



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un
concreto con adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos
rígidos, Lima 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Salazar Lluen, Jaime Alex (orcid.org/0000-0003-4664-6475)

ASESOR:

Dr. Villegas Martinez, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO, 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: "Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con adición de microsilíce y nanosilíce para pavimentos rígidos, Lima 2023", cuyo autor es SALAZAR LLUEN JAIME ALEX, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, 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, 19 de Agosto del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO DNI: 08584295 ORCID: 0000-0002-4926-8556	Firmado electrónicamente por: CVILLEGASM el 20- 08-2024 11:40:17

Código documento Trilce: TRI - 0861933



Declaratoria de originalidad del autor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, SALAZAR LLUEN JAIME ALEX 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 el Proyecto de Investigación titulado: "Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilíce y nanosilíce para pavimentos rígidos, Lima 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Proyecto de Investigación:

1. No ha sido plagiado 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 publicado, ni presentado 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
JAIME ALEX SALAZAR LLUEN DNI: 47836807 ORCID: 0009-0004-9322-6144	Firmado electrónicamente por: JASALAZARL el 05-12- 2023 11:00:01

Código documento Trilce: TRI - 0683938

Dedicatoria

Quiero expresar mi agradecimiento a mi familia por su apoyo constante y amor incondicional, dedicando este trabajo a ellos con todo mi cariño. Su fe en mí ha sido una fuente constante de inspiración y apoyo, ayudándome a avanzar en este trayecto académico. Agradezco profundamente su presencia y respaldo incondicional.

Agradecimiento

Estoy agradecido por Dios que ha iluminado mi camino y me ha proporcionado la fortaleza para enfrentar y superar los obstáculos. Su influencia en mi vida ha sido un regalo invaluable, y su orientación espiritual ha sido una fuente de inspiración para lograr mis objetivos con convicción y determinación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	11
III. RESULTADOS	27
IV. DISCUSIÓN.....	38
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	
ANEXOS	

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables	
Anexo 2. Matriz de consistencia	
Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos	
Anexo 4. Resultados de laboratorio	
Anexo 5. Reporte de similitud de Turnitin	
Anexo 6. Panel fotográfico.....	

Índice de tablas

Tabla 1. Cantidad de probetas del ensayo de compresión	16
Tabla 2. Cantidad de vigas de concreto del ensayo de flexión	16
Tabla 3. Análisis granulométrico del agregado grueso	20
Tabla 4. Análisis granulométrico del agregado fino	20
Tabla 5. Peso unitario suelto del agregado grueso.....	21
Tabla 6. Peso unitario compactado del agregado grueso.....	22
Tabla 7. Peso unitario suelto del agregado fino	22
Tabla 8. Peso unitario compactado del agregado fino	22
Tabla 9. Gravedad específica y absorción de agregado grueso	23
Tabla 10. Peso específico y absorción de agregado fino.....	23
Tabla 11. Resultados de consistencia del concreto	27
Tabla 12. Prueba de normalidad de resultados de consistencia de mezclas.....	27
Tabla 13. Resultados de prueba de hipótesis del objetivo específico 1	28
Tabla 14. Resultados de Resistencia Compresión del concreto	29
Tabla 15. % promedio de resistencia alcanzada con respecto al F'C diseño (280 kg/cm ²)	30
Tabla 16. Resultados de Resistencia Flexión del concreto.....	31
Tabla 17. Prueba de normalidad de resultados de Resistencia Compresión.....	32
Tabla 18. Prueba de normalidad de resultados de Resistencia Flexión	33
Tabla 19. Resultados de prueba de hipótesis de la Resistencia Compresión	33
Tabla 20. Resultados de prueba de hipótesis de la Resistencia Flexión	33
Tabla 21. Costo unitario por m ³ de concreto patrón f'c=280kg/cm ²	34
Tabla 22. Costo unitario por m ³ de concreto f'c=280kg/cm ² con 7.5% de microsilíce	35
Tabla 23. Costo unitario por m ³ de concreto f'c=280kg/cm ² con 10% de microsilíce	35
Tabla 24. Costo unitario por m ³ de concreto f'c=280kg/cm ² con 12.5% de microsilíce	35
Tabla 25. Costo unitario por m ³ de concreto f'c=280kg/cm ² con 1% de nanosilíce	36

Tabla 26. Costo unitario por m ³ de concreto f' _c =280kg/cm ² con 2% de nanosílice	
.....	36
Tabla 27. Costo unitario por m ³ de concreto f' _c =280kg/cm ² con 3% de nanosílice	
.....	36

Índice de figuras

Figura 1. Curva Granulométrica de agregado grueso	20
Figura 2. Curva Granulométrica de agregado fino.....	21
Figura 3. Comparación de Resistencia Compresión de diseños de mezcla	29
Figura 4. Comparación de Resistencia Flexión de diseños de mezcla.....	32
Figura 5. Comparación de precio por m ³ de diseños de mezcla	37

Resumen

Este estudio examina la cuestión de mejorar las características físico-mecánicas del concreto para pavimentos rígidos a través de la incorporación de microsílíce (MS) y nanosílíce (NS). El objetivo principal fue comparar el impacto de estos aditivos en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión, y viabilidad económica del concreto. Se empleó una metodología experimental, en la cual se prepararon diferentes mezclas de concreto con concentraciones variables de MS (7.5%, 10% y 12.5%) y NS (1%, 2% y 3%). Los hallazgos clave mostraron que la incorporación de NS tuvo un impacto notable en el aumento de la resistencia a la compresión alcanzando hasta un 112,11% de la resistencia de diseño con un 3% de NS, en comparación con un 108,19% con un 12,5% de MS. Además, la NS incrementó la trabajabilidad del concreto, mientras que la MS la redujo. En términos de costos, el uso de NS y MS incrementó el costo por metro cúbico del concreto, siendo más notable con mayores concentraciones de MS. Como conclusión se sugiere que, aunque ambos aditivos contribuyen a la mejora de las cualidades mecánicas del concreto, la NS resulta ser más eficiente y adaptable para optimizar tanto la resistencia como la facilidad de manejo del material.

Palabras clave: Microsílíce, Nanosílíce, Concreto, Resistencia a la compresión, Pavimentos rígidos.

Abstract

This study examines the issue of improving the physical-mechanical properties of concrete for rigid pavements through the incorporation of microsilica (MS) and nanosilica (NS). The primary objective was to compare the impact of these additives on workability, compressive strength, and flexural strength, as well as the economic feasibility of the concrete. An experimental methodology was used, where different concrete mixtures were prepared with varying concentrations of MS (7.5%, 10%, and 12.5%) and NS (1%, 2%, and 3%). Key findings showed that the addition of NS had a notable impact on increasing compressive strength, reaching up to 112.11% of the design strength with 3% NS, compared to 108.19% with 12.5% MS. Additionally, NS increased the workability of the concrete, while MS reduced it. In terms of costs, the use of NS and MS increased the cost per cubic meter of concrete, with a more significant effect at higher concentrations of MS. In conclusion, it is suggested that although both additives contribute to improving the mechanical properties of concrete, NS proves to be more efficient and adaptable in optimizing both strength and workability of the material.

Keywords: Microsilica, Nanosilica, Concrete, Compressive strength, Rigid pavements.

I. INTRODUCCIÓN

La creación de una red vial se posiciona como un componente fundamental de la infraestructura que impulsa la actividad económica de una nación. La rápida urbanización se ha convertido en una característica cada vez más problemática del desarrollo económico, demandando la expansión de instalaciones de transporte que sean capaces de atender las demandas de transporte de una población en constante crecimiento a nivel mundial. Por consiguiente, se vuelve imperativo construir carreteras nuevas, duraderas y de alta calidad que conecten los centros urbanos con las áreas en expansión y otras localidades. Sin embargo, los ingenieros de carreteras enfrentan varios problemas, y entre estos, los que ocurren durante la puesta en marcha del concreto son especialmente críticos, ya que su aparición puede generar complicaciones más complejas. Por ende, es esencial se tomen decisiones informadas acerca de las medidas de control, propongan soluciones eficaces, identifiquen las causas de los problemas y definan acciones preventivas para evitar recurrencias y anticiparse a los efectos de problemas no controlados (Mancy, Abdulrahman y Sahib, 2017, p. 12).

India es un país en proceso de desarrollo que enfrenta la necesidad de construir nuevos pavimentos para impulsar el crecimiento económico y social. En la actualidad, los pavimentos de concreto ofrecen una mayor vida útil y durabilidad en contraste con otras clases de superficies de pavimento, como el asfáltico. Países como Estados Unidos, Reino Unido, Japón, Francia, entre otros, están construyendo extensamente carreteras de concreto en todo el mundo. De este modo, los pavimentos de concreto podrían representar una opción más amigable con el medio ambiente, requerir menos mantenimiento y ofrecer una alta resistencia, entre otros beneficios (Dipkanta, Biswas, Shubham y Sinha, 2023, p. 2).

Los pavimentos rígidos, en general, presentan una durabilidad que oscila entre los 30 y 40 años, e incluso algunos pueden considerarse de duración indefinida, siempre que mantengan su integridad estructural. Cuando se diseñan y construyen de manera adecuada, las carreteras de concreto tienen la capacidad de extender la longevidad de la estructura y reducir los costos de mantenimiento (Faheem, Barkri, Abd, Mohd, Saafi, Putra y Mohamed, 2022, p. 2).

Asimismo, el concreto es un componente esencial en la construcción, siendo la base fundamental para la creación de pavimentos rígidos. En investigaciones recientes llevadas a cabo tanto en Estados Unidos como en India, se ha decidido implementar la utilización de Materiales Cementosos Suplementarios (MCS) en la tecnología del concreto, que son materiales sólidos que han sido minuciosamente pulverizados y se emplean para reemplazar parte del cemento en una mezcla de concreto. Algunas muestras significativas incluyen el humo de sílice, las cenizas provenientes de la cáscara de arroz y las cenizas volantes, etc. Estos materiales sostenibles presentan diversas propiedades puzolánicas que alteran la reacción química en el concreto (Busari, Dahunsi y Akinmusuru, 2019, p. 2).

El vertiginoso progreso en la tecnología relacionada con nuevas materias primas para aditivos y complementos posibilita la fabricación de concretos con propiedades de resistencia y durabilidad notablemente mejoradas. Tal como indica el MTC (2020) de Perú, en el año 2019 se había alcanzado un avance del 75 % en la ejecución de obras relacionadas con pavimentos asfálticos en la red vial. Sin embargo, en el país aún no se ha adoptado el uso de pavimentos rígidos fabricados a partir de materiales reutilizados. No obstante, se destaca que los pavimentos rígidos elaborados con otros tipos de materiales presentan ventajas operativas, económicas y ambientales notables. Esto incluye la posibilidad de incorporar materiales de sílice en futuros proyectos, lo que contribuiría a mejorar la composición estructural de los pavimentos (Zorrilla, 2020, p.11).

En Lima, los desafíos que enfrenta en cuanto a la durabilidad y resistencia de su infraestructura vial son significativos. Un claro ejemplo de ello es la carretera que sirve como vía principal de transporte entre Huacho y Lima. Es preocupante notar que, apenas tres años después de su inauguración, ya se evidencian problemas en el pavimento, lo que sugiere posibles deficiencias en la excelencia de los recursos utilizados como en la realización del proceso constructivo. Este panorama genera inquietudes considerables en términos de seguridad vial en la ciudad, especialmente dado que esta vía es frecuentada por buses interprovinciales y otros vehículos de gran envergadura. Estas problemáticas subrayan la necesidad de una revisión y transformación significativa en los métodos de planificación, edificación y conservación de las obras viales en Lima.

Dada esta circunstancia, surge el siguiente problema **de investigación**: ¿Cuál es el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos en Lima en 2023? Además, se plantean los siguientes problemas específicos: ¿Cómo afecta la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la consistencia de un concreto para pavimentos rígidos en Lima en 2023?; ¿Cómo afecta la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto para pavimentos rígidos en Lima en 2023? y; ¿Cuál es la viabilidad técnica-económica de los concretos con adición de microsílíce y nanosílíce?

A continuación, se presentan las **justificaciones** del estudio desde diversas perspectivas: Desde una perspectiva práctica, esta indagación se destacó como un componente crucial, ya que proporcionó información vital para optimizar la longevidad y la robustez de las estructuras de pavimentación, con beneficios económicos a largo plazo derivados de la reducción de la frecuencia de las restauraciones y reconstrucciones. Este conocimiento fue esencial para el desarrollo de prácticas técnicas de ingeniería de alta calidad, proporcionando a los profesionales los instrumentos necesarios para aumentar la efectividad y el rendimiento en la construcción y el mantenimiento de las superficies de pavimentación.

Desde una perspectiva metodológica, esta investigación se sustentó en métodos cuantitativos y se basó en un diseño experimental estricto, lo que permitió establecer pautas precisas para la dosificación y aplicación óptima de microsílíce y nanosílíce en la mezcla de concreto, optimizando así su rendimiento. Además, contribuyó al desarrollo sostenible al fomentar prácticas respetuosas con el medio ambiente y establecer un equilibrio entre las infraestructuras y la naturaleza.

Teóricamente, la investigación amplió el entendimiento de las propiedades mecánicas y del comportamiento del concreto cuando se incorpora microsílíce (MS) y nanosílíce (NS), expandiendo de manera notable el conocimiento fundamental en el ámbito de la ingeniería de materiales y creando oportunidades innovadoras para futuras investigaciones y avances tecnológicos. Además, se benefició del respaldo de teorías y regulaciones tanto a nivel nacional como internacional que aseguraron

la precisión de las evaluaciones y su aplicación efectiva en el campo del diseño y la edificación de carreteras.

Para resolver estas problemáticas el **objetivo general** radica en realizar un análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos. Asimismo, este objetivo general se desglosa en objetivos específicos que comprenden: Determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en las propiedades físicas de un concreto para pavimentos rígidos; determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto para pavimentos rígidos y; determinar la viabilidad técnica-económica de los concretos con adición de microsílíce y nanosílíce.

Con respecto a los resultados esperados, se formula la hipótesis general de que la adición de microsílíce y nanosílíce a un concreto para pavimentos rígidos proporciona propiedades físico-mecánicas superiores en comparación con el concreto convencional. Además, se proponen hipótesis específicas: La inclusión de microsílíce y nanosílíce a un concreto para pavimentos rígidos mejora su consistencia en comparación con el concreto convencional; la inclusión de microsílíce y nanosílíce a un concreto para pavimentos rígidos aumenta su resistencia a la compresión y flexión en comparación con el concreto convencional y; los concretos con adición de microsílíce y nanosílíce son más económicos en comparación con el concreto convencional.

Con respecto a los **antecedentes** que respaldan el estudio, en el contexto internacional se presenta a Davoodi et al. (2022), quienes buscaron mejorar el rendimiento global del "pavimento semiflexible" (SFP), concretamente su resistencia al agrietamiento, mediante la incorporación de NS y polvo de caucho, son analizados a la luz del contexto internacional que sustenta su investigación. Utilizando metodologías de ensayo basadas en el comportamiento a la flexión a baja temperatura, la fatiga por flexión en cuatro puntos y el ahuellamiento, se comparó el comportamiento del SFP modificado (MSFP) con el del SFP convencional (CSFP). La adición de NS a la mezcla de asfalto poroso dio lugar a una mejora de la rigidez del 64 por ciento, según los resultados descubiertos. Del mismo modo, demostraron que la porosidad residual media de las muestras era del

2,1% y del 5%, respectivamente, y que la estabilidad dinámica de la muestra MSFP mejoraba en un 83,9%. La RF a baja temperatura y la deformación mejoraron en un 38 y un 43%, respectivamente, y la durabilidad ante la fatiga y la resistencia al desgaste del MSFP fueron notablemente superiores en comparación con el CSFP.

En su estudio, Rahimzadeh, Salih y Barzinjy (2022) investigaron el impacto de la sílice de tamaño micro y nano en la RC de la pasta de cemento. Utilizando varios modelos matemáticos, este estudio contrasta la resistencia de pastas de cemento preferentemente sustituidas con MS y NS. Como variables de entrada que inciden en la resistencia a compresión (RC), los procesos de modelización consideraron las variables más significativas, como el tiempo de curado, que varió de 3 a 90 días, el ratio A/C, que osciló entre 0,4 y 0,85, y la NS, que osciló entre 0 y 15%. El contenido de MS fluctuó entre 0% y 40% dependiendo de la cantidad de cemento utilizada. La CR del material de cemento modificado con NS y DM se modeló utilizando cuatro modelos distintos, abarcando el modelo de regresión lineal, el de regresión no lineal, el de regresión multilogística y el de red neuronal artificial. Los resultados revelaron que la NS tenía un impacto un 6,3% mayor en la RC de la pasta de cemento que la MS.

En contraste, Davoodi et al. (2021) pretendieron utilizar "polvo de caucho" (PR) para aproximar la "rigidez del mortero de cemento" a la del "concreto asfáltico poroso" con el fin de reducir el riesgo de "agrietamiento térmico". Se emplearon principalmente análisis mecánicos y microscopía electrónica de barrido. Importantes resultados demostraron que los cambios en la densidad de los morteros que contenían un 1,5% de nano sílice (NS) no mostraban una trayectoria regular, ya que el alto porcentaje disminuía la fluidez, aumentando así la concentración y la densidad. La adición de 0,5%, 1% y 1,5% de NS a morteros que contenían 5% de RP disminuyó la RC en un 32,8%, 27% y 18,8%, correspondientemente, mientras que la adición de 0,5%, 1% y 1,5% de NS a morteros que contenían 10% de RP aumentó el módulo elástico en un 5,36%, 7,7% y 10,89%, respectivamente. En conclusión, afirmaron que la incorporación de 0,5% a 1% de NS podía evitar la pérdida de fluidez y aumentar la contracción por secado en la matriz

En una línea similar, Pandey y Kumar (2020) evaluaron la viabilidad de la ceniza de paja de arroz (RSA) y la MS como puzolanas para pavimentos rígidos. Para lograr su objetivo, realizaron varios experimentos con la pasta cementante, incluyendo la consistencia normal, el tiempo de curado, la resistencia y el estudio mediante DRX. Debido a su efecto sinérgico, la RC de los cubos de mortero aumentó al aumentar la proporción de DM del 5% al 7,5%, mientras que la proporción de RSA se mantuvo constante. Por el contrario, las pastas OPC-RSA-MS mostraron una disminución del tiempo de fraguado inicial que osciló entre 0 y 10,3% y un aumento del tiempo de fraguado final que osciló entre 6,7% y 20,5% en comparación con la pasta de control. En consecuencia, concluyeron que tanto la MS como la RSA mejoraban considerablemente la resistencia del concreto a la absorción de agua, la infiltración de cloruros, la influencia de los ácidos y el curado rápido mediante carbonatación.

