2 p3 de Arena |
| - 1.80 p3 de Piedra Chancada | 1.8 p3 de Piedra Chancada |
| - 15 Lt de Agua | 15 Lt de Agua |

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FIGP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera
CIP 82794



ANEXO 4: Resultados de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

MUESTRA : PATRÓN

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO

FECHA : 20 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | Ø cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|-----------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 42247.00 | 15.03 | 177.4 | 238.12 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.03% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm | 40950.00 | 15.05 | 177.9 | 230.20 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 65.77% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 42412.00 | 15.03 | 177.4 | 239.05 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.30% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 67.37% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | Ø cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|-----------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 50405.00 | 15.03 | 177.4 | 284.10 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 81.17% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm | 50848.00 | 15.04 | 177.7 | 286.21 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 81.77% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm | 49657.00 | 14.97 | 176 | 282.13 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 80.61% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 81.18% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | Ø cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|-----------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|---------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm | 62231.00 | 15.02 | 177.2 | 351.21 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 100.35% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm | 64153.00 | 15.04 | 177.7 | 361.10 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 103.17% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm | 62811.00 | 15.00 | 176.7 | 355.45 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 101.56% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 101.69% |

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. José Antonio Paredes Vera
 CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

MUESTRA : CON 3% DE NANOSILÍCE

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO

FECHA : 20 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | Ø cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|-----------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 43397.00 | 15.03 | 177.4 | 244.60 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 69.89% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm | 42912.00 | 15.05 | 177.9 | 241.23 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.92% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 42554.00 | 15.03 | 177.4 | 239.85 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.53% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 69.11% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | Ø cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|-----------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 52159.00 | 15.03 | 177.4 | 293.99 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 84.00% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm | 51572.00 | 15.01 | 177 | 291.45 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 83.27% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm | 51092.00 | 14.99 | 176.5 | 289.51 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 82.72% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 83.33% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | Ø cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|-----------------------------------|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|---------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm | 64957.00 | 15.02 | 177.2 | 366.60 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 104.74% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 65290.00 | 15.03 | 177.4 | 368.00 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 105.14% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm | 64252.00 | 14.99 | 176.4 | 364.20 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 104.06% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 104.65% |

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. José Antonio Paredes Vera
 CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023
SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA
MUESTRA : CON 3% DE NANOSILÍCE - 5% CENIZA VOLANTE
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA : 20 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 5% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | φ | AREA | ESF. ROTURA | F'c | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----------|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm | 43219.00 | 14.98 | 176.2 | 245.23 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 70.07% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm | 44296.00 | 15.02 | 177.2 | 249.99 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 71.43% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm | 43924.00 | 15.02 | 177.2 | 247.89 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 70.83% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 70.77% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 5% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | φ | AREA | ESF. ROTURA | F'c | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----------|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm | 52788.00 | 15.02 | 177.2 | 297.92 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 85.12% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm | 52385.00 | 15.04 | 177.7 | 294.86 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 84.25% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm | 53258.00 | 15.04 | 177.7 | 299.77 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 85.68% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 85.01% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 5% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | φ | AREA | ESF. ROTURA | F'c | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----------|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 67400.00 | 15.03 | 177.4 | 379.89 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 108.54% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 66913.00 | 15.03 | 177.4 | 377.14 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 107.74% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm | 66968.00 | 15.00 | 176.7 | 378.97 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 108.28% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 108.19% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
Mgtr. José Antonio Paredez Vera
CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023
SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA
MUESTRA : CON 3% DE NANOSILÍCE - 10% CENIZA VOLANTE
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA : 20 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 10% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | φ | AREA | ESF. ROTURA | F'c | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----------|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm | 42378.00 | 15.01 | 177 | 239.49 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.43% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 42290.00 | 15.03 | 177.4 | 238.36 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.10% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 42598.00 | 15.03 | 177.4 | 240.10 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 68.60% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 68.38% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 10% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | φ | AREA | ESF. ROTURA | F'c | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----------|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm | 51052.00 | 15.02 | 177.2 | 288.12 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 82.32% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm | 51314.00 | 15.01 | 177 | 289.99 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 82.89% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm | 51224.00 | 14.98 | 176.2 | 290.65 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 83.04% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 82.74% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 10% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | φ | AREA | ESF. ROTURA | F'c | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----------|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm | 64366.00 | 15.04 | 177.7 | 362.30 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 103.61% |
| | M-1 | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm | 64199.00 | 15.05 | 177.9 | 360.89 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 103.11% |
| | M-2 | | | | | | | | | |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm | 64402.00 | 15.03 | 177.4 | 362.99 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 103.71% |
| | M-3 | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 103.45% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
Mgtr. José Antonio Paredez Vera
CIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

MUESTRA : CON 3% DE NANOSILÍCE - 15% CENIZA VOLANTE

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO

FECHA : 20 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 15% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA Kg | φ cm | AREA cm ² | ESF. ROTURA Kg/cm ² | F'c Kg/cm ² | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | % |
|-----------------|--|-------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------|
| | | | | | | | | | | |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm M-2 | 41652.00 | 14.97 | 176 | 236.65 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 67.61% |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-3 | 40675.00 | 14.99 | 176.5 | 230.48 | 350 | 23/10/2023 | 30/10/2023 | 7 | 65.85% |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 66.96% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 15% CENIZA VOLANTE

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|----------|-------|-------|--------|-----|------------|------------|----|--------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1 | 49480.00 | 15.02 | 177.2 | 279.25 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 79.79% |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-2 | 49451.00 | 14.98 | 176.2 | 280.59 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 80.17% |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-3 | 49151.00 | 14.98 | 176.2 | 278.89 | 350 | 23/10/2023 | 06/11/2023 | 14 | 79.68% |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 79.85% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 15% CENIZA VOLANTE

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|----------|-------|-------|--------|-----|------------|------------|----|---------|
| 1 | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1 | 62752.00 | 15.02 | 177.2 | 354.15 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 101.19% |
| 2 | PROBETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm M-2 | 62522.00 | 14.97 | 176 | 355.22 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 101.49% |
| 3 | PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-3 | 62972.00 | 15.00 | 176.7 | 356.36 | 350 | 23/10/2023 | 20/11/2023 | 28 | 101.82% |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 101.50% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA ASTM C - 78

TEMA : INFLUENCIA DEL NANOSILÍCE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023
SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA
MUESTRA : PATRON Y CON ADICIÓN DE NANOSILÍCE Y CENIZA VOLANTE
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA : 21 DE NOVIEMBRE DEL 2023

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| N° | DESCRIPCIÓN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | PROMEDIO | | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ² |
|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------|--------|--------------------------|--|
| | | | | | b (cm) | h (cm) | | |
| 1 | M-1 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.02 | 15.04 | 4417 | 39.00 |
| 2 | M-2 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.03 | 15.07 | 4576 | 40.22 |
| 3 | M-3 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.01 | 15.04 | 4413 | 38.99 |
| PROMEDIO | | | | | | | | 39.40 |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE

| N° | DESCRIPCIÓN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | PROMEDIO | | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ² |
|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------|--------|--------------------------|--|
| | | | | | b (cm) | h (cm) | | |
| 1 | M-1 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.01 | 15.06 | 4337 | 38.22 |
| 2 | M-2 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.03 | 15.02 | 4401 | 38.94 |
| 3 | M-3 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.04 | 15.08 | 4498 | 39.45 |
| PROMEDIO | | | | | | | | 38.87 |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 5% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | PROMEDIO | | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ² |
|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------|--------|--------------------------|--|
| | | | | | b (cm) | h (cm) | | |
| 1 | M-1 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.03 | 15.02 | 4862 | 41.25 |
| 2 | M-2 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.06 | 15.04 | 4692 | 41.32 |
| 3 | M-3 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.06 | 15.04 | 4649 | 40.89 |
| PROMEDIO | | | | | | | | 41.15 |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 10% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | PROMEDIO | | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ² |
|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------|--------|--------------------------|--|
| | | | | | b (cm) | h (cm) | | |
| 1 | M-1 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.03 | 15.02 | 4532 | 40.10 |
| 2 | M-2 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.06 | 15.08 | 4515 | 39.58 |
| 3 | M-3 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.07 | 15.04 | 4533 | 39.89 |
| PROMEDIO | | | | | | | | 39.86 |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% NANOSILÍCE - 15% CENIZA VOLANTE

| N° | DESCRIPCIÓN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DIAS | PROMEDIO | | LECTURA DEL DIAL (kg) | RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ² |
|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------|--------|--------------------------|--|
| | | | | | b (cm) | h (cm) | | |
| 1 | M-1 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.04 | 15.02 | 4409 | 38.98 |
| 2 | M-2 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.02 | 15.06 | 4373 | 38.56 |
| 3 | M-3 | 24/10/2023 | 21/11/2023 | 28 | 15.06 | 15.06 | 4413 | 38.76 |
| PROMEDIO | | | | | | | | 38.77 |

OBSERVACIONES:

*LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.





UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

TESIS : INFLUENCIA DEL NANOSILICE Y CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, PUNO 2023

SOLICITANTE : Bach. GERMAN ANTRONICO VARGAS LIPA

MUESTRA : PATRON Y CON NANOSILICE Y CENIZA VOLANTE

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO

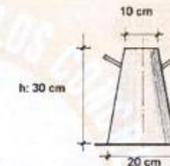
MUESTRA : 14 DE OCTUBRE DEL 2019

FECHA : 23 DE OCTUBRE DEL 2023

| PROCESO DEL ENSAYO | |
|--------------------|--------------|
| CAPAS | N° DE GOLPES |
| 1 | 25 |
| 2 | 25 |
| 3 | 25 |

| CONSISTENCIA EN CONO | |
|----------------------|-------------------|
| CONSISTENCIA | ASENTAMIENTO (cm) |
| SECA | 0 - 5.08 |
| PLÁSTICA | 7.62 - 10.16 |
| FLUIDA | ≥ 12.7 |

DIMENSIONES DEL MOLDE



| N° | FECHA | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | | °C |
|----|------------|---------|---------------------------|--------------|--------|
| | | | SLUMP (mm) | CONSISTENCIA | |
| 1 | 23/10/2023 | PATRÓN | 76.20 | Plástica | 14.50° |

| N° | FECHA | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | | °C |
|----|------------|---------------|---------------------------|--------------|--------|
| | | | SLUMP (mm) | CONSISTENCIA | |
| 2 | 23/10/2023 | 3% NANOSILICE | 63.50 | Plástica | 14.70° |

| N° | FECHA | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | | °C |
|----|------------|---------------|---------------------------|--------------|--------|
| | | | SLUMP (mm) | CONSISTENCIA | |
| 3 | 23/10/2023 | 3% NS + 9% CV | 50.80 | Seca | 15.20° |

| N° | FECHA | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | | °C |
|----|------------|---------------|---------------------------|--------------|--------|
| | | | SLUMP (mm) | CONSISTENCIA | |
| 4 | 23/10/2023 | 3% NS + 9% CV | 38.10 | Seca | 15.30° |

| N° | FECHA | MUESTRA | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | | °C |
|----|------------|---------------|---------------------------|--------------|--------|
| | | | SLUMP (mm) | CONSISTENCIA | |
| 5 | 23/10/2023 | 3% NS + 9% CV | 34.03 | Seca | 15.60° |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON REALIZADAS EN LABORATORIO

JUAN C. FICP
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 M.S.C. A.
 JEFATURA
 Mgtr. José Antonio Parodi Vera
 CIP 62794

ANEXO 5: Instrumentos de recolección de datos.

Guía de observación de resistencia a compresión (7 DIAS)

| GUÍA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------------|
| Tesis: Influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. | | | | | |
| Observadores: | | | | | |
| ELEMENTO | Esfuerzo a compresión | | | Resistencia promedio Kg/cm ² | Mayor resistencia alcanzada |
| | M1 Kg/cm ² | M2 Kg/cm ² | M3 Kg/cm ² | | |
| Patrón | 238.12 | 230.20 | 239.05 | 235.79 | 70.77% |
| P+3%ns | 244.60 | 241.23 | 239.85 | 241.89 | |
| P+3%ns+5%cv | 245.23 | 249.99 | 247.89 | 247.70 | |
| P+3%ns+10%cv | 239.49 | 238.36 | 240.10 | 239.32 | |
| P+3%ns+15%cv | 235.98 | 236.65 | 230.48 | 234.37 | |

Guía de observación de resistencia a compresión (14 DIAS)

| GUÍA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------------|
| Tesis: Influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. | | | | | |
| Observadores: | | | | | |
| ELEMENTO | Esfuerzo a compresión | | | Resistencia promedio Kg/cm ² | Mayor resistencia alcanzada |
| | M1 Kg/cm ² | M2 Kg/cm ² | M3 Kg/cm ² | | |
| Patrón | 284.10 | 286.21 | 282.13 | 284.15 | 83.33% |
| P+3%ns | 293.99 | 291.45 | 289.51 | 291.65 | |
| P+3%ns+5%cv | 2978.92 | 294.86 | 299.78 | 297.52 | |
| P+3%ns+10%cv | 288.12 | 289.99 | 290.65 | 289.59 | |
| P+3%ns+15%cv | 279.25 | 280.59 | 278.89 | 279.58 | |

Guía de observación de resistencia a compresión (28 DIAS)

| GUÍA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | | | | |
|---|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Tesis: Influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. | | | | | |
| Observadores: | | | | | |
| ELEMENTO | Esfuerzo a compresión | | | Resistencia promedio Kg/cm2 | Mayor resistencia alcanzada |
| | M1 Kg/cm2 | M2 Kg/cm2 | M3 Kg/cm2 | | |
| Patrón | 351.21 | 361.10 | 355.45 | 355.92 | 108.19% |
| P+3%ns | 366.60 | 368.00 | 364.20 | 366.27 | |
| P+3%ns+5%cv | 379.89 | 377.15 | 378.97 | 378.67 | |
| P+3%ns+10%cv | 362.30 | 360.89 | 362.99 | 362.06 | |
| P+3%ns+15%cv | 354.15 | 355.22 | 356.36 | 355.24 | |

Guía de observación de resistencia a la flexión. (28 DIAS)

| GUÍA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION | | | | | |
|---|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Tesis: Influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023. | | | | | |
| Observadores: | | | | | |
| ELEMENTO | Esfuerzo a compresión | | | Resistencia promedio Kg/cm2 | Mayor resistencia alcanzada |
| | M1 Kg/cm2 | M2 Kg/cm2 | M3 Kg/cm2 | | |
| Patrón | 39.00 | 40.22 | 38.99 | 39.40 | 11.76% |
| P+3%ns | 38.22 | 38.94 | 39.45 | 38.87 | |
| P+3%ns+5%cv | 41.25 | 41.32 | 40.89 | 41.15 | |
| P+3%ns+10%cv | 40.10 | 39.58 | 39.89 | 39.86 | |
| P+3%ns+15%cv | 38.98 | 38.56 | 38.76 | 38.77 | |

ANEXO 6: Validación de expertos.

CARTA DE PRESENTACIÓN

Ing. Ruben A. Sucapuca Rojas

Presente:

Asunto: Validación de instrumentos

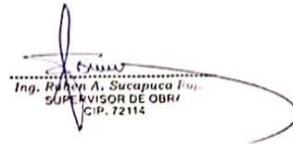
Es muy grato comunicarme con usted para expresarle un saludo y asimismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FILIAL LIMA NORTE, solicito verifique los instrumentos con el cual recolectare la información necesaria para lograr el desarrollo de mi investigación para optar el título de ingeniero civil.

El título de la presente investigación es: "**Influencia del nano silice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto alta resistencia de 550kg/cm², Puno, 2023**", siendo imprescindible la opinión y/o aprobación de especialistas en la materia para poder aplicar los instrumentos de medición, por tal razón acudo a usted por su destacada experiencia en investigación educativa.

La validación de instrumentos contiene:

- Carta de Presentación
- Definiciones Conceptuales
- Matriz de Operacionalización de las variables
- Certificado de Instrumentos

Expresando los sentimientos de respeto y admiración por usted me despido, no sin antes agradecerle por la atención brindada a la presente.


C.A.M.A.
Ing. Ruben A. Sucapuca Rojas
SUPERVISOR DE OBRAS
CIP. 72114

CARTA DE PRESENTACIÓN

Ing. Ronald T. Pastor Ticona

Presente:

Asunto: Validación de instrumentos

Es muy grato comunicarme con usted para expresarle un saludo y asimismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FILIAL LIMA NORTE, solicito verifique los instrumentos con el cual recolectare la información necesaria para lograr el desarrollo de mi investigación para optar el título de ingeniero civil.

El título de la presente investigación es: "**Influencia del nano silice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto alta resistencia de 550kg/cm², Puno, 2023**", siendo imprescindible la opinión y/o aprobación de especialistas en la materia para poder aplicar los instrumentos de medición, por tal razón acudo a usted por su destacada experiencia en investigación educativa.

La validación de instrumentos contiene:

- Carta de Presentación
- Definiciones Conceptuales
- Matriz de Operacionalización de las variables
- Certificado de Instrumentos

Expresando los sentimientos de respeto y admiración por usted me despido, no sin antes agradecerle por la atención brindada a la presente.


