



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis de la adición de microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

García Cortez, Jose Carlos (ORCID: 0000-0001-5479-3083)

ASESOR:

Mg. Fernández Díaz, Carlos Mario (ORCID: 0000-0001-6774-8839)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA- PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico a mis padres y familiares que me apoyaron en la etapa de estudios superiores.

Agradecimiento

Mi agradecimiento a la universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de estudios, mis profesores y amigos en general.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Diseño de la investigación	13
3.2 Variables y Operacionalización.....	14
3.3 Población, muestra y muestreo.....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	18
3.5 Procedimientos.....	19
3.6 Método de análisis de datos.....	20
3.7 Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	57
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	74

Índice de tablas

Tabla 1. Variables de investigación.	14
Tabla 2. Población de la investigación de campo.	17
Tabla 3. <i>Muestra de la investigación.</i>	18
Tabla 4. <i>Propiedades de la microsílíce</i>	22
Tabla 5. <i>Especificaciones físicas y químicas de la microsílíce.</i>	23
Tabla 6. <i>Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino.</i>	24
Tabla 7. <i>Resultados del ensayo peso unitario compactado del agregado fino.</i>	25
Tabla 8. <i>Resultados del ensayo peso unitario suelto del agregado fino.</i>	25
Tabla 9. <i>Resultados del ensayo gravedad específica y absorción del agregado fino.</i>	26
Tabla 10. <i>Resultados del ensayo contenido de humedad del agregado fino.</i>	26
Tabla 11. <i>Resultados del ensayo material más fino que pasas el tamiz N°200 del agregado fino.</i>	27
Tabla 12. <i>Resultados del ensayo granulométrico del agregado grueso.</i>	28
Tabla 13. <i>Resultados del ensayo peso unitario compactado del agregado grueso.</i>	29
Tabla 14. <i>Resultados del ensayo peso unitario suelto del agregado grueso.</i>	29
Tabla 15. <i>Resultados del ensayo gravedad específica y absorción del agregado grueso.</i>	30
Tabla 16. <i>Resultados del ensayo contenido de humedad del agregado grueso.</i> ...31	
Tabla 17. <i>Resultados del ensayo material más fino que pasas el tamiz N°200 del agregado grueso.</i>	31
Tabla 18. <i>Resultados del ensayo granulométrico del agregado global.</i>	32
Tabla 19. <i>Diseños de concreto.</i>	33
Tabla 20. <i>Cantidad de probetas de concreto para ejecución de ensayos.</i>	34
Tabla 21. <i>Resultados del ensayo asentamiento del concreto fresco.</i>	35
Tabla 22. <i>Resultados del ensayo Temperatura del concreto fresco.</i>	37
Tabla 23. <i>Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseño C280MS0 con relación a/c 0.45, 0.55 y 0.65.</i>	38
Tabla 24. <i>Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseño C280MS3 con relación a/c 0.45, 0.55 y 0.65.</i>	40

Tabla 25. <i>Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseño C280MS8 con relación a/c 0.45, 0.55 y 0.65.</i>	42
Tabla 26. <i>Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseños C280MS0, C280MS3 y C280MS8 con relación a/c 0.65.</i>	44
Tabla 27. <i>Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseños C280MS0, C280MS3 y C280MS8 con relación a/c 0.55.</i>	46
Tabla 28. <i>Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseños C280MS0, C280MS3 y C280MS8 con relación a/c 0.45.</i>	48
Tabla 29. <i>Resultados del ensayo estándar para determinar la densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.</i>	51
Tabla 30. <i>Resultados del ensayo estándar para determinar la permeabilidad del concreto al agua.</i>	53
Tabla 31. <i>Valores del coeficiente de permeabilidad.</i>	55

Índice de figuras

Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino.	24
Figura 2. Curva granulométrica del agregado grueso.	28
Figura 3. Curva granulométrica del agregado global.....	33
Figura 4. Valores de asentamiento de los diseños de concreto C280MS0, C280MS3 y C280MS8.....	35
Figura 5. Valores de asentamiento de los diseños de concreto C280MS0, C280MS3 y C280MS8.....	36
Figura 6. Resistencia a la compresión a los 28 días del diseño C280MS0 con relaciones a/c 0.45, 0.55 y 0.65.....	39
Figura 7. Resistencia a la compresión a los 28 días del diseño C280MS3 con relaciones a/c 0.45, 0.55 y 0.65.....	41
Figura 8. Resistencia a la compresión a los 28 días del diseño C280MS8 con relaciones a/c 0.45, 0.55 y 0.65.....	43
Figura 9. Resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.65.....	45
Figura 10. Resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.55.....	47
Figura 11. Resistencia a la compresión a los 7 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.45.....	49
Figura 12. Resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.45.....	49
Figura 13. Variación de la resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.45.....	50
<i>Figura 14. Variación del porcentaje de vacíos de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15. Variación del porcentaje de absorción de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 16. Valores promedio de penetración de agua en el concreto con diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 17. Valores promedio de coeficiente permeabilidad del concreto con diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.....</i>	<i>55</i>

RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar la influencia de la adición de microsílíce en un concreto convencional de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, para lograr el objetivo propuesto, se desarrolló tres diseños de mezcla, el primero sin contenido de microsílíce que será considerado como el diseño estándar, el segundo diseño con una adición de microsílíce del 3% respecto al peso del cemento y el tercer diseño con una adición de microsílíce del 8% respecto al peso del cemento. La metodología del estudio desarrollado fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño experimental. La penetración de agua en el concreto en el diseño sin adición de microsílíce fue de 6.91cm, mientras que el concreto con 3% y 8% de adición de microsílíce el valor de la penetración de agua fue de 5.70cm y 3.31cm respectivamente, lo que indica una disminución del 17.5% y 52.1% respecto al diseño inicial. Además la resistencia a la compresión aumento en los diseños de concreto con adición de microsílíce. De acuerdo al análisis realizado a los datos obtenidos, se concluye que la adición del mineral microsílíce en las mezclas de concreto convencional 280kg/cm^2 influye reduciendo la permeabilidad del concreto.

Palabras clave

Microsílíce, permeabilidad, resistencia a la compresión, asentamiento.

ABSTRACT

The objective of the research project was to analyze the influence of the addition of microsilica in a conventional concrete with compressive strength $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, to achieve the proposed objective, three mixture designs were developed, the first without microsilica content which will be considered as the standard design. The second design with a microsilica addition of 3% with respect to the weight of the cement and the third design with a microsilica addition of 8% with respect to the weight of the cement. The methodology of the study developed was of an applied type, quantitative approach, correlational level and experimental design. The water penetration in the concrete in the design without addition of microsilica was 6.91cm, while the concrete with 3% and 8% addition of microsilica, the water penetration value was 5.70cm and 3.31cm respectively, which indicates a decrease of 17.5% and 52.1% compared to the initial design. In addition, compressive strength increased in concrete designs with the addition of microsilica. According to the analysis carried out on the data obtained, it is concluded that the addition of the mineral microsilica in conventional concrete mixtures 280kg/cm^2 influences reducing the permeability of the concrete.

Keywords

Microsilica, permeability, compressive strength, slump.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción, con el paso de los años el concreto se ha convertido a nivel mundial en el material principal de este rubro, por tanto, un fallo o deterioro anticipado del concreto en una estructura puede derivar en accidentes que arriesgando la salud de los usuarios, además de grandes pérdidas económicas. Por ejemplo, España, en el año 2019, destinó 38% de la inversión en construcción a la reparación y al mantenimiento, que significa un 2% de su Producto Interno Bruto según el ministerio de fomento (2020), por eso, el requerimiento del concreto en cuanto a calidad y desempeño del mismo es cada vez es más exigente. “El uso del concreto de alto desempeño es la tendencia actual para cubrir las expectativas constructivas de protección y mantenimiento de las estructuras y prevenir los problemas de deterioro, principalmente la corrosión del acero estructural” (Ghanei, et al, 2018).

En la actualidad se observa el aumento de la construcción de estructuras de gran envergadura en el Perú, ya que “para el año 2020 el presupuesto del sector construcción alcanza los S/ 9456 millones, cifra que representa un incremento de 5%, en relación al año 2019, que se distribuye entre el Ministerio de construcción y saneamiento y las entidades adscritas” (MVCS, 2020). Muchas de las construcciones, ya sea por el gran tamaño de la misma, por el tipo de obra y por su ubicación, requieren que su estructura o parte de ella, tengan contacto con el agua, ya sea en mar, en ríos, lagunas o por el nivel freático existente, lo que lleva a realizar investigaciones y pruebas de diseños de concreto con características especiales de trabajabilidad y permeabilidad respecto a un concreto convencional, elevando el costo de la construcción de manera considerable, costo que finalmente es asumido por el usuario.

La ciudad de Lima actualmente cuenta con la ejecución de obras importantes para el desarrollo urbano, tales como la línea 2 del metro, que unirá los distritos de Ate y el Callao mediante una obra subterránea en un 90% de su extensión, La ampliación del aeropuerto internacional Jorge Chávez e importantes proyectos inmobiliarios en los distritos costeros de La Perla, San Miguel, Magdalena del mar, San Isidro y Miraflores, todos estos proyectos por su ubicación geográfica estarán contruidos en parte o en su totalidad en contacto con el agua por la existencia del

nivel freático, siendo necesario ejecutar las obras con concreto que contenga un bajo grado de permeabilidad para evitar la filtración del agua en las estructuras. La permeabilidad es una característica fundamental para la duración de un concreto, por lo que “la penetración de materiales en solución puede afectar adversamente la durabilidad del concreto, Además, en el caso de concreto reforzado, el acceso de la humedad y del aire tiene como resultado la corrosión del acero, que a su vez causa un aumento en el volumen del acero, lo cual puede dar origen a grietas y descascamientos del concreto” (Rivera, 2007, p. 155).

Para el caso de obras que se encuentran en contacto con agua, resulta muchas veces más importante que el concreto resista al ataque del agua que la resistencia a la compresión del mismo, es decir, el diseño del concreto debe ser por durabilidad, siendo una de esas características, la baja permeabilidad. “Numerosos estudios han demostrado una alta eficiencia de aditivos de acción polifuncional para producir hormigones con características de alto rendimiento, pero el costo de la mezcla aumenta significativamente, por eso los productores de concreto se muestran reacios a introducir nuevas composiciones” (Dmitrienko, 2017, p. 2).

El campo de las tecnologías y producción del concreto es un tema de investigación actual, el reciclaje y reutilización se han convertido en temas críticos para desarrollar tecnologías de concreto y construir estructuras de concreto armado con larga vida útil y que al mismo tiempo sean capaces de satisfacer los temas económicos y medioambientales (Foti, 2019, párr. 5). Para Elchalakani et al. (2018, Diciembre 1) otra tecnología probada en el diseño de concreto, es el uso de geopolímeros, que es un material cementoso conocido por sus beneficios ambientales y características comparables a las del cemento portland ordinario pero el concreto geopolímero es un material de construcción relativamente nuevo y aún no ha sido regulado por estándares debido a la alta variabilidad en el diseño de mezcla.

En ese sentido, partiendo de un diseño de concreto convencional, se estudiará el diseño de un concreto que tenga baja permeabilidad, utilizando para ello una adición de microsílíce en distintos porcentajes, y comprobar la actuación que tiene el concreto frente a la penetración de agua comparada con el concreto convencional, por lo tanto, el problema general del proyecto será analizar ¿cuál es

la influencia de la adición de microsilíce en la permeabilidad del concreto convencional $f'c = 280\text{kg/cm}^2$?

La presente investigación se justifica en vista que busca encontrar el beneficio que brinda la microsilíce en la impermeabilidad del concreto, como un aditivo alternativo en el concreto $f'c = 280\text{Kg/cm}^2$, además verificar si existe algún beneficio en la resistencia a la compresión y trabajabilidad, teóricamente la investigación se justifica en vista que a través del tiempo, siempre se ha buscado adicionar materiales en el concreto con el fin de mejorar sus características físicas. Este concepto continúa completamente vigente, “siendo el cemento Portland Puzolánico altamente usado en grandes obras de ingeniería actualmente debido a la amplia vida útil para la cual están diseñadas” (Huaquisto y Belizario, 2018, p. 226). De igual manera, el uso de la microsilíce en el concreto ha sido probado por varios investigadores, generando resultados favorables en la resistencia del concreto. De manera práctica, la presente investigación se justifica ya que el uso de adiciones minerales en cementos muestra una tendencia creciente en el rubro de la construcción por ayudar en el desarrollo sustentable y ventajas tecnológicas. “Además de las adiciones tradicionales como puzolanas naturales y las escorias, existe interés en el uso de otros materiales suplementarios” (López y Castro, 2010, p. 420). Por lo indicado, la microsilíce constituye una alternativa concreta. Como justificación de la investigación a nivel económico, el uso de aditivos se ha vuelto una necesidad para la elaboración de concretos con características específicas, es por ello que se da pie a esta nueva alternativa de solución que permite optar por un aditivo eficaz a un precio más económico que los aditivos impermeabilizantes convencionales brindando el mismo nivel de calidad.

Como objetivo general de la presente investigación, se plantea analizar cuál es la influencia de la adición de microsilíce en la permeabilidad al agua de un concreto convencional $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, además como objetivos específicos se pretende determinar la influencia de la adición del 3% y 8% de microsilíce en la trabajabilidad del concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, determinar la influencia de la adición del 3% y 8% de microsilíce en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ y determinar la influencia de la adición del 3% y 8% de microsilíce en la penetración de agua en el concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$.

La hipótesis general de la investigación sostiene que al adicionar microsílíce al concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ se reduce la permeabilidad en el concreto, mientras que las hipótesis específicas sostienen que el concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ con adición de microsílíce es menos trabajable que el concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ convencional, al adicionar 3% y 8% de microsílíce al diseño de concreto convencional $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ adquiere mayor resistencia a la compresión del concreto y que al adicionar 3% y 8% de microsílíce al concreto convencional $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ se reduce el valor de la penetración de agua en el concreto endurecido.

II. MARCO TEÓRICO

Vélez (2019), en su tesis titulada *Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón*. Para obtener el título profesional de ingeniería civil en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, cuyo estudio fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, nivel correlacional y de diseño experimental, tuvo como objetivo determinar la posibilidad de utilizar el bagazo de la caña de azúcar quemado, para mejorar las características de permeabilidad y resistencia del hormigón de cemento portland, para esto se utilizó CBCA, se incrementó 5% y 10% de Ceniza del volumen de cemento usado en el diseño. Se realizó ensayos de absorción obteniendo como resultado a los 90 días que el diseño con adición del 5% de CBCA redujo los valores de absorción de agua en un 37% y el diseño con adición de 10% de CBCA obtuvo una reducción en la absorción del 46%.

Sanes (2017), en la tesis *Influencia de microfibras de polipropileno y microsílíce en la resistencia de concretos de 4000 y 3000 psi*. Para optar por el título de Magister en ingeniería en la universidad tecnológica de Bolívar-Colombia, donde la investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo, nivel correlacional y de diseño experimental, estableció como objetivo determinar la viabilidad económica y técnica del uso de las microfibras de polipropileno y de las microsílíce de humo de sílice, mediante un análisis sobre las propiedades de manejabilidad y resistencia de concreto, tanto en un concreto fresco como endurecido, en la comparación de los diseños exclusivos con microsílíce, encontró que la resistencia a la compresión del diseño de 3000psi aumento en un 6.01% con la adición del 2% de microsílíce, mientras que el diseño de 4000psi aumento un 3.1% su valor con la adición del 2% de microsílíce. Concluyendo que la resistencia a la compresión aumenta a partir del 1% de adición en peso de cemento y este aumento es progresivo hasta adiciones menores al 3%.

Morales (2015), en su tesis *Estudio de concretos de alta durabilidad*. Para optar por el grado de ingeniero civil en la universidad Nacional Autónoma de México, Propuso que el fin de su investigación sea lograr un concreto cuya vida útil sea mayor a la de un concreto normal, estableciendo para tal fin diseños de concreto cuya relación a/c sea de 0.40 y 0.45. Se utilizó el humo de sílice en porcentajes del 5% y 10%

para verificar el comportamiento de las propiedades mecánicas. Después de realizar los ensayos se determinó que para obtener una buena durabilidad en el concreto se debe tener relaciones agua – cemento no mayores a 0.45, los valores más altos a la resistencia a la compresión se dieron con el 5% de adición logrando un incremento de 10.6% sobre el diseño patrón, mientras que la permeabilidad al agua se redujo en 18.4% en el concreto con 10% de adición de microsílíce. El proyecto fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, explicativo y de diseño experimental.

Achahuanco y Gutiérrez (2019), en la tesis titulada *Optimización de concretos estructurales $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{kg/cm}^2$ sobre sus propiedades mecánicas con adición de microsílíce en la ciudad del Cuzco, 2017*. Para optar por el título profesional de ingeniería civil en la Universidad Nacional San Antonio de Abad, se propuso encontrar la medida optima de microsílíce que se pueda reemplazar por cemento para la obtención y optimización de concretos estructurales $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{kg/cm}^2$ sobre sus propiedades mecánicas. Se fabricaron probetas a partir de una mezcla de concreto con microsílíce adicionada en 15, 10 y 7% reduciendo la cantidad de cemento por metro cubico y conservando las resistencias de diseño propuestas, sometiéndolos a ensayos en estado fresco (revenimiento) y en estado endurecido (compresión axial simple). Se concluyó que la cantidad apropiada de cemento a reemplazar por microsílíce para un diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$ es del 7%, llegando a resistencias promedio a la compresión axial con valor de 317.03 kg/cm^2 , reduciéndose una cantidad de cemento equivalente a 4.28 bolsas/ m^3 ; para el caso del diseño $f'c=280\text{ kg/cm}^2$, la cantidad adecuada de microsílíce también es del 7%, obteniéndose resistencias promedio a la compresión axial simple de 374.08 kg/cm^2 , reduciéndose 6.19 bolsas/ m^3 de cemento, así mismo se realizó el análisis de precios unitarios, resultando un coste menor por cada m^3 de mezcla, en el orden de 6.04% menos para los especímenes de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y un 10.95% menos para los especímenes $f'c=280\text{ kg/cm}^2$. El proyecto fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo.