En el contexto de nacional, es pertinente mencionar el estudio realizado por Briones y Romero (2023), en el que se evaluó el efecto de la MS y la NS sobre la RC del concreto con un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. La investigación preveía la realización de experimentos sobre una muestra de sesenta especímenes de acuerdo con las especificaciones del Reglamento Nacional de Edificación (RNE). Los resultados revelaron que la adición de 5% y 7,5% de DM aumentaba la potencia en 1,14 y 2,31%, respectivamente. Del mismo modo, la incorporación de 5% y 7,5% de MS con 1,5% de NS tuvo un efecto positivo sobre la resistencia, mientras que el 3,0% de NS tuvo un efecto negativo sobre la resistencia. Cabe destacar que la combinación de 5,00% y 7,50% de MS con 1,50% de NS produjo ganancias de 1,14%, 2,31% y 91,65%, de forma respectiva. Llegaron a la conclusión de que agregar MS incrementó la RC del concreto entre un 5% y un 10%, mientras que la adición de NS aumentó la resistencia entre un 10% y un 20%.

Meja (2022) buscó investigar la función del MS como aditivo en el cemento para reducir la permeabilidad en hormigones de resistencia alta. Para lograr este objetivo, se implementó una metodología correlacional fundamentada en un diseño experimental. Los resultados más significativos demostraron que la opción óptima para reducir la penetración de cloruro en el concreto es una dosificación de 10% de MS. Además, esta dosificación exacta demostró ser la más eficaz para evitar la infiltración de agua en el concreto. Cualquier vez que un 10% de MS fue adicionado

en los ensayos de curado, se observa una reducción en la porosidad del concreto. El contrario, una relación a/c de 0.30 y un porcentaje óptimo de MS de 8% fueron consiguientes en relación con una incrementación de la RC del concreto. Como resultado, se pudo concluir que la incorporación de MS al concreto cementoso disminuye su permeabilidad, reduciendo significativamente la penetración de iones cloro, minimizando la penetración de agua, disminuyendo la porosidad y aumentando la RC, transformándolo en un material altamente resistente.

Enciso y Huaman (2019) se examinaron cómo la NS influye en las propiedades del concreto autocompactante, considerando tanto su condición en estado fresco como después de su endurecimiento. Para la consecución de este objetivo, se empleó una metodología aplicada, la cual se fundamentó en un diseño experimental que comprendió varios experimentos, incluyendo escurrimiento, escurrimiento con caja en L y túnel en V. Uno de los resultados más destacables fue que la adición de 1,7% de Nanosílice al árido de 3/8" de Tamaño Nominal Máximo (TMN) produjo la RC más sustancial de 704,20 kg/cm². Junto con el 1,7% de Nanosílice, esta dosificación constituyó una relación 1:1,32:1,30, con una relación peso/volumen (p/vol) efectiva de 0,33. Como resultado, se determinó que la incorporación del 1,7% de NS en el concreto autocompactante, en función de la cantidad de cemento, optimiza las propiedades del material tanto en su estado fresco como una vez endurecido.

Gallardo y Bravo (2023) se propusieron analizar las cualidades físicas y mecánicas del concreto alterado a través del reemplazo del agregado grueso por lana de roca. (LR) y del cemento por NS. Produjeron 540 muestras, incluyendo vigas y probetas, utilizando un enfoque metodológico que combinaba un diseño cuasiexperimental. En cuanto a los resultados, la adición de NS produjo un notable aumento de la caída de hasta 8 pulgadas. Por el contrario, el contenido de aire experimentó un descenso hasta el 0,7% cuando se incorporó 0,8 % NS, aunque aumentó a la par que el LR. Además, a los 28 días, la resistencia a la compresión de C-1 y C-2 aumentó un 37,19% y un 30,53%, respectivamente, cuando se añadió 1,4% de NS. El mismo resultado se observó cuando se añadieron conjuntamente 1,4% de NS y 6% de LR: un aumento del 21,85%. Al incorporar un 1,4% de NS, la resistencia a la tracción (RT) de las muestras se incrementó alrededor de un 24,10%. La flexión aumentó

un 18,84% cuando se aplicó un 1,4% de NS, y un 26,68% cuando se combinó un 1,4% de NS con un 8% de LR. En conclusión, la resistencia mecánica del concreto mejora significativamente cuando se añade un 1,4% de NS junto con un 6% de LR.

Carrasco (2019) investigó la RC y el módulo de rotura (MR) de pavimentos rígidos que incorporan porcentajes determinados de MS (5%, 7,5% y 10%) y poli carboxilato (PCX) (0,5%, 1% y 2%) en la formulación de la mezcla para determinar el grosor de la losa. Utilizando métodos deductivos y un diseño experimental, la metodología fue descriptiva, correlacional y explicativa. La muestra consistió en 150 especímenes para evaluar la RC y 20 vigas para calcular el MR correspondiente a cada fórmula de mezcla. En contraste con la muestra de referencia, que tenía una RC de 315 kg/cm², la adición de un 10% de MS y un 1% de PCX a la mezcla produjo un aumento significativo de la RC, que alcanzó los 988,25 kg/cm². Esta conclusión resalta la efectividad de esta fórmula para optimizar las cualidades mecánicas del concreto empleado en pavimentos rígidos.

En cuanto a las **bases teóricas** de las propiedades físico-mecánicas variables del concreto, Pastrana-Ayala et al. (2019) describen el concreto como una combinación de un material aglutinante, agregados gruesos y finos, agua y aditivos particulares según la aplicación; cuando esta combinación se solidifica, resulta en una sustancia compacta capaz de resistir elevadas presiones durante un período prolongado. Siendo el segundo material más empleado en el sector de la construcción, actúa como fundamento esencial para la creación de una variedad de estructuras. Este material tiene una amplia gama de aplicaciones, incluyendo losas, columnas, vigas y fachadas para estructuras, así como puentes, pavimentos y túneles para el transporte.

Respecto a las características principales del concreto, como su RF, Morales et al. (2021) sostienen que esta capacidad evalúa la deformación del concreto al ser expuesto a diferentes niveles de presión previamente establecidos. Para determinar este atributo, se utiliza la prueba de RF, en la que se someten vigas de concreto a dos ensayos de carga distintos de acuerdo con las normas ASTM, con la carga colocada en 2/3 y en el centro de la viga, respectivamente.

Según Briceo y Marcos (2019), los ensayos de FC proporcionan información vital sobre la capacidad del concreto para soportar cargas externas o pesos aplicados. Durante estos ensayos, se registra la deformación encontrada por el concreto en respuesta a la carga, permitiendo evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga, así como evaluar su RC y ductilidad. Esta cualidad es crucial para el diseño y la edificación de infraestructuras, ya que garantiza que el concreto tiene la resistencia necesaria a las tensiones y fuerzas sin fracturarse.

En cuanto a la propiedad de RC, Huamán (2019) señala que generalmente se considera como una medida de su productividad. Este componente del concreto debe ser investigado porque es el elemento clave para establecer la robustez del material a las cargas que alteran su forma. Especifica si una combinación concreta cumple o no los requisitos de un proyecto específico. El concreto resiste excepcionalmente bien las presiones de compresión. Por ello, es apropiado para construir arcos, columnas, presas, cimientos y revestimientos de túneles. Para la determinación se utilizan muestras cilíndricas de concreto nuevo. A continuación, el material se somete a ensayos de compresión a diferentes edades. La RC generalmente se evalúa en un intervalo de tiempo diferente al de 28 días; esto se proporciona sólo con fines informativos. Las edades más frecuentes en este contexto son 1, 3, 7, 14, 90 y 360 días.

En cuanto a la propiedad de consistencia del concreto, Ganesh y Jagadeesh (2022) se refieren a la fluidez y trabajabilidad del material fresco. Indica la sencillez con la que el concreto puede mezclarse, colocarse, compactarse y moldearse sin una segregación o exudación excesivas. Una consistencia adecuada garantiza que el concreto sea práctico y pueda colocarse eficazmente en la obra, conservando al mismo tiempo sus propiedades deseables una vez endurecido. La medición y el control de la consistencia son necesarios para garantizar que el concreto cumple las especificaciones de diseño y que la estructura final es resistente y duradera.

Según Torelli et al. (2020), la prueba de asentamiento, que también se denomina prueba de slump, se trata de una prueba crucial para verificar la homogeneidad del concreto en su estado líquido antes de que comience a endurecerse. La finalidad principal de esta prueba es evaluar la facilidad con la que se puede manejar el

concreto, lo que implica a su habilidad para ser manejado, vertido y compactado de manera adecuada.

Cajavilca y Calderón (2022) señalan, en relación con las variables MS y NS, que la MS, también conocida como sílice ultrafina, es un residuo generado durante la fabricación de silicio o ferro silicio en hornos de alta temperatura. Se trata de un polvo fino compuesto principalmente por partículas de sílice cuyo tamaño oscila entre 0,1 y 5 micrómetros. La MS se utiliza en el concreto en dosis mínimas como un aditivo altamente efectivo que aumenta su resistencia, durabilidad y diversas propiedades adicionales. Colabora en la creación de un concreto más compacto y fuerte al facilitar el llenado de los huecos entre las partículas de cemento.

La NS es una sustancia a nano escala constituida principalmente por partículas diminutas de sílice, que varían en tamaño de 1 a 100 nanómetros. Se obtiene a partir de sílice mediante técnicas de reducción del tamaño de las partículas. Se incorpora una cantidad mínima de NS a las combinaciones de cemento con el fin de potenciar sus características. Dado su tamaño a escala nanométrica, presenta una amplia área superficial y una notable capacidad reactiva, lo que facilita una interacción más efectiva con las partículas presentes en el cemento, contribuyendo así a potenciar la resistencia y la durabilidad del concreto.

NORMAS INTERNACIONALES

ASTM C39: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

ASTM C78/C78M: describe la RF como la habilidad del material para soportar fuerzas aplicadas en un plano que provocan su doblado o flexión.

NORMAS NACIONALES

NTP 334.050:2004 Cementos. Cemento Portland blanco tipo 1. Requisitos

NTP 334.083:1997 Cementos. Cementos Portland Adicionados tipos P y S

NTP 334.018 Análisis químico, anhídrido carbónico

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo, enfoque y diseño de investigación

Tipo de investigación

Un análisis aplicado pretende desarrollar una solución eficaz a los problemas identificados (Veiga et al., 2008). En este contexto, el estudio aplicado se enfoca en realizar una comparación de las cualidades físico-mecánicas de un tipo específico de concreto. El propósito de este análisis, que se basa en datos concretos y observaciones prácticas, fue demostrar la eficacia de la adición de microsílíce y nanosílíce al concreto para pavimentos rígidos, así como cualquier mejora potencial.

Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo se distingue por la recolección de información numérica y el uso de métodos estadísticos para analizar y explicar el tema investigado. Además, busca identificar conexiones de causa y efecto, así como pautas y consistencias a través de la evaluación objetiva de factores y el estudio numérico de la información (Hernández et al., 2018). Debido a la característica de la investigación experimental, que involucra el manejo controlado de variables, específicamente la adición de diversas proporciones de microsílíce y nanosílíce en el concreto, se eligió este método para este estudio. Utilizando este método, fue posible cuantificar las propiedades del material y analizar con precisión sus variaciones en función de las concentraciones de estos aditivos

Diseño de la investigación

Según la propuesta de Hernández et al. (2018), la averiguación se llevó a cabo mediante un enfoque experimental. Dentro de esta táctica se encuentra la tarea de mantener el dominio y, en ciertas situaciones, ajustar los principios de las variables independientes para investigar los factores que impactan en los comportamientos identificados en las variables dependientes. Esta metodología fue seleccionada debido a la necesidad de controlar y manipular con precisión las variables investigadas, a saber, la

presencia y cantidad de MS y NS en la composición del concreto. Realizando estas manipulaciones de forma controlada en un laboratorio especializado, se pretende investigar el impacto de estas adiciones sobre las cualidades físicas y mecánicas, apoyando con datos concretos y observaciones detalladas la eficacia y potenciales mejoras que se pueden obtener incorporando microsílíce y nanosílíce en pavimentos rígidos.

Nivel de investigación

El alcance explicativo se enfoca en entender las conexiones de causa y efecto que subyacen a un fenómeno específico. Además, se concentra en analizar por qué ocurren ciertos eventos y cómo se relacionan, buscando establecer conexiones causales y explicar los resultados observados (Arias, 2011). En este contexto, el estudio pertenece al nivel explicativo, ya que intentó comprender y esclarecer cómo la incorporación de MS y NS afecta los atributos del concreto. Examinando la conexión entre la incorporación de estos aditivos y las alteraciones observadas, este estudio también intentó descubrir las causas de las diferencias observadas en estas cualidades.

2.2. Variables

Las variables son las características y peculiaridades con las que se identifica una persona, a pesar de que pueden ser modificadas por circunstancias y medios. Según Monje (2011), las variables pueden dividirse en dos categorías: variables independientes, que no se ven afectadas por otros factores, pero pueden influir en otras variables, y variables dependientes, que se ven afectadas por las variables independientes y explican los cambios observados en ellas.

Variables independientes: Microsílíce y nanosílíce

Definición conceptual

La MS se conceptualiza como partículas de sílice de tamaño microscópico que se emplean para potenciar las características físicas y mecánicas de una variedad de materiales y usos. Por el contrario, las NS son diminutas

partículas de sílice que se utilizan para mejorar las características de los materiales.

Definición operacional

La operacionalización de las variables requiere la medición precisa de aspectos particulares relativos a las propiedades físicas y la dosificación de la microsílice y la nanosílice. En este contexto, se consideran las dimensiones de características físicas y dosificación. Estas mediciones y cuantificaciones se llevarán a cabo utilizando hojas de observación como instrumentos, lo que permitió registrar y evaluar sistemáticamente las características físicas y la dosificación de ambas sustancias en el contexto del estudio.

Indicadores

Como dimensiones, se examinó su análisis granulométrico, peso unitario y específico, así como su contenido de humedad. Por otro lado, para la microsílice, se contemplarán dimensiones de dosificaciones del 7.5%, 10.0% y 12.5%, mientras que para la nanosílice se estudiarán las dimensiones de dosificaciones del 1.0%, 2.0% y 3.0%. Estos indicadores permitirán comprender y comparar el comportamiento de ambos tipos de sílice en diferentes condiciones de aplicación.

Escala de medición

En la dimensión del análisis de las características físicas, se emplea una escala de medición de razón, lo que permite una cuantificación precisa de los datos, facilitando la comparación y el cálculo de relaciones proporcionales entre las medidas. Por otro lado, en el estudio de la dimensión de dosificación, se utiliza una escala nominal, que se enfoca en la clasificación o identificación de las diferentes categorías de dosificación sin establecer un orden específico entre ellas.

Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas de un concreto

Definición conceptual

Las propiedades físico-mecánicas del concreto se refieren a su estructura, resistencia, durabilidad, elasticidad, densidad, absorción de agua y otras características que influyen en su respuesta a las tensiones y condiciones externas.

Definición operacional

La definición operativa de las propiedades físico-mecánicas del concreto abarca la evaluación de su consistencia mediante técnicas y equipos específicos, la medición de la RC y a la RF, y, finalmente, el análisis de la viabilidad técnica y económica de los concretos que contienen MS y NS.

Indicadores

Los indicadores incluyen el asentamiento, que refleja la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, así como el esfuerzo de compresión y el esfuerzo de flexión, ambos expresados en kg/cm². Estos indicadores son cruciales para medir la fortaleza y la capacidad estructural del concreto, además de su desempeño bajo diferentes cargas y su habilidad para resistir tanto la compresión como la flexión. Asimismo, se analizaron los costes individuales por metro cúbico de hormigón para examinar la factibilidad técnica y financiera de la utilización de MS y NS en contraste con un grupo de control. Este análisis abarcó una evaluación exhaustiva de los gastos asociados con la compra y el procesamiento de estos aditivos, además de su efecto en el desempeño y las cualidades mecánicas del concreto.

Escala de medición

Para el asentamiento, se utiliza una escala ordinal, la cual clasifica los distintos niveles de consistencia del concreto sin establecer una magnitud específica o medida cuantitativa entre ellos. En cambio, para la evaluación

de la RC y RF del concreto, se emplea una escala de intervalo, que permite la cuantificación precisa de las magnitudes y la evaluación de las diferencias proporcionales entre los valores registrados. Finalmente, al considerar la viabilidad técnica y económica, se utiliza una escala de razón, la cual es la más apropiada para medir costos unitarios por metro cubico, ya que permite no solo ordenar y medir diferencias, sino también realizar operaciones aritméticas, gracias a su punto cero verdadero. En la escala de razón, se pueden multiplicar y dividir valores, lo que es fundamental para el análisis económico.

2.3. Población y muestra

Población

Según López (2004), se define como el conjunto total de elementos que poseen características comunes dentro de un contexto específico, que puede referirse a un lugar, un tema, un grupo o una entidad, entre otras posibilidades, y puede ser tanto finita como infinita. En el ámbito de este análisis, el foco estará en las muestras de concreto, específicamente probetas y vigas con una capacidad de carga diseñada de 210 kg/cm². Estas muestras serán sometidas a pruebas de acuerdo con los criterios definidos en la matriz operativa (ver Anexo 1).

Muestra

Según Sánchez y Murillo (2021), una muestra se describe como una porción representativa de un grupo más grande, seleccionada para capturar de manera precisa las características y variaciones del grupo total. En esta investigación experimental, se utilizó una muestra de 96 especímenes que comprende un total de siete diseños de mezcla distintos. Estos diseños varían con respecto a la presencia de aditivos, como la microsílíce, en diversas proporciones (7,5%, 10,0% y 12,5%), así como concentraciones de nanosílíce (1,0%, 2,0% y 3,0%). Además, se proporciona un diseño de patrón correspondiente a un concreto con un diseño f'c de 280 kg/cm².