Ronald T. Pastor Ticona
INGENIERO CIVIL
CIP. 83276

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

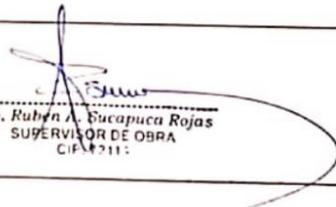
| | |
|--|---|
| Título de la Investigación | Influencia del nano sílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto alta resistencia de 550kg/cm ² , Puno, 2023 |
| Apellidos y nombres del experto: | Sucapuca Rojas Rubén A. |
| El instrumento de medición pertenece a la variable: | |

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
|-------|---|---------|----|---------------|
| | | SI | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | X | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | X | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | X | | |
| 4 | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación? | X | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio? | X | | |
| 6 | ¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | X | | |
| 7 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | X | | |
| 8 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | X | | |
| 9 | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos? | X | | |

Sugerencias:

Firma del experto:


 Ing. Rubén A. Sucapuca Rojas
 SUPERVISOR DE OBRA
 CIP 2111

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

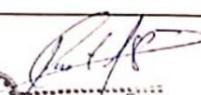
| | |
|--|---|
| Título de la Investigación | Influencia del nano sílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físico-mecánicas del concreto alta resistencia de 550kg/cm ² , Puno, 2023 |
| Apellidos y nombres del experto: | Ronald T. Pastor Ticora |
| El instrumento de medición pertenece a la variable: | |

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
|-------|---|---------|----|---------------|
| | | SI | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | X | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | X | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | X | | |
| 4 | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación? | X | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio? | X | | |
| 6 | ¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | X | | |
| 7 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | X | | |
| 8 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | X | | |
| 9 | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos? | X | | |

Sugerencias:

Firma del experto:



 Ronald T. Pastor Ticora
 INGENIERO CIVIL
 CIP 83276

ANEXO 7: Certificados de calibración.



LABORATORIO DE METROLOGÍA
ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



LABORATORIO DE METROLOGÍA
ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza
Calibration Certificate - Laboratory of Force

8CB7 - 2023 GLF

8CB7 - 2023 GLF

Objeto de Prueba MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN
Instrumento MÁQUINA ELÉCTRICA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO
Fabricante ELE INTERNATIONAL (INDICADOR) // ELE INTERNATIONAL (MARCO)
Modelo ADR (INDICADOR) // 38-0655/06 (MARCO)
Número de Serie 188614232 (INDICADOR) // 9928 (MARCO)
Identificación Interna NO PRESENTA
Capacidad Máxima 100000 kgf
División de Escala 1 kgf
Solicitante UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
Dirección PU. LA CULTURA NRO. 305 CERCADO PUÑO - SAN ROMÁN - JULIACA
Ciudad JULIACA
Fecha de calibración 2023-07-07
Fecha de Emisión 2023-07-14

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado que los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

This Certificate relates to the size and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos: 6
Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología G&L Laboratorio no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the G&L Laboratorio Metrología Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate




Av. Miraflores Mz. E Lt. 60. Urb. Santa Elisa II Etapa. Los Olivos - Lima
Correos: laboratorio@laboratorio@gmail.com / servicios@laboratorio@gmail.com
Teléfono: (01) 622 - 58 - 14 Celular: 992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

DATOS TÉCNICOS

Instrumento Bajo Calibración (IBC)
Clase según ISO 7500-1: 0.5
Clase según ISO 376: 2
Dirección de Carga: Compresión
Tipo de Indicación: Digital
División de Escala: 1 kgf
Resolución: 5 kgf
Intervalo de Medición: Del 10% al 100% de la carga máxima
Límite Superior de Calibración: 100000 kgf

Instrumento(s) de Referencia
Instrumento: Celda de Carga Tipo Botella 150T
Marca: OHAUS // KELI
Modelo: T719 // ZSC
Clase ISO 7500-1: 0.5
Número de Serie: B504530209 // 5M56609
Certificado de Calibración: N° INF - LE 190 - 22
Fecha Calibración: 2022 - 10 - 10
Terminohigrómetro: EUROTECH // SH-110 // TER-G&L-031
TAT-1318-2023

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ABNT NBR 8197:2021 "Materiales Metálicos - Calibración de Instrumentos de Medición de Fuerza de Uso General", en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 3°C durante cada serie de mediciones. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante. Se realizó una inspección general del equipo y se determina que: El equipo requiere ajuste de la indicación.

Tabla 1. Indicaciones como se encuentra el equipo previo al ajuste

| Indicación del IBC | Indicaciones Registradas del Patrón | | | Promedio | Errores Relativos | | |
|--------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|------|
| | S ₁ | S ₂ | S ₃ | | Indicación | Respetabilidad | |
| % | kgf | kgf | kgf | S _{1,2,3} | % | b | |
| 20 | 20000 | 20384.2 | 20257.8 | 20511.8 | 20317.9 | -1.58 | 0.67 |
| 60 | 60000 | 61183.0 | 61243.5 | 61059.8 | 61162.0 | -1.90 | 0.30 |
| 100 | 100000 | 100486.2 | 100347.5 | 100298.9 | 100377.5 | -0.38 | 0.19 |

Tabla 2. Indicaciones como se entrega el equipo posterior al ajuste

| Indicación del IBC | Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie | | | | | Promedio | |
|-----------------------|--|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------|----------|
| | S ₁ | S ₂ | S _{2'} | S ₃ | S ₄ | | |
| % | kgf | kgf | kgf | kgf | kgf | S _{1,2,3,4} | |
| 10 | 10000 | 10011.2 | 10019.4 | --- | 10015.3 | --- | 10015.3 |
| 20 | 20000 | 20034.6 | 20037.6 | --- | 20036.1 | --- | 20036.1 |
| 30 | 30000 | 30032.2 | 30039.2 | --- | 30035.7 | --- | 30035.7 |
| 40 | 40000 | 40070.2 | 40062.6 | --- | 40076.4 | --- | 40076.4 |
| 50 | 50000 | 50122.6 | 50117.8 | --- | 50120.2 | --- | 50120.2 |
| 60 | 60000 | 60132.2 | 60125.8 | --- | 60129.0 | --- | 60129.0 |
| 70 | 70000 | 70080.2 | 70062.4 | --- | 70066.3 | --- | 70066.3 |
| 80 | 80000 | 80122.0 | 80117.6 | --- | 80119.8 | --- | 80119.8 |
| 90 | 90000 | 90162.4 | 90152.4 | --- | 90157.4 | --- | 90157.4 |
| 100 | 100000 | 100134.5 | 100128.1 | --- | 100194.8 | --- | 100152.5 |
| Ind. después de Carga | | 1.2 | 1.3 | --- | 1.2 | --- | --- |

Técnico de Calibración: Euler Tiznado Becerra

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate




Av. Miraflores Mz. E Lt. 60. Urb. Santa Elisa II Etapa. Los Olivos - Lima
Correos: laboratorio@laboratorio@gmail.com / servicios@laboratorio@gmail.com
Teléfono: (01) 622 - 58 - 14 Celular: 992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE METROLOGÍA
ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

8CB7 - 2023 GLF

Page / Pág. 3 de 6

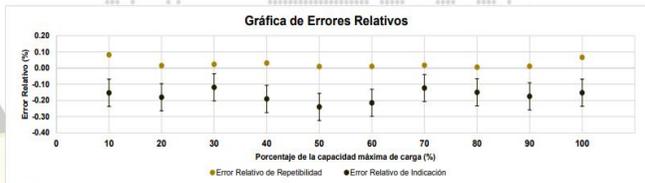
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 3.
Error relativo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual.

| $f_{0,31}$ | $f_{0,32}$ | $f_{0,32}$ | $f_{0,33}$ | $f_{0,34}$ |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| % | % | % | % | % |
| 0.001 | 0.001 | --- | 0.001 | --- |

Tabla 4.
Resultados de la Calibración del instrumento para medición de fuerza.

| Indicación del IBC | Indicación | Errores Relativos | | | | Resolución Relativa | Incertidumbre Expandida | |
|--------------------|------------|-------------------|----------------|------------|--------|---------------------|-------------------------|-------|
| | | Repetibilidad | Reversibilidad | Accesorios | a | | kgf | % |
| % | kgf | q | b | v | Acces. | % | U | % |
| 10 | 10000 | -0.153 | 0.082 | --- | --- | 0.002 | 8.400 | 0.084 |
| 20 | 20000 | -0.180 | 0.015 | --- | --- | 0.001 | 16.800 | 0.084 |
| 30 | 30000 | -0.119 | 0.023 | --- | --- | 0.001 | 25.200 | 0.084 |
| 40 | 40000 | -0.191 | 0.031 | --- | --- | 0.001 | 33.600 | 0.084 |
| 50 | 50000 | -0.240 | 0.010 | --- | --- | 0.000 | 42.000 | 0.084 |
| 60 | 60000 | -0.215 | 0.011 | --- | --- | 0.000 | 50.400 | 0.084 |
| 70 | 70000 | -0.123 | 0.017 | --- | --- | 0.000 | 58.800 | 0.084 |
| 80 | 80000 | -0.150 | 0.005 | --- | --- | 0.000 | 67.200 | 0.084 |
| 90 | 90000 | -0.175 | 0.011 | --- | --- | 0.000 | 75.600 | 0.084 |
| 100 | 100000 | -0.152 | 0.067 | --- | --- | 0.000 | 84.000 | 0.084 |