Garcia (2018), en la tesis titulada *Concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsílíce y superplastificante en la ciudad de Huancayo*. Con el fin de conseguir el título de ingeniería civil en la Universidad del Centro del Perú, pretendió determinar el incremento óptimo de superplastificantes en combinación

con microsilíce para fabricar un concreto con un comportamiento de alto desempeño utilizando material de Huancayo, En ese sentido desarrollo diseños utilizando cemento tipo portland andino tipo I, agregado de Huancayo, superplastificantes y microsilíce. Se desarrolló mezclas de concreto con un contenido de superplastificantes de 0.8%, 1.2% y 1.6%, además del contenido de microsilíce al 4%, 6% y 8%. También la relación agua cemento se dosifico en 0.30, 0.35 y 0.40. Una vez finalizados los ensayos se concluyó que el diseño cuya composición tuvo superplastificante al 1.2% y microsilíce al 6% fue el que obtuvo un mejor performance respecto a manejabilidad, mientras que la resistencia a la compresión con la adición de 8% de microsilíce mejoro en un 9.5% respecto al valor obtenido en la rotura del concreto patrón. El proyecto tuvo un diseño experimental, el enfoque realizado fue cuantitativo, fue tipo aplicado y desarrollado a nivel correlacional.

Sota (2017), en el proyecto titulado *Influencia del aditivo Sika 1 y agregado chancado en la resistencia a la compresión y propiedades físicas en concreto de baja permeabilidad*. Con el fin de lograr el título de ingeniería civil en la Universidad Nacional de Cajamarca, sostuvo evaluar propiedades físicas y resistencia del concreto $f.c= 210\text{Kg}/\text{cm}^2$ con características de poca permeabilidad al haber adicionado el impermeabilizante Sika-1 en proporciones de 1%, 3% y 5%. La muestra fue de 176 probetas de concreto en total, de los cuales 120 elementos fueron para realizar el ensayo de resistencia a los 7, 14 y 28 días de edad mientras que 56 especímenes se utilizaron para ejecutar el ensayo de penetración de agua bajo presión de la norma europea UNE-EN- 12390-8. Finalizado los ensayos se concluye que al utilizar el aditivo Sika-1 en proporción del 3% respecto al peso del cemento, genera el máximo valor en la resistencia a la compresión, logrando un incremento de 41.29% en el concreto $f.c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ y reduciendo el valor del coeficiente de permeabilidad de $5.91 \times 10^{-11}\text{m/s}$ a $2.36 \times 10^{-11}\text{m/s}$, Adicionalmente se observó que el porcentaje de porosidad se redujo de 11.01% a 6.2% y el valor de la absorción bajo de 4.96% a 3.08%, parámetros que identifican un concreto con buena impermeabilidad. El proyecto fue ejecutado a nivel explicativo, aplicado, experimental con enfoque cuantitativo.

Respecto a la variable micro sílice como aditivo en el concreto, el ACI 116R, la define como un “muy fino y no cristalino sílice producido en hornos de arco eléctrico como un subproducto de la producción de silicio o de aleaciones elementales que contienen silicio, Es un mineral compuesto de dióxido de silicio amorfo y ultrafino, que resulta del proceso de obtención de ferrosilicio y silicatos, involucrando la reducción en hornos de arco eléctrico a temperaturas superiores a 2000°C”.

También se describe como un “material puzolanico muy fino, compuesto mayormente de sílice amorfa producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la producción de silicio elemental o aleaciones de hierro”. (ASTM C1240, 2005). El cemento durante su proceso de hidratación produce y libera cal, la cual en presencia de materiales cuyo componente principal es la sílice, como es el caso de la microsíllice, llegan a formar elementos cementantes alternativos que logran su estabilidad física y química bajo condiciones ambientales normales de humedad y temperatura, estos elementos nuevos contribuyen a incrementar las resistencias del concreto (Shoba y Asha, 2019, p. 21). Adicionalmente se ha comprobado que los nuevos productos formados liberan una cantidad prácticamente nula de calor de hidratación, lo que permite conseguir concretos con mayor durabilidad, por otra parte, las dimensiones que tienen las partículas del nuevo compuesto permiten completar los vacíos que generalmente quedan en la pasta del material cementante, densificando de esta forma la masa del concreto y por lo tanto contribuyendo a la obtención de menor permeabilidad, menor porosidad, mayor resistencia y mayor durabilidad. (Pandey y Kumar, 2019, p. 92).

Dmitrienko et al. (2017), afirma que “una de las características de la microsíllice, es que está conformado por partículas cuyas dimensiones son hasta una centésima parte de lo que mide un grano de cemento, aproximadamente 0.14µm en promedio, contiene un alto porcentaje de sílice amorfa (SiO₂) y al tener una forma esférica logra una buena combinación química” (p. 2). Para Balabanov y Putsenko (2017), “las partículas individuales de SiO₂ al ser extremadamente pequeñas y tener alto contenido en la microsíllice, le permite reaccionar eficientemente con el cemento cuando se utiliza en el concreto”.

El uso de la microsíllice vista desde el tema de seguridad y salud, bajo operaciones normales no representa un peligro latente, en vista que al tener una forma esférica

no se alojan permanentemente en los alveolos pulmonares, permitiendo su expulsión con la respiración normal del ser humano, sin embargo al tener un tamaño de partícula ultra fino, un manejo no adecuado del material podría resultar potencialmente peligroso en vista que todas las partículas que la conforman son ultrafinos, menores a $2.5\mu\text{m}$, lo que hace que sean fácilmente respirables.

Es importante indicar que la adición de microsilíce puede producir o inferir fisuras en el concreto, Szelag y Szewckak (2019, p. 23) indican que “como resultado del gradiente de temperatura, la matriz de cemento puede agrietarse, lo que representara un riesgo de penetración de sustancias nocivas en el material, provocando su progresiva degradación”.

Respecto a la variable permeabilidad del concreto, se refiere al volumen de transferencia de líquido a través de la masa de concreto endurecida, es decir, la propiedad del elemento de obstruir la introducción de cualquier tipo de sustancia en su volumen, generalmente agua u otras sustancias líquidas, iones. De forma general se ha comprobado que “las propiedades observadas en el concreto que lo caracterizan como poco permeable son las mismas que lo ayudan a tener mayor hermeticidad” (Lewis, 2017). El concreto que se emplea en la construcción de elementos destinados a retener agua, que tengan exposición a mal tiempo u otras condiciones de exposición agresiva deberá tener una muy baja permeabilidad y alta hermeticidad. La hermeticidad se define básicamente como la propiedad del material de contener una sustancia, generalmente un líquido como el agua, sin una pérdida aparente del elemento. “Los materiales cementosos complementarios como cenizas volantes, humo de sílice, escoria, metacaolín y cenizas de cascara de arroz contienen sílice amorfa, y se utilizan cada vez más para mejorar la resistencia, durabilidad y sostenibilidad del concreto” (Varghese, Kanta y Parameswaran, 2017, p. 39).

La poca permeabilidad del concreto está relacionada básicamente con la permeabilidad de la pasta, la granulometría de la piedra y la arena y la proporción relativa entre la pasta y el agregado utilizado. Woong et al. (2017) indican que “la disminución de permeabilidad ayuda a la capacidad resistente del concreto tanto a la re saturación, al ataque de los sulfatos, al ataque del ion cloruro y otros productos químicos”.

Una gran ventaja de la permeabilidad en el concreto es que esta propiedad afecta en gran medida el poder de destrucción que produce el congelamiento cuando la estructura está en una condición saturada. En esta situación la permeabilidad de la pasta es de gran importancia ya que está recubre a todos los elementos que conforman la mezcla. La propiedad de permeabilidad en la mezcla está directamente ligada a la relación agua – cemento, de la composición de la arena, de la composición de la piedra y de la duración y proceso de curado, el cual deberá ser preferiblemente húmedo.

El contenido porcentual de vacíos en el concreto también influye en su permeabilidad y es dependiente de la energía ejercida durante la compactación, del tamaño y uniformidad del agregado, la proporción agua – cemento que lleva la mezcla y la cantidad de cemento utilizado (ACI 522R-06, 2006). Cabe señalar que el porcentaje de vacíos se encuentra linealmente relacionadas tanto con el peso unitario del concreto permeable como con su resistencia a la compresión simple, pero al tomar como referencia la permeabilidad del concreto, está varía de forma exponencial respecto al porcentaje de vacíos, por tanto la relación del porcentaje de vacíos de un concreto es directamente proporcional con la permeabilidad e inversamente proporcional con su capacidad de resistencia a la compresión. (Pasquel, 1998). Según la investigación de Hassan y Jaber (2017, p. 5145), “se encontraron mejores características en la estructura de los poros en los concretos adicionados con microsílíce y nanosílíce respecto al concreto sin adiciones en su diseño”.

Otra de las características a tener en cuenta para la variabilidad en la permeabilidad del concreto, además de la porosidad, es la continuidad y distribución de sus poros o también descrito como el porcentaje de vacíos, un cemento con contenido de partículas gruesas llega a producir una pasta con mayor porosidad que uno con partículas finas, por tanto, “la composición que tiene el cemento influye en la permeabilidad del concreto en cuanto a la velocidad de hidratación, pero no afecta al grado de porosidad” (Rivera, 2007, p. 155). Además Lopez y Castro (2010, p. 419), indican que “la porosidad e interconectividad de los poros en el concreto, está relacionado con el contenido de puzolanas naturales del concreto”.

Una característica estudiada respecto al concreto adicionado con microsilíce es la abrasión, Woong et al. (2018) identificó que “hubo una pequeña reducción de la abrasión cuando se incrementó el contenido de microsilíce en el concreto, pero no llegando a ser significativa para considerarlo un indicador de las propiedades físicas”.

Un punto importante en la influencia de la permeabilidad que obtenga el concreto es el diseño inicial, La técnica de mezclado, normalmente denominada diseño de mezcla, es un procedimiento y consta de pasos en los que se resuelven cantidades relativas para crear un concreto que sea eficiente como podría esperarse razonablemente, un concreto con utilidad, resistencia adecuada y durabilidad. (Laura, 2016) hace referencia a los pasos a seguir para un correcto diseño, tal como la definición de resistencia de diseño (f'_{cr}), definición de asentamiento (slump), determinación del máximo tamaño de la piedra chancada, estimación de la mezcla de agua, estimación de la contención de aire, definición de la proporción agua – cemento, peso de la piedra y arena, la corrección por humedad, corrección en peso y corrección en volumen de los agregados.

Las probetas para calcular la resistividad a compresión, deberán ser cilíndricas y deben ser ejecutadas en posición vertical, además está previsto que los moldes tendrán unas dimensiones con proporción de altura a diámetro de 2:1. “Para las pruebas de calificación de resistencia específica a la compresión, deben utilizarse especímenes cilíndricos con dimensiones de 6” de diámetro por 12” de altura (150 x 300 mm) o de 4” de diámetro por 8” de altura (100 x 200 mm)” (Urango y Babilonia (2015, p. 62).

Respecto a la ejecución de la prueba de revenimiento del concreto, o prueba del slump, Se coloca una muestra de concreto en una molde con forma de cono, se llena en tres capas de concreto compactando cada una de ellas con 25 golpes en forma de espiral desde la periferia hacia el centro, utilizando para ello una varilla de 0.60mts de largo y diámetro de 1/2”, una vez enrasado el concreto en la parte superior, se retira el molde hacia arriba manteniendo una velocidad constante, el concreto fresco se hundirá por propio peso y se expandirá en la base metálica, se procede a realizar la medición desde la altura inicial del concreto hasta la posición

final, siendo la diferencia de alturas el valor de asentamiento del concreto fresco ensayado (ASTM Designación C 143-90a, s.f., párr.2).

Una vez elaboradas las muestras cilíndricas, estas serán transportadas a un sector dispuesto para almacenaje, donde permanecerán con la menor perturbación posible para efectuar su curado inicial. Es posible que la cara superior de la probeta sea dañada, de ser el caso, se realizara otra vez el acabado. En el transcurso de las 24 horas iniciales, los moldes deben estar a una temperatura de 20 a 26 grados Celsius si el diseño del concreto es mayor a 422kg/cm², en caso que el diseño de la mezcla sea menor o igual a 422kg/cm², las probetas deberán mantenerse en una temperatura de 16 a 27 grados Celsius. Además, el tiempo necesario para realizar el muestreo de la mezcla y el llenado de los cilindros. Según la normativa vigente, se deberá realizar la rotura de 2 cilindros de concreto para que mediante el promedio de ambas se calcule la resistencia de la mezcla en cada edad, al menos se deberá realizar roturas a edades de 7 y 28 días. (Norma ASTM C31, párr. 3).

La penetración de agua en el concreto es un valor referencial para definir la permeabilidad de un concreto, según la instrucción de hormigón estructural EHE-08 (2010), un concreto se considera de baja permeabilidad o permeable cuando la profundidad de penetración del agua en el concreto endurecido calculado mediante el ensayo UNE-EN-12390-08 profundidad de penetración de agua bajo presión es menor a 30mm. Por otra parte la norma técnica colombiana NTC 4483 Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua considera que un concreto tiene baja permeabilidad si la penetración encontrada es menor a 30mm, es de permeabilidad media si el valor se encuentra entre 30mm y 60mm y si es mayor de 60mm se considera un concreto con alta permeabilidad.

III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada, puesto que se pretendió hallar cuál era la influencia de la adición de microsílíce en la permeabilidad del concreto, analizando las variables de estudio mediante teorías. Lozada (2014) menciona que “la investigación aplicada es un proceso que permite transformar el conocimiento teórico que proviene de la investigación básica en conceptos, prototipos y productos, sucesivamente” (p. 38).

El diseño de la investigación fue de tipo experimental. Porque al aplicar mayor porcentaje de microsílíce en el diseño de concreto, se esperaba obtener una mayor permeabilidad, Según menciona Hernández et al, (2014) el tipo experimental muestra una “situación de control, en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas), para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)”. Como clasificación dentro del tipo experimental, la investigación es cuasi experimental, porque “Los sujetos incluidos en los grupos de estudio ya están asignados o constituidos” (Abanto, 2014, p. 40).

En este proyecto de investigación se empleó el enfoque cuantitativo, dado que se partió de la observación y la recolección de datos respecto a la influencia que tiene la adición de microsílíce en la permeabilidad del concreto, y así contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis establecidas previamente. Hernández et al. (2014, p. 4) indican que el “enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Al finalizar la investigación se debería conseguir generalizar los resultados obtenidos, predecir y controlar comportamientos y poder replicar la investigación.

La investigación realizada en este proyecto se dio a nivel explicativo, dado que se deseaba conocer la relación de las variables de estudio, esperando que la adición de microsílíce reduzca la permeabilidad del concreto. Hernández et al. (2014) afirma que “los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidas a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” (p. 95).

3.2 Variables y Operacionalización

3.2.1 Variables

Según G. Arias (2012; p. 58) plantea que: “Una variable es considerada cuantitativa si se muestra en valores o en datos numéricos”. De acuerdo a su escala de medición, una variable es considerada a nivel de razón cuando posee el total de características que tiene la escala de intervalo, es decir nominal, ordinal y de intervalo, pero además, la razón tiene un inicio absoluto o cero y la proporción de un punto a cualquier otro es igual a otro.

Tabla 1. *Variables de investigación.*

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VARIABLE
Variable 1 (X)	Microsílice	Independiente - cuantitativa
Variable 2 (Y)	Permeabilidad del concreto	Dependiente - Cuantitativa

Fuente: Elaboración propia, 2020

La tabla 1 describe las variables consideradas para el desarrollo de la investigación.

3.2.2 Operacionalización.

La Operacionalización de variables es el procedimiento mediante el cual se detalla la definición a adoptar de las variables de investigación, los tipos de valores que tomaran y los cálculos que se requiere realizar para obtener los resultados requeridos según lo propuesto en la investigación, es decir, el proceso que lleva a una variable teórica a valores verificables o medibles (Hernández, et al, 2014 p.211).

Variable 1 (X): Microsílice: Variable independiente cuantitativa.

Las variables independientes son “las variables que producen, generan y explican los cambios en la variable dependiente” (Arias, 2012, p. 59).

Definición conceptual:

La microsíllice se define como un “material Puzolánico muy fino, compuesto mayormente de sílice amorfa producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la producción de silicio elemental o aleaciones de hierro”. (ASTM C1240)

Definición operacional:

En la presente investigación, se utilizará la microsíllice en porcentajes de 3% y 8 % respecto al peso del cemento, con el objetivo de determinar la influencia en la impermeabilidad del concreto, Además se verificara sus propiedades físicas y químicas.

Dimensión 1 Propiedades químicas de la microsíllice

Indicadores:

Contenido de dióxido de Silicio, Contenido de humedad y perdida por ignición (LOI).

Instrumentos:

Ficha técnica del producto

Dimensión 2: Propiedades físicas de la microsíllice

Indicadores:

Porcentaje retenido en μm (malla 325), Índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento portland (7 días) y Superficie específica.

Instrumentos:

Ficha técnica del producto.

Dimensión 3: Dosificación de la microsíllice

Indicadores:

Adición de 0%, 3% y 8% de microsíllice respecto al peso del cemento.

Instrumentos:

Balanza de medición de peso.

Variable 2 (Y): Permeabilidad del concreto: Variable independiente cuantitativa.

Para Arias (2012, p. 59), “la variable dependiente, es una variable que sufre modificaciones a causa de la variable independiente, constituye los efectos o consecuencias que dan origen a los resultados de la investigación”.

Definición conceptual:

La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo. (Lewis, 2017).