Tabla 1. Cantidad de probetas del ensayo de compresión

Descripción	7 días	14 días	28 días
Patrón	3	3	3
7.5% MS	3	3	3
10.0% MS	3	3	3
12.5% MS	3	3	3
1.0% NS	3	3	3
2.0% NS	3	3	3
3.0% NS	3	3	3
Subtotal	18	18	18
TOTAL	54		

Tabla 2. Cantidad de vigas de concreto del ensayo de flexión

Descripción	7 días	14 días	28 días
Patrón	2	2	2
7.5% MS	2	2	2
10.0% MS	2	2	2
12.5% MS	2	2	2
1.0% NS	2	2	2
2.0% NS	2	2	2
3.0% NS	2	2	2
Subtotal	14	14	14
TOTAL	42		

Muestreo

Para efectuar esta indagación, se empleó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta elección se fundamenta en la capacidad de obtener subgrupos que sean representativos de la población

investigada, como en el caso de las muestras de concreto y vigas. La selección de estos subgrupos se rige por criterios predeterminados basados, en gran parte, en los requisitos mínimos especificados por los lineamientos nacionales e internacionales que rigen los ensayos específicos para cada muestra, se establecen ciertos requisitos mínimos.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Siguiendo la visión de Hernández y colaboradores (2018), los enfoques utilizados en este estudio se basan en la recolección de información de primera mano en el campo y en el análisis de estudios previos, las cuales se apoyan en fundamentos teóricos y experimentales. En cuanto a la metodología de este estudio, se ha decidido centrarse en la observación y el análisis documental.

En cuanto al análisis de documentos en particular, está previsto utilizar las normas técnicas NTP y ASTM. Además, como fuente de información adicional, se utilizarán fuentes secundarias, como información de referencia pertinente y normas internacionales, como las NTP, el ACI y la ASTM.

Instrumentos

Como parte de los instrumentos de investigación, se utilizarán formularios diseñados específicamente para el laboratorio acreditado y certificado donde se llevará a cabo el estudio. Estos documentos de recogida de datos serán diseñados de acuerdo con las especificaciones y lineamientos dictados por las normativas nacionales e internacionales, como las de NTP, ACI y ASTM.

Estas herramientas para recolectar datos son fundamentales para asegurar que la información extraída de las muestras laborales sea exacta, confiable y cumpla con las regulaciones y estándares pertinentes.

- Instrumento 1: Diseño de mezcla
- Instrumento 2: Ensayo de consistencia (Slump)
- Instrumento 3: Ensayo de resistencia a la compresión
- Instrumento 4: Ensayo de resistencia a la flexión

Validez

Siguiendo la perspectiva de Gutiérrez y Diez (2018), es necesario aclarar que, para asegurar la precisión y fiabilidad de los hallazgos derivados del proceso de cálculo, es necesario realizar una etapa de preparación y confirmación de casos que cuenten con la autorización por parte de especialistas en el campo. Así, la validación y el aval de los métodos utilizados se basó en el juicio experto de evaluadores con amplia y ejemplar experiencia en el ámbito de investigación que nos ocupa. La finalidad de esta fase de revisión y validación es garantizar que los instrumentos de medición sean adecuados y pertinentes para el objeto de estudio, lo que, en última instancia, contribuye a la fiabilidad y validez de los datos resultantes.

2.5. Procedimientos

En el contexto de este estudio, se realizó un análisis utilizando un enfoque metodológico específico que incluye evaluaciones experimentales en entornos de laboratorio y la recopilación de información esencial para la averiguación. Con el fin de proporcionar una visión completa y detallada de los procedimientos y pasos que se seguirán, a continuación se describe con mayor profundidad cada fase de este proceso.

Es importante destacar que todos estos procesos fueron ejecutados bajo la dirección de ingenieros expertos en el área y con la asistencia de personal de laboratorio para asegurar que se respeten las regulaciones actuales. Además, cada fase del proceso se fotografió meticulosamente y los datos correspondientes se registraron en los documentos de observación anteriormente mencionados.

Etapa 1: Selección de Materiales

En una primera etapa, se llevó a cabo la obtención y elección de los materiales necesarios para los distintos diseños de mezcla. Se consideraron tanto áridos gruesos como finos para las versiones estándar y modificada del concreto. Estos materiales fueron elegidos basándose en su

disponibilidad y calidad, asegurando que cumplieran con las especificaciones técnicas requeridas para la investigación. La selección rigurosa de los áridos es crucial, ya que tiene un impacto directo en las características mecánicas y la durabilidad del concreto.

Etapa 2: Adquisición de Aditivos

Para optimizar las cualidades del concreto, se obtuvieron aditivos de microsílíce y nanosílíce en un laboratorio especializado. Estos aditivos fueron seleccionados por sus propiedades físicas específicas, registradas en informes técnicos proporcionados por el laboratorio. La MS y NS son conocidos por mejorar la resistencia y durabilidad del concreto, actuando como materiales puzolánicos que reaccionan con el Ca(OH)_2 en la mezcla.

Etapa 3: Ensayos Físicos y Caracterización de Áridos

Se realizaron diversas pruebas físicas y de análisis para caracterizar los agregados, tanto los de partículas pequeñas como los de mayor tamaño, para garantizar su adecuación en la mezcla de concreto. Estos ensayos incluyeron la granulometría, que establece la repartición del tamaño de las partículas; el peso unitario, que mide la densidad aparente de los áridos; y el peso específico, que indica la densidad real del material. Todos estos estudios se realizaron de acuerdo con las regulaciones actuales, asegurando la exactitud y consistencia de los resultados obtenidos.

Análisis granulométrico del agregado grueso y fino (ASTM C-136)

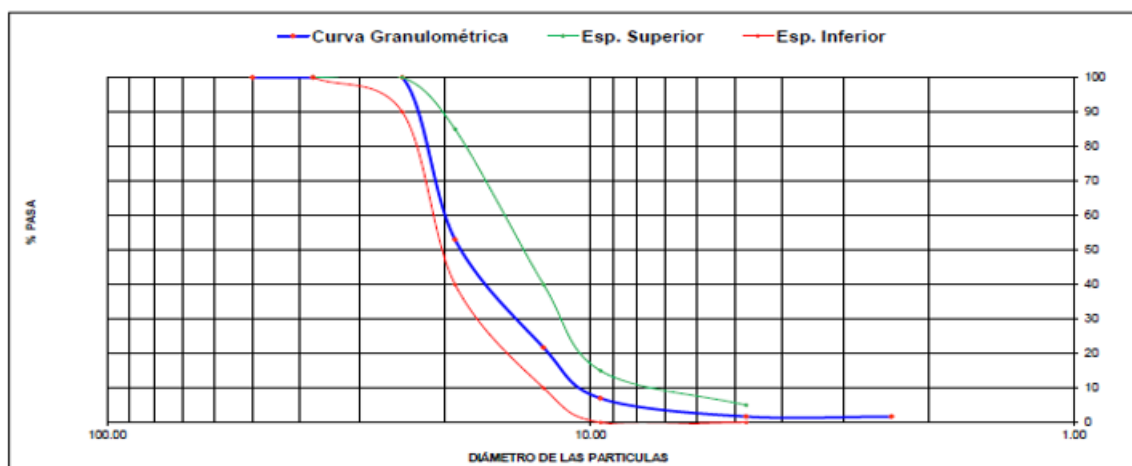
La evaluación del tamaño de las partículas del agregado grueso se realizó siguiendo la normativa ASTM C-136, cuyo propósito es establecer cómo se distribuyen los diferentes tamaños de partículas en el material. Los datos obtenidos provienen de la cantera Trapiche y muestran un material con un %W de 0.5 y un módulo de finura (MF) de 7.35.

En la evaluación granulométrica del agregado fino, el propósito fue identificar la dispersión de los tamaños de las partículas en el material. En este caso, se presenta un %W de 1.4 y un MF de 3.00.

Tabla 3. Análisis granulométrico del agregado grueso

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	HUSO#5
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.05	1012.6	47.0	47.0	53.0	40 - 85
1/2"	12.50	674.7	31.3	78.3	21.7	10 - 40
3/8"	9.53	317.2	14.7	93.0	7.0	0 - 15
N° 4	4.76	115.1	5.3	98.3	1.7	0 - 5
N° 8	2.38	0.0	0.0	98.3	1.7	
N° 16	1.18	0.0	0.0	98.3	1.7	
FONDO	-	36.5	1.7	100.0	0.0	

Figura 1. Curva Granulométrica de agregado grueso

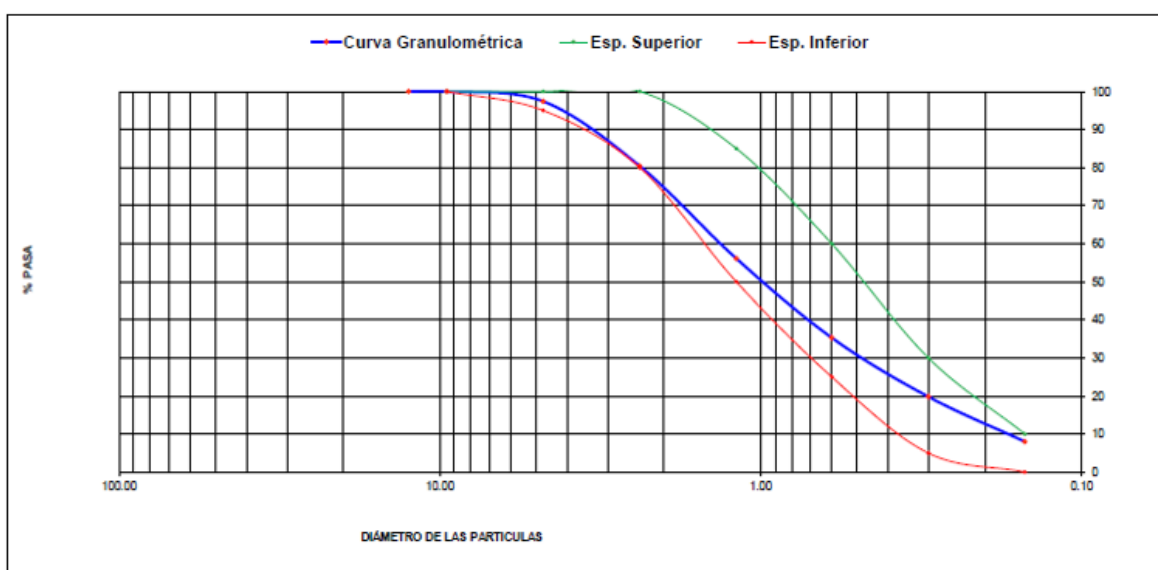


Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA.

Tabla 4. Análisis granulométrico del agregado fino

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C33
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.76	19.5	2.6	2.6	97.4	95 - 100
N°8	2.38	127.6	17.0	19.6	80.4	80 - 100
N°16	1.19	182.5	24.3	43.9	56.1	50 - 85
N°30	0.60	156.2	20.8	64.7	35.3	25 - 60
N°50	0.30	116.5	15.5	80.2	19.8	5 - 30
N°100	0.15	89.0	11.8	92.0	8.0	0 - 10
FONDO	-	60.3	8.0	100.0	0.0	

Figura 2. Curva Granulométrica de agregado fino



Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA.

Peso unitario de agregados (ASTM C-29)

La normativa ASTM C-29 establece métodos normalizados para calcular la densidad de los materiales agregados, lo cual resulta fundamental para asegurar la uniformidad y efectividad en la elaboración de concreto. Aquí se muestran los datos logrados para el peso por unidad suelto y compactado de los materiales pétreos gruesos y finos, empleando muestras concretas designadas como M-1, M-2 y M-3.

Tabla 5. *Peso unitario suelto del agregado grueso*

	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la Muestra + Molde	30605	30684	30633
Peso del Molde	9200	9200	9200
Peso de la Muestra (1 - 2)	21405	21484	21433
Volumen del Molde	14130	14130	14130
Peso Unitario Suelto de la Muestra	1.515	1.519	1.517

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA.

Tabla 6. Peso unitario compactado del agregado grueso

	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la Muestra + Molde	32750	32772	32801
Peso del Molde	9200	9200	9200
Peso de la Muestra (1 - 2)	23550	23572	23601
Volumen del Molde	14130	14130	14130
Peso Unitario Compactado de la Muestra	1.667	1.668	1.67

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Tabla 7. Peso unitario suelto del agregado fino

	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la Muestra + Molde	5958	5963	5937
Peso del Molde	1622	1622	1622
Peso de la Muestra (1 - 2)	4336	4341	4315
Volumen del Molde	2800	2800	2800
Peso Unitario Suelto de la Muestra	1.549	1.55	1.541

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Tabla 8. Peso unitario compactado del agregado fino

	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la Muestra + Molde	6810	6781	6795
Peso del Molde	1622	1622	1622
Peso de la Muestra (1 - 2)	5188	5159	5173
Volumen del Molde	2800	2800	2800
Peso Unitario Compactado de la Muestra	1.853	1.843	1.848

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Gravedad específica y absorción de agregado grueso (ASTM C-127)

Es esencial en el proceso de diseñar mezclas de concreto la evaluación de la gravedad específica y la capacidad de absorción de los materiales pétreos de diferentes tamaños. Estas características tienen un impacto directo en la excelencia y resistencia del concreto, dado que inciden en la cantidad de agua y cemento requerida para obtener una combinación ideal. En esta investigación, se han aplicado los métodos indicados en la normativa ASTM

C-127 para analizar la gravedad específica y la capacidad de absorción de los materiales pétreos de gran tamaño.

Tabla 9. Gravedad específica y absorción de agregado grueso

	M - 1	M - 2	PROMEDIO
Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	1279.5	1317.9	1298.7
Peso muestra Sat. Sup. Seca	1988.4	2042.1	2014.3
Peso muestra Seco	1974.5	2031.9	2003.2
Peso específico Sat. Sup. Seca = $B/(B-A)$	2.81	2.82	2.81
Peso específico de masa = $C/(B-A)$	2.79	2.81	2.8
Peso específico aparente = $C/(C-A)$	2.84	2.85	2.84
Absorción de agua = $((B - C)/C)*100$	0.6	0.5	0.6

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Peso específico y absorción de agregado fino (ASTM C-128)

Es fundamental en el proceso de diseño de las mezclas de concreto la evaluación del peso específico y la capacidad de absorción de los materiales finos, dado que estos factores inciden directamente en la relación entre agua y cemento en la composición, así como en la compactación y resistencia del concreto. La norma ASTM C-128 establece los procedimientos para medir estas propiedades, proporcionando un marco estandarizado para evaluar la calidad de los agregados finos utilizados en la construcción.

Tabla 10. Peso específico y absorción de agregado fino

RESULTADOS	M - 1	M - 2	PROMEDIO
Peso específico de la masa (p.e.m. = $a/(v-w)$)	2.51	2.52	2.51
Peso espec. De masa s.s.s. (p.e.m. s.s.s. = $((2)(5))/(v-w)$)	2.54	2.54	2.54
Peso específico aparente (p.e.a. = $(a/(v-(2)(5)-a))$)	2.58	2.58	2.58
Porcentaje de absorción (%) $[(1/2-5)-a]/a*100]$	1.1	1	1

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Etapa 4: Preparación de Diseños de Mezcla

Se prepararon siete diseños de mezcla distintos, incluyendo un diseño de concreto estándar y seis variaciones modificadas con adiciones de microsílíce y nanosílíce. Se crearon distintos diseños con el fin de analizar cómo influyen estos aditivos en las características del concreto. Las proporciones de los componentes fueron ajustadas meticulosamente para optimizar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de las mezclas.

Etapa 5: Fabricación y Curado de Probetas y Vigas

Las muestras cilíndricas y las vigas de concreto se produjeron de acuerdo con los procedimientos estandarizados para garantizar la uniformidad y la repetibilidad de los resultados. Luego, estas muestras pasaron por un proceso de curado apropiado, esencial para el fortalecimiento de las propiedades mecánicas del concreto. El proceso de curación se llevó a cabo bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, en conformidad con las regulaciones correspondientes.

Etapa 6: Ensayo de Consistencia del Concreto Fresco

Para verificar la homogeneidad del concreto recién preparado en cada fórmula, se llevó a cabo el “ensayo de Slump”. Este ensayo mide la trabajabilidad del concreto, proporcionando una indicación de su fluidez y cohesión. La consistencia adecuada es esencial para garantizar una colocación y compactación eficaces del concreto, especialmente en estructuras complejas.

Etapa 7: Ensayos de Concreto Endurecido

Finalmente, se llevaron a cabo pruebas de compresión y flexión en las muestras de concreto curado y en las vigas a los 7, 14 y 28 días. Estos ensayos fueron aplicados tanto a los diseños de concreto estándar como a los modificados con aditivos. La prueba de compresión evalúa la capacidad del concreto para soportar fuerzas aplicadas en dirección axial, mientras que la prueba de flexión examina su capacidad para resistir fuerzas aplicadas en

dirección transversal. Los resultados de estos ensayos proporcionaron una comprensión integral de las propiedades mecánicas y la manera en que el concreto se comporta cuando se enfrenta a distintas cargas y periodos de curado.

2.6. Método de análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos a través de los instrumentos de investigación se realizó mediante un proceso dividido en varias fases interrelacionadas y complementarias. Primero, se empleó el software Excel para la organización y procesamiento inicial de los datos, alineándolos con los rangos y criterios establecidos por las normas nacionales e internacionales previamente mencionadas. Este procedimiento abarcó la estructuración y clasificación de la información en cuadros, gráficos y tablas estructurados, facilitando así la interpretación clara y concisa de los resultados tanto para el diseño estándar como para el experimental.

Posteriormente, se empleó el software estadístico SPSS para realizar análisis estadísticos avanzados. Se llevaron a cabo pruebas de hipótesis, como el examen de la varianza de un factor único, para contrastar las medias entre los diversos conjuntos de combinaciones, y el test de Kruskal-Wallis para estudiar las fluctuaciones en la distribución de información que no se ajustan a una distribución paramétrica entre las diferentes configuraciones de mezcla y el diseño convencional. Estas pruebas permitieron una evaluación detallada de las variaciones y similitudes entre los diferentes enfoques de mezcla, ofreciendo una evaluación detallada y un fundamento firme para comprender los hallazgos.

La combinación de herramientas y métodos, tanto descriptivos como inferenciales, asegura una evaluación exhaustiva y rigurosa de los datos, respaldando la precisión del análisis estadístico y fortaleciendo las conclusiones derivadas de este estudio.

2.7. Aspectos éticos

En el ámbito de las consideraciones éticas que rigen esta investigación, el compromiso con los valores de "integridad, sinceridad y honestidad" se reflejará en la presentación de los resultados, la franqueza con que se comunicarán los avances de la investigación y la búsqueda inquebrantable de la verdad en cada fase del estudio. Además, se reconocen y tienen en alta estima los trabajos previos de otros autores que hayan explorado el tema de investigación, como lo demuestra la cita y referencia precisas de cualquier idea o información externa.

En este contexto, es esencial destacar que todos los experimentos y evaluaciones se realizarán siguiendo estrictamente las normativas tanto nacionales como internacionales. Esto asegurará que el procedimiento cumpla con los estándares más rigurosos de calidad y ética en la investigación científica. Es fundamental destacar que todas estas actividades se realizarán en un laboratorio especializado que posee las certificaciones y permisos requeridos, garantizando así el respeto por los estándares éticos y legales en la ejecución de la investigación.