CONDICIONES AMBIENTALES

La Calibración fue ejecutada en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETOS DE UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ ubicado en la ciudad de JULIACA. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 13.1°C Temperatura Ambiente Mínima: 13.1°C
Humedad Relativa Máxima: 29% HR Humedad Relativa Mínima: 29% HR

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate



Correos: laboratorioy@laboratorio@gmail.com / serviciosy@laboratorio@gmail.com
Teléfono: (01) 622 - 58 - 14 Celular: 992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60.
Urb. Santa Elisa II Etapa.
Los Olivos - Lima



LABORATORIO DE METROLOGÍA
ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

8CB7 - 2023 GLF

Page / Pág. 4 de 6

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 5.
Coeficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R^2 , el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

| A_0 | A_1 | A_2 | A_3 | ... | R^2 |
|-------------|------------|-------------|------------|-----|------------|
| -2.4233E+01 | 1.0036E+00 | -3.2002E-08 | 1.3730E-13 | --- | 1.0000E+00 |

Ecuación 1: donde F (kgf) es la fuerza calculada y X (kgf) es el valor de deformación evaluado.
 $F = A_0 + (A_1 \cdot X) + (A_2 \cdot X^2) + (A_3 \cdot X^3)$

Tabla 6.
Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kgf)

| Indicación kgf | 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 10000 | 10008.8 | 11011.8 | 12014.8 | 13017.8 | 14020.5 |
| 15000 | 15023.2 | 16026.0 | 17028.6 | 18031.3 | 19033.8 |
| 20000 | 20036.3 | 21038.8 | 22041.3 | 23043.6 | 24046.0 |
| 25000 | 25048.3 | 26050.5 | 27052.7 | 28054.9 | 29057.0 |
| 30000 | 30059.1 | 31061.1 | 32063.1 | 33065.1 | 34067.0 |
| 35000 | 35068.9 | 36070.9 | 37072.6 | 38074.4 | 39076.2 |
| 40000 | 40077.9 | 41079.6 | 42081.3 | 43082.9 | 44084.5 |
| 45000 | 45086.1 | 46087.7 | 47089.2 | 48090.7 | 49092.2 |
| 50000 | 50093.6 | 51095.1 | 52096.5 | 53097.9 | 54099.2 |
| 55000 | 55100.6 | 56101.9 | 57103.2 | 58104.5 | 59105.8 |
| 60000 | 60107.1 | 61108.3 | 62109.5 | 63110.8 | 64112.0 |
| 65000 | 65113.2 | 66114.4 | 67115.5 | 68116.7 | 69117.9 |
| 70000 | 70119.0 | 71120.2 | 72121.3 | 73122.5 | 74123.6 |
| 75000 | 75124.7 | 76125.9 | 77127.0 | 78128.1 | 79129.2 |
| 80000 | 80130.4 | 81131.5 | 82132.6 | 83133.8 | 84134.9 |
| 85000 | 85136.1 | 86137.2 | 87138.4 | 88139.5 | 89140.7 |
| 90000 | 90141.9 | 91143.1 | 92144.3 | 93145.5 | 94146.8 |
| 95000 | 95148.0 | 96149.3 | 97150.5 | 98151.8 | 99153.1 |
| 100000 | 100154.5 | | | | |

Tabla 7.
Valores Residuales

| Indicación del IBC kgf | Promedio $S_{i,11}$ kgf | Por Interpolación kgf | Residuales kgf |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| 10000 | 10015.3 | 10008.8 | -6.46 |
| 20000 | 20036.1 | 20036.3 | 0.25 |
| 30000 | 30035.7 | 30059.1 | 23.40 |
| 40000 | 40076.4 | 40077.9 | 1.51 |
| 50000 | 50120.2 | 50093.6 | -26.57 |
| 60000 | 60129.0 | 60107.1 | -21.94 |
| 70000 | 70086.3 | 70119.0 | 32.74 |
| 80000 | 80119.8 | 80130.4 | 10.58 |
| 90000 | 90157.4 | 90141.9 | -15.49 |
| 100000 | 100152.5 | 100154.5 | 1.99 |

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate



Correos: laboratorioy@laboratorio@gmail.com / serviciosy@laboratorio@gmail.com
Teléfono: (01) 622 - 58 - 14 Celular: 992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60.
Urb. Santa Elisa II Etapa.
Los Olivos - Lima

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

La Tabla 8 y Tabla 9 de este Certificado de Calibración se generan debido a que las unidades de la indicación del equipo bajo Calibración no coinciden con las Newton que son las unidades definidas en el Sistema Internacional de Unidades para la magnitud derivada fuerza. Los valores aquí presentados corresponden a la multiplicación de los resultados plasmados en la Tabla 2 y Tabla 4 de este Certificado de Calibración por el factor de conversión correspondiente. Cabe aclarar que los resultados mostrados como valores relativos no se modifican al realizar la conversión de unidades.

El factor de conversión utilizado para los cálculos fue: (kgf) a (kN) = 0.00980665, tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

Tabla 8. Indicaciones obtenidas durante la Calibración para cada valor de carga aplicado en kN.

| Indicación del IBC | Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie | | | | | Promedio $S_{1,2,3}$ |
|-----------------------|--|--------|--------|-----------|-----------|----------------------|
| | S_1 | S_2 | S_3 | No Aplica | No Aplica | |
| % | kN | kN | kN | ---- | ---- | kN |
| 10 | 98.07 | 98.18 | 98.26 | ---- | 98.22 | 98.22 |
| 20 | 196.13 | 196.47 | 196.50 | ---- | 196.49 | 196.49 |
| 30 | 294.20 | 294.52 | 294.58 | ---- | 294.55 | 294.55 |
| 40 | 392.27 | 392.95 | 393.08 | ---- | 393.02 | 393.02 |
| 50 | 490.33 | 491.53 | 491.49 | ---- | 491.51 | 491.51 |
| 60 | 588.40 | 589.70 | 589.63 | ---- | 589.66 | 589.66 |
| 70 | 686.47 | 687.25 | 687.37 | ---- | 687.31 | 687.31 |
| 80 | 784.53 | 785.73 | 785.69 | ---- | 785.71 | 785.71 |
| 90 | 882.60 | 884.19 | 884.09 | ---- | 884.14 | 884.14 |
| 100 | 980.67 | 981.98 | 981.92 | ---- | 982.58 | 982.16 |
| Ind. después de Carga | 0.01 | 0.01 | 0.01 | ---- | ---- | ---- |

Tabla 9. Resultados de la Calibración del instrumento para medición de fuerza.

| Indicación del IBC | Errores Relativos | | | | | Resolución Relativa a | Incertidumbre Expandida U |
|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------|-------------------------|-----------------------------|
| | Indicación q | Repetibilidad b | Reversibilidad v | Accesorios w | Acces. | | |
| % | kN | % | % | % | % | % | kN |
| 10 | 98.07 | -0.153 | 0.082 | ---- | ---- | 0.002 | 0.08 |
| 20 | 196.13 | -0.180 | 0.015 | ---- | ---- | 0.001 | 0.16 |
| 30 | 294.20 | -0.119 | 0.023 | ---- | ---- | 0.001 | 0.25 |
| 40 | 392.27 | -0.191 | 0.031 | ---- | ---- | 0.001 | 0.33 |
| 50 | 490.33 | -0.240 | 0.010 | ---- | ---- | 0.000 | 0.41 |
| 60 | 588.40 | -0.215 | 0.011 | ---- | ---- | 0.000 | 0.49 |
| 70 | 686.47 | -0.123 | 0.017 | ---- | ---- | 0.000 | 0.58 |
| 80 | 784.53 | -0.150 | 0.005 | ---- | ---- | 0.000 | 0.66 |
| 90 | 882.60 | -0.175 | 0.011 | ---- | ---- | 0.000 | 0.74 |
| 100 | 980.67 | -0.152 | 0.087 | ---- | ---- | 0.000 | 0.82 |

Firmas que Autorizan el Certificado
 Signatures Authorizing the Certificate



Supervisor
 GILMER HUANÁN BOLAÑOS
 LABORATORIO DE METROLOGÍA
 ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL



Correos:
 laboratorio.gylaboratorio@gmail.com / servicios.gylaboratorio@gmail.com

Teléfono:
 (01) 622 - 58 - 14

Celular:
 992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60.
 Urb. Santa Elisa II Etapa.
 Los Olivos - Lima



INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2.013$ y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL EQUIPO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una clase de instrumento de medición de fuerza de acuerdo con la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 y la sección 8 de la Norma ISO 376:2011.

| ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS SEGÚN NORMA ISO 7500-1:2018 | | | | | |
|--|------------|---------------|------|----------------|---------------------|
| Clase | Indicación | Repetibilidad | Cero | Reversibilidad | Resolución Relativa |
| 0.5 | 0.50 | 0.50 | 0.05 | 0.75 | 0.25 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | 0.10 | 1.50 | 0.50 |
| 2 | 2.00 | 2.00 | 0.20 | 3.00 | 1.00 |
| 3 | 3.00 | 3.00 | 0.30 | 4.50 | 1.50 |

| ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS SEGÚN NORMA ISO 376:2011 | | | | |
|---|------------------|---------------|-------|----------------|
| Clase | Reproducibilidad | Repetibilidad | Cero | Reversibilidad |
| 0 | 0.05 | 0.025 | 0.012 | 0.07 |
| 0.5 | 0.10 | 0.050 | 0.025 | 0.15 |
| 1 | 0.20 | 0.100 | 0.050 | 0.30 |
| 2 | 0.40 | 0.200 | 0.100 | 0.50 |

OBSERVACIONES

- Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento.
- Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
- El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "En circunstancias normales, la calibración debe realizarse a intervalos de no más de 12 meses. Este rango puede variar según el tipo de instrumento de medición de fuerza de propósito general, el mantenimiento y la severidad del uso." (ASNT NBR 8197-2021)
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes.
- Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
- Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
- Se emplea el punto (.) como separador decimal.
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. 8CB7 - 2023 GLF

Firmas que Autorizan el Certificado
 Signatures Authorizing the Certificate



Supervisor
 GILMER HUANÁN BOLAÑOS
 LABORATORIO DE METROLOGÍA
 ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 8D7F-2023 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2023-07-14

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ

DIRECCIÓN : P.J. LA CULTURA NRO. 305 CERCADO PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : NO PRESENTA

NÚMERO DE SERIE : 10518792

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TAMIZ : N° 4

PROCEDENCIA : NO PRESENTA
LAB. DE SUELOS Y CONCRETOS DE

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-07-07

3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN EMPLEADO

Determinación de la abertura y diámetro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando retículas micrométricas. Se tomó como referencia la Norma ASTM E11-17 – Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves.

4. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.
- Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad del producto.
- G&L LABORATORIO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o inadecuadas del presente documento.
- El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos en intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- El presente documento carece de valores sin fines y/o de uso.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

G&L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de G&L LABORATORIO S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de G&L LABORATORIO S.A.C.

Gilmer Antonio Huamán Poma
Responsable del Laboratorio de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60. Urb. Santa Elisa II Etapa. Los Olivos - Lima

Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com / servicios.gyllaboratorio@gmail.com
Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14 **Celular:**
992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

5. CONDICIONES AMBIENTALES

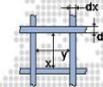
| | Inicial | Final |
|----------------------|---------|---------|
| Temperatura °C | 13.0 °C | 13.0 °C |
| Humedad Relativa %HR | 27% | 27% |

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad – INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de METROIL | Termohigrómetro | 1AT - 1318 - 2023 |
| Patrones de referencia de METROIL | Retícula Micrométrica | 1ACD - 0544 - 2023 |
| Patrones de referencia de METROIL | Pie de Rey Digital de 0 a 150 mm | 1AD - 0126 - 2023 |

7. RESULTADOS DE MEDICIÓN



MEDICIONES PARA LA ABERTURA DE LA MALLA

| | VALOR NOMINAL (mm) | PROMEDIO (mm) | ERROR (mm) | INCERTIDUMBRE (mm) |
|----------------|--------------------|---------------|------------|--------------------|
| HORIZONTAL (y) | 4.75 | 4.76 | -0.01 | 0.014 |
| VERTICAL (x) | | 4.74 | 0.01 | 0.014 |

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO DEL ALAMBRE

| | INTERVALO NOMINAL (mm) | PROMEDIO (mm) | ERROR (mm) | INCERTIDUMBRE (mm) |
|-----------------|------------------------|---------------|------------|--------------------|
| HORIZONTAL (dy) | 1.60 | 1.60 | 0.00 | 0.000 |
| VERTICAL (dx) | | 1.60 | 0.00 | 0.000 |

8. INCERTIDUMBRE

- La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores que influencia durante la calibración.
- La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
- La incertidumbre de medición reportada se denomina incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

FIN DEL DOCUMENTO



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com / servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14 **Celular:**
992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60.
Urb. Santa Elisa II Etapa.
Los Olivos - Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 8D1B-2023 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2023-07-14

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ

DIRECCIÓN : P.J. LA CULTURA NRO. 305 CERCADO PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8339030366

ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-07-07

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC 001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETOS DE UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
P.J. LA CULTURA NRO. 305 CERCADO PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

Gilmer Miguel Huamán Pocotoma
Responsable del Laboratorio de Metrología

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60. Urb. Santa Elisa II Etapa. Los Olivos - Lima

Correos: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com / servicios.gylaboratorio@gmail.com
Teléfono: (01) 622 - 58 - 14 Celular: 992 - 302 - 883 / 927 - 603 - 430



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 8D1B - 2023 GLM

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 12.7 °C | 12.9 °C |
| Humedad Relativa | 37 % | 35 % |

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--|----------------------|--|
| Patrones de referencia de METROIL | Termohigrómetro | 1AT - 1318 - 2023 |
| Patrones de referencia de DM - INACAL | Pesas (Exactitud E2) | LM - C - 288 - 2022 |
| Patrones de referencia de TOTAL WEIGHT | Pesas (Exactitud M2) | CM - 1864 - 2022 CM - 1865 - 2022 CM - 1866 - 2022 |

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g, la balanza indicó 29971 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrología Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

| INSPECCIÓN VISUAL | | | |
|-------------------|-------|------------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| PLATAFORMA | TIENE | NIVELACIÓN | TIENE |
| SISTEMA DE TRABA | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1= 15,000 g | | | Carga L2= 30,000 g | | |
|--------------------------|--------------------|-------|------|--------------------|--------|------|
| | l(g) | Δl(g) | E(g) | l(g) | Δl(g) | E(g) |
| 1 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 2 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 3 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 4 | 15,000 | 0.6 | -0.1 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 5 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 6 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 7 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 8 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.6 | -0.1 |
| 9 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| 10 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 30,000 | 0.5 | 0.0 |
| Temperatura (°C) | | | 12.7 | Final 12.7 | | |
| Error máximo permitido ± | | | 20 g | | ± 30 g | |

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C) Inicial Final
12.9 12.9

| Posición de la Carga | Determinación de E _o | | | | Determinación del Error corregido | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|------|-------|--------------------|-----------------------------------|--------|-------|------|--------------------|
| | Carga mínima (g) | l(g) | ΔL(g) | E _o (g) | Carga (g) | l(g) | ΔL(g) | E(g) | E _c (g) |
| 1 | 10 | 10 | 0.5 | 0.0 | 10,000 | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 10,000 | 0.4 | 0.1 | 0.1 |
| 3 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 10,001 | 0.5 | 1.0 | 1.0 |
| 5 | | 10 | 0.5 | 0.0 | | 10,001 | 0.4 | 1.1 | 1.1 |
| Error máximo permitido: ± 20 g | | | | | | | | | |

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) Inicial Final
12.9 12.9

| Carga L(g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | emp ^(**) |
|------------|------------|-------|------|--------------------|--------------|-------|------|--------------------|---------------------|
| | l(g) | ΔL(g) | E(g) | E _c (g) | l(g) | ΔL(g) | E(g) | E _c (g) | |
| 10 | 10 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 20 | 20 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 100 | 100 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 100 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 500 | 500 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 500 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10 |
| 1,000 | 1,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1,000 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 10 |
| 5,000 | 4,999 | 0.6 | -1.1 | -1.1 | 4,999 | 0.5 | -1.0 | -1.0 | 10 |
| 10,000 | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 10,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 |
| 15,000 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 15,000 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 20 |
| 20,000 | 19,999 | 0.6 | -1.1 | -1.1 | 19,999 | 0.5 | -1.0 | -1.0 | 20 |
| 25,000 | 24,998 | 0.6 | -2.1 | -2.1 | 24,998 | 0.6 | -2.1 | -2.1 | 30 |
| 30,000 | 30,000 | 0.7 | -0.2 | -0.2 | 30,000 | 0.7 | -0.2 | -0.2 | 30 |

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 2,925E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,702E-04 \text{ g}^2 + 1,246E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

Número de significativas = 10^{xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁵)

FIN DEL DOCUMENTO



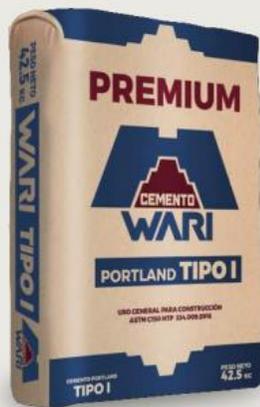
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

CEMENTO PORTLAND
USO GENERAL
TIPO I



FICHA TÉCNICA

BENEFICIOS



12% MAYOR RENDIMIENTO

Nuestra mejor presentación es ofrecer a nuestros clientes un cemento de alta calidad. Garantizando un ahorro para tu bolsillo en el consumo del cemento.