Definición operacional:

La permeabilidad del concreto tiene una relación directa con la absorción capilar, la porosidad capilar o efectiva del concreto endurecido y la profundidad de penetración del agua a presión, además la resistencia a la compresión del concreto es un buen indicador del cambio en sus características. Para recopilar dicha información debemos recurrir al Ensayo para el cálculo de densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido según norma ASTM C 642, al ensayo para calcular la permeabilidad al agua bajo presión según la norma NTC 4483 al ensayo de resistencia a la compresión ASTM C 39.

Dimensión 1: Trabajabilidad del concreto fresco

Indicadores:

Ensayo de asentamiento del concreto (Slump).

Instrumentos:

NTP 339.035 y Certificado de ensayo de laboratorio.

Dimensión 2: Resistencia a la compresión

Indicadores:

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto endurecido.

Instrumentos:

NTP 339.034 y Certificado de ensayo de laboratorio.

Dimensión 3: Penetración de agua

Indicadores:

Ensayo para determinar la absorción, ensayo para determinar el volumen de vacíos y ensayo para determinar la penetración de agua en el concreto endurecido.

Instrumentos:

ASTM C642, NTC 4483 y Certificados de ensayos de laboratorio.

La matriz de Operacionalización de variables se muestra en el anexo 2 y contiene la definición conceptual de las variables, la definición operacional, las dimensiones, los indicadores y la escala de medición.

3.3 Población, muestra y muestreo.

3.3.1 Población.

La población fue representada por el concreto convencional de resistencia $f'c = 280\text{Kg/cm}^2$, fabricado con cemento portland tipo I, que el objeto de estudio. La población es definida como la totalidad de un fenómeno de estudio (cuantificado) (Tamayo, 2014, p. 173). En vista que la población corresponde al diseño de un concreto elaborado por el investigador, no hubo ningún criterio de inclusión o exclusión en la población.

Tabla 2. Población de la investigación de campo.

DISEÑO	DESCRIPCIÓN
1	Concreto de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ Slump 6", $a/c = 0.45$
2	Concreto de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ + 3% de adición de microsílíce.
3	Concreto de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ + 8% de adición de microsílíce.

Fuente: Elaboración propia, 2020

La tabla 2 describe los diseños elaborados para la investigación, además cada diseño tuvo una variación en la relación agua-cemento respecto al diseño principal, con el fin de verificar la variación en los resultados de cada ensayo.

3.3.2 Muestra.

La muestra es el grupo al cual se realiza un estudio, De manera que es un subgrupo de la población de interés de investigación sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión además de que debe ser representativo de la población (Hernández, et al, 2014 p.173).

En el caso de la investigación, la muestra para el estudio fue la misma que la población, es decir, el concreto convencional cuya resistencia a la compresión es de 280kg/cm², que se dispuso en 63 probetas de concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, divididos en 3 grupos de 21 probetas cada uno, Un grupo de probetas de control y dos grupos de tratamiento conformado por una muestra con adición del 3% de microsilíce y una con 8% de microsilíce.

Tabla 3. Muestra de la investigación.

DISEÑO	ENSAYOS A REALIZAR EN CONCRETO ENDURECIDO		TOTAL DE PROBETAS POR DISEÑO	TOTAL DE PROBETAS
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	PERMEABILIDAD AL AGUA		
1	18	3	21	63
2	18	3	21	
3	18	3	21	

Fuente: Elaboración propia, 2020

En La tabla 3 se muestra la cantidad de probetas consideradas para la ejecución de los ensayos en laboratorio al concreto endurecido.

El muestreo utilizado fue no probabilístico. Los muestreos no probabilísticos, también llamados enfocados en pruebas, incluyen un método de determinación causal. Se utilizan en numerosos exámenes, y de ellos, se hacen deducciones sobre la población (Hernández, et al, 2014 p. 326).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1 Técnica de recolección de datos.

Observación: consistió en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular, consiguiendo percibir directamente los hechos.

Experimentación: Se dispuso de respuestas y resultados específicos, obtenidos después de ejecutar los ensayos programados de forma particular de acuerdo a los datos que se querían analizar.

Análisis de documentos: Consiste en la revisión de documentos técnicos que contienen información valorativa respecto a las variables de la investigación.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.

Fichas de observación: son instrumentos de recolección de datos de forma directa, aplicada a las variables tanto dependiente como independiente, además de la recopilación de datos importantes en los elementos de la población válidos para la elaboración del experimento.

Certificados de Laboratorio: Son documentos emitidos por una entidad dedicada a la ejecución de ensayos de laboratorio, debidamente autorizada, conteniendo los resultados de los ensayos ejecutados según lo solicitado por el cliente.

3.5 Procedimientos.

3.5.1 Modo de recolección de información

Previo a los ensayos:

La información técnica correspondiente a la variable independiente tales como propiedades físicas y químicas, fue recopilada en las fichas de recolección de datos, basados en certificados de calidad, fichas técnicas proporcionadas por el proveedor de microsílíce o certificados de ensayos de laboratorio.

Para la elaboración de las muestras correspondientes a la variable dependiente que fue el concreto convencional de resistencia a la compresión 280kg/cm², se tuvo que conocer las propiedades físicas de los agregados, siendo dichos datos recopilados en las fichas de recolección, basados en resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de los agregados, los mismos que fueron documentados en los certificados de ensayos emitidos por el laboratorio.

3.5.2 Manipulación o control de variables.

Una vez definido el diseño del concreto a utilizar, este fue considerado como el diseño estándar o patrón, sin ninguna alteración en su dosificación.

Se realizó dos diseños de concreto adicionales, teniendo como base el diseño del concreto patrón, ahí se adiciono la microsílíce, en el primer diseño se adiciono microsílíce al 3% del peso del cemento y en el segundo diseño se adiciono microsílíce al 8% de peso del cemento contenido en el diseño.

Para los tres diseños existentes, se realizó pruebas al concreto fresco y al concreto endurecido, dichos resultados fueron registrados en las fichas de recolección de datos, basados en los resultados de la medición directa en el caso del concreto fresco como en certificados de ensayo emitidos por un laboratorio en el caso del concreto endurecido.

3.5.3 Coordinaciones institucionales.

Las coordinaciones institucionales realizadas para lograr el desarrollo de la presente investigación, fueron básicamente la coordinación con los laboratorios de ensayo de materiales, instituciones que ejecutaran los ensayos de las muestras de concreto para la obtención de resultados válidos y confiables. Las coordinaciones realizadas con distintas instituciones se muestran en los anexos.

3.6 Método de análisis de datos.

La presentación de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó mediante cuadros de registro, tablas y grafico de barras, las cuales representan una forma rápida y simple de observar las características de las variables que se pretende analizar, en este caso la permeabilidad del concreto, la resistencia a la compresión de las probetas y la trabajabilidad de cada diseño.

El análisis y procesamiento de los datos obtenidos en laboratorio se realizó mediante el uso del software estadístico Excel.

3.7 Aspectos éticos.

El presente proyecto de investigación contiene información verídica y confiable, basada en la información obtenida de libros, tesis y artículos reconocidos.

Se respetó en todo momento la propiedad intelectual, en vista que todas las fuentes consultadas para la elaboración del presente proyecto se encuentran citadas en las referencias, garantizando de esa manera, la protección de la información y el derecho de autor.

Los resultados de la investigación, dieron un alcance respecto al uso de la microsílíce y su influencia en la permeabilidad del concreto, el uso de esta información podrá ayudar a la sociedad a construir estructuras con un concreto de mayor durabilidad y con un mayor beneficio económico que al utilizar los aditivos convencionales exclusivos para dar permeabilidad al concreto. Además los datos obtenidos podrán ser utilizados para nuevos estudios e investigaciones, con el fin de analizar, comparar y discutir los resultados presentados.

IV. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a los diferentes ensayos realizados tanto al concreto fresco como al concreto endurecido, además de los datos correspondientes a cada una de las variables de la investigación y a los diseños de concreto elaborados.

4.1 Datos de la microsílíce.

El mineral microsílíce utilizado para investigar la influencia de su adición en el concreto, fue provisto por la fábrica Chema y comercialmente es denominado Chema Fume, de acuerdo a las especificaciones alcanzadas por el proveedor cumple con los requerimientos de la norma ASTM C1240, la cual determina los valores físicos y químicos que debe cumplir el mineral microsílíce para ser considerada dentro de un diseño de concreto sin ver afectada su estabilidad con reacciones no deseadas.

Tabla 4. *Propiedades de la microsílíce*

PROPIEDADES	
Estado	Polvo
Color	Gris a gris mediano
Gravedad específica	2,25
Solubilidad en agua	Insoluble
Densidad aparente - densificada	690 - 770Kg/m ³
Densidad aparente - sin densificar "como se produce"	225 - 320
VOC	0g/l

Fuente: Hoja técnica Chema Fume.- Elaboración propia, 2020

La tabla 4 describe las propiedades físicas de la microsílíce según lo indicado en la ficha técnica del producto.

Tabla 5. Especificaciones físicas y químicas de la microsílíce

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS	ASTM	TÍPICO
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	85,0% mínimo	93,47%
Contenido de humedad	3,0% máximo	0,25%
Pérdida por ignición (LOI)	6,0% máximo	3,55%
REQUERIMIENTOS FÍSICOS	ASTM	TÍPICO
Porcentaje sobredimensionado retenido en µm (malla 325)	10,0% máximo	1,73%
Índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento portland (7 días)	105,0% mínimo	142%
Superficie específica	15m ² /g mínimo	22,24m ² /g

Fuente: Hoja técnica Chema Fume.- Elaboración propia, 2020

La tabla 5 resume lo indicado en la ficha técnica de la microsílíce que cumple con las especificaciones físicas y químicas solicitadas en la norma ASTM C1240.

4.2 Resultados de ensayos al agregado fino.

Según la norma técnica peruana NTP 339.114, se define el agregado fino como el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial que pasa el tamiz normalizado 9.5mm (3/8") y queda retenido en el tamiz normalizado N°200. Además cumple con los límites establecidos en la referida norma.

4.2.1 Análisis granulométrico

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.012, que establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de las partículas del agregado fino por tamizado.

Tabla 6. Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino.

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	% QUE PASA HUSO NTP "M"
(pulg)	(mm)				
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	0,5	0,5	99,5	100-100
N°4	4,75	7,2	7,7	92,3	85-100
N°8	2,38	22,7	30,4	69,6	65-100
N°16	1,19	9,7	40,1	59,9	45-100
N°30	0,6	24,6	64,7	35,3	25-80
N°50	0,3	13,4	78,0	22,0	5-48
N°100	0,15	10,1	88,1	11,9	0-12
FONDO	-	11,9	100,0	0,0	0-0

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 6 muestra los resultados del análisis granulométrico realizado al agregado fino.

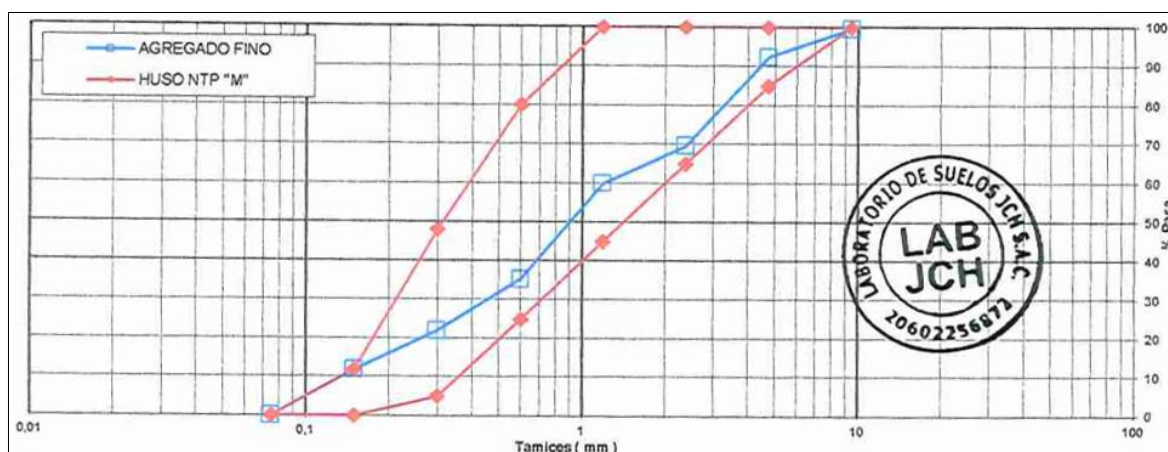


Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino.

La figura 1 muestra la gráfica de la curva granulométrica del agregado fino.

4.2.2 Peso unitario suelto y compactado

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.017, que establece el método para la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino.

Tabla 7. Resultados del ensayo peso unitario compactado del agregado fino.

PESO DEL MOLDE + AGREGADO COMPACTADO (gr)	PESO DEL MOLDE (gr)	PESO DEL AGREGADO COMPACTADO (gr)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	DENSIDADES (gr/cm ³)	PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)
6160	1070	5090	2875	1,770	1,791
6220		5150		1,791	
6280		5210		1,812	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

En la tabla 7 se observan los resultados del ensayo de peso unitario compactado realizado al agregado fino.

Tabla 8. Resultados del ensayo peso unitario suelto del agregado fino.

PESO DEL MOLDE + AGREGADO SUELTO (gr)	PESO DEL MOLDE (gr)	PESO DEL AGREGADO SUELTO (gr)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	DENSIDADES (gr/cm ³)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
5580	1070	4510	2875	1,569	1,580
5640		4570		1,590	
5620		4550		1,583	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 8 muestra los resultados del ensayo de peso unitario suelto realizado al agregado fino.

4.2.3 Gravedad específica y absorción

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.022, que establece el procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas, la densidad relativa y la absorción del agregado fino.

Tabla 9. Resultados del ensayo gravedad específica y absorción del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso de Material Saturado superficialmente seco (gr) (A)	500
Peso de frasco + H2O (gr) (B)	692,1
Peso de frasco + H2O + A (gr) (C)	1192,1
Peso del material + H2O en el frasco (gr) (D)	999,05
Vol. de Masa + Vol. de vacío (C-D) (E)	193,05
Peso del material seco en estufa (gr) (F)	482,6
Volumen de masa (gr) (E-(A-F))	175,65
P.e. BULK (BASE SECA)	2,500
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2,590
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2,748
% DE ABSORCIÓN	3,61

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

En la tabla 9 se muestran los resultados del ensayo de gravedad específica y absorción realizado al agregado fino.

4.2.4 Contenido de humedad

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.185, que establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino.

Tabla 10. Resultados del ensayo contenido de humedad del agregado fino.

MATERIAL	RECIPIENTE	
	N°1	N°2
Peso de suelo húmedo + tara (gr)	500,0	540,0
Peso del suelo seco + tara (gr)	484,0	522,0
Peso de tara (gr)	84,0	95,0
Peso de agua (gr)	16,0	18,0
Peso de suelo seco (gr)	400,0	427,0
Contenido de agua (%)	4,0	4,2
Contenido de humedad (%)	4,1	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 10 muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad realizado al agregado fino.

4.2.5 Material más fino que pasa el Tamiz N°200

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.018, que establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado N°200 en el agregado fino.

Tabla 11. *Resultados del ensayo material más fino que pasas el tamiz N°200 del agregado fino.*

DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso de la muestra seca al horno (gr)	500
Peso de la muestra lavada y secado al horno (gr)	450
Material que pasa la malla N°200 (%)	10,0%

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

En la tabla 11 se muestran los resultados del ensayo del material más fino que pasa por el tamiz N°200 realizado al agregado fino.

4.3 Resultados de ensayo al agregado grueso

Según la norma técnica peruana NTP 339.114, se define el agregado grueso como el agregado proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que queda retenido en el tamiz normalizado 7.75mm (N°4). Además cumple con los límites establecidos en la referida norma.

4.3.1 Análisis granulométrico

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.012, que establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de las partículas del agregado grueso por tamizado.

Tabla 12. Resultados del ensayo granulométrico del agregado grueso.

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	% QUE PASA HUSO NTP 1" - 3/8"
(pulg)	(mm)				
2 1/2"	63				
2"	50				
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	100-100
1"	25	5,9	5,9	94,1	90-100
3/4"	19	21,9	27,8	72,2	40-85
1/2"	12,5	44,5	72,3	27,7	10-40
3/8"	9,5	15,7	88,0	12,0	0-15
N°4	4,75	11,9	99,9	0,1	0-5
N°8	2,38	0,0	99,9	0,1	-
N°16	1,19				-
FONDO					

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 12 muestra los resultados del análisis granulométrico realizado al agregado grueso.

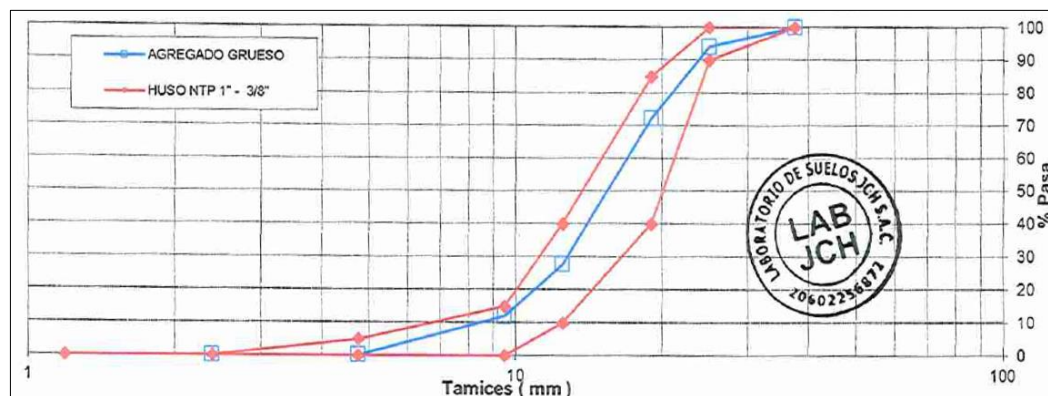


Figura 2. Curva granulométrica del agregado grueso.