III. RESULTADOS

Objetivo específico 1: Determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la consistencia de un concreto para pavimentos rígidos.

Tabla 11. Resultados de consistencia del concreto

DISEÑO DE MEZCLA	SLUMP (PULG.)			CLASIFICACIÓN
	M1	M2	M3	
Patrón	4 3/4	4 3/4	4 3/4	Plastificado
7.5% MS	3	3 1/4	3	Seco
10% MS	2 3/4	2 1/2	2 1/2	Seco
12.5% MS	2	2 1/4	2	Seco
1% NS	6 1/2	6 1/4	6 1/2	Fluido
2% NS	7 1/4	7 3/4	7 1/4	Muy fluido
3% NS	7 3/4	7 3/4	7 1/2	Muy fluido

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Los hallazgos de la prueba de coherencia del concreto indican que la incorporación de MS aminora significativamente la trabajabilidad del concreto, clasificándolo como seco, lo que indica una menor fluidez y mayor rigidez en las mezclas con 7.5%, 10%, y 12.5% de MS. Por otro lado, la adición de NS incrementa notablemente la manejabilidad, con niveles de fluidez que van de fluido a altamente fluido para mezclas con 1%, 2% y 3% de NS, demostrando una mejoría en la fluidez del concreto. Los hallazgos sugieren que mientras la microsílíce endurece la mezcla, la nanosílíce la hace más manejable, lo cual debe ser considerado según los requerimientos específicos de la aplicación del concreto.

Tabla 12. Prueba de normalidad de resultados de consistencia de mezclas

	KOLMOGOROV-SMIRNOV ^A			SHAPIRO-WILK		
	ESTADÍSTICO	GL	SIG.	ESTADÍSTICO	GL	SIG.
Consistencia de las mezclas	,193	21	,041	,865	21	,008

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27

En la tabla N°12, se puede ver que los valores de significancia obtenidos con la prueba de Shapiro-Wilk son inferiores y positivos en comparación con $p > 0.05$, lo que corresponde a un nivel de significancia del 5%, en consecuencia, se puede

afirmar que los datos no presentan una distribución normal, lo cual motivó la aplicación del test de Kruskal-Wallis, que no requiere supuestos paramétricos.

Tabla 13. Resultados de prueba de hipótesis del objetivo específico 1

	CONSISTENCIA DE MEZCLAS
H de Kruskal-Wallis	19,559
gl	6
Sig. asin.	,003

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27.

El valor del estadístico de prueba H de Kruskal-Wallis es 19.559, lo cual indica una diferencia notable en las medianas de las muestras comparadas. Los grados de libertad (gl) son 6, lo cual corresponde al número de grupos menos uno (en este caso, siete grupos de diseño de mezcla). El valor de la significación asintótica (Sig. asin.) es 0.003, que es inferior al umbral común de significancia de 0.05. Esto sugiere que la hipótesis nula (Ho) puede ser rechazada, lo que indica que hay diferencias significativas en las distribuciones de las muestras comparadas.

Objetivo específico 2: Determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto para pavimentos rígidos.

Resultados de Resistencia Compresión del concreto

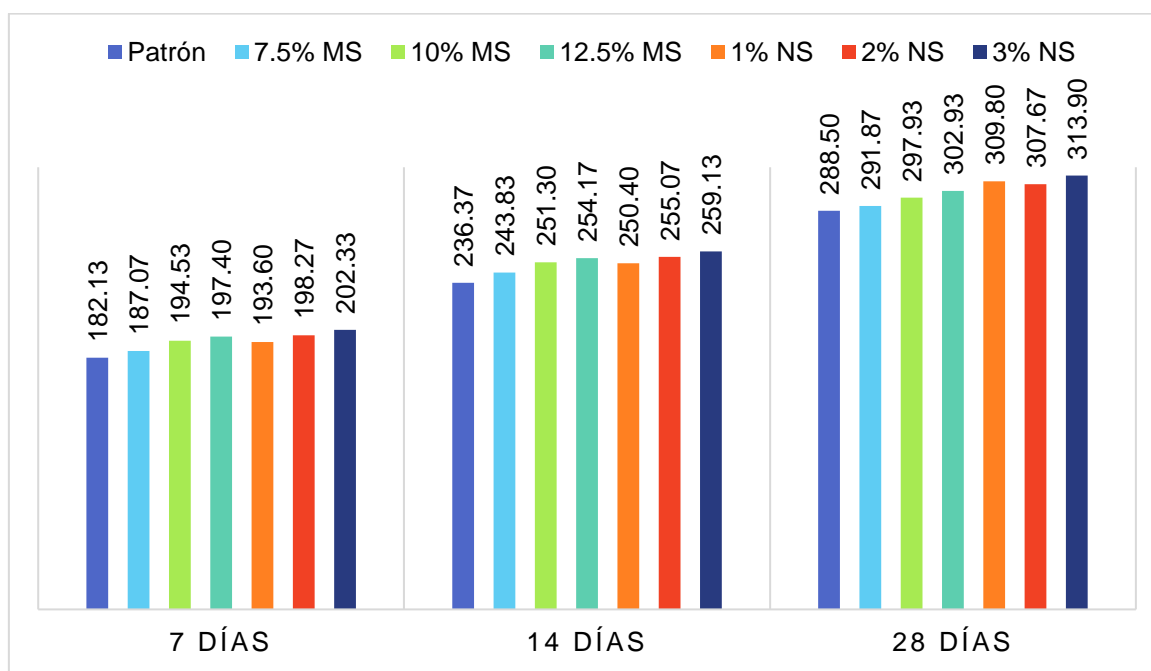
Los datos obtenidos de las pruebas de resistencia a compresión del concreto muestran que tanto la Microsilice como la Nanosilice aumentan de manera considerable la resistencia en comparación con el concreto estándar. Después de 28 días, las combinaciones que contenían un 3% de Nanosilice lograron una resistencia promedio máxima de 313,90 MPa, seguidas de cerca por las mezclas con 1% de Nanosilice (309,80 MPa) y 2% de NS (307,67 MPa). Las adiciones de 7,5%, 10% y 12,5% de MS también mejoraron la resistencia, alcanzando máximos de 302,93 MPa con 12,5% de Microsilice. Estos resultados indican que la incorporación de NS y MS mejora significativamente la RC del concreto para pavimentos rígidos, siendo la NS más efectiva en mayores concentraciones.

Tabla 14. Resultados de Resistencia Compresión del concreto

ESPÉCIMEN	N°	7 DÍAS	PROMEDIO	14 DÍAS	PROMEDIO	28 DÍAS	PROMEDIO
Patrón	1	180.70	182.13	236.20	236.37	286.70	288.50
	2	183.70		237.90		290.80	
	3	182.00		235.00		288.00	
7.5% MS	4	187.90	187.07	244.60	243.83	290.90	291.87
	5	187.10		243.90		293.20	
	6	186.20		243.00		291.50	
10% MS	7	194.60	194.53	251.40	251.30	297.60	297.93
	8	195.50		252.30		298.50	
	9	193.50		250.20		297.70	
12.5% MS	10	198.20	197.40	255.00	254.17	302.50	302.93
	11	197.70		254.50		303.20	
	12	196.30		253.00		303.10	
1% NS	13	192.70	193.60	249.50	250.40	312.30	309.80
	14	194.70		251.50		314.30	
	15	193.40		250.20		302.80	
2% NS	16	197.80	198.27	254.60	255.07	307.20	307.67
	17	198.10		254.90		307.50	
	18	198.90		255.70		308.30	
3% NS	19	201.90	202.33	258.70	259.13	313.90	313.90
	20	203.60		260.40		314.30	
	21	201.50		258.30		313.50	

Fuente: Datos analizados de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA

Figura 3. Comparación de Resistencia Compresión de diseños de mezcla



Fuente: Datos analizados de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA.

Tabla 15. % promedio de resistencia alcanzada con respecto al F'C diseño (280 kg/cm²)

ESPÉCIMEN	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
Patrón	65.05%	84.42%	103.04%
7.5% MS	66.81%	87.08%	104.24%
10% MS	69.48%	89.75%	106.40%
12.5% MS	70.50%	90.77%	108.19%
1% NS	69.14%	89.43%	110.64%
2% NS	70.81%	91.10%	109.88%
3% NS	72.26%	92.55%	112.11%

Fuente: Datos analizados de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA.

La tabla de porcentaje promedio de resistencia alcanzada con respecto al diseño de f'c (280 kg/cm²) muestra que tanto la incorporación de MS y NS incrementa notablemente la durabilidad del hormigón en contraste con la muestra estándar. A los 28 días, las mezclas con 3% de NS alcanzaron el 112,11% de la resistencia de diseño, siendo las más efectivas. Le siguen las mezclas con 1% y 2% de NS, alcanzando el 110,64% y 109,88% respectivamente. Las mezclas con MS también mostraron mejoras notables, alcanzando hasta el 108,19% con un 12,5% de MS. Estos hallazgos sugieren que añadir NS y MS no solo mejora la resistencia a corto

plazo (en 7 y 14 días), sino que también proporciona una mejora sostenida a los 28 días, con la NS siendo particularmente efectiva en mayores concentraciones.

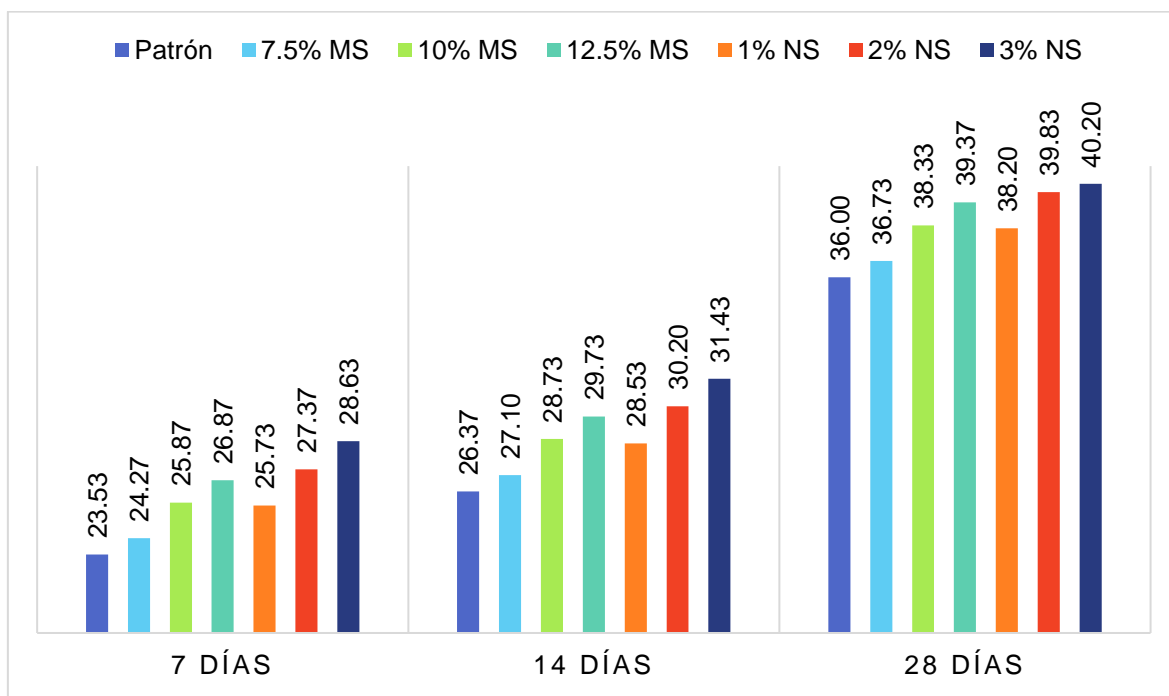
Resultados de Resistencia Flexión del concreto

Los hallazgos indican que la incorporación de MS y NS aumenta considerablemente la RF del concreto en comparación con el patrón. En especial, las mezclas con mayores concentraciones de NS (2% y 3%) y MS (10% y 12,5%) presentan las mejoras más significativas en resistencia, alcanzando valores superiores a los 40 MPa a los 28 días, lo que indica una mejora sustancial en las propiedades mecánicas del concreto gracias al uso de estos aditivos.

Tabla 16. Resultados de Resistencia Flexión del concreto

ESPÉCIMEN	N°	7 DÍAS	PROMEDIO	14 DÍAS	PROMEDIO	28 DÍAS	PROMEDIO
Patrón	1	23.40	23.53	26.20	26.37	35.80	36.00
	2	23.30		26.10		35.80	
	3	23.90		26.80		36.40	
7.5% MS	4	24.10	24.27	27.00	27.10	36.60	36.73
	5	24.30		27.10		36.70	
	6	24.40		27.20		36.90	
10% MS	7	25.50	25.87	28.40	28.73	38.00	38.33
	8	25.60		28.50		38.10	
	9	26.50		29.30		38.90	
12.5% MS	10	26.70	26.87	29.60	29.73	39.20	39.37
	11	26.80		29.70		39.30	
	12	27.10		29.90		39.60	
1% NS	13	25.60	25.73	28.40	28.53	38.10	38.20
	14	25.80		28.60		38.20	
	15	25.80		28.60		38.30	
2% NS	16	27.20	27.37	30.10	30.20	39.70	39.83
	17	27.40		30.20		39.80	
	18	27.50		30.30		40.00	
3% NS	19	28.30	28.63	31.10	31.43	39.40	40.20
	20	28.60		31.40		39.70	
	21	29.00		31.80		41.50	

Figura 4. Comparación de Resistencia Flexión de diseños de mezcla



Fuente: Datos analizados de los ensayos del Laboratorio JJ GEOTECNIA.

Prueba de normalidad de resultados de Resistencia Compresión y Resistencia Flexión

Tabla 17. Prueba de normalidad de resultados de Resistencia Compresión

	KOLMOGOROV-SMIRNOV ^A			SHAPIRO-WILK		
	ESTADÍSTICO	GL	SIG.	ESTADÍSTICO	GL	SIG.
RC 7 días	0.160	21	0.173	0.936	21	0.183
RC 14 días	0.185	21	0.059	0.917	21	0.074
RC 28 días	0.111	21	,200 ⁺	0.929	21	0.130

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27

En la tabla N°17, se puede notar que los que los resultados de significancia derivados del test de Shapiro-Wilk son favorables y superiores a 0.05, lo que indica que el nivel de significancia es mayor al 5%, debido a esto, se puede afirmar que los datos siguen una distribución normal, lo que permitió realizar el análisis paramétrico a través de la prueba ANOVA.

Tabla 18. Prueba de normalidad de resultados de Resistencia Flexión

	KOLMOGOROV-SMIRNOV ^A			SHAPIRO-WILK		
	ESTADÍSTICO	GL	SIG.	ESTADÍSTICO	GL	SIG.
RF 7 días	0.119	21	,200 [*]	0.961	21	0.544
RF 14 días	0.125	21	,200 [*]	0.960	21	0.509
RF 28 días	0.118	21	,200 [*]	0.952	21	0.370

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27.

En la tabla N°18, se muestra que los valores de significancia obtenidos con la prueba de Shapiro-Wilk son positivos y superiores a 0.05, lo cual indica que el nivel de significancia supera el 5%, debido a esto, se presupuso que los datos siguen una distribución normal y se realizó un análisis paramétrico de ANOVA de una sola variable.

Prueba de hipótesis de resultados de Resistencia Compresión y Resistencia Flexión

Tabla 19. Resultados de prueba de hipótesis de la Resistencia Compresión

	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
Entre grupos	1609.873	6	268.312	42.270	0.000
Dentro de grupos	88.867	14	6.348		
Total	1698.740	20			

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27.

El valor F de 42,270 es muy alto y el valor de significación (Sig.) es ,000, lo cual es significativamente inferior al nivel de significancia estándar de 0,05. Esto señala la existencia de disparidades importantes en la RC entre los distintos conjuntos de concreto con y sin inclusiones de MS y NS. En consecuencia, es factible descartar la Ho y afirmar que la adición de MS y NS impacta de manera significativa en la RC del concreto empleado en pavimentos de concreto.

Tabla 20. Resultados de prueba de hipótesis de la Resistencia Flexión

	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
Entre grupos	47,519	6	7,920	41,788	,000
Dentro de grupos	2,653	14	,190		
Total	50,172	20			

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27.

El valor F de 41,788 es considerablemente elevado y el valor de significación (Sig.) es 0,000, lo que está muy por debajo del umbral común de significancia de 0,05. Esto sugiere que existen diferencias notables en la RF entre los distintos grupos de concreto, tanto con adiciones de MS como sin ellas. En consecuencia, podemos descartar la H_0 y determinar que la adición de MS y NS ejerce un impacto considerable en la RF del concreto empleado en pavimentos rígidos.

En conjunto, la incorporación de MS y NS en el concreto para pavimentos rígidos mejora significativamente su RC y a la RF en comparación con la muestra patrón. Los análisis estadísticos demuestran que las diferencias en resistencia entre los concretos con y sin estas adiciones son significativas, permitiendo rechazar la hipótesis nula y confirmar el efecto positivo de estos materiales en las cualidades mecánicas del concreto empleado en pavimentos rígidos.

Objetivo específico 3: Determinar la viabilidad técnica-económica de los concretos con adición de Microsilice y Nanosilice

Tabla 21. Costo unitario por m^3 de concreto patrón $f'c=280kg/cm^2$

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m^3	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m^3	0.829	S/ 45.00	S/ 37.31
Agregado grueso	m^3	0.936	S/ 40.00	S/ 37.44
Total				S/ 333.25

Fuente: Datos obtenidos mediante análisis del software SPSS V.27.