MAYOR RESISTENCIA

Por la alta calidad del Clinker (sub productos de piedras calizas y arcillas). Cemento Wari tipo I ofrece altas resistencias a compresión de acuerdo a la Norma Técnica Peruana e Internacional ASTM.

49% MENOR TIEMPO DE DESECOFRADO

El acelerado desarrollo de resistencias iniciales y finales. Permite un menor tiempo en el desecofrado. Generando ahorro, reduciendo la mano de obra y optimizando tiempos en el avance de la construcción.

BAJO ÁLCALI - AGREGADO

Frente a la presencia de agregados reactivos, su bajo contenido de álcalis presente en el cemento, combate la fisuración del concreto.

CEMENTO DE USO GENERAL

El cemento Wari Tipo I para uso general es un cemento ideal para todo tipo de estructuras en edificaciones y obras de infraestructura, que demanden altas resistencias iniciales y finales logrando construcciones sólidas de calidad sismo-resistente.

USO DEL CEMENTO

- Obras de construcción en general cuando no se especifica un tipo de cemento especial.
- Preparación de concretos para elementos estructurales.
- En la producción de elementos pre-fabricados de todo tipo.
- Ideal para diseñar concretos de alta resistencia.

CONFORME A LAS NORMAS TI Descargado por Dk German (vargasx100pre_23@hotmail.com)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | CEMENTO WARI TIPO I | TIPO I NTP:334.009 ASTM C150 |
|--|--------------------------|------------------------------|
| Contenido de Aire, máx.% | 5% | Máximo 12 |
| Superficie Especifica (cm ² /g) | 3300 Cm ² /gr | No Especifica |
| Expansión de autoclave, máx.% | 0.06% | Máximo 1.5 |
| Peso Especifico | 3.14 g/ml | No Especifica |
| Resistencia a la compresión | | |
| 3 días Mpa | 26.5 | Mínimo 12.0 |
| 7 días Mpa | 33.1 | Mínimo 19.0 |
| 28 días Mpa | 45.7 | No Especifica |
| Tiempo de fraguado vicat, minutos | | |
| Inicial | 130 | Mínimo 45 |
| Final | 215 | Máximo 375 |

| COMPOSICIÓN QUÍMICA | CEMENTO WARI TIPO I | TIPO I NTP:334.009 ASTM C150 |
|-------------------------|---------------------|------------------------------|
| MgO (%) | 1.78% | Máximo 6.0 |
| So ₂ (%) | 2.74% | Máximo 3.0 |
| Perdida de ignición (%) | 2.5% | Máximo 3.5 |
| Residuo Insoluble (%) | 0.64% | Máximo 1.5 |

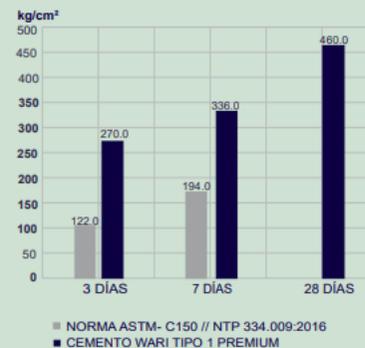


ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en optimas condiciones se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Proteger contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar mas de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

RESISTENCIA CEMENTO WARI TIPO 1 VS NORMA TÉCNICA ASTM // NTP



MEJOR TIEMPO EN EL DESECOFRADO



OFICINA CENTRAL: Calle Jacinto Ibañez Nro. 509 Tercer Piso- Of. 301 Parque Industrial
 PLANTA: Mz.A Lt. 2 - Zona - Especial de Desarrollo (ZED), Matarani (ExCeticos), Islay - Arequipa - Perú
 Teléfono: (054) 282921 Cel.: 987108958 Contactos: facturacion@cementowari.com
 Página web: www.cementowari.com Descargado por Dk German (vargasx100pre_23@hotmail.com)



WARI NTP 334.009:2016 / ASTM C-150

ANEXO 8: Comprobantes de laboratorio.

UNIVERSIDAD ANDINA
"NESTOR CACERES VELASQUEZ"
Pje. La Cultura N° 305
JR. LORETO 430 Cercado
JULIACA-SAN ROMAN-PUNO
RUC: 20185851975

BOLETA ELECTRONICA 8006-00271419
Fecha: 26/09/2023 04:40:01 PM
Doc.: 1-70130299
VARGAS LIPA GERMAN ANTRONICO

| Codigo | Cantidad | Descripcion | Importe |
|--------|----------|------------------------|---------|
| 202104 | 1.00 | DISEÑO MEZCLAS CO N | 250.00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| OP. EXONERADA | 0.00 |
| OP. INAFECTA | 0.00 |
| OP. GRABADA | 211.08 |
| I.G.V. 18% | 38.14 |
| TOTAL A PAGAR | 250.00 |

DOSCIENTOS CINCUENTA CON 00/100 Soles.

| | |
|-----------|--------|
| COBRADO | 250.00 |
| ENTREGADO | 250.00 |
| VUELTO | 0.00 |

Hash: InGzDso7H/Ya1/LYsq4L.VUz2QK4=
F:23094005800032434 F:23094005800032437
0183 ITORRES 26/09/2023 04:40
(1) ISABEL TORRES QUISPE

-Todo reclamo sera dentro de las 24 horas habiles
Representacion impresa de la BOLETA ELECTRONICA puede ser consultada en www.viaavncv.com. Autorizado mediante resolucion Nro 212-005-0000025/SUNAT
Pague sus cuotas en: Banco Interbank, Banco de Credito y Banco Scotiabank.
Codigo de Agente BCP 12608

UNIVERSIDAD ANDINA
"NESTOR CACERES VELASQUEZ"
Pje. La Cultura N° 305
JR. LORETO 430 Cercado
JULIACA-SAN ROMAN-PUNO
RUC: 20185851975

BOLETA ELECTRONICA 8006-00271419
Fecha: 21 11 23 11:25:01 AM
Doc.: 1-70130299
VARGAS LIPA GERMAN ANTRONICO

| Codigo | Cantidad | Descripcion | Importe |
|--------|----------|--------------------|---------|
| 203103 | 45 | ROTURA DE BRIQUETA | 675.00 |
| 203104 | 15 | ROTURA DE VIGA | 300.00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| OP. EXONERADA | 0.00 |
| OP. INAFECTA | 0.00 |
| OP. GRABADA | 826.27 |
| I.G.V. 18% | 148.73 |
| TOTAL A PAGAR | 975.00 |

NOVECIENTOS SETENTA Y CINCO CON 00 100 Soles.

| | |
|-----------|--------|
| COBRADO | 975.00 |
| ENTREGADO | 975.00 |
| VUELTO | 0.00 |

Hash: IxGzBso9H/Xa1/LYsq4L.VUz2QK4=
F:23094005800032434 F:23094005800032437
0183 ITORRES 21 11 23 11:25
(1) ISABEL TORRES QUISPE

-Todo reclamo sera dentro de las 24 horas habiles
Representacion impresa de la BOLETA ELECTRONICA puede ser consultada en www.viaavncv.com. Autorizado mediante resolucion Nro 212-005-0000025/SUNAT
Pague sus cuotas en: Banco Interbank, Banco de Credito y Banco Scotiabank.
Codigo de Agente BCP 12608

ANEXO 8: Sostenibilidad.