En la figura 2 muestra la gráfica de la curva granulométrica del agregado grueso.

4.3.2 Peso unitario suelto y compactado.

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.017, que establece el método para la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado grueso.

Tabla 13. Resultados del ensayo peso unitario compactado del agregado grueso.

PESO DEL MOLDE + AGREGADO COMPACTADO (gr)	PESO DEL MOLDE (gr)	PESO DEL AGREGADO COMPACTADO (gr)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	DENSIDADES (gr/cm ³)	PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)
16374	2251	14123	9113,1	1,550	1,560
16459		14208		1,559	
16579		14328		1,572	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

En la tabla 13 se observan los resultados del ensayo de peso unitario compactado realizado al agregado grueso.

Tabla 14. Resultados del ensayo peso unitario suelto del agregado grueso.

PESO DEL MOLDE + AGREGADO SUELTO (gr)	PESO DEL MOLDE (gr)	PESO DEL AGREGADO SUELTO (gr)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	DENSIDADES (gr/cm ³)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
15057	2251	12806	9113,1	1,405	1,409
15198		12947		1,421	
15007		12756		1,400	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 14 muestra los resultados del ensayo de peso unitario suelto realizado al agregado grueso.

4.3.3 Gravedad específica y absorción

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.021, que establece el procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso.

Tabla 15. Resultados del ensayo gravedad específica y absorción del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso de Material Saturado superficialmente seca en aire (gr)	3012,0
Peso de Material Saturado superficialmente seca en agua (gr)	1880,0
Volumen de Masa + Volumen de vacío (gr)	1132,0
Peso del material seco (105°C) (gr)	2980,0
Volumen de masa (gr)	1100,0
P.e. BULK (BASE SECA)	2633,0
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2661,0
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2,709
% DE ABSORCIÓN	1,070

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020.

En la tabla 15 se muestran los resultados del ensayo de gravedad específica y absorción realizado al agregado grueso.

4.3.4 Contenido de humedad.

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.185, que establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado grueso.

Tabla 16. Resultados del ensayo contenido de humedad del agregado grueso.

MATERIAL	RECIPIENTE	
	N°1	N°2
Peso de suelo húmedo + tara (gr)	3000,0	3256,0
Peso del suelo seco + tara (gr)	2990,5	3242,0
Peso de tara (gr)	112,2	95,0
Peso de agua (gr)	9,5	14,0
Peso de suelo seco (gr)	2878,3	3147,0
Contenido de agua (%)	0,33	0,44
Contenido de humedad (%)	0,371	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020.

La tabla 16 muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad realizado al agregado grueso.

4.3.5 Material que pasa el Tamiz N°200.

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.018, que establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado N°200 en el agregado fino.

Tabla 17. Resultados del ensayo material más fino que pasas el tamiz N°200 del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso de la muestra seca al horno (gr)	5001
Peso de la muestra lavada y secado al horno (gr)	4993
Material que pasa la malla N°200 (%)	0,2%

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

En la tabla 17 se muestran los resultados del ensayo del material más fino que pasa por el tamiz N°200 realizado al agregado grueso.

4.4 Resultado de ensayo al agregado global.

4.4.1 Análisis granulométrico.

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.012, que establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de las partículas del agregado global por tamizado.

Tabla 18. Resultados del ensayo granulométrico del agregado global.

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	% QUE PASA HUSO NTP 1 1/2"
(pulg)	(mm)				
2 1/2"	63				
2"	50				100-100
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	95-100
1"	25	3,4	3,4	96,6	60-90
3/4"	19	12,7	16,1	83,9	45-80
1/2"	12,5	25,8	41,9	58,1	35-68
3/8"	9,5	9,3	51,2	48,8	30-58
N°4	4,75	11,4	62,7	37,3	25-50
N°8	2,38	9,2	71,9	28,1	20-45
N°16	1,19	4,0	75,8	24,2	14-38
N°30	0,6	9,9	85,7	14,3	8-30
N°50	0,3	5,4	91,1	8,9	3-20
N°100	0,15	4,1	95,2	4,8	0-8
FONDO		4,8	100,0	0,0	0-0

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020.

La tabla 18 muestra los resultados del análisis granulométrico realizado al agregado global.

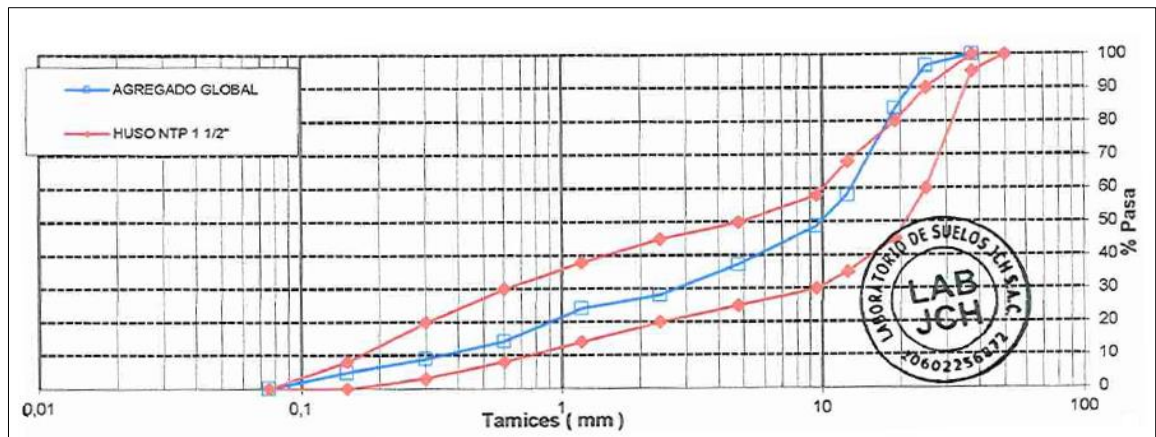


Figura 3. Curva granulométrica del agregado global.

La figura 3 muestra la gráfica de la curva granulométrica del agregado grueso global.

4.5 Diseños de concreto.

Para la presente investigación se consideró la elaboración de 3 diseños de concreto. El diseño principal es el concreto convencional de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, mientras que los otros dos consideran al diseño principal adicionado con valores de microsílíce de 3% y 8% del peso del cemento.

Tabla 19. Diseños de concreto.

ITEM	DISEÑO	DESCRIPCIÓN
1	C280MS0	Concreto de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ Slump 6", a/c = 0.45
2	C280MS3	Concreto de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ + 3% de adición de microsílíce.
3	C280MS8	Concreto de resistencia a la compresión $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ + 8% de adición de microsílíce.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La tabla 19 describe los diseños elaborados para la investigación, cada diseño además fue alterado en la relación agua-cemento, variando entre 0.45, 0.55 y 0.65, con la intención de ver el comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto en las diferentes proporciones, tanto

de a/c y de microsilíce, mientras que para el cálculo de la permeabilidad se considera los 3 diseños de concreto que tiene la relación a/c = 0.45, que es el diseño principal elaborado para toda la investigación.

Tabla 20. Cantidad de probetas de concreto para ejecución de ensayos.

DISEÑO	RELACIÓN a/c	ENSAYOS A REALIZAR EN CONCRETO ENDURECIDO		TOTAL DE PROBETAS POR DISEÑO	TOTAL DE PROBETAS POR DISEÑO
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	PERMEABILIDAD AL AGUA		
C280MS0	0,45	6	3	21	63
	0,55	6			
	0,65	6			
C280MS3	0,45	6	3	21	
	0,55	6			
	0,65	6			
C280MS8	0,45	6	3	21	
	0,55	6			
	0,65	6			

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la tabla 20 se muestra la cantidad de probetas consideradas para la ejecución de los ensayos en laboratorio al concreto endurecido.

4.6 Resultado de ensayos al concreto fresco.

4.6.1 Asentamiento o Slump.

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.035, que establece la determinación del asentamiento del concreto fresco.

Tabla 21. Resultados del ensayo asentamiento del concreto fresco.

ITEM	DISEÑO	FECHA DE MUESTREO	RELACIÓN a/c	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (pulg)
1	C280MS0	05/10/2020	0,45	6 1/4"
			0,55	7"
			0,65	7 1/2"
2	C280MS3	06/10/2020	0,45	5 1/2"
			0,55	6 3/4"
			0,65	7 1/4"
3	C280MS8	07/10/2020	0,45	4 3/4"
			0,55	5 1/2"
			0,65	6 1/4"

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020.

Según lo que se observa en la tabla 21, podemos indicar que existe una relación directa del asentamiento del concreto fresco con la relación agua – cemento, pero una relación inversa con la adición de microsílíce.

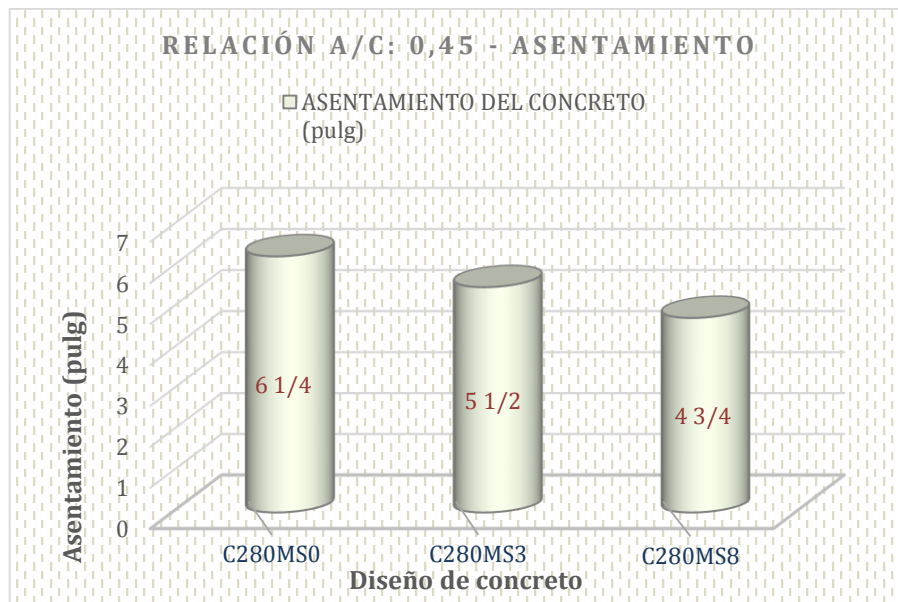


Figura 4. Valores de asentamiento de los diseños de concreto C280MS0, C280MS3 y C280MS8.

La Figura 4 muestra los valores del asentamiento producido en el concreto fresco de cada uno de los diseños elaborados, observándose la disminución de su valor conforme aumenta la cantidad de microsílíce en el diseño.

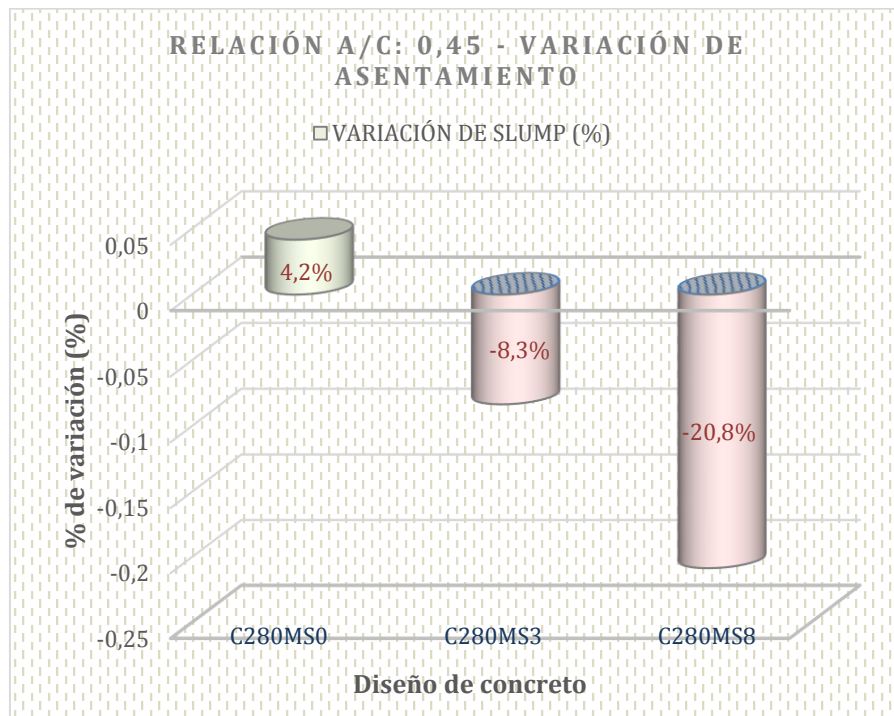


Figura 5. Valores de asentamiento de los diseños de concreto C280MS0, C280MS3 y C280MS8.

De acuerdo a la Figura 5, el asentamiento del diseño normal, es mayor al valor de diseño en un 4.2%, mientras que el concreto con 3% de adición de microsílíce reduce en 8.3% el asentamiento y el diseño con 8% de adición de microsílíce redujo en 20.8% el valor del concreto. Los valores mostrados evidencian que la hipótesis planteada donde se indica que el valor del asentamiento del concreto desciende cuando se adiciona el mineral microsílíce es correcto, ya que existe una reducción hasta del 20.8% del valor del asentamiento de diseño que es 6 pulgadas.

4.6.2 Temperatura.

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.184, que establece el procedimiento para determinar la temperatura de mezclas de concreto.

Tabla 22. Resultados del ensayo Temperatura del concreto fresco.

ITEM	DISEÑO	FECHA DE MUESTREO	RELACIÓN a/c	TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)
1	C280MS0	05/10/2020	0,45	25°
			0,55	26.5°
			0,65	23°
2	C280MS3	06/10/2020	0,45	25°
			0,55	24°
			0,65	25°
3	C280MS8	07/10/2020	0,45	26°
			0,55	26°
			0,65	25°

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

Según lo visto en la tabla 22, no existe una relación definida entre la temperatura del concreto fresco comparado con el concreto con adiciones de microsílíce, Según la normativa la temperatura del concreto fresco debe estar por debajo de los 32°C por lo que las mezclas de concreto realizadas son válidas para elaborar las probetas de concreto.

4.7 Resultado de ensayos al concreto endurecido.

4.7.1 Resistencia a la compresión.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.034, que establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de concreto.

Tal como se indicó en el ítem 4.5 Diseño de concreto, se elaboró 3 diseños con adición de microsílíce y además con alteración en la relación agua cemento para verificar con los ensayos el efecto de dicha variación.

Tabla 23. Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseño C280MS0 con relación a/c 0.45, 0.55 y 0.65.

ITEM	DISEÑO	RELACIÓN a/c	CÓDIGO DE PROBETA	DÍAS DE ROTURA	VALOR DE ROTURA POR PROBETA (kg/cm ²)	VALOR DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	C280MS0	0,45	C280MS0-1	7	273	261
2			C280MS0-2	7	243	
3			C280MS0-3	7	267	
4			C280MS0-4	28	295	304
5			C280MS0-5	28	302	
6			C280MS0-6	28	315	
7		0,55	C280MS0-7	7	205	227
8			C280MS0-8	7	234	
9			C280MS0-9	7	243	
10			C280MS0-10	28	275	276
11			C280MS0-11	28	271	
12			C280MS0-12	28	281	
13		0,65	C280MS0-13	7	198	195
14			C280MS0-14	7	181	
15			C280MS0-15	7	205	
16			C280MS0-16	28	238	240
17			C280MS0-17	28	244	
18			C280MS0-18	28	239	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

Los resultados de la tabla 23 indican que la relación agua-cemento utilizada en el concreto influyo de manera inversa respecto a la resistencia a la compresión del mismo, se evidencia que el concreto con relación a/c de 0.45 cumple con la resistencia requerida, mientras que las relaciones 0.55 y 0.65 redujeron el valor de la resistencia por debajo del valor de diseño a 28 días.

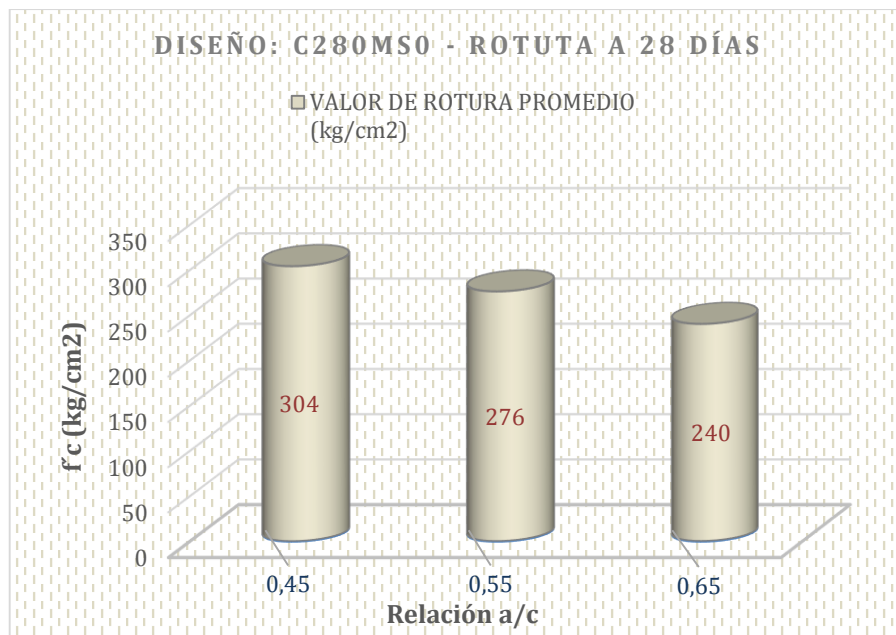


Figura 6. Resistencia a la compresión a los 28 días del diseño C280MS0 con relaciones a/c 0.45, 0.55 y 0.65.