Tabla 22. Costo unitario por m³ de concreto f'_c=280kg/cm² con 7.5% de microsílíce

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m ³	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m ³	0.835	S/ 45.00	S/ 37.31
Agregado grueso	m ³	0.928	S/ 40.00	S/ 37.58
Microsilíce (7.5%)	kg	27.45	S/ 8.56	S/ 234.97
Total				S/ 568.17

Fuente: Datos en base a diseño de mezcla realizado en el laboratorio

Tabla 23. Costo unitario por m³ de concreto f'_c=280kg/cm² con 10% de microsílíce

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m ³	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m ³	0.835	S/ 45.00	S/ 37.31
Agregado grueso	m ³	0.928	S/ 40.00	S/ 37.12
Microsilíce (10%)	kg	36.61	S/ 8.56	S/ 313.38
Total				S/ 646.58

Fuente: Datos en base a diseño de mezcla realizado en el laboratorio

Tabla 24. Costo unitario por m³ de concreto f'_c=280kg/cm² con 12.5% de microsílíce

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m ³	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m ³	0.835	S/ 45.00	S/ 37.31
Agregado grueso	m ³	0.928	S/ 40.00	S/ 37.12
Microsilíce (12.5%)	kg	43.93	S/ 8.56	S/ 376.04
Total				S/ 709.24

Fuente: Datos en base a diseño de mezcla realizado en el laboratorio

Tabla 25. Costo unitario por m³ de concreto f'_c=280kg/cm² con 1% de nanosilíce

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m ³	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m ³	0.835	S/ 45.00	S/ 37.31
Agregado grueso	m ³	0.928	S/ 40.00	S/ 37.12
Nanosilíce (1%)	kg	3.661	S/ 20.00	S/ 73.22
Total				S/ 406.42

Fuente: Datos en base a diseño de mezcla realizado en el laboratorio

Tabla 26. Costo unitario por m³ de concreto f'_c=280kg/cm² con 2% de nanosilíce

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m ³	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m ³	0.835	S/ 45.00	S/ 37.58
Agregado grueso	m ³	0.928	S/ 40.00	S/ 37.12
Nanosilíce (2%)	kg	7.321	S/ 20.00	S/ 146. 42
Total				S/ 479.62

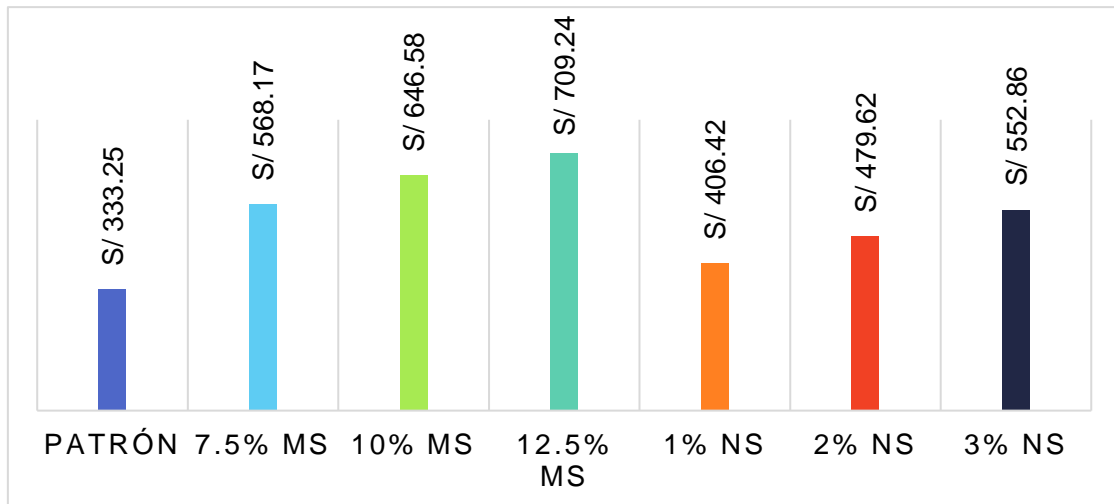
Fuente: Datos en base a diseño de mezcla realizado en el laboratorio

Tabla 27. Costo unitario por m³ de concreto f'_c=280kg/cm² con 3% de nanosilíce

Material	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial
Cemento	bls	8.61	S/ 30.00	S/ 258.30
Agua	m ³	0.203	S/ 1.00	S/ 0.20
Agregado fino	m ³	0.835	S/ 45.00	S/ 37.58
Agregado grueso	m ³	0.928	S/ 40.00	S/ 37.12
Nanosilíce (3%)	kg	10. 983	S/ 20.00	S/ 219. 66
Total				S/ 552.86

Fuente: Datos en base a diseño de mezcla realizado en el laboratorio

Figura 5. Comparación de precio por m³ de diseños de mezcla



Se muestra el costo por metro cúbico para diversas mezclas de concreto que incluyen aditivos de MS y NS, comparados con una mezcla estándar sin aditivos (Patrón). Los costos aumentan con el porcentaje de aditivos, evidenciando una mayor inversión para mezclas mejoradas en sus propiedades. La mezcla estándar cuesta 333.25 soles/m³, mientras que las mezclas con 7.5%, 10% y 12.5% de Microsílice cuestan 568.17, 646.58 y 709.24 soles/m³, respectivamente. Las mezclas con Nano sílice son menos costosas en comparación, con costos de 406.42, 479.62 y 552.86 soles/m³ para 1%, 2% y 3% de aditivo.

IV. DISCUSIÓN

Respecto al primer objetivo específico, se notó que la incorporación de MS reduce significativamente la trabajabilidad del concreto, clasificando las mezclas como secas y menos fluidas, mientras que la adición de NS aumentó considerablemente la trabajabilidad, haciendo las mezclas más fluidas y manejables. Este hallazgo es consistente con el estudio de Gallardo y Bravo (2023), quienes también reportaron un incremento en el asentamiento del concreto al agregar NS, particularmente con concentraciones de hasta 1,4%, manteniéndose en un rango adecuado para diversas aplicaciones. Sin embargo, Gallardo y Bravo no abordaron los efectos de la MS sobre la trabajabilidad, una dimensión explorada en nuestro estudio que muestra una reducción significativa en la fluidez del concreto con adiciones de MS. Además, el estudio de Pandey y Kumar (2020) analizaron la viabilidad de la ceniza de paja de arroz (RSA) y la MS como puzolanas para pavimentos rígidos, encontrando que la combinación de MS y RSA aumentaba la capacidad del concreto para resistir la absorción de agua, la penetración de iones cloruro y los daños causados por ácidos. Al añadir estas puzolanas, se observó una disminución en el lapso de fraguado inicial y una extensión en el periodo de fraguado definitivo. Aunque este estudio se centró en diferentes aspectos del comportamiento del concreto, los resultados complementan nuestros hallazgos al demostrar que, aunque la MS puede reducir la trabajabilidad, puede simultáneamente mejorar otras propiedades mecánicas y de durabilidad. En conjunto, estos estudios sugieren que la elección entre MS y NS debe tener en cuenta el equilibrio entre la facilidad de manejo del concreto y las mejoras en su resistencia y durabilidad.

En relación con el segundo propósito específico, se estableció que al incluir MS y NS acrecienta notablemente la resistencia del concreto. A los 28 días, las mezclas con un 3% de NS alcanzaron un 112,11% de la resistencia de diseño (280 kg/cm²), superando a las demás combinaciones. En contraste, Enciso y Huamán (2019) reportaron que el concreto con 3% de NS alcanzó 643,28 kg/cm², un 148,22% de la resistencia esperada, lo cual supera los resultados alcanzados en nuestra investigación. Además, encontraron que el concreto con un TMN de 3/8" y 1,5% de NS, con un ratio A/C de 0,40, ofreció la mejor resistencia. Esta diferencia sugiere que variables como el tamaño del agregado y el ratio A/C pueden influir

significativamente en los resultados. De igual modo, Gallardo y Bravo (2023) informaron sobre un incremento en la resistencia del concreto al incorporar NS, observando un incremento en la RF con una combinación de 1,4% de NS y 6% de lana de roca (LR), especialmente en concretos con $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$. Este hallazgo resalta la posibilidad de combinar aditivos para mejorar propiedades específicas del concreto.

Adicionalmente, el estudio de Davoodi et al. (2021) que utilizó polvo de caucho (PR) y NS mostró que la adición de NS en diferentes proporciones influye de manera variada en la resistencia y densidad del mortero, sin seguir una trayectoria regular. La adición de NS a morteros con PR disminuyó la RC, mientras que mejoró el módulo elástico. Estos hallazgos son diferentes a los de nuestro análisis, en el que se observó que la incorporación de NS mejoró tanto la RC como la RF.

Por último, Briones y Romero (2023) encontraron que la adición de 5% y 7,5% de MS y la combinación con 1,5% de NS produjo mejoras en la resistencia del concreto, aunque la adición de 3% de NS mostró un efecto negativo. En general, la MS incrementó la RC entre un 5% y un 10%, mientras que la NS lo hizo entre un 10% y un 20%. Rahimzadeh, Salih y Barzinjy (2022) también estudiaron el impacto de la sílice de tamaño micro y nano en la RC de la pasta de cemento, utilizando modelos matemáticos para mostrar que la NS tenía un impacto un 6,3% mayor en la RC de la pasta de cemento que la MS.

Meja (2022) determinó que una dosificación de 10% de MS era óptima para reducir la permeabilidad al agua y la penetración de cloruro en concretos de alta resistencia, lo que también resultó en una mejora en la RC. Carrasco (2019) estudió pavimentos rígidos y encontró que la adición de 10% de MS y 1% de poli carboxilato (PCX) a la mezcla incrementó significativamente la RC hasta $988,25 \text{ kg/cm}^2$. Estos hallazgos muestran que la incorporación de MS y NS no solo mejora la RC del concreto, sino que también reduce su permeabilidad, lo cual es crucial para aplicaciones específicas como pavimentos rígidos. Comparando todos estos estudios, se observa que, aunque tanto la MS como la NS mejoran la resistencia del concreto, la respuesta varía según la combinación de aditivos, las proporciones y las condiciones específicas del material. Estas disparidades resaltan la importancia de ajustar las composiciones de concreto de acuerdo con las

exigencias particulares del proyecto y las propiedades buscadas del producto terminado.

Finalmente, en correspondencia con el tercer objetivo específico, se aprecia que el costo unitario de elaboración del concreto estándar es de S/ 333.25 por metro cúbico. Con la adición de microsílíce y nanosílíce, este costo incrementa notablemente. Por ejemplo, con la adición de 7.5% de microsílíce, el costo unitario sube a S/ 568.17. Al incrementar la concentración de microsílíce a 10% y 12.5%, el costo unitario aumenta a S/ 646.58 y S/ 709.24, respectivamente. En contraste, la adición de 1% de nanosílíce eleva el costo unitario a S/ 406.42, y con dosis de 2% y 3%, el costo sube a S/ 479.62 y S/ 552.86, respectivamente.

En comparación, el estudio de Briones y Romero (2023) también se observa un aumento en los costos individuales al incluir estos complementos. El valor unitario del concreto estándar es de S/ 460.36, y al agregar un 1.5% de NS, aumenta el costo a S/ 615.95, un incremento del 33.80%. La incorporación de 5% y 7.5% de MS eleva el costo a S/ 646.79 (40.50%) y S/ 740.11 (60.77%), respectivamente. Con 3% de NS, el costo alcanza S/ 771.25, lo que representa un incremento del 67.53%.

Ambos estudios confirman que la adición de MS y NS incrementa el costo unitario del concreto. Sin embargo, mientras el estudio actual muestra que las variaciones en costo entre diferentes concentraciones de MS y NS son relativamente progresivas, el estudio de Briones y Romero presenta incrementos más pronunciados con concentraciones similares. Estos resultados sugieren que, aunque ambos aditivos mejoran las propiedades del concreto, su impacto en los costos debe ser cuidadosamente considerado para optimizar la relación costo-beneficio según los requerimientos particulares del proyecto.

V. CONCLUSIONES

Conclusión general:

La inclusión de Nanosilice y Microsilice en el concreto resultó en mejoras en las características físico-mecánicas, destacando la Resistencia Compresión. La combinación que contenía un 3% de Nanosilice logró alcanzar el 112,11% de la resistencia especificada de 280 kg/cm², superando las mejoras logradas con Microsilice, que alcanzaron un 108,19% con una dosificación del 12,5%. Esto indica que la Nanosilice es más efectiva en mejorar la resistencia del concreto que la Microsilice, incluso a menores concentraciones.

Conclusiones específicas:

1. Se observó que la Microsilice reduce significativamente la trabajabilidad del concreto, resultando en mezclas más secas y menos fluidas, lo cual puede complicar su aplicación en obra y aumentar el esfuerzo necesario para su manejo. Por el contrario, la adición de Nanosilice mejoró la fluidez de las mezclas, incrementando el asentamiento y simplificando la colocación y el proceso de compactación del concreto. Esta diferencia en la trabajabilidad es crucial para determinar la conveniencia de cada aditivo, dependiendo de las condiciones de aplicación y los requisitos de trabajabilidad.
2. La incorporación de Nanosilice no solo mejoró la resistencia compresión, alcanzando hasta un 112,11% de la resistencia de diseño, sino que también incrementó significativamente la resistencia flexión, superando los 40 MPa en mezclas con 2% y 3% de Nanosilice. Esto es particularmente importante para pavimentos rígidos, donde se requieren altas resistencias a la flexión para soportar cargas de tráfico. En comparación, las mezclas con MS también mostraron mejoras en estas propiedades, pero en menor medida. Por lo tanto, la Nanosilice puede ser preferida en aplicaciones donde se busca maximizar tanto la Resistencia Compresión como a la Resistencia Flexión.

3. El análisis económico reveló que la incorporación de aditivos eleva los costos asociados con la producción del concreto. El costo base del concreto estándar es de S/ 333.25 por m³, mientras que la adición de 7.5% de MS elevó este costo a S/ 568.17, y con 12.5% de MS, a S/ 709.24. Para la Nanosilice, los costos aumentaron a S/ 406.42 con 1%, S/ 479.62 con 2%, y S/ 552.86 con 3%. Estos aumentos muestran el gasto extra de los materiales y la posible optimización de las características del hormigón. La elección entre Microsilice y Nanosilice, o su combinación, debe considerar no solo las mejoras en cualidades mecánicas sino también el impacto en el costo total del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere incluir NS en las mezclas de concreto para proyectos de pavimentos rígidos donde se requiera una alta RC y una RF. De acuerdo con los hallazgos del estudio, incorporar un 3% de NS potencia notablemente la resistencia del concreto, alcanzando hasta un 112,11% de la resistencia de diseño, y superando los 40 MPa en resistencia a la flexión. Esta mejora puede ser crítica para aplicaciones en carreteras, aeropuertos y otras infraestructuras que demanden alta durabilidad y capacidad de carga.
2. Se recomienda llevar a cabo estudios adicionales que exploren el impacto de diferentes relaciones agua-cemento y tamaños de agregado en la manejabilidad y resistencia del concreto con adición de MS y NS. Los hallazgos recientes indican que estas variables tienen un impacto considerable en las cualidades del concreto, y comprender mejor estas interacciones podría optimizar las formulaciones de mezcla para aplicaciones específicas. Además, se sugiere investigar el impacto de otros aditivos combinados con MS y NS para identificar posibles sinergias que puedan mejorar aún más el desempeño del concreto.
3. A lo largo de la realización de proyectos de pavimentos rígidos, es fundamental elegir los aditivos apropiados según las condiciones particulares del sitio y los requisitos del proyecto. La inclusión de NS puede aumentar la manejabilidad y durabilidad del concreto, facilitando su colocación y compactación, lo cual es especialmente útil en grandes obras de infraestructura. Sin embargo, se debe estar preparado para manejar los costos adicionales asociados con estos aditivos y ajustar los procedimientos de mezcla y curado para maximizar los beneficios obtenidos de la incorporación de MS y NS.
4. Se recomienda que los profesionales encargados del mantenimiento de infraestructuras consideren la incorporación de concretos mejorados con MS y NS en proyectos de rehabilitación y mantenimiento de pavimentos rígidos. Dado que estos aditivos

mejoran la resistencia y durabilidad del concreto, su uso puede extender la durabilidad de las estructuras y disminuye la necesidad de reparaciones. Asimismo, incrementa la resistencia a la infiltración de agua y cloruros proporcionada por estos aditivos puede ser particularmente beneficiosa en entornos agresivos o en zonas con condiciones climáticas adversas, donde el deterioro del pavimento puede acelerarse.

REFERENCIAS

ARIAS, Fidas. Metodología de la investigación en las ciencias aplicadas al deporte: un enfoque cuantitativo. Revista Digital EF [en línea]. 2011, vol. 16, no 157. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fwww.efdeportes.com%2Fefd157%2Finvestigacion-en-deporte-enfoque-cuantitativo.htm?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

BRICEÑO, L y MARCOS, A (2019). Efecto del porcentaje de la fibra tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional del adobe, Trujillo. Tesis (Grado profesional en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39089>

BRIONES, J y ROMERO, W. Resistencia del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² con micro sílice (mSi) y nano sílice (Nano-SiO₂), Cajamarca – 2022. Tesis (Grado profesional en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2022. 248pp. Disponible en <https://hdl.handle.net/11537/33928>

BUSARI, Ayobami, DAHUNSI, Bamidele y AKINMUSURU, Joseph. Sustainable concrete for rigid pavement construction using de-hydroxylated Kaolinitic clay: Mechanical and microstructural properties. Construction and Building Materials. [en línea]. 2019, vol. 211. [Fecha de Consulta: 23 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.170>

CARRASCO, R. Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un polícarboxilato. Tesis (Maestría en Ingeniería vial). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019. 335 pp. Disponible en <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2452>

DAVOODI, A, ABOUTALEBI, M, BAYAT, M, MOHAMMADYAN-YASOUJ, S y Rahman, A. Influence of nano-silica modified rubber mortar and EVA modified porous asphalt on the performance improvement of modified semi-flexible pavement. Construction and Building Materials. [en línea]. 2022, vol. 337, n°1.

[Fecha de Consulta: 30 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127573>

DAVOODI, A, ABOUTALEBI, M, BAYAT, M, y MOHAMMADYAN-YASOUJ, S. Evaluation of performance parameters of cement mortar in semi-flexible pavement using rubber powder and nano silica additives. *Construction and Building Materials*. [en línea]. 2021, vol. 302, n°1. [Fecha de Consulta: 30 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124166>

DIPTIKANTA, MK, BISWAS, Sabyasachi, SHUBHAM, Kumar, SINHA, Abdhesh. A systematic review on performance of reclaimed asphalt pavement (RAP) as sustainable material in rigid pavement construction: Current status to future perspective. *Journal of Building Engineering*. [en línea]. 2023, vol. 76, n°1. [Fecha de Consulta: 22 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107253>

ENCISO, B y HUAMÁN, D. Influencia de la adición de nanosílice sobre las propiedades en estado plástico y endurecido del concreto autocompactante, Nuevo Chimbote-2019. Tesis (Grado en Ingeniería Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2019. 228 pp. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3748>

GALLARDO, W. y BRAVO, A. Desempeño del concreto con nanosílice como sustituto parcial del cemento y lana de roca como sustituto parcial del agregado grueso. Tesis (Grado en Ingeniería Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2023. 301 pp. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11381>

GUTIERREZ, R. y DIEZ, A. Conciencia fonológica y desarrollo evolutivo de la escritura en las primeras edades. *Educación XX1* [en línea]. 2018, vol. 21. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2023]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70653466018>

HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación. 6ta ed. México: McGRAW W.HILL, 2018, 634 pp. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

LOPEZ, P. Población, muestra y muestreo. Punto Cero [en línea]. 2004, vol. 09, n°08. [Fecha de Consulta: 18 de octubre de 2023]. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es.