| Cita | Referencia | Q https://www.scimagojr.com/ Pais (Q1 y Q2) | Vacío teórico (brecha de conocimiento a cerrar) | Proceso verde asociado a la construcción (producción) | Sostenibilidad (será permanente y su impacto en el medio ambiente) |
|------------------|---|---|---|--|---|
| (Golewski, 2023) | Se llevaron a cabo pruebas de propiedades mecánicas y una revisión exhaustiva de los cambios en la estructura del hormigón modificado para estudiar el efecto del contenido de CFA en los parámetros analizados del hormigón que contiene nS. | https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=62932&tip=sid&clean=0 Q1 ee | Dado que es difícil conseguir concretos de alta resistencia con características adecuadas para edificaciones importantes, es por ello que se buscan aditivos para mejorar las propiedades físicas mecánicas del concreto ya que debe garantizar la resistencia, pero sin afectar la trabajabilidad y en nanosilice y la ceniza volante es una alternativa viable. | mejora de los parámetros mecánicos y la microestructura en dichos hormigones. Aumenta la resistencia a la tracción y compresión del concreto. Reduce la huella de carbono de los materiales a base de cemento, lo que constituye un paso hacia la producción de concretos ecológicos. | El hormigón puede ser más ecológico si se reduce al máximo la cantidad de CO ₂ generada durante la producción de cemento portland ordinario (OPC). Con la progresiva contaminación del medio ambiente y las sanciones legales que limitan la cantidad de CO ₂ emitida a la atmósfera, esta es la principal manera de que la producción de hormigón cargue con menos emisiones de este gas. El uso de CFA en la industria del hormigón provoca una cantidad limitada de vertederos en la zona de las centrales eléctricas de carbón. Por lo tanto, cuanto más se utiliza CFA, menos carga el medio ambiente en los vertederos abiertos o en los tanques de sedimentación. |

| | | | | | |
|---|---|---|--|---|---|
| <p>(Fallah-Valukolaee et al., 2022)</p> | <p>En la actualidad el concreto tiene altas demandas, causado por el crecimiento del desarrollo urbano mundial, el cual su consumo de concreto rodea los 10 mil millones de m3.</p> | <p>https://www.scopus.com/sourceid/62932 Q1</p> | <p>un concreto de alta resistencia genera más requerimiento de cemento que un concreto tradicional, por que impacta directamente al medio ambiente. ha hecho que sea necesario investigar las características mecánicas del Hormigon de alta resistencia (HSC) producido y evaluar los impactos que la producción de estos materiales tiene en el medio ambiente</p> | <p>El uso de puzolanas en concreto de alta resistencia mejora la zona de transición interfacial (ITZ) entre los agregados y la pasta de cemento debido a la conversión de CH en C enlace sencilloSenlace sencilloH gel en presencia de sílice reactiva y también disminuye el tamaño y el contenido de cristales débiles de CH en la interfaz pasta de cemento-agregado, lo que conduce a la mejora de la estructura del concreto. Esta propiedad del hormigón de alta resistencia lo ha convertido en el foco de muchos estudios en esta área por parte de investigadores.</p> | <p>La demanda es alta Por otro lado, es necesario conocer que, así como crece la demanda del cemento, paralelamente crece la contaminación ambiental.</p> |
| <p>(R.Gadage et al., 2022)</p> | <p>Los proyectos de infraestructura del siglo XX exigen que el hormigón posea alta resistencia y durabilidad. Muchos estudios han investigado el comportamiento y las</p> | <p>https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100370037&tip=sid&clean=0 Q2</p> | <p>plantea reducir los costos del material de HPC al minimizar la cantidad de cemento utilizado y reemplazarlo con aditivos minerales disponibles, El HPC contiene una gran cantidad de material cementoso, aproximadamente cinco veces más que el hormigón convencional.</p> | <p>Se informó un aumento de la resistencia a la compresión y una conexión lineal entre el tamaño de las partículas y la resistencia a la compresión del hormigón mezclado con cenizas volantes debido a la disminución del tamaño de las partículas</p> | <p>un concreto de alto rendimiento genera más requerimiento de cemento que un concreto tradicional, por que impacta directamente al medio ambiente.</p> |

| | | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|--|
| | propiedades del HPC con varios materiales cementosos suplementarios en diferentes proporciones y combinaciones para cumplir con los límites crecientes de rendimiento del concreto | | | | |
| (Khan et al., 2022) | Aunque los estudios sobre NS concretan avances en respuesta a crecientes problemas mecánicos y de durabilidad, los científicos se enfrentan a limitaciones de información que pueden impedir la exploración innovadora y la | https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=24443&tip=sid&clean=0 Q1 su | Si bien el cemento posee características mecánicas superiores, no ha podido cumplir con los estándares de durabilidad. Debido a las limitaciones del cemento, los investigadores comenzaron a explorar aditivos que pueden mejorar las propiedades del concreto y al mismo tiempo hacerlo más liviano y duradero. | Algunos estudios previos han indicado que sustituir NS por hasta un 4% del cemento en el hormigón puede mejorar su resistencia mecánica y durabilidad en circunstancias adversas como temperaturas elevadas y corrosión. La nanosilice trabaja en la zona de transición interfacial (ITZ), que se considera una fase débil en los materiales cementosos, también mejora ya que estos NP empaquetan todos los espacios y huecos debido a su pequeño tamaño, disminuyendo así la | En la actualidad y en las últimas décadas ha sido criticado por la cantidad de CO2 emitida durante su fabricación. |

| | | | | | |
|------------------|---|---|---|--|---|
| | colaboración académica. | | | permeabilidad. Se ha demostrado que el NS es un componente altamente activo que acelera el proceso de hidratación de los materiales cementosos y forma más gel de hidrato de silicato de calcio (CSH), que es responsable de la resistencia del material. | |
| (Golewski, 2023) | Se llevaron a cabo pruebas de propiedades mecánicas y una revisión exhaustiva de los cambios en la estructura del hormigón modificado para estudiar el efecto del contenido de CFA en los parámetros analizados del hormigón que contiene nS. | https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=62932&tip=sid&clean=0 Q1 | Dado que es difícil conseguir concretos de alta resistencia con características adecuadas para edificaciones importantes, es por ello que se buscan aditivos para mejorar las propiedades físicas mecánicas del concreto ya que debe garantizar la resistencia, pero sin afectar la trabajabilidad y en nanosilice y la ceniza volante es una alternativa viable. | mejora de los parámetros mecánicos y la microestructura en dichos hormigones. Aumenta la resistencia a la tracción y compresión del concreto. reduce la huella de carbono de los materiales a base de cemento, lo que constituye un paso hacia la producción de concretos ecológicos. | El hormigón puede ser más ecológico si se reduce al máximo la cantidad de CO ₂ generada durante la producción de cemento portland ordinario (OPC). Con la progresiva contaminación del medio ambiente y las sanciones legales que limitan la cantidad de CO ₂ emitida a la atmósfera, esta es la principal manera de que la producción de hormigón cargue con menos emisiones de este gas. El uso de CFA en la industria del hormigón provoca una cantidad limitada de vertederos en la zona de las centrales eléctricas de carbón. Por lo tanto, cuanto más se utiliza CFA, menos carga el medio ambiente en los vertederos abiertos o en los tanques de sedimentación. |

ANEXO 9: Diseño de mezclas.

DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO - ACI 211 | GERMAN A. VARGAS LIPA

| DATOS GENERALES | | | Datos del cemento | | |
|------------------|-----------------------------|--|-------------------|-----------------------------|--|
| Construcción | | | Tipo = WARI | | |
| F'c= 350 kg/cm2 | resistencia a la Compresión | | Peso = 42.5 kg | peso de la bolsa | |
| Agua= 1000 kg/m3 | peso específico del agua | | yc = 3.14 gr/cm3 | peso específico del cemento | |
| | | | Mezcla sin aire | condicion de exposicion | |

| DATOS DEL AGREGADO | | | | | |
|--------------------|--------|-----------------------------------|------------|--------|-------------------------------------|
| Ag. Fino | | | Ag. Grueso | | |
| 1642 | kg/m3 | Peso Unitario del Suelo Seco | 1356 | kg/m3 | Peso Unitario del Suelo Seco |
| 1761 | kg/m3 | Peso Unitario compactado seco | 1483 | kg/m3 | Peso Unitario compactado seco |
| 2.59 | gr/cm3 | Peso Especifico del Agregado fino | 2.62 | gr/cm3 | Peso Especifico del Agregado Grueso |
| 2.12% | | Porcentaje de Obsorcion | 1.11% | | Porcentaje de Obsorcion |
| 4.81% | | Contenido de Humedad | 1.27% | | Contenido de Humedad |
| 3.04 | | Modulo de Fineza. | | | Modulo de Fineza. |
| | | Tamaño Maximo Nominal | 3/4" | | Tamaño Maximo Nominal (TMN) |

■ Datos
■ Tabla

1. Resistencia a la Compresión Media Requerida

F'c = 350 kg/cm2 (Resistencia a la Compresión del Concreto)
 F'cr = 448 kg/cm2 (Resistencia a la Compresión Media Requerida)

2. Selección del Asentamiento

asentamiento = 3 " (trabajable - Vibración ligera - Chuseado)
 Consistencia = plastica

3. Contenido de Aire Atrapado

TMN = 3/4" Tamaño Maximo Nominal Del Agregado Grueso
 Aire Atrapado = 2.00 %

4. Relacion Agua/Cemento (a/c)

F'cr = 448 kg/cm2 (Resistencia a la Compresión Media Requerida)
 a/c = 0.38

5. Peso del Agua

a = 205 lt Peso del Agua por M3 de concreto
 a = 205 kg Peso del Agua por M3 de concreto