En la Figura 6 se observa la reducción en la resistencia a la compresión que sufre el concreto cuando aumenta el agua en el diseño del concreto.

Tabla 24. Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseño C280MS3 con relación a/c 0.45, 0.55 y 0.65.

ITEM	DISEÑO	RELACIÓN a/c	CÓDIGO DE PROBETA	DÍAS DE ROTURA	VALOR DE ROTURA POR PROBETA (kg/cm ²)	VALOR DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	C280MS3	0,45	C280MS3-1	7	268	268
2			C280MS3-2	7	263	
3			C280MS3-3	7	273	
4			C280MS3-4	28	316	317
5			C280MS3-5	28	322	
6			C280MS3-6	28	314	
7		0,55	C280MS3-7	7	227	233
8			C280MS3-8	7	231	
9			C280MS3-9	7	242	
10			C280MS3-10	28	294	292
11			C280MS3-11	28	298	
12			C280MS3-12	28	284	
13		0,65	C280MS3-13	7	178	192
14			C280MS3-14	7	203	
15			C280MS3-15	7	196	
16			C280MS3-16	28	236	244
17			C280MS3-17	28	248	
18			C280MS3-18	28	249	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

Los resultados mostrados en la tabla 24 evidencian que el aumento de la relación agua-cemento utilizada en el concreto disminuyó la resistencia a la compresión del mismo, en vista que el concreto con relación a/c de 0.45 y 0.55 cumple con la resistencia requerida, mientras que la relación 0.65 redujo el valor de la resistencia por debajo del valor de diseño a 28 días. Además se evidencia que al tener una adición de microsilíce al 3% el valor de la resistencia a la compresión se incrementó respecto al concreto que no tiene microsilíce registrados en la tabla 23.

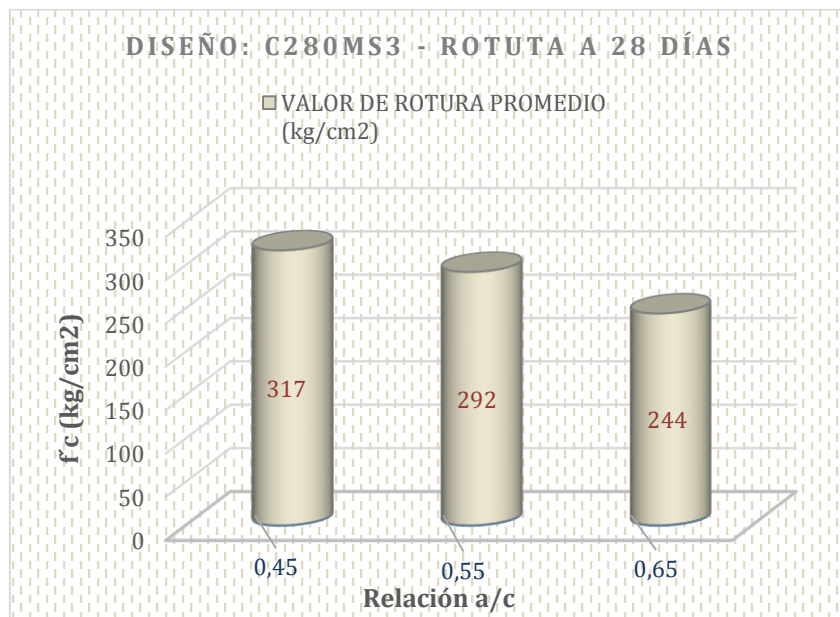


Figura 7. Resistencia a la compresión a los 28 días del diseño C280MS3 con relaciones a/c 0.45, 0.55 y 0.65.

En la Figura 7 se observa la reducción en la resistencia a la compresión que sufre el concreto cuando aumenta la relación a/c en el diseño.

Tabla 25. Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseño C280MS8 con relación a/c 0.45, 0.55 y 0.65.

ITEM	DISEÑO	RELACIÓN a/c	CÓDIGO DE PROBETA	DÍAS DE ROTURA	VALOR DE ROTURA POR PROBETA (kg/cm ²)	VALOR DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	C280MS8	0,45	C280MS8-1	7	254	273
2			C280MS8-2	7	275	
3			C280MS8-3	7	290	
4			C280MS8-4	28	337	347
5			C280MS8-5	28	356	
6			C280MS8-6	28	349	
7		0,55	C280MS8-7	7	221	234
8			C280MS8-8	7	239	
9			C280MS8-9	7	243	
10			C280MS8-10	28	298	303
11			C280MS8-11	28	302	
12			C280MS8-12	28	310	
13		0,65	C280MS8-13	7	164	174
14			C280MS8-14	7	171	
15			C280MS8-15	7	186	
16			C280MS8-16	28	233	245
17			C280MS8-17	28	246	
18			C280MS8-18	28	255	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

Los resultados de la tabla 25 indican que el aumento de la relación agua-cemento utilizada en el concreto redujo la resistencia a la compresión del mismo, obteniéndose que el concreto con relación a/c de 0.45 y 0.55 cumple con la resistencia requerida, mientras que la relación 0.65 redujo el valor de la resistencia por debajo del valor de diseño a 28 días. Además se evidencia que al tener una adición de microsílíce al 8% el valor de la resistencia a la compresión se incrementó respecto al concreto que tiene 3% según se muestra en la tabla 24 y más respecto al concreto que no tiene microsílíce como se observa en la tabla 23.

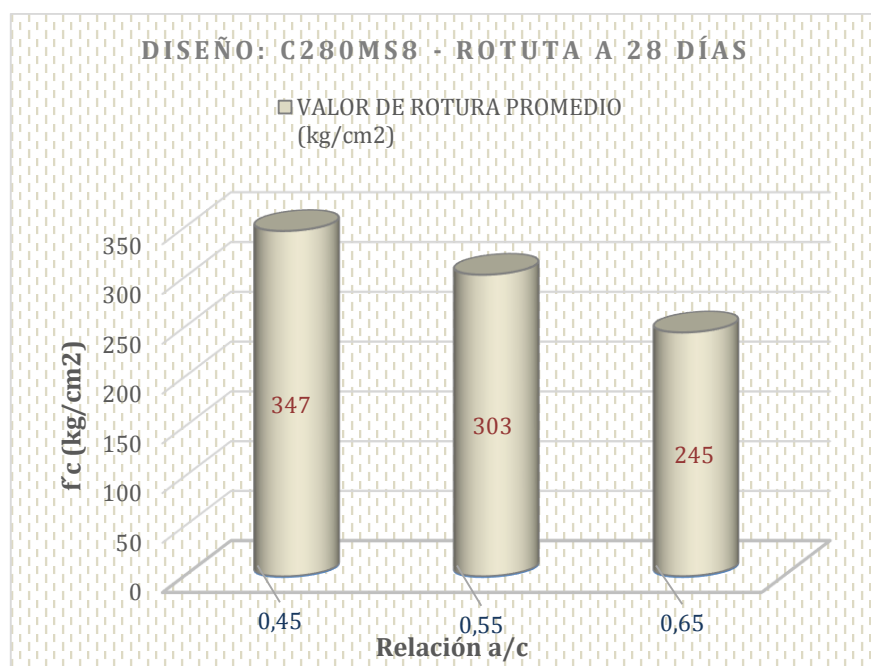


Figura 8. Resistencia a la compresión a los 28 días del diseño C280MS8 con relaciones a/c 0.45, 0.55 y 0.65.

En la Figura 8 se observa la reducción en la resistencia a la compresión que sufre el concreto cuando aumenta la relación a/c en el diseño.

Tabla 26. Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseños C280MS0, C280MS3 y C280MS8 con relación a/c 0.65.

ITEM	RELACIÓ N a/c	DISEÑO	CÓDIGO DE PROBETA	DÍAS DE ROTUR A	VALOR DE ROTURA POR PROBETA (kg/cm2)	VALOR DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm2)
1	0,65	C280MS0	C280MS0-13	7	198	195
2			C280MS0-14	7	181	
3			C280MS0-15	7	205	
4			C280MS0-16	28	238	240
5			C280MS0-17	28	244	
6			C280MS0-18	28	239	
7		C280MS3	C280MS3-13	7	178	192
8			C280MS3-14	7	203	
9			C280MS3-15	7	196	
10			C280MS3-16	28	236	244
11			C280MS3-17	28	248	
12			C280MS3-18	28	249	
13		C280MS8	C280MS8-13	7	164	174
14			C280MS8-14	7	171	
15			C280MS8-15	7	186	
16			C280MS8-16	28	233	245
17			C280MS8-17	28	246	
18			C280MS8-18	28	255	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 26 muestra los valores de rotura a la compresión obtenidos en los diseños manteniendo la relación a/c en 0.65, se observa que la resistencia a la compresión se elevó mínimamente conforme se adiciono más porcentaje de microsíllice en el diseño y además ningún valor llego a superar la resistencia de diseño 280kg/cm².

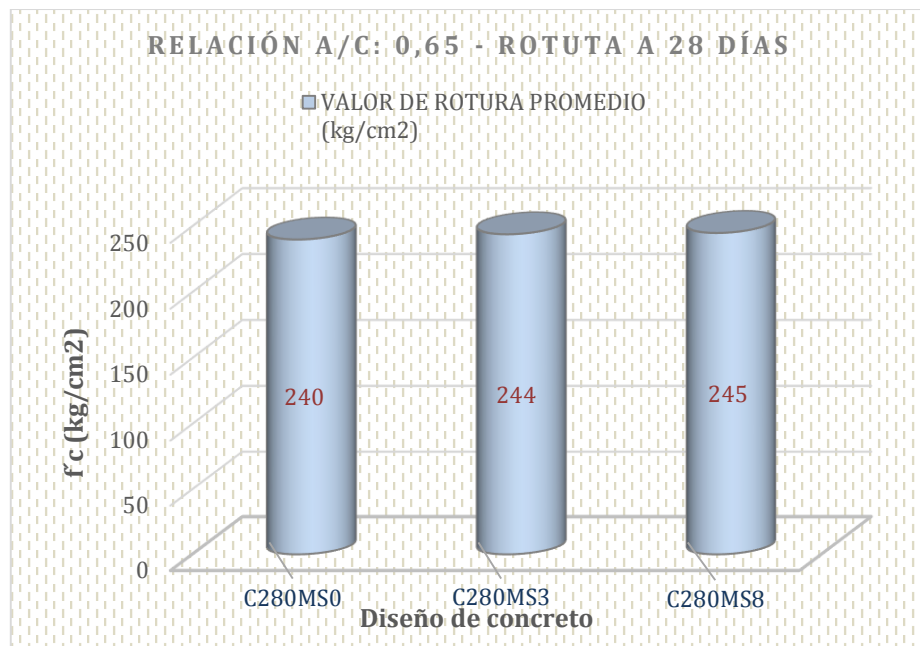


Figura 9. Resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.65.

En la Figura 9 se observa que los valores de la resistencia a la compresión de cada diseño son prácticamente iguales y no alcanzan el valor de diseño teórico 280kg/cm².

Tabla 27. Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseños C280MS0, C280MS3 y C280MS8 con relación a/c 0.55.

ITEM	RELACIÓN a/c	DISEÑO	CÓDIGO DE PROBETA	DÍAS DE ROTURA	VALOR DE ROTURA POR PROBETA (kg/cm ²)	VALOR DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	0,55	C280MS0	C280MS0-7	7	205	227
2			C280MS0-8	7	234	
3			C280MS0-9	7	243	
4			C280MS0-10	28	275	276
5			C280MS0-11	28	271	
6			C280MS0-12	28	281	
7		C280MS3	C280MS3-7	7	227	233
8			C280MS3-8	7	231	
9			C280MS3-9	7	242	
10			C280MS3-10	28	294	292
11			C280MS3-11	28	298	
12			C280MS3-12	28	284	
13		C280MS8	C280MS8-7	7	221	234
14			C280MS8-8	7	239	
15			C280MS8-9	7	243	
16			C280MS8-10	28	298	303
17			C280MS8-11	28	302	
18			C280MS8-12	28	310	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

La tabla 27 muestra los valores de rotura a la compresión obtenidos en los diseños manteniendo la relación a/c en 0.55, se observa un aumento en los valores de la resistencia a la compresión conforme se adiciono más porcentaje de microsilíce en cada diseño, Además se observa que el diseño sin microsilíce no cumple con la resistencia requerida, mientras que el concreto que tiene adiciones tanto al 3% y 8% de microsilíce superan los 280kg/cm².

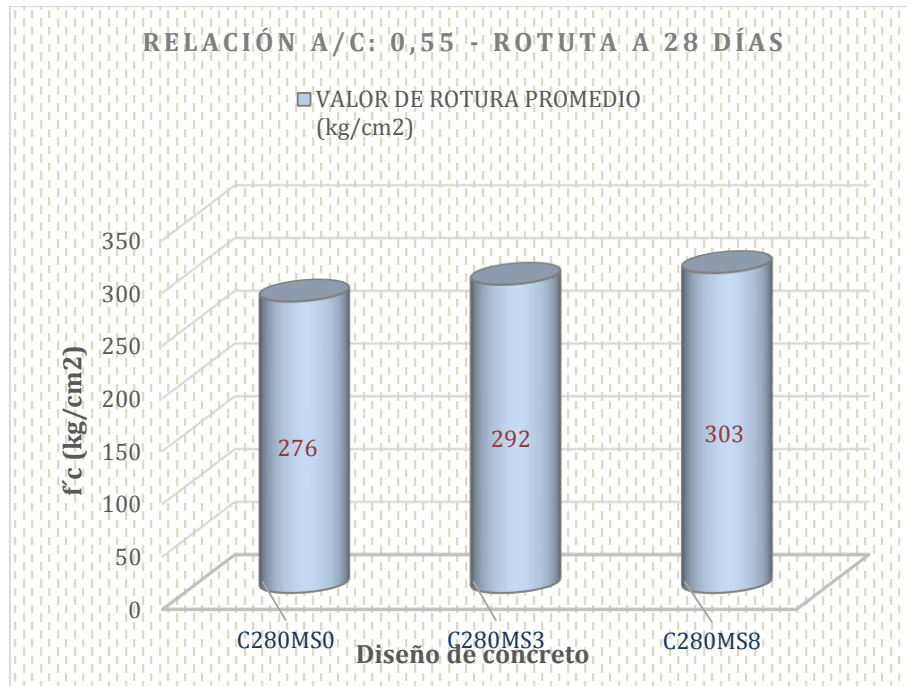


Figura 10. Resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.55.

La Figura 10 muestra que los valores de la resistencia a la compresión se incrementaron moderadamente conforme se adiciono microsílíce al diseño de concreto original.

A continuación se mostraran los resultados y el análisis de los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio a los diseños considerados inicialmente, los cuales contemplan una relación agua-cemento de 0.45 y una adición de microsílíce con la relación del 3% y 8% respecto al peso del cemento considerado en el diseño. Los valores de estos 3 diseños serán analizados de manera más profunda tanto para los valores de la resistencia a la compresión como para la permeabilidad.

Tabla 28. Resultados del ensayo rotura a la compresión de diseños C280MS0, C280MS3 y C280MS8 con relación a/c 0.45.

ITEM	RELACIÓN a/c	DISEÑO	CÓDIGO DE PROBETA	DÍAS DE ROTURA	VALOR DE ROTURA POR PROBETA (kg/cm ²)	VALOR DE ROTURA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	0,45	C280MS0	C280MS0-1	7	273	261
2			C280MS0-2	7	243	
3			C280MS0-3	7	267	
4			C280MS0-4	28	295	304
5			C280MS0-5	28	302	
6			C280MS0-6	28	315	
7		C280MS3	C280MS3-1	7	268	268
8			C280MS3-2	7	263	
9			C280MS3-3	7	273	
10			C280MS3-4	28	316	317
11			C280MS3-5	28	322	
12			C280MS3-6	28	314	
13		C280MS8	C280MS8-1	7	254	273
14			C280MS8-2	7	275	
15			C280MS8-3	7	290	
16			C280MS8-4	28	337	347
17			C280MS8-5	28	356	
18			C280MS8-6	28	349	

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio CJH S.A.C.- Elaboración propia, 2020

Según los valores mostrados en la tabla 28, la resistencia a la compresión obtenidos en el laboratorio mejoro considerablemente con la adición de microsíllice en el diseño de concreto. Además todos los valores cumplen con superar el valor de rotura de diseño 280kg/cm².

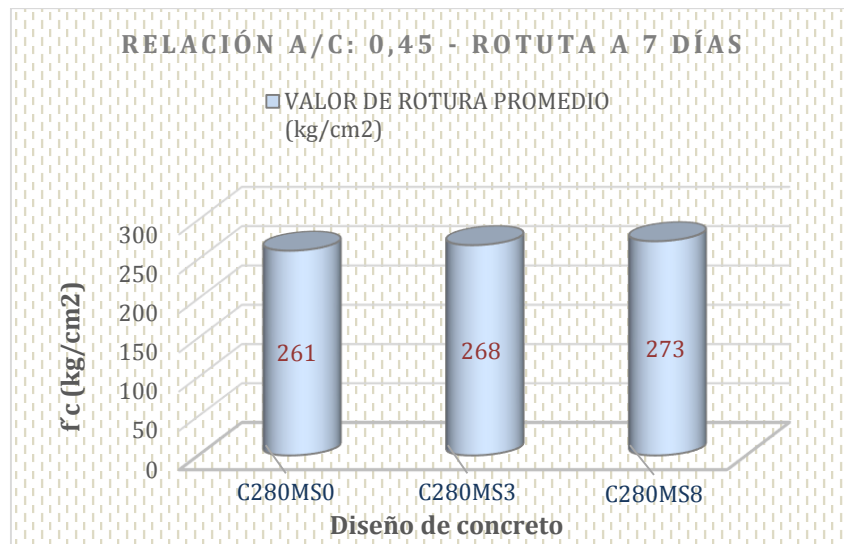


Figura 11. Resistencia a la compresión a los 7 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.45.