MANCY, Ahmed, ABDULRAHMAN, Lubna y SAHIB, Qais. Overcoming Concreting Problems of Rigid Pavements using Knowledge-Based System. Civil Engineering Beyond Limits. [en línea]. 2021, vol. 3, n°1. [Fecha de Consulta: 22 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.36937/cebel.2021.003.003>

MEJÍA, M. y QUISPE, L. Microsílice como adición del cemento para reducir la permeabilidad del concreto de alta resistencia. Tesis (Grado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2022. 103 pp. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5913>

MOJTAHEDZEDEH, E, HESAMI, S y RAVANSHADNIA, M. Effect of nanosilica, nano halloysite and nano montmorillonite on the mechanical properties of concrete pavements. Asas Journal. [en línea]. 2022, vol. 24, n°68. [Fecha de Consulta: 30 de septiembre de 2023]. Disponible en https://www.isceiran.org/article_173526_en.html?lang=en

MONJE, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica. Colombia: Universidad SurColombiana, 2011, 217pp. Disponible en <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

MORALES, L, AGUINSACA, A, y PUGA, C. (2021). Diseño y evaluación del comportamiento estructural de mampostería sismorresistente con materiales reciclados, para emplearlos en la construcción de edificaciones. Tesis (Grado profesional en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24086>

PANDEY, A y KUMAR, B. A comprehensive investigation on application of microsilica and rice straw ash in rigid pavement. Construction and Building Materials. [en línea]. 2020, vol. 252, n°1. [Fecha de Consulta: 30 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119053>

POTENTIAL of industrial By-Products based geopolymer for rigid concrete pavement application por Muhammad Faheem [et al]. Construction and Building Materials [en línea]. 2022, vol. 344. [Fecha de Consulta: 23 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128190>

PROPIEDADES físico-mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto de Pastrana-Ayala [et al]. Informador Técnico [en línea]. 2019, vol. 83, n°2. [Fecha de Consulta: 01 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.23850/22565035.2170>

RAHIMZADEH, Chiya, SALIH, Ahmed y BARZINJY, Azeez. Systematic Multiscale Models to Predict the Compressive Strength of Cement Paste as a Function of Microsilica and Nanosilica Contents, Water/Cement Ratio, and Curing Ages. Sustainability. [en línea]. 2022, vol. 14, n°3. [Fecha de Consulta: 30 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su14031723>

SANCHEZ, A y MURILLO, A. Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. Debates Por La Historia [en línea]. 2021, vol. 9, n° 2, [Fecha de Consulta: 17 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.54167/debates-por-la-historia.v9i2.792>

TORELLI, G, FERNÁNDEZ, M y LEES, J. Functionally graded concrete: Design objectives, production techniques and analysis methods for layered and continuously graded elements. Construction and Building Materials. [en línea]. 2020, vol. 242. [Fecha de Consulta: 14 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118040>

VEIGA, Jorge, FUENTE, Elena y ZIMMERMANN, Martha. Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. Medicina y seguridad del trabajo [en línea]. 2008, vol. 54, n°210. [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2022]. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000100011

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición		
VI1: Microsílice	La microsíllice se conceptualiza como partículas de sílice de tamaño microscópico que se emplean en diversos materiales y aplicaciones para mejorar propiedades físicas y mecánicas. Por otro lado, la nanosíllice conceptualmente abarca partículas de sílice en una escala nanométrica, también utilizadas para mejorar propiedades de materiales.	La operacionalización de las variables implica la medición precisa de aspectos concretos relacionados con las características físicas y la dosificación de la microsíllice y la nanosíllice. Estas mediciones y cuantificaciones serán realizadas utilizando fichas de observación como instrumentos.	Características físicas	Análisis granulométrico	De razón		
				Peso unitario y específico			
				Contenido de humedad			
VI2: Nanosíllice					Dosificación	7.5%	Nominal
						10.0%	
						12.5%	
VD: Propiedades físico-mecánicas del concreto					Características físicas	Análisis granulométrico	De razón
						Peso unitario y específico	
						Contenido de humedad	
VD: Propiedades físico-mecánicas del concreto					Dosificación	1.0%	Nominal
						2.0%	
						3.0%	
VD: Propiedades físico-mecánicas del concreto					Consistencia	Asentamiento	Ordinal
					Resistencia a la compresión y flexión	Esfuerzo de compresión (kg/cm ²)	Intervalo
					Viabilidad técnica-económica	Costos unitarios por metro cubico de concreto	De razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos en Lima en 2023

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables independientes				
¿Cuál es el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos en Lima en 2023?	Realizar un análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos	La adición de microsílíce y nanosílíce a un concreto para pavimentos rígidos proporciona propiedades físico-mecánicas superiores en comparación con el concreto convencional	Microsílíce Nanosílíce	Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> Análisis granulométrico Peso unitario y específico Contenido de humedad 	Ficha de observación (Ficha de laboratorio)	Diseño: Experimental Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo
			Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> 7.5% 10.0% 12.5% 	<ul style="list-style-type: none"> 1% 2% 3% 		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente				
¿Cómo afecta la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la consistencia de un concreto para pavimentos rígidos en Lima en 2023?	Determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en las propiedades físicas de un concreto para pavimentos rígidos.	La inclusión de microsílíce y nanosílíce a un concreto para pavimentos rígidos mejora su consistencia en comparación con el concreto convencional	Propiedades físico-mecánicas del concreto	Trabajabilidad	Consistencia (slump pulg.)		
¿Cómo afecta la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la	Determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la	La inclusión de microsílíce y nanosílíce a un concreto para pavimentos rígidos		Resistencia a la compresión y flexión	Esfuerzo de compresión y flexión (kg/cm ²)		

compresión de un concreto para pavimentos rígidos en Lima en 2023?	compresión y flexión de un concreto para pavimentos rígidos.	aumenta su resistencia a la compresión y flexión en comparación con el concreto convencional				
¿Cuál es la viabilidad técnica-económica de los concretos con adición de microsílíce y nanosílíce?	Determinar la viabilidad técnica-económica de los concretos con adición de microsílíce y nanosílíce.	Los concretos con adición de microsílíce y nanosílíce son más económicos en comparación con el concreto convencional.	Viabilidad técnica-económica	Costos unitarios por metro cubico de concreto		

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos



CONCRETO LIMA S.A.C.
CERTIFICADO DE CALIDAD

N° 001-001819

CLIENTE :

FECHA DE EMISIÓN:

DIRECCIÓN:

CÓDIGO DEL PRODUCTO:

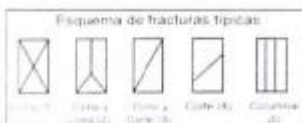
Línea de producto :
 Proceso :
 Resistencia Nominal :
 Asentamiento :
 TM de agregado :
 Aditivo :

Planta de Suministro :
 Fecha de Suministro :
 Estado :

Número de Muestra (Guía)	Resistencia especificada f_c (kg/cm^2)	Fecha toma de muestra	Edad (días)	Área (cm^2)	Carga máxima (kg)	Resistencia a Compresión (kg/cm^2)	Resistencia a compresión del ensayo individual (kg/cm^2)	Requisito	Promedio f_c (%)	Tipo de Rotura

Observaciones:

- 1.- Prensa E.L.E. Internacional MOD. 36-0698/66. Cert. Calibración N° CMC-018-2022
- 2.- Elaboración de probetas de acuerdo a NTP 339.033: "Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra"
- 3.- Ensayo de probetas de acuerdo a NTP 339.034: "Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto."



Ing. Pablo Ríos Miñano
 GERENTE DE OPERACIONES

ARODICIO BROCK GAMBOA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 293971

ING. CIP MARCO ANTONIO
 MARTÍNEZ SÁNCHEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 216106



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
CONCRETOS LIMA S.A.C.**

GCC-R-001

AGREGADO GRUESO :
NORMA DE ENSAYO:

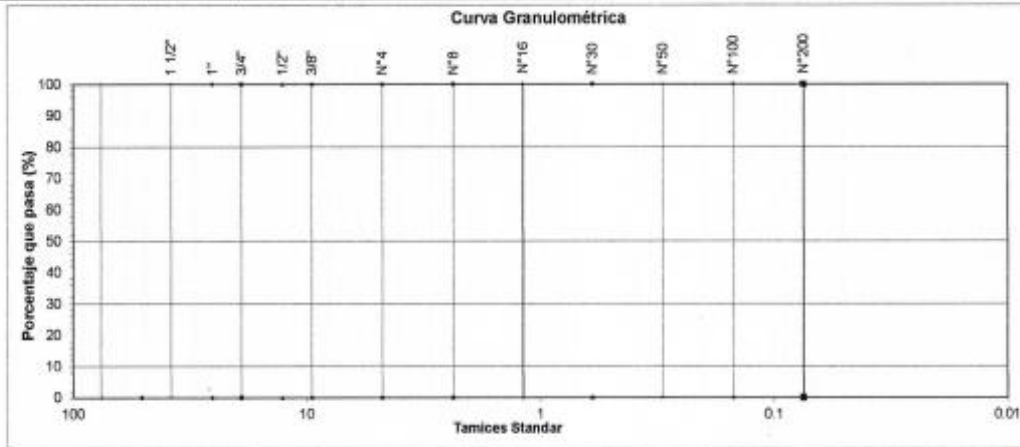
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD

Planta : **CONCRETOS LIMA S.A.C.** Fecha :
Ubicación : Ejecutado por :
Responsable :

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación : Peso natural : gr
Procedencia : Peso seco : gr
Proveedor : Peso seco lavado : gr

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.00							Características Físicas Módulo de Fineza Mat. < Malla 200 Contenido de Humedad Peso Especifico SSS Absorción Peso Unitario Suelto Peso U. Compactado
2"	50.00							
1 1/2"	37.50							
1"	25.00							
3/4"	19.00							
1/2"	12.50							
3/8"	9.50							
N° 4	4.75							
N° 8	2.36							
N° 16	1.18							
N° 30	0.60							
N° 50	0.30							
N° 100	0.15							
N° 200	0.08							
Fondo	0.00							Características Químicas Cont. total de Sales Solubles ppm
Total				M.F				



Elaborado por: **Tecnico de laboratorio** Revisado por: **Gerente de Operaciones** Autorizado por: **Jefe de Laboratorio** Versión N° 1
Pag 1 - 1

**ING. CIP MARCO ANTONIO
MARTÍNEZ SANCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 216106**

**Ing. Pinedo Rico Miñano
GERENTE DE OPERACIONES
CONCRETO LIMA SAC**

**Tec. James Ascataza Salazar
JEFE DE LABORATORIO
CONCRETO LIMA SAC**

**ARODICIO BROCK GAMBOA
Ingeniero Civil
CIP N° 233971**

AGREGADO FINO :
 NORMA DE ENSAYO:

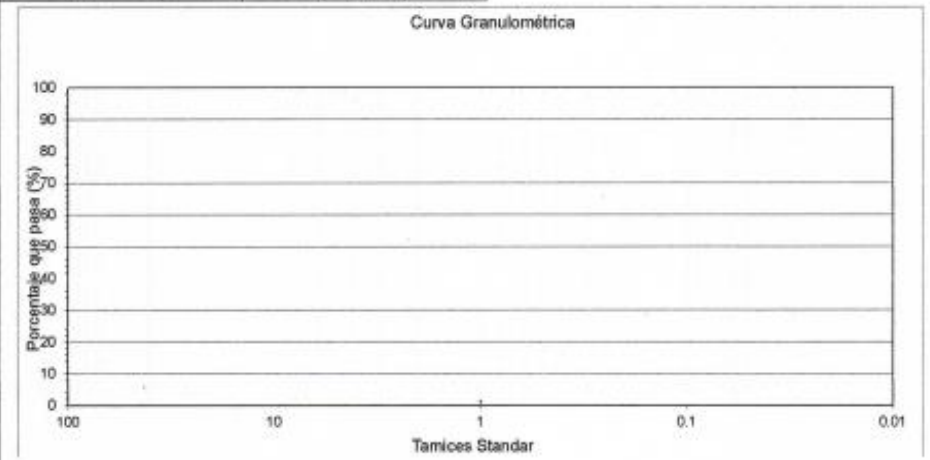
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD

Planta : Cieneguilla	CONCRETOS LIMA S.A.C.	Fecha :
Ubicación :		Ejecutado por :
		Responsable :

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación :	Peso natural :	gr
Procedencia :	Peso seco :	gr
Proveedor :	Peso seco lavado :	gr

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado Fino		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.00							Características Físicas
2"	50.00							Módulo de Fineza
1 1/2"	37.50							Mat. < Malla 200
1"	25.00							Contenido de Humedad
3/4"	19.00							Peso Especifico SSS
1/2"	12.50							Absorción
3/8"	9.50							Peso Unitario Suelto
Nº 4	4.75							Peso Unitario Compactado
Nº 8	2.36							Características Químicas
Nº 16	1.18							Equivalente Arena
Nº 30	0.60							Nº Impurezas orgánicas
Nº 50	0.30							Cont. total de Sales Solubles
Nº 100	0.15							
Nº 200	0.08							
Fondo	0.00							
Total				M.F.	-			



Elaborado por: Técnico de laboratorio	Revisado por: Jefe de Planta	Autorizado por: Jefe de Control de Calidad	Versión Nº 1 Pag 1 -1
--	---------------------------------	---	--------------------------


**ING. CIP MARCO ANTONIO
MARTÍNEZ SÁNCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 215106**


 Ing. Francisco Ríos Miñano
 GERENTE DE OPERACIONES
 CONCRETO LIMA SAC


 Tec. Jairo Aguiar Salazar
 JEFE DE LABORATORIO
 CONCRETO LIMA SAC


**ARODICIO BROCK GAMBOA
Ingeniero Civil
CIP Nº 293971**




Anexo 4. Resultados de laboratorio


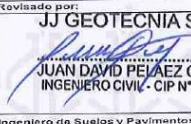




Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839 946767207
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz B, Lt 57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabayllo
 Email: informes@jjgeotecniasac.com


www.jjgeotecniasac.com




LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	4/01/2024
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211			
REFERENCIA : Datos de laboratorio			
SOLICITANTE : Jaime Alex Salazar Liben			
TESIS : Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilice y nanosilice para pavimentos rígidos, Lima 2023			
UBICACIÓN : LIMA Fecha de ensayo: 22/05/2024			
f'c 280 kg/cm² (PATRÓN)			
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MÓDULO FINESZA	HUM. NATURAL %
CEMENTO SOL TIPO I	3.13		
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.51	3.00	1.4
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.80	7.35	0.5
			ABSORCIÓN %
			P. UNITARIO S. Kg/m ³
			P. UNITARIO G. Kg/m ³
			1547.0
			1666.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE			
A) VALORES DE DISEÑO			
1	ASENTAMIENTO		3" - 4"
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.59
4	AGUA		209
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.61
7	TEMPERATURA C°		25.3
B) ANALISIS DE DISEÑO			
	FACTOR CEMENTO	366.071	
	Volumen absoluta del cemento	0.1170	Kg/m ³
	Volumen absoluto del Agua	0.2050	m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Aire	0.0200	m ³ /m ³
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS		
	Volumen absoluto del Agregado fino	0.3255	m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Agregado grueso	0.3325	m ³ /m ³
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS		
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO			
	CEMENTO	366	Kg/m ³
	AGUA	209	Kg/m ³
	AGREGADO FINO	817	Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO	931	Kg/m ³
	PESO DE MEZCLA	2319	Kg/m ³
D) CORRECCION POR HUMEDAD			
	AGREGADO FINO HUMEDO	820.6	Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO HUMEDO	935.7	Kg/m ³
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS			
	AGREGADO FINO	-0.40	%
	AGREGADO GRUESO	0.10	%
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA	202.7	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO			
	CEMENTO	356	Kg/m ³
	AGUA	203	Lts/m ³
	AGREGADO FINO	828	Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO	936	Kg/m ³
	PESO DE MEZCLA	2333	Kg/m ³
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 L)			
	CEMENTO	54.91	Kg
	AGUA	30.40	Lts
	AGREGADO FINO	124.29	Kg
	AGREGADO GRUESO	140.35	Kg
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)		PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0	C	1.0
A.F	2.26	A.F	2.19
A.G	2.56	A.G	2.53
H2o	23.5	H2o	23.5
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
	JJ GEOTECNIA S.A.C. JUAN DAVID PELÁEZ QUISEPÉ INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C.	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD	




LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO		Código	FOR-LAB-CO-001		
			Revisión	1		
			Aprobado	CC-JJ		
			Fecha	4/01/2024		
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO						
ACI 211						
REFERENCIA	Datos de laboratorio					
SOLICITANTE	Jaime Alex Salfazar Uruen					
TESIS	Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilice y nanopulve para pavimentos rígidos, Lima 2023					
UBICACIÓN	LIMA Fecha de ensayo: 22/05/2024					
Tc 280 kg/cm² (7.5% MS)						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.13					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.51	3.00	1.4	1.0	1547.0	1848.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.20	7.35	0.5	0.6	1517.0	1668.0
MICROSILICE	2.20					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"	ulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA/CEMENTO			0.56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.01		
7	TEMPERATURA C°			25.5	°C	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			366.071	Kg/m ³	0.6	Bl/m ³
Volumen absoluto del cemento			0.170	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua			0.280	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado Fino			0.3362	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3296	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO			366	Kg/m ³		
AGUA			205	L/m ³		
AGREGADO FINO			824	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			823	Kg/m ³		
MICROSILICE (dosis 7.5% del peso del cemento)			27.455	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA			2318	Kg/m ³		
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO			835.4	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			928.1	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			-6.40	L/m ³		
AGREGADO GRUESO			0.10	L/m ³		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA			282.6	L/m ³		
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			366	Kg/m ³		
AGUA			203	L/m ³		
AGREGADO FINO			835	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			828	Kg/m ³		
MICROSILICE (dosis 7.5% del peso del cemento)			27.455	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA			2332	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 l.)						
CEMENTO			54.91	Kg		
AGUA			30.39	Lts		
AGREGADO FINO			125.31	Kg		
AGREGADO GRUESO			139.21	Kg		
MICROSILICE (dosis 7.5% del peso del cemento)			4.12	Kg		
PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)						
C			1.0			
A/F			2.21			
A/G			2.51			
H2O			23.5			
PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
C			1.0			
A/F			2.21			
A/G			2.51			
H2O			23.5			
Elaborado por:	Revisado por:		Aprobado por:			
						