6. Peso del Cemento

c = 539.47

6.1 Factor Cemento

Fc = 12.69 Factor Cemento

7. Volúmen Del Agregado Grueso

TMN = 3/4" Tamaño Maximo Nominal Del Agregado Grueso
 mf = 3.04 Modulo de Fineza Del Agregado Fino
 Vol.Ag.G = 0.6 m3 Vol. Del Agregado Gueso Compactado Seco

7.1. Peso Total Del Agregado Grueso

P.U.C.S = 1483 kg/m3 Peso Unitario Compactado Seco Del A. Grueso
 Total = 889.8 kg Peso Agregado Grueso por m3 De Concreto

8. Volúmen Absoluto de los Materiales para el Concreto

8.1. Volumen Absoluto Del Cemento

Peso c = 539.47 kg Peso del Cemento por m3 de Concreto
 Peso Exp. c = 3.14 gr/cm3 Peso Especifico del Cemento
 Peso Exp. c = 3140 kg/m3 Peso Especifico del Cemento
 Vol. Abs. c = 0.172 m3 Volumen Absoluto Del cemento

8.2. Volumen Absoluto Del A. Grueso

Peso Ag. G. = 889.8 kg Peso del Agr. Grueso Por m3 de Concreto
 Peso Esp. Ag. G. = 2.62 gr/cm3 Peso Especifico del Agregado Grueso
 Peso Esp. Ag. G. = 2620 kg/m3 Peso Especifico del Agregado Grueso
 Vol. Abs. Ag. G. = 0.340 m3 Volumen Absoluto Del Agregado Grueso

8.3. Volumen Absoluto Del Agua.....

Peso A. = 205 kg Peso del Agua por m3 De Concreto
 Peso esp. A. = 1000 kg/m3 Peso Especifico del Agua
 Vol. Abs. A. = 0.205 m3 Volumen Absoluto del Agua

Tabla 9-11. (Métrica-kg/cm²) Resistencia a Compresión Media Requerida cuando no hay Datos Disponibles para Establecer la Desviación Estándar

| Resistencia a compresión especificada, f' _c , kg/cm ² | Resistencia a compresión media requerida, kg/cm ² |
|---|--|
| Menos de 210 | f' _c + 70 |
| 210 a 350 | f' _c + 64 |
| Más de 350 | f' _c + 98 |

ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE CONSISTENCIA

| CONSISTENCIA | ASENTAMIENTO |
|--------------|--------------|
| Seca | 1" a 2" |
| Plastica | 3" a 4" |
| Fluida | ≥ 5" |

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso. | Aire atrapado |
|--|---------------|
| 3/8" | 3.0 % |
| 1/2" | 2.5 % |
| 3/4" | 2.0 % |
| 1" | 1.5 % |
| 1 1/2" | 1.0 % |
| 2" | 0.5 % |
| 3" | 0.3 % |
| 4" | 0.2 % |

RELACION AGUA - CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO

| Resistencia a la compresión a los 28 días (f'cr) (Kg/cm2) | Relación Agua - Cemento de diseño en peso | |
|---|---|-------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 450 | 0.38 | --- |
| 400 | 0.43 | --- |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

| Asentamiento | Agua, en lt/m ³ , para los tamaños máximo nominales de agregados gruesos y consistencias indicados | | | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|-----|--------|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 |

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO

| TAMANO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO | Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino | | | |
|-----------------------------------|--|------|------|------|
| | MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

8.4. Volumen Abs. Del Aire Atrapado

| | | | |
|------------------|------|----------------|-----------------------------------|
| Aire = | 2.00 | % | Aire Atrapado |
| Vol. Abs. Aire = | 0.02 | m ³ | Volumen Absoluto de aire Atrapado |

8.5. Volumen Abs. Del Agregado Fino

| | | | |
|----------------------|-------|----------------|--|
| Σ Vol. Abs. = | 0.736 | m ³ | Sumatoria de Vol. Absolutos |
| m ³ C° = | 1 | m ³ | Volumen de Concreto por m ³ |
| Vol. Abs. Ag. Fino = | 0.264 | m ³ | Volumen Absoluto del Agregado Fino |

| | | |
|--------------------|--------|--------------------|
| Peso Ag. F. = | 682.66 | kg |
| Peso Esp. Ag. F. = | 2.59 | gr/cm ³ |
| Peso Esp. Ag. F. = | 2590 | kg/cm ³ |

9. Corrección de los Agregados

9.1 Por Humedad

| | | | |
|----------|-----|----|--------------------------------|
| Ag. F. = | 715 | kg | Corrección del Agregado Fino |
| Ag. G. = | 901 | kg | corrección del Agregado Grueso |

9.2 Por Absorción

| | | | |
|----------|-------|----|--------------------------------|
| Ag. F. = | 18.36 | kg | Corrección del agregado Fino |
| Ag. G. = | 1.42 | kg | Corrección del agregado Grueso |
| Σ = | 19.79 | kg | Agua libre |
| Σ = | 19.79 | lt | Agua libre |

10. Agua Efectiva

| | | | |
|-----------|--------|----|--|
| Ag. Ef. = | 185.21 | kg | Agua efectiva Por m ³ De Concreto |
| Ag. Ef. = | 185.21 | lt | Agua efectiva Por m ³ De Concreto |

11. Cemento Efectivo

| | | | |
|----------|-------|----|---|
| C. Ef. = | 487.4 | kg | Cemento Efectivo por m ³ De Concreto |
|----------|-------|----|---|

12. Proporciones

12. 1 Por Pesos

| | | | |
|-----------|------|----|-----------------|
| c. = | 1.00 | kg | Cemento |
| Ag. F. = | 1.47 | kg | Agregado Fino |
| Ag. Gr. = | 1.85 | kg | Agregado Grueso |
| a/c = | 0.38 | | Agua |

12. 2 Por Bolsa de Cemento (42.5kg)

| | | | |
|-----------|-------|--------|-----------------|
| c. = | 1.00 | bls | Cemento |
| Ag. F. = | 62.39 | kg/bls | Agregado Fino |
| Ag. Gr. = | 78.57 | kg/bls | Agregado Grueso |
| a/c = | 14.59 | lt/bls | Agua |

12. 3 Para Probetas Cilíndricas

Medidas de las Probetas

| | | |
|-------------|--------|----------------|
| h = | 0.3 | m |
| D = | 0.15 | m |
| Vol. = | 0.0053 | m ³ |
| N = | 9 | |
| Vol Total = | 0.048 | m ³ |

Muestra Patrón

| | | | | | |
|-----------|-------|----|-----------------|---------|---------|
| c. = | 25.73 | kg | Cemento | aditivo | |
| Ag. F. = | 32.56 | kg | Agregado Fino | 3% | 0.77 kg |
| Ag. Gr. = | 42.44 | kg | Agregado Grueso | 5% | 1.29 kg |
| a/c = | 8.83 | lt | Agua | 10% | 2.57 kg |
| | | | | 15% | 3.86 kg |

13. Reemplazo del Cemento Por Peso

Muestra Patrón + 3%NS

| | | | |
|-----------|-------|------|-----------------|
| NS = | 0.77 | kg | Nanosilice |
| c. = | 24.96 | kg | Cemento |
| Ag. F. = | 32.56 | kg | Agregado Fino |
| Ag. Gr. = | 42.44 | kg | Agregado Grueso |
| a/c = | 8.83 | agua | Agua |

Muestra Patrón + 3%NS + 5% CV

| | | | |
|-----------|-------|------|-----------------|
| CV = | 1.29 | kg | Ceniza Volante |
| NS = | 0.77 | kg | Nanosilice |
| c. = | 23.67 | kg | Cemento |
| Ag. F. = | 32.56 | kg | Agregado Fino |
| Ag. Gr. = | 42.44 | kg | Agregado Grueso |
| a/c = | 8.83 | agua | Agua |

Muestra Patrón + 3%NS + 10% CV

| | | | |
|-----------|-------|------|-----------------|
| CV = | 2.57 | kg | Ceniza Volante |
| NS = | 0.77 | kg | Nanosilice |
| c. = | 22.39 | kg | Cemento |
| Ag. F. = | 32.56 | kg | Agregado Fino |
| Ag. Gr. = | 42.44 | kg | Agregado Grueso |
| a/c = | 8.83 | agua | Agua |

Muestra Patrón + 3%NS + 15% CV

| | | | |
|-----------|-------|------|-----------------|
| CV = | 3.86 | kg | Ceniza Volante |
| NS = | 0.77 | kg | Nanosilice |
| c. = | 21.10 | kg | Cemento |
| Ag. F. = | 32.56 | kg | Agregado Fino |
| Ag. Gr. = | 42.44 | kg | Agregado Grueso |
| a/c = | 8.83 | agua | Agua |