La Figura 11 muestra que los valores de la resistencia a la compresión ensayados a los 7 días de la elaboración del concreto tienen un incremento en el valor de los diseños que tiene adición de microsílíce respecto al diseño sin adición.

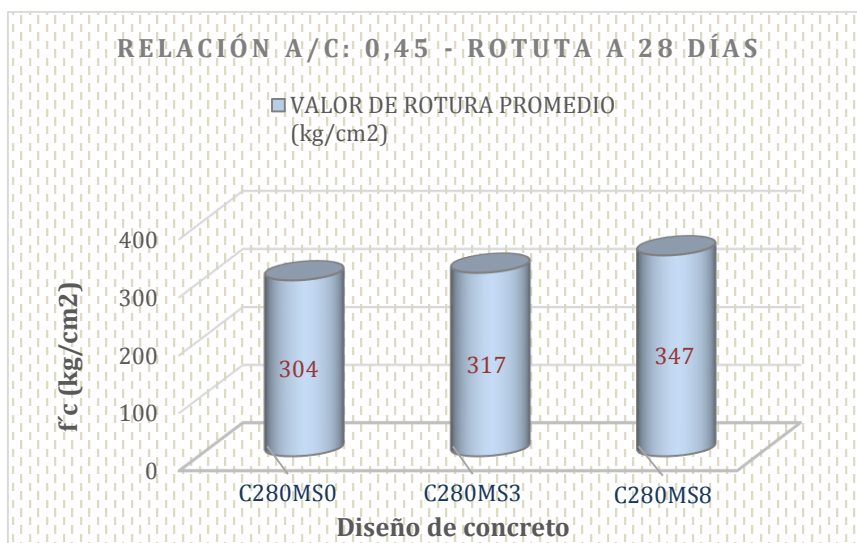


Figura 12. Resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.45.

En la Figura 12 se observa que el valor de diseño de la resistencia a la compresión es superado a los 28 días de la elaboración de los 3 diseños, Además se verifica que el aumento de la resistencia tiene una relación directa con la adición de microsílíce al concreto.

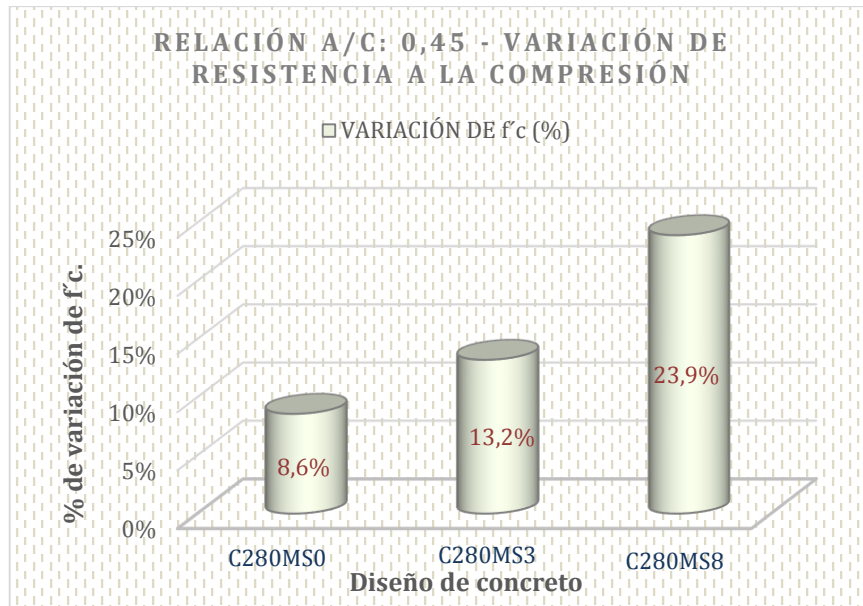


Figura 13. Variación de la resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8 con relación a/c 0.45.

En la Figura 13 se observa que el concreto sin microsílíce obtuvo un 8.6% más que la resistencia de diseño, el concreto con adición de microsílíce al 3% obtuvo un 13.2% más de resistencia requerida, mientras que el concreto con adición de 8% de microsílíce obtuvo una resistencia de 23.9% más que el valor de diseño $f'_c = 280\text{kg/cm}^2$. Con los valores obtenidos en la tabla 28 y la interpretación de las Figuras 11, 12 y 13 podemos indicar que la adición de la microsílíce en el diseño del concreto aumenta el valor de su resistencia a la compresión, corroborando lo indicado en la hipótesis 2 de la investigación, la cual sugiere que la adición del 3% y 8% de microsílíce en el concreto convencional aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

4.7.2 Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C642 Standard test method for density, absorption and voids in hardened concrete, o Método de prueba estándar para determinar la densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.

Tabla 29. Resultados del ensayo estándar para determinar la densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.

ITEM	DISEÑO DE CONCRETO		
	C280MS0	C280MS3	C280MS8
% ABSORCIÓN DESPUES DE INMERSIÓN	2,03	1,97	1,33
% ABSORCIÓN DESPUES DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	2,22	2,20	1,61
DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) SECA	2,20	2,18	2,23
DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) DESPUES DE INMERSIÓN	2,25	2,23	2,26
DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) DESPUES DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	2,25	2,23	2,27
DENSIDAD APARENTE	2,31	2,29	2,31
% DE VOLUMEN DE VACIOS (ESPACIO DE POROS PERMEABLES)	4,88	4,80	3,58

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio N°1 UNI.- Elaboración propia, 2020.

La tabla 29 muestra los resultados del ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.

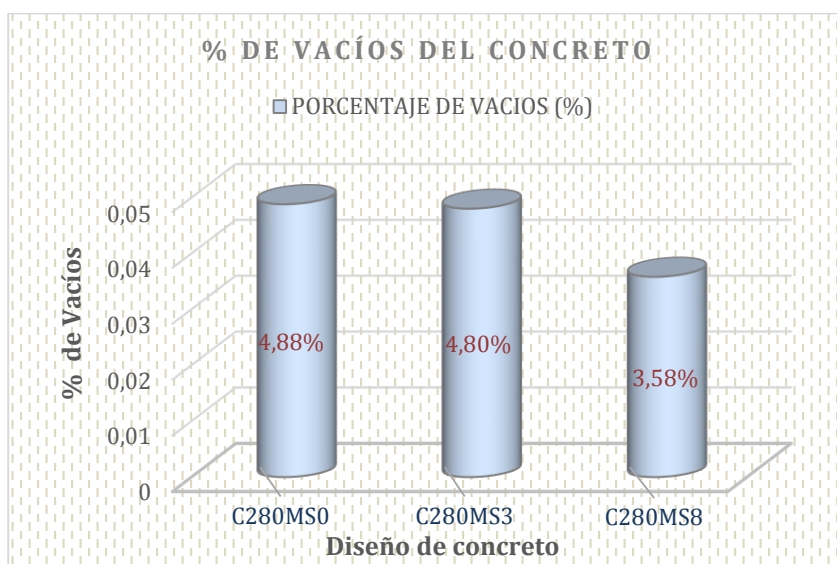


Figura 14. Variación del porcentaje de vacíos de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.

En la Figura 14 se observa que el concreto sin microsílíce tiene 4.88% de volumen de vacíos, el concreto con adición de microsílíce al 3% obtuvo 4.80% de porcentaje de vacíos, mientras que el concreto con adición de 8% de microsílíce obtuvo un porcentaje de volumen de vacíos de 3.58%. Con los valores obtenidos en la tabla 29 y la interpretación de la Figura 14, podemos indicar que la adición de la microsílíce en el diseño del concreto 280kg/cm² disminuye el porcentaje de volumen de vacíos en el concreto, lo que es un indicador de la disminución de la permeabilidad del concreto.

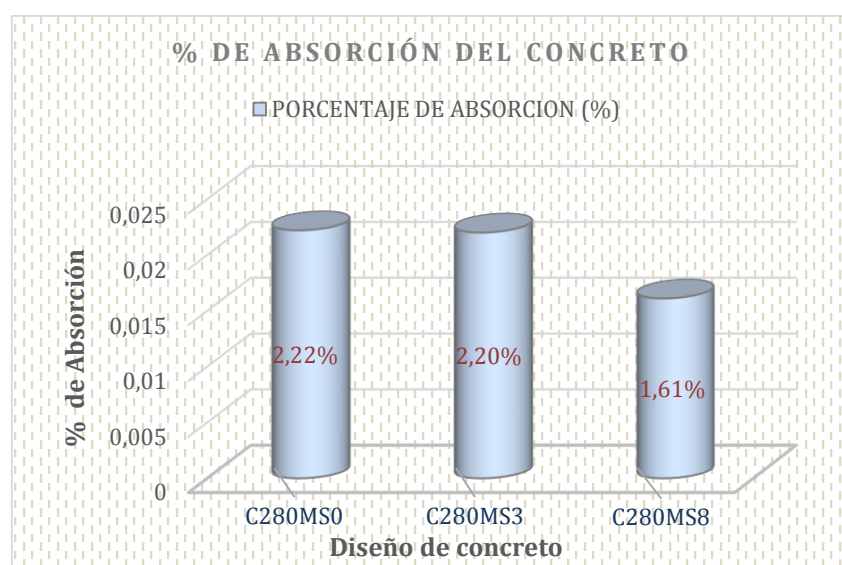


Figura 15. Variación del porcentaje de absorción de los diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.

En la Figura 15 se observa que el concreto sin microsílíce tiene un 2.22% de absorción, el concreto con adición de microsílíce al 3% obtuvo 2.20%, mientras que el concreto con adición de 8% de microsílíce obtuvo un porcentaje de absorción de 1.61%. Con los valores obtenidos en la tabla 29 y la interpretación de la Figura 15, podemos indicar que la adición de microsílíce en el diseño del concreto 280kg/cm² disminuye el porcentaje de absorción en el concreto, lo que es un indicador de la disminución de la permeabilidad del concreto.

4.7.3 Profundidad de penetración al agua

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma técnica colombiana NTC 4483 Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua.

Tabla 30. Resultados del ensayo estándar para determinar la permeabilidad del concreto al agua.

ITEM	DISEÑO	CODIGO DE PROBETAS	EDAD DE PROBETA (Días)	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN (cm)	CLASIFICACIÓN (NTC 4483)
1	C280MS8	C280MS8-07	49	3,85	Media
		C280MS8-08	49	3,41	Media
		C280MS8-09	49	2,66	Baja
2	C280MS3	C280MS3-07	49	6,22	Alta
		C280MS3-08	49	8,47	Alta
		C280MS3-09	40	5,17	Media
3	C280MS0	C280MS0-07	40	6,34	Alta
		C280MS0-08	40	7,00	Alta
		C280MS0-09	40	7,40	Alta

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio N°1 UNI.- Elaboración propia, 2020

La tabla 30 muestra los resultados del ensayo para determinar la permeabilidad del concreto endurecido al agua, de acuerdo a la norma colombiana los valores de penetración de agua que se obtienen por debajo de 30mm se consideran concretos de baja permeabilidad, entre 30mm y 60mm se consideran concretos de permeabilidad media, mientras que los valores por encima de los 60mm se considera concretos de alta permeabilidad.

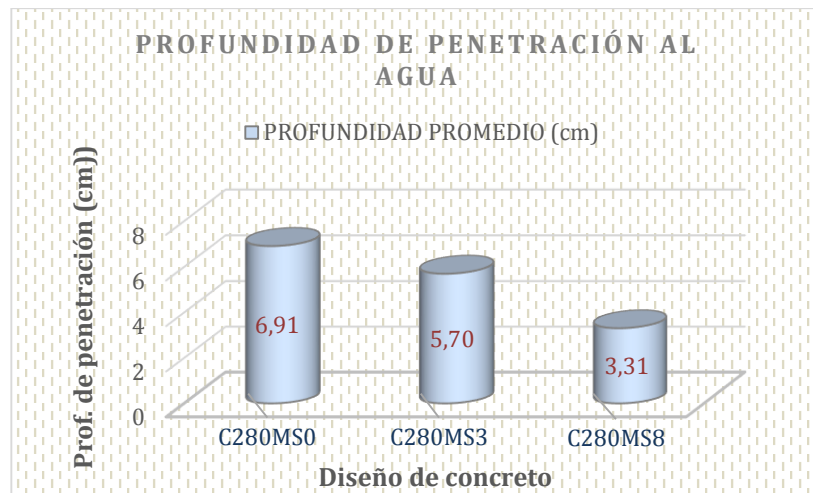


Figura 16. Valores promedio de penetración de agua en el concreto con diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.

En la Figura 16 se observa los valores promedio de penetración al agua obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados, el concreto sin microsilíce tiene un valor de 6.91cm de penetración de agua, el concreto con adición de microsilíce al 3% obtuvo 5.70cm de penetración al agua, que es un 17.5% menos que el valor sin microsilíce, mientras que el concreto con adición de 8% de microsilíce obtuvo una penetración al agua de 3.31cm, que representa un 52.1% menos que el valor sin adición de microsilíce. La norma indica que se debe considerar al menos 3 especímenes por diseño para poder descartar valores dispersos, según lo observado en la tabla 30, en el diseño con 3% de contenido de microsilíce, el valor de un espécimen es de 8.47cm, el cual es disperso respecto a los otras 2 resultados del mismo diseño, con valores de 6.22cm y 5.17cm, por lo que se decidió no considerar dicho valor en el promedio.

Con los valores obtenidos en la tabla 30 y la interpretación de la Figura 16, podemos indicar que la adición de microsilíce en el diseño del concreto 280kg/cm² analizado disminuye la penetrabilidad del agua en el concreto, lo que es un indicador de la disminución de la permeabilidad del concreto.

4.7.4 Coeficiente de permeabilidad.

El coeficiente de permeabilidad del concreto se calculó de acuerdo a lo indicado en la norma técnica colombiana NTC 4483 Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua.

Tabla 31. Valores del coeficiente de permeabilidad.

ITEM	DISEÑO	CODIGO DE PROBETAS	PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN (m/s)
1	C280MS8	C280MS8-07	2,09E-12
		C280MS8-08	1,64E-12
		C280MS8-09	9,98E-13
2	C280MS3	C280MS3-07	5,37E-12
		C280MS3-08	9,96E-12
		C280MS3-09	3,71E-12
3	C280MS0	C280MS0-07	4,16E-12
		C280MS0-08	5,08E-12
		C280MS0-09	5,67E-12

Fuente: Informe de ensayo de laboratorio N°1 UNI.- Elaboración propia, 2020

La tabla 31 muestra los resultados del cálculo realizado para encontrar el coeficiente de permeabilidad del concreto.

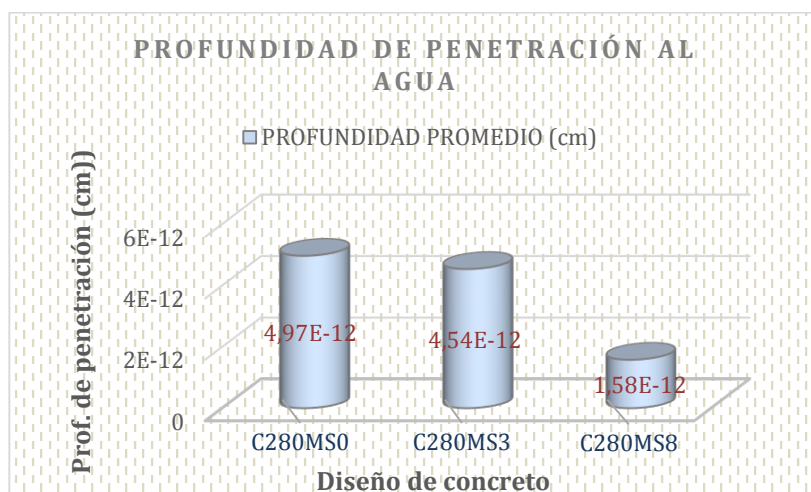


Figura 17. Valores promedio de coeficiente permeabilidad del concreto con diseños C280SM0, C280SM3 y C280SM8.

En la Figura 17 se observa los valores del coeficiente de permeabilidad obtenidos del cálculo considerando la profundidad de penetración, el coeficiente de permeabilidad del concreto sin microsílíce tiene un valor de $4.97E-12\text{m/s}$ el concreto con adición de microsílíce al 3% obtuvo un coeficiente de permeabilidad de $4.54E-12\text{m/s}$, que es un 8.7% menos que el valor sin microsílíce, mientras que el concreto con adición de 8% de microsílíce obtuvo una coeficiente de permeabilidad de $1.58E-12\text{m/s}$, que representa un 68.2% menos que el valor sin adición de microsílíce. En el cálculo de los valores promedio del coeficiente de permeabilidad no se consideró el valor que fue descartado en el ítem 4.7.3 por dispersión de su valor.

Los valores obtenidos en las tabla 29, 30, 31 y la interpretación de las Figuras 14, 15, 16 y 17 indican que el porcentaje de vacíos, el porcentaje de absorción y la penetración de agua en el concreto endurecido se reduce conforme se incrementa el porcentaje de microsílíce en la mezcla de concreto, por lo tanto, al ser estos valores indicadores de la permeabilidad, se puede afirmar que la adición de la microsílíce en el diseño del concreto reduce la permeabilidad del mismo, corroborando lo indicado en la hipótesis 3 de la investigación, la cual sugiere que la adición del 3% y 8% de microsílíce en el concreto convencional 280kg/cm^2 reduce su permeabilidad.