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad			
JJ GEOTECNIA S.A.C.			JJ GEOTECNIA S.A.C.			
JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117			JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117			

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO		Código	FOR-LAB-CO-001		
			Revisión	1		
			Aprobado	CC-JJ		
			Fecha	4/01/2024		
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO						
ACI 211						
REFERENCIA	: Datos de laboratorio					
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lujan					
YESIS	: Análisis composicional de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilice y nanosilice para pavimentos rígidos, Lima 2023					
UBICACION	: LIMA					
	Fecha de ensayo: 20/09/2024					
	f _c 280 kg/cm ² (10% MS)					
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cm ³	MODULO FINESZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.13					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.51	3.00	1.4	1.0	1547.0	1843.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.80	7.35	0.5	0.6	1517.0	1659.0
MICROSILICE	2.20					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" -4"	pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.61		
7	TEMPERATURA C°			25.5	°C	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			366.071	Kg/m ³	8.6	Bl/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.170	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2050	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0209	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3292	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3291	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				363	Kg/m ³	
AGUA				205	Lit/m ³	
AGREGADO FINO				824	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				823	Kg/m ³	
MICROSILICE (dosis: 10% del peso del cemento)				36.607	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2318	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				835.4	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				928.1	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				-4.0	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				0.10	0.9	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					282.6 Lts/m ³	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				366	Kg/m ³	
AGUA				283	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				835	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				828	Kg/m ³	
MICROSILICE (dosis: 10% del peso del cemento)				36.607	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2332	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 L.)						
CEMENTO				54.91	Kg	
AGUA				30.39	Lts	
AGREGADO FINO				125.31	Kg	
AGREGADO GRUESO				129.21	Kg	
MICROSILICE (dosis: 10% del peso del cemento)				5.49	Kg	
PORPORCION EN PESO p ₃ (húmedo)					PROPORCIÓN EN VOLUMEN p ₃ (húmedo)	
C					10	
A.F	1.0				2.21	
A.G	2.29				4.65	
H ₂ O	2.51				12.5	
	23.5					
Elaborado por:	Revisado por:		Aprobado por:			
	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PEÑAVEZ QUISPÉ INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117		JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA			

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001			
		Revisión	1			
		Aprobado	CC-JJ			
		Fecha	4/01/2024			
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO						
AGI 211						
REFERENCIA	: Datos de laboratorio					
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lujan					
TESIS	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilica y nanosilica para pavimentos rígidos, Lista 2023					
UBICACIÓN	: LIMA					
		Fecha de ensayo:	22/09/2024			
P_c 280 kg/cm² (12.5% MS)						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO (g/cc)	MODULO FINIZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO B. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.13					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.51	3.00	1.4	1.0	1547.0	1548.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.80	7.35	0.5	0.6	1517.0	1668.0
MICROSILICE	2.20					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"		plg
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA/CEMENTO			0.56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRASADO %			2.8		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.81		
7	TEMPERATURA C°			25.5		%
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		366.071		Kg/m ³	8.8 Bl/m ³
	Volumen absoluto del cemento			0.1170		m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Agua			0.2050		m ³ /m ³
	Volumen absoluto del A/c			0.0200		m ³ /m ³
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado Fino			0.3282		m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3296		m ³ /m ³
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			366		Kg/m ³
	AGUA			205		Lts/m ³
	AGREGADO FINO			824		Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO			823		Kg/m ³
	MICROSILICE (dosis 12.5% del peso del cemento)			43.929		Kg/m ³
	PESO DE MEZCLA			2318		Kg/m ³
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			835.4		Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			928.1		Kg/m ³
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			3.4		Lts/m ³
	AGREGADO GRUESO			0.10		0.9
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					202.6 Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			366		Kg/m ³
	AGUA			203		Lts/m ³
	AGREGADO FINO			815		Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO			838		Kg/m ³
	MICROSILICE (dosis 12.5% del peso del cemento)			43.929		Kg/m ³
	PESO DE MEZCLA			2332		Kg/m ³
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 lt.)						
	CEMENTO			54.91		Kg
	AGUA			30.39		Lts
	AGREGADO FINO			125.51		Kg
	AGREGADO GRUESO			139.21		Kg
	MICROSILICE (dosis 12.5% del peso del cemento)			6.99		Kg
PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
C	1.0			C	1.0	
AF	2.26			AF	2.21	
AG	2.54			AG	2.51	
Hz	23.5			Hz	23.5	
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				
	JJ GEOTECNIA S.A.C.	JJ GEOTECNIA S.A.C.				
Jefe de Laboratorio de Materiales	JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	CONTROL DE CALIDAD				
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos					

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001				
		Revisión	1				
		Aprobado	CC-JJ				
		Fecha	4/01/2024				
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO							
ACI 211							
REFERENCIA : Datos de Laboratorio							
SOLICITANTE : Jaime Alex Salazar Lujan							
TESIS : Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilicio y nanosilicio para pavimentos rígidos, Lima 2023							
UBICACIÓN : LIMA Fecha de ensayo: 22/05/2024							
P.C. 200 kg/m ³ (1% NS)							
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO DE FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³	
CEMENTO SOL TIPO I	3.13						
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.51	3.00	1.4	1.0	1547.0	1948.0	
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.80	7.35	0.5	0.6	1517.0	1668.0	
NANOSILICE	2.00						
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE							
A) VALORES DE DISEÑO							
1	ASENTAMIENTO			3"-4"		in/g	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"			
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.56			
4	AGUA			205			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.61			
7	TEMPERATURA C°			23.5		°c	
B) ANALISIS DE DISEÑO							
FACTOR CEMENTO			366.071				
Volumen absoluto del cemento				0.1170	8.6	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2090		m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200		m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS							
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3282		m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3298		m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS							
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
CEMENTO				366		Kg/m ³	
AGUA				205		Lts/m ³	
AGREGADO FINO				824		Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				823		Kg/m ³	
NANOSILICE (dosis 1% del peso del cemento)				3.661		Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2318		Kg/m³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO HUMEDO				835.4		Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				928.1		Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO				%		Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				-0.40		-3.3	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				0.10		0.9	
						202.6	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
CEMENTO				366		Kg/m ³	
AGUA				203		Lts/m ³	
AGREGADO FINO				835		Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				828		Kg/m ³	
NANOSILICE (dosis 1% del peso del cemento)				3.661		Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2332		Kg/m³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 LL)							
CEMENTO				54.81		Kg	
AGUA				30.35		Lts	
AGREGADO FINO				125.31		Kg	
AGREGADO GRUESO				139.21		Kg	
NANOSILICE (dosis 1% del peso del cemento)				0.85		Kg	
PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	2.28					A.F	2.21
A.G	2.54					A.G	2.91
H2o	23.5					H2o	23.5
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:					
	JJ GEOTECNIA S.A.C.	JJ GEOTECNIA S.A.C.					
	JUAN DAVID PELAEZ QUISPE						
	INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117						
Jefe de Laboratorio de Materiales	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD					

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	4/01/2024
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO			
ACI 211			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Jaima Alex Salazar Luen		
TESIS	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de micelio y nanoslice para pavimentos rígidos, Lima 2023		
UBICACIÓN	: LIMA Fecha de ensayo: 22/05/2024		
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cm ³	MODULO FINIEZA	HUM. NATURAL %
CEMENTO SOL TIPO I	3.13		
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.51	3.00	1.4
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.80	7.35	0.5
NANOSLICE	2.00		
MATERIALES:	AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³
			P. UNITARIO C. Kg/m ³
A) VALORES DE DISEÑO			
1. ASENTAMIENTO		3"-4"	slug
2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/4"	
3. RELACION AGUA/CEMENTO		0.66	
4. AGUA		205	
5. TOTAL DE AGUA ATRAPADO %		2.8	
6. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.81	
7. TEMPERATURA C°		25.5	°C
B) ANALISIS DE DISEÑO			
FACTOR CEMENTO	356.071	Kg/m ³	8.8
Volumen absoluto del cemento		0.1170	m ³ /m ³
Volumen absoluto del Agua		0.2050	m ³ /m ³
Volumen absoluto del Aire		0.0200	m ³ /m ³
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS		0.3282	m ³ /m ³
Volumen absoluto del Agregado fino		0.3288	m ³ /m ³
Volumen absoluto del Agregado grueso			
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS			
C) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO			
CEMENTO		366	Kg/m ³
AGUA		205	L/m ³
AGREGADO FINO		824	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO		923	Kg/m ³
NANOSLICE (costo 2% del peso del cemento)		7.321	Kg/m ³
PESO DE MEZCLA		2318	Kg/m ³
D) CORRECCION POR HUMEDAD			
AGREGADO FINO HUMEDO		835.4	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO HUMEDO		928.1	Kg/m ³
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS			
AGREGADO FINO		5%	L/m ³
AGREGADO GRUESO		-0.40	L/m ³
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA		0.10	0.8
F) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO			
CEMENTO		366	Kg/m ³
AGUA		203	L/m ³
AGREGADO FINO		835	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO		928	Kg/m ³
NANOSLICE (costo 2% del peso del cemento)		7.321	Kg/m ³
PESO DE MEZCLA		2332	Kg/m ³
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 lt.)			
CEMENTO		54.91	Kg
AGUA		30.39	Lts
AGREGADO FINO		125.31	Kg
AGREGADO GRUESO		139.21	Kg
NANOSLICE (costo 2% del peso del cemento)		1.10	Kg
PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo)
C	1.0		C
A/F	2.28		A/F
A/G	2.54		A/G
H ₂ O	23.5		H ₂ O
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
			
JJ GEOTECNIA S.A.C.	JJ GEOTECNIA S.A.C.	JJ GEOTECNIA S.A.C.	
Jefe de Laboratorio de Materiales	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD	
		Control de Calidad JJ GEOTECNIA	

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CO-001		
	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO		Revisión	1		
			Aprobado	CC-JJ		
			Fecha	4/01/2024		
LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO						
ACI 211						
REFERENCIA	: Datos de laboratorio					
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluen					
TESIS	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílice y nanosílice para pavimentos rígidos, Lima 2023					
UBICACIÓN	: LIMA Fecha de ensayo: 22/05/2024					
f_c 280 kg/cm² (3% NS)						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3,13					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2,51	3,00	1,4	1,0	1547,0	1848,0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2,80	7,35	0,5	0,6	1517,0	1663,0
NANOSÍLICE	2,00					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"	mm	
2	TAMANO MÁXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0,56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2,0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0,81		
7	TEMPERATURA °C			25,5		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			366,071	Kg/m ³	8,6	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento			0,1170	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua			0,2050	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire			0,0200	m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino			0,3282	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agregado grueso			0,3298	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO			366	Kg/m ³		
AGUA			205	L/m ³		
AGREGADO FINO			824	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			923	Kg/m ³		
NANOSÍLICE (dosis 3% del peso del cemento)			10,982	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA			2318	Kg/m ³		
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO			835,4	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			928,1	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			-0,40	Lts/m ³		
AGREGADO GRUESO			0,10	Lts/m ³		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA			202,6	Lts/m ³		
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			366	Kg/m ³		
AGUA			203	Lts/m ³		
AGREGADO FINO			835	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			928	Kg/m ³		
NANOSÍLICE (dosis 3% del peso del cemento)			10,982	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA			2332	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (150 lt.)						
CEMENTO			54,91	Kg		
AGUA			30,39	Lts		
AGREGADO FINO			125,31	Kg		
AGREGADO GRUESO			139,21	Kg		
NANOSÍLICE (dosis 3% del peso del cemento)			1,65	Kg		
PORPORCIÓN EN PESO p ₃ (húmedo)						
C	1,0					
A.F	2,28					
A.G	2,54					
H ₂ O	23,5					
			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p ₃ (húmedo)			
			C	1,0		
			A.F	2,21		
			A.G	2,51		
			H ₂ O	23,5		
Elaborado por:	Revisado por:		Aprobado por:			
	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 283117		JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD			
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad JJ GEOTECNIA			



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839 @ 946767207
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz B, Lt 57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabayllo
 Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Luen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilíce y nanosilíce para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: LIMA

FECHA DE ENSAYO:	5/06/2024
------------------	-----------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 PATRÓN	4.3/4
Muestra 2 PATRÓN	4.1/4
Muestra 3 PATRÓN	4.3/4

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

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C143

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Jaime Alex Salazar Luen
PROYECTO : Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsíllice y nanosíllice para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN : LIMA

FECHA DE ENSAYO: 5/06/2024

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 7.5% MS	3
Muestra 2 7.5% MS	3 1/4
Muestra 3 7.5% MS	3

OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 283117 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839 © 946767207
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz B, Lt 57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabayllo
 Email: Informes@jgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilíce y nanosilíce para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: LIMA

FECHA DE ENSAYO:	5/06/2024
------------------	-----------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 10% MS	2 3/4
Muestra 2 10% MS	2 1/2
Muestra 3 10% MS	2 1/2

OBSERVACIONES:
 *Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C. JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839 © 946767207
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz B, Lt 57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabayllo
 Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: LIMA

FECHA DE ENSAYO:	5/06/2024
------------------	-----------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 12.5% MS	2
Muestra 2 12.5% MS	2 1/4
Muestra 3 12.5% MS	2

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839 © 946767207
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz B, Lt.57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabayllo
 Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílíceo y nanosílíceo para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: LIMA

FECHA DE ENSAYO:	5/06/2024
------------------	-----------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 1% NS	6 1/2
Muestra 2 1% NS	6 1/4
Muestra 3 1% NS	6 1/2

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JOÁN DAVIÐ PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839 © 946767207
SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz B, Lt 57, Los Olivos
SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabayllo
 Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílice y nanosílice para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: LIMA

FECHA DE ENSAYO:	5/06/2024
------------------	-----------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 2% NS	7.1/4
Muestra 2 2% NS	7.3/4
Muestra 3 2% NS	7.1/4

OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C. JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílíce y nanosílíce para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: LIMA

FECHA DE ENSAYO:	5/05/2024
-------------------------	-----------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 3% NS	7 3/4
Muestra 2 3% NS	7 3/4
Muestra 3 3% NS	7 1/2

OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - OIP N° 283117	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

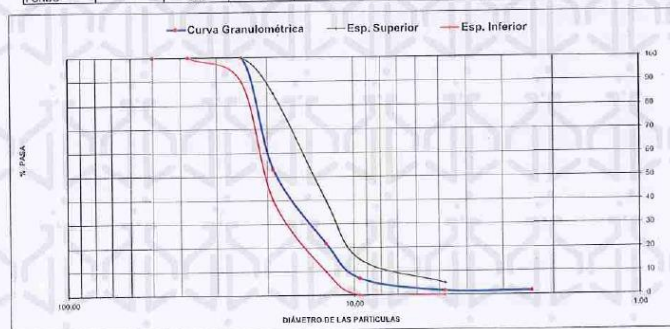
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LTC-AG-002
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	Revisión	2
	DE AGREGADO GRUESO	Aprobado	CC-JJG

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C 136




REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Juanita Alvar Salazar Uman
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílice y nanosílice para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: Lima

MATERIAL	: AGREGADO GRUESO	CANTERA: TRAPICHE	Fecha de ensayo: 21/05/2024
PESO INICIAL HUMEDO (g):	2,168.8	% W =	0.5
PESO INICIAL SECO (g):	2,158.1	MF =	7.35

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO (%)		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSOS 54
		Retenido	Pasa	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.05	1,012.6	47.0	47.0	53.0	40 - 85
1/2"	12.50	674.7	31.3	76.3	21.7	10 - 40
3/8"	9.53	317.2	14.7	93.0	7.0	0 - 15
Nº 4	4.75	115.1	5.3	98.3	1.7	0 - 5
Nº 8	2.38	0.0	0.0	99.3	1.7	
Nº 16	1.18	0.0	0.0	99.3	1.7	
FONDO	--	36.5	1.7	100.0	0.0	



OBSERVACIONES:
• Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad y Buenas Prácticas

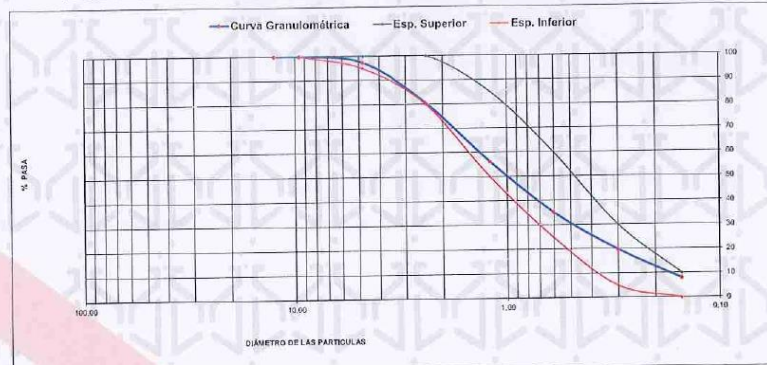
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Sañaz Lloen
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilica y nanosilica para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: Lima

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA: TRAPICHE Fecha de ensayo: 21/05/2024
 PESO INICIAL HÚMEDO (g): 782.4 % W = 1.4
 PESO INICIAL SECO (g): 751.6 MF = 3.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	19.5	2.6	2.6	97.4	95 - 100
Nº8	2.38	127.6	17.0	19.6	80.4	80 - 100
Nº 16	1.19	182.5	24.3	43.9	56.1	50 - 85
Nº 30	0.60	156.2	20.8	64.7	35.3	25 - 60
Nº 50	0.30	116.5	15.5	80.2	19.8	5 - 20
Nº 100	0.15	89.0	11.8	92.0	8.0	0 - 10
FONDO	-	60.3	8.0	100.0	0.0	



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

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP Nº 263117	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Uzun
PROYECTO	: Análisis comparativo de los propiedades físico mecánicas de un concreto con la adición de microsilica y nanosilice para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: Lima

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA : TRAPICHE Fecha de ensayo: 21/05/2024

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	30605	30564	30633
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	21405	21464	21433
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.515	1.519	1.517




PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.517
--------------------------------------	------	--------------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	32750	32772	32801
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	23550	23572	23601
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.667	1.668	1.670

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.668
--	------	--------------

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

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

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

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Atry Salazar Luna
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílice y nanosílice para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: Lima

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA TRAPICHE Fecha de ensayo: 21/03/2024

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	5958	5963	5937
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4336	4341	4315
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.549	1.556	1.541

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.547
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6810	6781	6705
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	5188	5159	5173
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.853	1.843	1.848

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.848
-----------------------------------	------	-------

OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Llanos
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílica y nanosílica para pavimentos rígidos. LIMA 2023
UBICACIÓN	: Lima

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA : TRAPICHE Fecha de ensayo: 21/05/2024