V. DISCUSIÓN

Respecto a la trabajabilidad del concreto fresco, Garcia (2018) en su investigación titulada *concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsílíce y superplastificante en la ciudad de Huancayo*, el diseño estándar elaborado por el investigador tuvo un valor de asentamiento de 5pulg y posteriormente fue incrementando el porcentaje de plastificante incluyendo la variación de microsílíce, es así que para la adición de 0.8% de plastificante y adiciones de microsílíce al 4%, 6% y 8%, se obtuvo asentamientos de 6.2pulg, 5.8pulg y 4.6pulg, es decir sus valores respecto al valor de 4% se redujeron en 6.5% y 25.8%., para los diseños con porcentaje de plastificante de 1.2% y manteniendo los porcentajes de adición de microsílíce, se obtiene asentamientos de 6.8pulg, 5.6pulg y 4.8pulg, verificándose que los valores disminuyen respecto al diseño de 4% de microsílíce en 17.6% y 29.4% respectivamente.

En la investigación de Morales (2015) titulada *estudio de concretos de alta durabilidad*, desarrollo tres diseños de concreto adicionados con microsílíce al 0%, 5% y 10% con una relación a/c de 0.45, verificando que el asentamiento de la mezcla con 5% de adición cambio de 2.9cm a 1.1cm, es decir se redujo en 62% respecto a la mezcla sin adición, el diseño con 8% de microsílíce redujo su trabajabilidad a 0.6cm, lo que equivale a 79% respecto al diseño original. También se pudo observar que en los diseños con relación a/c de 0.40 el asentamiento se redujo en un 63% para el concreto con 5% de microsílíce y en 72% para la mezcla con 8% de adición. Por otro lado al adicionar un aditivo plastificante a los diseños iniciales, se comprobó que para la relación a/c 0.45, el valor del asentamiento fue de 22cm para el concreto inicial, 16cm para el diseño con adición de 5% de microsílíce y 8cm para el diseño con adición de 10% de microsílíce, es decir una reducción de 27.2% y 63.6% para adiciones de 5% y 10% de microsílíce respectivamente. Para los diseños de concreto con relación a/c 0.40, se obtuvo valores de asentamiento de 16cm, 12cm y 10cm correspondientes a los diseños con adición de 0%, 5% y 10%, es decir hubo una reducción del slump en 25% y 37.5% respectivamente.

En la presente investigación, el asentamiento del diseño sin adición de microsilíce fue 6 1/4", mientras que el concreto con 3% y 8% de adición de microsilíce tuvieron como resultado asentamientos de 5 1/2" y 4 3/4", lo que indica una reducción en el slump de 12% y 24% respecto al concreto sin microsilíce. Realizando la discusión de los resultados obtenidos para los valores de asentamiento, indicamos que estamos de acuerdo con los investigadores Morales y Garcia, los cuales muestran en sus investigaciones resultados similares y con la misma tendencia a los obtenidos en la investigación, que es la reducción de la trabajabilidad de las mezclas de concreto conforme se adiciona microsilíce a los diseños.

Respecto a la resistencia a la compresión del concreto endurecido, tenemos que Achahuanco y Gutierrez (2019) en su tesis *optimización de concretos estructural 210 kg/cm² y 280kg/cm² sobre sus propiedades mecánicas con adición de microsilíce*, encuentra que al reemplazar el cemento por microsilíce en porcentajes del 15%, 10% y 7% la resistencia a la compresión de cada uno aumenta respecto al diseño estándar conforme el reemplazo de microsilíce es mayor en las mezclas. En el diseño de 210kg/cm² la resistencia a la compresión del concreto patrón tiene un valor de 307.33kg/cm², el diseño con reemplazo del 7% de cemento por microsilíce obtiene un valor 317.03kg/cm², el diseño con reemplazo del 10% obtiene el valor de 321.10kg/cm² y el diseño con reemplazo de 15% obtiene 339.49kg/cm², lo que indica que para los porcentajes 7%, 10% y 15% de reemplazo de cemento por microsilíce existe un incremento en la resistencia a la compresión de 51%, 52.9%, 61.6% respectivamente. En el diseño de 280kg/cm² la resistencia a la compresión del concreto patrón tiene un valor de 367.47kg/cm², el diseño con reemplazo del 7% de cemento por microsilíce obtiene un valor 374.08kg/cm², el diseño con reemplazo del 10% obtiene el valor de 375.14kg/cm² y el diseño con reemplazo de 15% obtiene 382.78kg/cm², verificándose que para los porcentajes 7%, 10% y 15% de reemplazo de cemento por microsilíce hay un incremento en la resistencia a la compresión de 33.6%, 34%, 36.7% respectivamente.

Según se describe en la investigación titulada *concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsilíce y superplastificante en la ciudad de Huancayo*, Garcia (2018), el diseño estándar elaborado por el investigador tuvo un valor de 546.60kg/cm², el porcentaje de plastificante y de microsilíce fue variando

para verificar su incidencia en el diseño, es así que para la adición de 0.8% de plastificante y adiciones de microsílíce al 4%, 6% y 8%, se obtuvo resistencias a la compresión de 557.2kg/cm², 579.4kg/cm² y 598.3kg/cm², lo que indica un incremento en los valores respecto al concreto estándar de 2%, 6.1% y 9.5%, para los diseños con porcentaje de plastificante de 1.2% y manteniendo los porcentajes de adición de microsílíce al 4%, 6% y 8%, se obtiene resistencias de 644kg/cm², 666.8kg/cm² y 688.1kg/cm², representando un aumento en los valores de 17.9%, 22.0% y 25.9% respectivamente.

El investigador Sanes (2017) en su tesis *Influencia de microfibras de polipropileno y microsílíce en la resistencia de concretos de 4000 y 3000 psi*, Realizo la adición de microsílíce a cada uno de los diseños, obteniendo para el diseño de 3000psi valores de resistencia a la compresión 3018psi en el concreto base y 3199psi, 2933psi y 3033psi para las adiciones de 1%, 2%, 3% y 4%, lo que representan variaciones de 1.03%, 6.63%, -2.23% y 1.10% respecto al valor de diseño, Mientras que para el diseño de 4000psi, obtuvo resistencias a la compresión de 4043psi en el concreto patrón y para las adiciones de microsílíce al 1%, 2%, 3% y 4% se tuvo como resultados 3500psi, 4124psi, 4034psi y 3840psi, que representa respecto al diseño base variaciones de -16.67%, 4.13%, 1.13% y -5.33% respectivamente.

En la presente investigación, la resistencia a la compresión del diseño sin adición de microsílíce fue de 304kg/cm², mientras que el concreto con 3% y 8% de adición de microsílíce tuvieron como resultado resistencias de 317kg/cm² y 347kg/cm², lo que indica un incremento en la resistencia a la compresión de 13.2% y 23.9% respecto al valor de diseño. Realizando la discusión de los resultados obtenidos para los valores de resistencia a la compresión, se observa que los valores son respaldados por el trabajo de los investigadores Achauanco y Gutierrez y el investigador Garcia, quienes muestran en sus investigaciones resultados similares y con la misma tendencia a los obtenidos, que es el aumento de la resistencia a la compresión de los testigos de concreto endurecido conforme se adiciona microsílíce a los diseños, sin embargo los valores obtenidos por Sanes, indican que el incremento de microsílíce en la mezcla de concreto produce variaciones incluso reduciendo la resistencia a la compresión respecto al diseño, por lo que no estamos

de acuerdo con sus resultados en vista que difieren considerablemente de los datos obtenidos en la investigación y de los antecedentes revisados.

La variación en el porcentaje de absorción y el porcentaje de vacíos son indicadores de la permeabilidad en el concreto, por lo que se realizara el análisis de cada uno de ellos. Sota (2019) en su tesis *Influencia del aditivo sika1 y agregado chancado en la resistencia a la compresión y propiedades físicas en concreto de baja permeabilidad*, verifico que al incluir el aditivo sika 1 en porcentajes del 1%, 3% y 5% el porcentaje de vacíos y de absorción tuvieron una disminución en sus valores. La absorción en el concreto sin aditivo tuvo un valor de 4.96%, el diseño con adición del 1% obtuvo un valor de 4.27%, con 3% de adición tuvo 3.08% y con 5% de adición 3.5%, Mientras que el porcentaje de vacíos en el concreto sin aditivo tuvo un valor de 11.01%, el diseño con adición del 1% obtuvo un valor de 9.6%, con 3% de adición tuvo 6.9% y con 5% de adición 7.9%. Se aprecia una reducción hasta de 37.9% en el porcentaje de absorción y hasta en 37.3% en el porcentaje de vacíos.

En la presente investigación, el porcentaje de absorción del diseño sin adición de microsílice fue de 2.22%, mientras que el concreto con 3% y 8% de adición de microsílice tuvieron como resultado porcentajes de absorción del 2.20% y 1.61%, el porcentaje de vacíos en el diseño de concreto sin microsílice resulto 4.88%, en el adicionado con 3% obtuvo 4.80% y el adicionado con 8% de microsílice obtuvo 3.58%. Estos valores representan una disminución en el valor de la absorción hasta del 27.5% y en el porcentaje de vacíos una disminución hasta de 26.6%. Realizando la discusión de los resultados obtenidos para los valores de Absorción y cantidad de vacíos, se observa que los valores son respaldados por el trabajo del investigador Sota, quien muestra en su investigación resultados similares y con la misma tendencia a los obtenidos, que es la reducción de los valores del porcentaje de absorción y volumen de vacíos en el concreto endurecido, solo existe una discrepancia respecto a los valores obtenidos por Sanes con la adición de 5% de sika 1, donde se ve un aumento de los valores respecto al diseño con adición del 3%, pero siguen siendo valores más bajos que los encontrados en el concreto patrón.

Respecto a la profundidad de penetración de agua en el concreto endurecido, el investigador Sota (2019) en su tesis *Influencia del aditivo sika1 y agregado chancado en la resistencia a la compresión y propiedades físicas en concreto de baja permeabilidad*, realizó los ensayos de penetración de agua en concreto endurecido según la norma UNE- EN-12390-8, encontrando que la profundidad de penetración para los diseños con adición de microsílíce al 0%, 1%, 3% y 5% resultaron 60mm, 50mm, 18mm y 30mm, observándose una reducción en los valores de penetración en el concreto adicionado con 1%, 3% y 5% de 16.7%, 70% y 50% respecto al concreto sin adición. De acuerdo a la clasificación realizada por Instrucción del hormigón estructural EHE-08, para el ensayo según la norma UNE- EN-12390-8, el concreto que tenga valores de penetración media menor a 30mm, es considerado de baja permeabilidad o impermeable al agua.

Para la presente investigación, se realizó el ensayo según la norma técnica colombiana NTC 4483 que determina la permeabilidad del concreto al agua, encontrando en el concreto sin adición de microsílíce un valor de penetración de agua de 69.1mm, en el concreto con adición de 3% de microsílíce un valor de 57.0mm y en el adicionado con 8% de microsílíce una penetración de agua de 33.1mm, esto indica que existe una disminución en la penetración del agua en los concretos con adición de microsílíce de 3% y 8% del 17.5% y del 52.1% respecto al concreto sin adición de microsílíce. Realizando la discusión de los resultados obtenidos, se indica que existe una concordancia en los resultados con el investigador Sanes, ya que los valores de penetración del agua en el concreto redujeron su valor significativamente con la adición del producto sika1 y el mineral microsílíce, además según la clasificación de concretos permeables y considerando los ensayos realizados, el concreto evaluado por Sanes paso de un concreto permeable a ser considerado impermeable, mientras que en la presente investigación, el concreto sin microsílíce es de baja permeabilidad, pero el adicionado con 3% y 8% son considerados de permeabilidad media, con la indicación de que el concreto con 8% de microsílíce se encuentra en el límite de la permeabilidad media y de la permeabilidad baja, la clasificación realizada es de acuerdo a lo descrito en la norma NTC 4483 donde consideran que el concreto tiene alta permeabilidad cuando la penetración al agua que resulto en los ensayos es mayor a 60mm, una permeabilidad media cuando la penetración del agua tuvo

valores entre 30 y 60mm y una baja permeabilidad cuando el valor de penetración obtenido es menor a 30mm.

La metodología utilizada en la presente investigación tiene como una de sus fortalezas el ser de tipo cuantitativo, ya que los datos tienen una constatación real y verídica al ser obtenidos mediante ensayos de laboratorio y, al realizar los diseños en ambientes controlados los resultados son confiables para realizar análisis específicos y comprobar las hipótesis planteadas, sin embargo, las debilidades de la metodología utilizada al ser de tipo experimental, es que requiere un valor inicial como medida de comparación, en el caso de diseños de concreto, las mezclas tienen muchas variables en cuanto a propiedades físicas de los agregados, aditivos y agua, lo que da una variabilidad que puede ser incrementada si no se realiza un control riguroso de las combinaciones, en ese sentido, para poder generalizar los resultados obtenidos se debe realizar una cantidad elevada de ensayos, con el fin de obtener una data importante de datos.

La investigación realizada es relevante en el ámbito social, ya que al encontrar que el mineral microsílíce reduce la permeabilidad al agua del concreto, los proyectos que técnicamente requieran mezclas de concreto con baja permeabilidad podrán utilizar la microsílíce, mineral que utilizado en la fabricación de volúmenes grandes de concreto es más económico que el uso de aditivos especiales y exclusivos para dicho fin, lo que se traduce en un menor costo de fabricación y un menor costo de venta hacia el usuario final.

VI. CONCLUSIONES

1. Respecto a la trabajabilidad del concreto, se determinó la influencia de incidencia de la adición de microsílíce al 3% y 8% del peso del cemento en la trabajabilidad del concreto 280kg/cm² mediante la medida del asentamiento del concreto fresco, siendo estos valores de 12% y 24% menores respecto al diseño sin adición de microsílíce, concluyendo que la trabajabilidad del concreto fresco es susceptible a la adición del mineral y disminuye conforme se incrementa la cantidad de microsílíce en el diseño.

2. En cuanto a la resistencia a la compresión del concreto 280kg/cm² se logró determinar la influencia de la adición de la microsílíce en porcentajes del 3% y 8% del peso del cemento sobre el diseño sin adición mediante los ensayos a la compresión de probetas de concreto endurecido realizadas en laboratorio, llegando a la conclusión que conforme se incrementa el porcentaje de microsílíce en el concreto, mayor es la resistencia a la compresión obtenida. Es decir, la adición de microsílíce en el concreto está directamente relacionada con la resistencia a la compresión del mismo.

3. respecto a la profundidad de penetración al agua del concreto 280kg/cm², se logró determinar la influencia que tiene de la adición de microsílíce al 3% y 8% del peso del cemento sobre el diseño que no tiene adición de mineral, verificando con los resultados obtenidos durante los ensayos al concreto endurecido, que el porcentaje de poros, el porcentaje de absorción y la profundidad de penetración al agua de las probetas se redujo y fue menor en los diseños con una mayor adición de microsílíce. Por tanto se concluye que la profundidad de penetración al agua del concreto disminuye conforme se incrementa la cantidad de microsílíce en las mezclas de concreto, es decir, se determinó que la adición de microsílíce en los diseños de concreto reduce el valor de penetración de agua en el concreto endurecido.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que la adición del mineral microsílíce en las mezclas de concreto convencional 280kg/cm² influye reduciendo la permeabilidad del concreto endurecido y a medida que se incrementa el porcentaje de adición de microsílíce disminuye aún más la permeabilidad del concreto.

VII. RECOMENDACIONES

Respecto a la trabajabilidad del concreto, se recomienda que los diseños que se realicen con adiciones de microsílice utilicen aditivos plastificantes con el fin de mejorar la trabajabilidad del concreto, todos los diseños deben ser probados previamente en laboratorio para determinar los porcentajes óptimos de aditivo plastificante a adicionar.

Considerando los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en la investigación, se recomienda realizar nuevos ensayos con diferentes porcentajes de adición de microsílice y verificar si existe un óptimo contenido de microsílice para lograr la máxima resistencia de cada diseño. También se recomienda analizar el reemplazo de cemento por microsílice, en vista que se podría reducir costos en su fabricación si al reemplazar una menor cantidad de kilos de microsílice que de cemento el concreto sigue cumpliendo con la resistencia de diseño.

Respecto a la penetración al agua del concreto, se recomienda realizar un óptimo curado de las probetas de concreto para garantizar que los resultados sean confiables, toda investigación debe cumplir con la cantidad y tipo de probetas necesarias según norma. Además se recomienda realizar ensayos de permeabilidad al agua en probetas de concreto con edades mayores, 60, 90 y 120 días, ya que existen antecedentes donde se muestra que la permeabilidad del concreto se reduce en gran medida con el paso del tiempo porque la acción química a la interna del concreto endurecido sigue reduciendo los espacios vacíos.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda el uso de la microsílice en los diseños de concreto que por las condiciones de trabajo a las que estarán expuestas, requieran obtener una baja permeabilidad al agua.

REFERENCIAS.

ABANTO, Walter. Diseño y desarrollo del proyecto de investigación. Trujillo: Escuela de postgrado Universidad Cesar Vallejo, 2014. 119 pp.

ACHAHUANCO, Gary y GUTIERREZ, Alex. Optimización de concretos estructurales $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{kg/cm}^2$ sobre sus propiedades mecánicas con adición de microsílíce en la ciudad del Cuzco, 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Cuzco: Universidad Nacional San Antonio de Abad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, 2019. 207 pp.

AMERICAN Concrete Institute (USA). ACI 116R: Cement and Concrete Terminology. Michigan: ACI, 2000. 73 pp.

AMERICAN Concrete Institute (USA). ACI 522R: Report on pervious concrete. Michigan: ACI, 2013. 28 pp.

AMERICAN Society for Testing and Materials (USA). ASTM C642: Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. Pensilvania: ASTM, 2016. 3 pp.

AMERICAN Society for Testing and Materials (USA). ASTM C1240: Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures. Pensilvania: ASTM, 2020. 7 pp.

AMERICAN Society for Testing and Materials (USA). ASTM C1585. Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes. Pensilvania: ASTM, 2020. 6 pp.