MUESTRA N°				M - 1		M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1279.5	1317.9		1298.7
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	1985.4	2042.1		2014.3
3	Peso muestra Seca	C	g	1974.5	2031.9		2003.2
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.81	2.82		2.81
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.79	2.81		2.80
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.84	2.85		2.84
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100		%	0.6	0.6		0.6

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

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 283117 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	---

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

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128


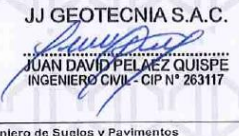

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Llanos
PROYECTO	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsílica y cenizas para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	: Lima

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE Fecha de ensayo: 21/05/2024

MUESTRA N°		M-1	M-2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	954.3	954.6	954.5
2	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	g	653.1	653	653.1
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	301.2	301.6	301.4
4	Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	617.7	618.2	617.9
5	Peso del Balón	g/cc	153.1	153.1	153.1
6	Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	494.6	495.1	494.8
7	Volumen del Balón (V)	cc	498.4	498.4	498.4

RESULTADOS				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.51	2.52	2.51
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = ((2)-(6))/(V-W))	g/cc	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/(V-W)-((2)-(4))-A)	g/cc	2.58	2.58	2.58
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $(((2)-(4))-A)/(A*100)$	%	1.1	1.0	1.0

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

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIELES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	01/02/2024
		Página	1 de 1

PROYECTO: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microfibras y nanoslice para pavimentos rígidos, Lima

SOLICITANTE: Jaime Alex Salazar Llorón

UBICACIÓN: LIMA

FECHA DE EMISIÓN: 12/06/2024

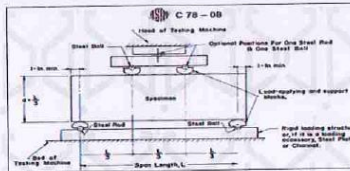
Tipo de muestra: Concreto endurecido

Presentación: Especímenes prismáticos

F'c de diseño: 280 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	23.4 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	23.3 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	23.9 kg/cm ²
7.5%MS	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	24.8 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	24.3 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	24.4 kg/cm ²
10% MS	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.5 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.6 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.8 kg/cm ²
12.5% MS	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.7 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.8 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.1 kg/cm ²
1%NS	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.6 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.8 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	25.8 kg/cm ²
2%NS	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.2 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.4 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.5 kg/cm ²
3%NS	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.3 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.8 kg/cm ²
	5/06/2024	12/06/2024	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	29.0 kg/cm ²



OBSERVACIONES:
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C. JUAN DAVID PELAÉZ QUIJSPE INGENIERO CIVIL, CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



Tel: (01) 480-8019 Cel.: 933916417
 Cel.: 980703014 / 933846839 946767207
 SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
 Mz. B, Lt. 57, Los Olivos

SUCURSAL: Los Tulipanes Mz. C2, Lt. 1
 Urb. San Antonio de Carabaylo
 Email: informes@jgeotecniasac.com
 www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAJO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)		Versión
		Fecha	01/02/2024
		Página	1 de 1

PROYECTO : Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microfibras y nanosílice para pavimentos rígidos, Lima

SOLICITANTE : Julian Alex Solazar Uken

UBICACIÓN : LIMA

FECHA DE EMISIÓN : 19/09/2024

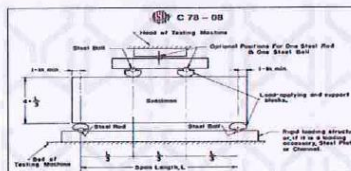
Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Especímenes prismáticos

P/c de diseño : 200 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.2 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.1 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	26.8 kg/cm ²
7.5% MS	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.0 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.1 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	27.2 kg/cm ²
10% MS	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.4 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.5 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	29.3 kg/cm ²
12.5% MS	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	29.6 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	29.7 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	29.9 kg/cm ²
1% NS	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.4 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.6 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	28.6 kg/cm ²
2% NS	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	30.1 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	30.2 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	30.3 kg/cm ²
3% NS	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	31.1 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	31.4 kg/cm ²
	5/08/2024	19/08/2024	14 días	CENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	31.8 kg/cm ²



OBSERVACIONES:
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CG-JJ
		Fecha	2/11/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-41 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Jaime Alex Salazar Lluan
TESIS	: Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilice y nanosilice para pavimentos rígidos, Lima 2024.
UBICACIÓN	: LIMA Fecha de emisión: 12/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPERMINA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA (kg)	ÁREA (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	F _c Diseño (kg/cm ²)	% F _c
PATRON	3/02/2024	12/06/2024	7	18189.5	78.5	189.7	220.0	86.5
PATRON	5/02/2024	12/06/2024	7	14425.2	78.5	183.7	220.0	83.6
PATRON	4/04/2024	12/06/2024	7	14393.9	78.5	182.0	220.0	83.0
7.5%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	19754.0	78.5	187.9	220.0	85.7
7.5%MS	3/02/2024	12/06/2024	7	14892.0	78.5	187.1	220.0	85.0
7.5%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	14923.0	78.5	186.2	220.0	84.5
10%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15282.0	78.5	194.0	220.0	88.0
10%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15354.0	78.5	195.5	220.0	89.0
10%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15194.0	78.5	193.5	220.0	88.0
12.5%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15565.0	78.5	198.2	220.0	90.0
12.5%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15525.0	78.5	197.7	220.0	90.0
12.5%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15414.0	78.5	196.3	220.0	90.0
15%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15133.0	78.5	192.7	220.0	87.6
15%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15284.0	78.5	194.7	220.0	88.5
15%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15192.0	78.5	193.4	220.0	87.9
20%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15535.0	78.5	197.8	220.0	90.0
20%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15581.0	78.5	198.1	220.0	90.0
20%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15235.0	78.5	194.9	220.0	88.6
30%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15610.0	78.5	198.9	220.0	90.0
30%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15922.0	78.5	202.6	220.0	92.1
30%MS	5/02/2024	12/06/2024	7	15828.0	78.5	201.5	220.0	91.6

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kn

OBSERVACIONES:
* No se observaron fisuras ni grietas en las probetas.
* Proporción la reproducción parcial o total de este documento en la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C.  JUAN DAVID PELAEZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR1-AR-CO-099
		Revisión	2
		Aprobado	GC-JJ
		Fecha	20/1/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-01 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	- Datos de laboratorio	Fecha de emisión:	19/06/2024
SOLICITANTE	- Jalisco Alex Salazar Lluen		
TESIS	- Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilice y nanosilice para pavimentos rígidos, Lima 2021.		
UBICACIÓN	- LIMA		

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kN	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	f'c diseño kg/cm ²	% Fc
PATRÓN	5/02/2024	19/06/2024	14	13949.5	78.5	1792	283.0	63.3
PATRÓN	5/02/2024	19/06/2024	14	12885.2	78.5	1643.9	283.0	58.1
PATRÓN	5/06/2024	19/06/2024	14	18453.0	78.5	2350.0	283.0	83.0
7.5% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19214.0	78.5	2448	283.0	86.5
7.5% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19152.0	78.5	2439	283.0	86.1
7.5% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19293.9	78.5	2430	283.0	85.8
10% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19742.0	78.5	2514	283.0	88.8
10% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19314.0	78.5	2433	283.0	85.9
10% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19554.0	78.5	2502	283.0	88.4
12.5% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	20025.0	78.5	2550	283.0	90.1
12.5% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19385.0	78.5	2455	283.0	86.7
12.5% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19174.0	78.5	2430	283.0	85.9
15% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	18598.0	78.5	2369	283.0	83.7
15% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19254.0	78.5	2452	283.0	86.6
15% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19632.0	78.5	2500	283.0	88.3
20% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	19950.0	78.5	2541	283.0	90.0
20% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	20021.0	78.5	2549	283.0	90.1
20% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	20093.0	78.5	2552	283.0	90.2
25% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	23321.0	78.5	2970	283.0	105.0
25% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	22452.0	78.5	2847	283.0	100.6
25% MS	5/06/2024	19/06/2024	14	22883.0	78.5	2913	283.0	103.0

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fisuras alargas en las roturas.
* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C. JUAN DAVID PÉREZ QUISPE INGENIERO CIVIL - CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CG-JJ
		Fecha	20/10/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C33-07 / NTP 339.034-11


REFERENCIA	- Datos de laboratorio
SOLICITANTE	- Jaime Alex Salazar Lujan
TESIS	- Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un concreto con la adición de microsilice y nanosilice para pavimentos rígidos, Lima 2023
UBICACIÓN	- LIMA

Fecha de emisión: 03/10/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPRESMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Círculo kg/cm ²	% Fc
PATRON	5/06/2024	3/07/2024	28	225219	78.5	2867.7	289.0	107.4
PATRON	5/06/2024	3/07/2024	28	228420	78.5	2909.8	290.0	107.9
PATRON	6/06/2024	3/07/2024	28	225219	78.5	2867.7	290.0	107.9
7.5 CM S	5/06/2024	3/07/2024	28	222440	78.5	2833.6	290.0	103.9
7.5 CM S	5/06/2024	3/07/2024	28	240250	78.5	3072.0	290.0	104.7
7.5 CM S	5/06/2024	3/07/2024	28	230350	78.5	2934.3	290.0	104.1
10.5 MS	5/06/2024	3/07/2024	28	233720	78.5	2977.2	290.0	106.3
10.5 MS	5/06/2024	3/07/2024	28	244440	78.5	3113.9	290.0	106.6
10.5 MS	5/06/2024	3/07/2024	28	233840	78.5	2978.7	290.0	108.3
12.5 MS	5/06/2024	3/07/2024	28	237550	78.5	3025.5	290.0	105.0
12.5 MS	5/06/2024	3/07/2024	28	238150	78.5	3033.2	290.0	108.3
12.5 MS	5/06/2024	3/07/2024	28	230049	78.5	2931.1	290.0	108.2
14.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	245239	78.5	3123.0	290.0	111.5
14.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	243849	78.5	3106.3	290.0	112.2
14.5 S	6/06/2024	3/07/2024	28	237899	78.5	3030.8	290.0	108.1
21.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	241289	78.5	3072.2	290.0	109.7
21.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	241510	78.5	3075.5	290.0	109.8
25.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	242150	78.5	3083.9	290.0	110.1
32.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	246510	78.5	3139.9	290.0	112.1
38.5 S	5/06/2024	3/07/2024	28	248820	78.5	3168.2	290.0	112.2
44.5 S	6/06/2024	3/07/2024	28	246130	78.5	3106.3	290.0	111.0

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fallas alélicas en las roturas
* Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S.A.C. JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE INGENIERO CIVIL / CIP N° 263117	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

Anexo 6. Panel fotográfico



Se realizaron ensayos de compresión en probetas cilíndricas de concreto con dimensiones de 4x8 pulgadas. Los especímenes patrón fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la resistencia a la compresión en diferentes etapas de curación.



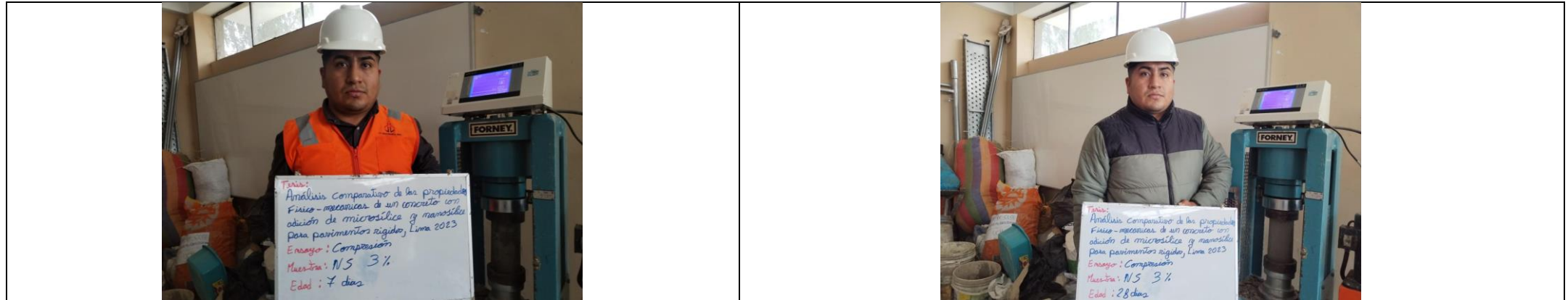
Se realizaron ensayos de flexión en vigas de concreto con dimensiones de 15x15x50 cm. Los especímenes patrón fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar cómo el tiempo de curación afecta su resistencia a la flexión.



Se realizaron ensayos de compresión en especímenes de concreto con adición de 1 % de nanosilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión con el tiempo.



Se realizaron ensayos de compresión en especímenes de concreto con adición de 2 % de nanosilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión con el tiempo.



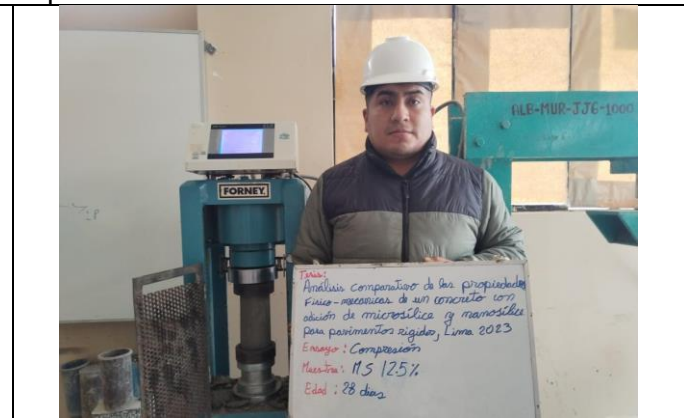
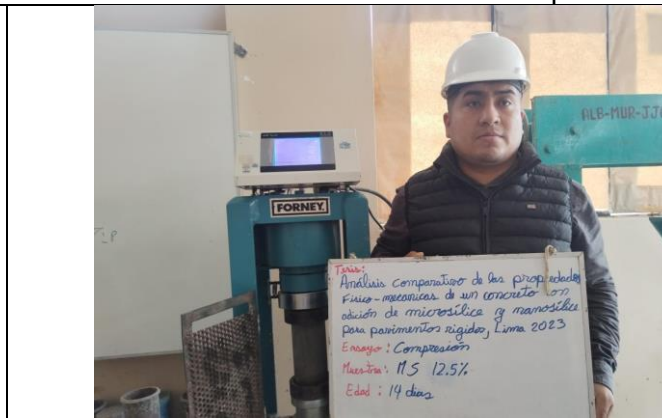
Se realizaron ensayos de compresión en especímenes de concreto con adición de 3 % de nanosilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión con el tiempo.



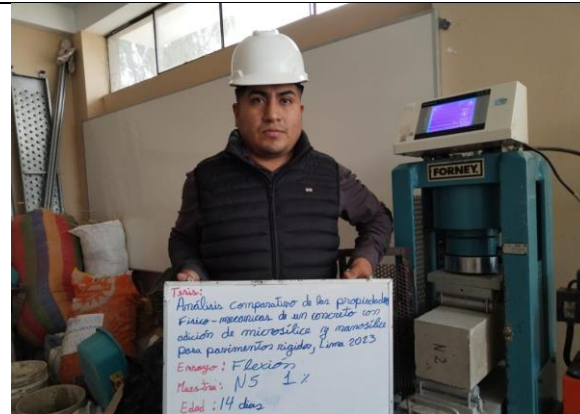
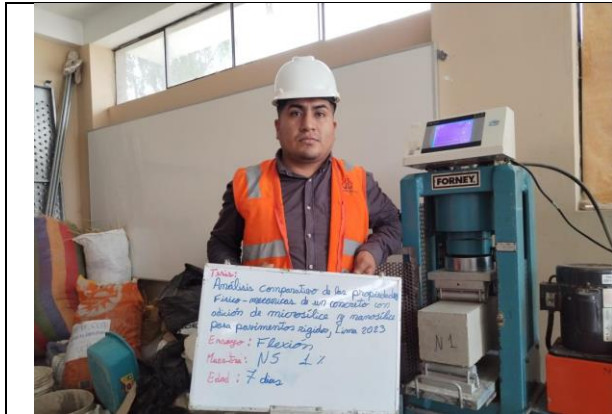
Se realizaron ensayos de compresión en especímenes de concreto con adición de 7.5 % de microsilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión con el tiempo.



Se realizaron ensayos de compresión en especímenes de concreto con adición de 10 % de microsilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión con el tiempo.



Se realizaron ensayos de compresión en especímenes de concreto con adición de 12.5 % de microsilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión con el tiempo.



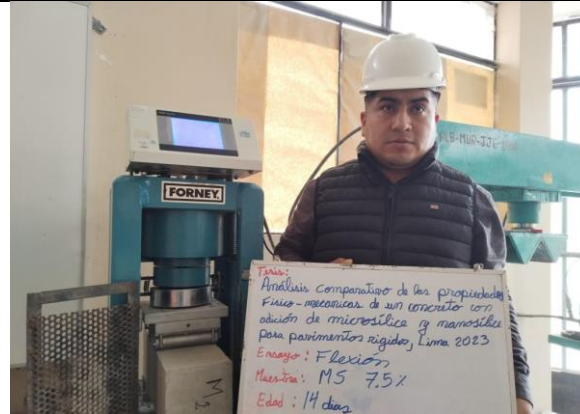
Se llevaron a cabo ensayos de flexión en especímenes de concreto con una adición de 1 % de nanosíllica. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar el efecto del tiempo de curación en la resistencia a la flexión.



Se llevaron a cabo ensayos de flexión en especímenes de concreto con una adición de 2 % de nanosíllica. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar el efecto del tiempo de curación en la resistencia a la flexión.



Se llevaron a cabo ensayos de flexión en especímenes de concreto con una adición de 3 % de nanosíllice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar el efecto del tiempo de curación en la resistencia a la flexión.



Se llevaron a cabo ensayos de flexión en especímenes de concreto con una adición de 7.5 % de microsíllice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar el efecto del tiempo de curación en la resistencia a la flexión.



Se llevaron a cabo ensayos de flexión en especímenes de concreto con una adición de 10 % de microsilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar el efecto del tiempo de curación en la resistencia a la flexión.



Se llevaron a cabo ensayos de flexión en especímenes de concreto con una adición de 12.5 % de microsilice. Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días para evaluar el efecto del tiempo de curación en la resistencia a la flexión.



Las probetas cilíndricas, con dimensiones de 4x8 pulgadas, se utilizan para medir la resistencia a la compresión del concreto. Por otro lado, las vigas de concreto, de 15x15x50 cm, sirven para evaluar la resistencia y el comportamiento estructural del concreto bajo carga.