ASOCIACIÓN Española de normalización y certificación (España). UNE-EN-12390-8. 2009: Ensayos de hormigón endurecido, parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión. Madrid: AENOR, 2009. 9 pp.

BALABANOV, Vadim y PUTSENKO, Ksenia. Comparative Analysis of the Principal Characteristics of Microsilica Obtained from Silicon Manufacture Wastes and Used in Concrete Production Technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Vol. 262, n.º 012011, 29 de Noviembre del 2017. [Fecha de consulta: 11 de Junio de 2020].

Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/262/1/012011>

ISSN: 1757-8981

DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012011

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012. 38 pp.

DEVELOPING design methods of concrete mix with microsilica additives for road construction por Vladimir Dmitrienko [et al]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. Vol. 90, n.º 012007, 03 de Noviembre del 2017. [Fecha de consulta: 15 de Junio de 2020].

Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/90/1/012007>

ISSN: 1755-1307

DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012007

DEVELOPMENT of fly ash-and slag-based geopolymer concrete with calcium carbonate or microsilica por Mohamed Elchalakani [et al]. *Journal of Materials in Civil Engineering* [en línea]. Vol. 30, n.º 04018325, 01 de Diciembre del 2018. [Fecha de consulta: 18 de Junio de 2020].

Disponible en <https://ascelibrary.org/journal/jmcee7>

ISSN: 0899-1561

DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002527

EFFECTS of Reinforcing Fiber and Microsilica on the Mechanical and Chloride Ion Penetration Properties of Latex-Modified Fiber-Reinforced Rapid-Set Cement Concrete for Pavement Repair por Woong Kim [et al]. *Advances in Materials Science and Engineerin* [en línea]. Vol. 2018, n.º 6839350, 21 de Enero del 2018. [Fecha de consulta: 25 de Junio de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1155/2018/6839350>

ISSN: 1687-8434

GARCIA Kriete, Luis. Concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsilíce y superplastificante en la ciudad de Huancayo. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, 2018. 353 pp.

GHANEI, Anis, ESKANDARI-NADDAF, Hamid y DAVOODI, Ali. Corrosion behavior and optimization of air-entrained reinforced concrete, *Structural Concrete* [en línea]. Vol. 19, n.º 5, pp. 1472-1480, Octubre del 2018. [Fecha de consulta: 20 de Junio de 2020].

Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/17517648>

ISSN: 1464-4177

DOI: 10.1002/suco.201800058

GONZALES Jesus, Richard (2016). Concreto de alta resistencia utilizando aditivo microsilíce. Tesis (Ingeniero Civil). Huanuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2016, 73 pp.

HASSAN, Maan y JABER, Ikba. Fresh and hardened properties of nanosilica and microsilica contained self-consolidating concretes. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* [en línea]. Vol. 12, n.º 17, pp. 5140-5153, 01 de Septiembre del 2017. [Fecha de consulta: 20 de Junio de 2020].

Disponible en <http://www.arpnjournals.com/jeas/index.htm>

ISSN: 1819-6608

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de investigación. 6.^a ed. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana editores, 2014. 634 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

HUAQUISTO, Samuel y BELIZARIO, Germán. Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de investigaciones altoandinas* [en línea]. Vol. 20, n.º 2, pp. 225-234, Junio del 2018. [Fecha de consulta: 12 de Julio de 2020].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>

ISSN: 2313-2957.

INSTITUTO Colombiano de normas técnicas y certificación (Colombia). NTC 4483, 1998: Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua. Bogotá: ICONTEC, 1998. 9 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.034, 2015: Concreto. Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima: INACAL, 2015. 22 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.035, 2015: Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Lima: INACAL, 2015. 13 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.114, 2016: Concreto premezclado. Lima: INACAL, 2016. 34 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.184, 2018: Concreto. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco. Lima: INACAL, 2018. 9 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.185, 2018: Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total explorable de agregados por secado. Lima: INACAL, 2018. 13 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.012, 2018: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima: INACAL, 2018. 18 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.017, 2020: Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Lima: INACAL, 2020. 14 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.018, 2018: Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N°200) por lavado en agregados. Lima: INACAL, 2018. 15 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.021, 2002: Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima: INACAL, 2002. 13 pp.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.022, 2018: Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima: INACAL, 2018. 25 pp.

LEÓN Brito, Nestor. Influencia de la adición de nanosílice y microsílice en el comportamiento mecánico, microestructural y durable de un hormigón autocompactante. Tesis (Doctorado). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, departamento de Ingeniería Civil, 2015.

Disponible en <http://oa.upm.es/38043/>

LEWIS, Robert. The role of microsilica in sustainable concrete. *MATEC Web of Conferences* [en línea]. Vol. 120, n.º 02011, pp. 18, 09 de Agosto del 2017. [Fecha de consulta: 12 de Junio de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712002011>

DOI: 10.1051/mateconf/201712002011

LOPEZ, Mauricio y CASTRO, Jose. Efecto de las puzolanas naturales en la porosidad y conectividad de poros del hormigón con el tiempo. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. Vol. 25, n.º 3, pp. 419-421, Diciembre de 2010. [Fecha de consulta: 23 de Junio de 2020].

Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000300006&lng=es&nrm=iso

ISSN: 0718-5073.

LOZADA, Jose. Investigación aplicada: definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmerica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamerica* [en línea]. Vol. 3, n.º 1, pp. 47-50, 2014. [Fecha de consulta: 10 de Noviembre de 2020].

MECHANICAL characteristics and water absorption properties of blast-furnace slag concretes with fly ashes or microsilica additions por Dora Foti [et al]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Vol. 9, n.º 1279, 01 de Abril del 2019. [Fecha de consulta: 04 de Junio de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.3390/app9071279>

ISSN: 20763417

MINISTERIO de fomento. MINISTERIO de transportes, movilidad y agenda urbana. Enero del 2019. Disponible en https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/sala_prensa/recursos/190114_presentacion_pge19.pdf

MINISTERIO de vivienda, construcción y saneamiento. 22 de Noviembre del 2019. Disponible en <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/69351-presupuesto-del-ministerio-de-vivienda-asciende-a-s-3846-9-millones-para-el-2020>

MONTAÑA Muñoz, Cristhian, y CARMONA Herrera, Rodrigo. Impacto de las adiciones para concreto en la reducción de la permeabilidad al ión cloruro vs la relación agua cemento. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2015. 65 pp.

MORALES Alejandro, Victor. Estudio de concretos de alta durabilidad, Tesis (Ingeniero Civil). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2015. 83 pp.

PANDEY, Arunabh y KUMAR, Brind. A comprehensive investigation on application of microsilica and rice straw ash in rigid pavement. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 252, n.º 119053, 11 de abril del 2020. [Fecha de consulta: 05 de Junio de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119053>

ISSN: 0950-0618

PANDEY, Arunabh y KUMAR, Brind. Investigating the performance of cement mortar containing rice straw ash, microsilica and their composite by compressive strength. *International Journal of Recent Technology and Engineering* [en línea]. Vol. 7, n.º 6, pp. 91-94, 06 de Marzo del 2019. [Fecha de consulta: 017 de Junio de 2020].

Disponible en <https://www.ijrte.org/>

ISSN: 2277-3878

PASQUEL, Enrique. Tópicos De Tecnología Del Concreto en el Perú. Lima: Colegio de ingenieros del Perú, 1998, 399 pp.

RIVERA, Gerardo. Concreto simple. Cauca: Universidad del Cauca, 2013. 256 pp.

SANCHEZ Elliott, Rubén. Aplicación del aditivo superplastificante para reducir la permeabilidad capilar del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Lima – Perú, 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017. 117 pp.

SANES Lagares, Daniel. Influencia de microfibras de polipropileno y microsílíce en la resistencia de concretos de 4000 y 3000 psi. Tesis (Magister en ingeniería). Cartagena de Indias: Universidad tecnológica de Bolívar, Departamento de posgrado, 2017. 106 pp.

SHOBA, K. B., ASHA, Panchanatan. Non destructive studies on engineered cementitious composites using microsilica & polypropylene fibre. *International Journal of Recent Technology and Engineering* [en línea]. Vol. 8, n.º 5, pp. 21-24, 05 de Julio del 2019. [Fecha de consulta: 06 de Junio de 2020].

Disponible en <http://ijrte.org/>

ISSN: 2277-3878

DOI: 10.35940/ijrte.B1004.0782S519

SOTA Solís, Humberto. Influencia del aditivo Sika 1 y agregado chancado en la resistencia a la compresión y propiedades físicas en concreto de baja permeabilidad. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017. 151 pp.

SZELAG, Maciej y SZEWCZAK, Andrzej. Dependencies between Cracking Patterns and the Physico-Mechanical Properties of Microsilica Modified Cement Matrix. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Vol. 484, n.º 012015, pp. 21-24, 19 de Marzo del 2019. [Fecha de consulta: 24 de Junio de 2020].

Disponible en <https://iopublishing.org/publications/conference-series/>

ISSN: 1757-8981

DOI: 10.1088/1757-899X/484/1/012015

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. México D.F.: Editorial Limusa, 2004. 433 pp.

ISBN: 968-18-5872-7

VARGHESE, Lincy, KANTA RAO, Velidandi y PARAMESWARAN, Lakshmy. Comparison of efficiency of colloidal nanosilica and microsilica in cement concrete. *Indian Concrete Journal* [en línea]. Vol. 91, n.º 9, pp. 37-46, 01 de Septiembre del 2017. [Fecha de consulta: 25 de Junio de 2020].

Disponible en <https://www.icjonline.com/>

ISSN: 0019-4565

VÉLEZ García, Eduardo. Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón. Tesis (Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, 2019. 89 pp.

ANEXOS

Anexo 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: Análisis de la adición de microsílíce en un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente (X): Microsílíce	La microsílíce se define como un “material Puzolánico muy fino, compuesto mayormente de sílice amorfa producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la producción de silicio elemental o aleaciones de hierro”. (ASTM C1240)	En la presente investigación, se utilizará la microsílíce en porcentajes de 3% y 8 % respecto al peso del cemento, con el objetivo de determinar la influencia en la impermeabilidad del concreto, Además se verificara sus propiedades físicas y químicas.	Propiedades químicas de la microsílíce	Contenido de dióxido de Silicio	De razón
				Contenido de humedad	
				Perdida por ignición (LOI)	
			Propiedades físicas de la microsílíce	Porcentaje retenido en μm (malla 325)	De razón
				Índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento portland (7 días)	
				Superficie específica	
			Dosificación	Adición de 0% de microsílíce respecto al peso del cemento.	De razón
				Adición de 3% de microsílíce respecto al peso del cemento.	
				Adición de 8% de microsílíce respecto al peso del cemento.	
Variable dependiente (Y): Permeabilidad del concreto	La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo. (Lewis, 2017).	La permeabilidad del concreto tiene una relación directa con la absorción capilar, la porosidad capilar o efectiva del concreto endurecido y la profundidad de penetración del agua a presión, además la resistencia a la compresión del concreto en un buen indicador del cambio en sus características. Para recopilar dicha información debemos recurrir al Ensayo para el cálculo de densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido según norma ASTM C 642, al ensayo para calcular la permeabilidad al agua bajo presión según la norma NTC 4483 al ensayo de resistencia a la compresión ASTM C 39.	Trabajabilidad del concreto fresco	Ensayo de asentamiento del concreto (slump)	De razón
			Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto endurecido	De razón
			Penetración de agua	Ensayo para determinar la absorción capilar del concreto endurecido	De razón
				Ensayo para determinar el volumen de vacíos del concreto endurecido	
				Ensayo de penetración de agua en el concreto endurecido	

Anexo 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Análisis de la adición de microsilíce en un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos			
¿Cuál es la influencia de la adición de microsilíce en la permeabilidad de un concreto 280kg/cm ² ?	Analizar la influencia de la adición de microsilíce en la permeabilidad de un concreto f'c = 280kg/cm ²	Al adicionar microsilíce al concreto f'c = 280kg/cm ² se reduce la permeabilidad en el concreto.	Variable independiente (X): Microsilíce	Propiedades químicas de la microsilíce	Contenido de dióxido de Silicio	Ficha técnica del producto.			
					Contenido de humedad				
Problemas específicos:	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas:	Microsilíce	Propiedades físicas de la microsilíce	Perdida por ignición (LOI)				
					Porcentaje retenido en µm (malla 325)				
1. ¿De qué manera influye adicionar 3% y 8% de microsilíce en la trabajabilidad de un concreto 280kg/cm ² ?	1. Determinar la influencia de la adición del 3% y 8% de microsilíce en la trabajabilidad de un concreto f'c = 280kg/cm ² .	1. El concreto f'c = 280kg/cm ² con adición de microsilíce es menos trabajable que el concreto f'c = 280kg/cm ² .	Microsilíce	Dosificación	Índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento portland (7 días)		Balanza de medición de peso.		
					Superficie específica				
					Adición de 0% de microsilíce respecto al peso del cemento.				
2. ¿Cuál es la influencia de adicionar 3% y 8% de microsilíce en la resistencia a la compresión de un concreto 280kg/cm ² ?	2. Determinar la influencia de la adición del 3% y 8% de microsilíce en la resistencia a la compresión de un concreto f'c = 280kg/cm ² .	2. Al adicionar 3% y 8% de microsilíce al diseño de concreto f'c = 280kg/cm ² aumenta la resistencia a la compresión del concreto.	Variable dependiente (Y): Permeabilidad del concreto	Trabajabilidad del concreto fresco	Adición de 3% de microsilíce respecto al peso del cemento.	NTP 339.035. Certificado de ensayo de laboratorio.			
3. ¿Cuál es la influencia de adicionar 3% y 8% de microsilíce en la penetración de agua en un concreto 280kg/cm ² ?	3. Determinar la influencia de la adición del 3% y 8% de microsilíce en la penetración de agua en un concreto f'c = 280kg/cm ² .	3. Al adicionar 3% y 8% de microsilíce al diseño de concreto f'c = 280kg/cm ² se reduce la penetración de agua en el concreto.			Permeabilidad del concreto		Resistencia a la compresión	Adición de 8% de microsilíce respecto al peso del cemento.	NTP 339.034. Certificado de ensayo de laboratorio.
								Ensayo de asentamiento del concreto (slump)	
Penetración de agua	Ensayo para determinar la absorción capilar del concreto endurecido	NTC 4483. Ensayo de penetración de agua en el concreto.							
	Ensayo para determinar el volumen de vacíos del concreto endurecido								
					Ensayo de penetración de agua en el concreto endurecido				

Anexo 3: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PROPIEDADES DE LA
MICROSILICE.**
Formato: IRD-GC-001

Proyecto: Analisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020.

Elemento: _____

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
Propiedades químicas de la microsilice.		
1	Contenido de dióxido de Silicio SiO ₂ (%)	
2	Contenido de humedad (%)	
3	Perdida por ignición LOI (%)	
Propiedades físicas de la microsilice.		
4	porcentaje retenido en (malla 325) (%)	
5	Índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento portland (7 días) (%)	
6	Superficie específica (m ² /g)	

Valores obtenidos de la ficha técnicas de la microsilice.

Elaboración: Fuente Propia.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS COMPONENTES DEL DISEÑO DE CONCRETO.
Formato: IRD-GC-002

Proyecto: Analisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020.

Código de Diseño del concreto: _____

Codigos de diseño del concreto:

C280MS0: Concreto 280kg/cm² sin adición de microsilice.

C280MS3: Concreto patron con adición de microsilice al 3% en peso del cemento.

C280MS8: Concreto patron con adición de microsilice al 8% en peso del cemento.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
Componentes del diseño de concreto.		
1	Agregado Grueso (Kg)	
2	Agregado fino (Kg)	
3	Cemento portland tipo I (Kg)	
4	Agua potable (Lt)	
5	Aditivo superplastificante (% en peso de cemento)	
6	Microsilice (% en peso de cemento)	
Propiedades de los componetes del concreto.		
1	Peso especifico del agregado grueso	
2	Peso especifico del agregado fino	
3	Relación agua cemento (a/c)	

Valores obtenidos en laboratorio al elaborar el diseño de concreto.

Elaboración: Fuente Propia.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.
Formato: IRD-GC-003

Proyecto: Analisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020.

Codigos de diseño del concreto:

C280MS0: Concreto 280kg/cm2 sin adición de microsilice.

C280MS3: Concreto patron con adición de microsilice al 3% en peso del cemento.

C280MS8: Concreto patron con adición de microsilice al 8% en peso del cemento.

Codigo de Diseño del concreto: C280MS0

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
Propiedades del concreto en estado fresco.		
1	Slump (pulg)	
2	Temperatura (C°)	

Codigo de Diseño del concreto: C280MS3

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
Propiedades del concreto en estado fresco.		
1	Slump (pulg)	
2	Temperatura (C°)	

Codigo de Diseño del concreto: C280MS8

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
Propiedades del concreto en estado fresco.		
1	Slump (pulg)	
2	Temperatura (C°)	

Valores obtenidos en laboratorio al ensayar el concreto fresco.

Elaboración: Fuente Propia.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO.

Formato: IRD-GC-004

Proyecto: Analisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020.

Codigos de probetas:

C280MS0-01 al C280MS0-18: Probetas de concreto 280kg/cm² sin adición de microsilice.

C280MS3-01 al C280MS3-18: Probetas de concreto 280kg/cm² con adición de microsilice al 3% en peso del cemento.

C280MS8-01 al C280MS8-18: Probetas de concreto 280kg/cm² con adición de microsilice al 8% en peso del cemento.

CODIGO DE DISEÑO: _____

FECHA DE VACIADO: _____

FECHA DE ROTURA: _____

ITEM	COGIGO DE PROBETA	EDAD DE PROBETA días	DIMENSIONES DE LA PROBETA		ÁREA DE SECCIÓN DE PROBETA cm ²	FUERZA DE ROTURA Kgf	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Kgf/cm ²	PROMEDIO Kgf/cm ²
			Diametro cm	Altura cm				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Valores obtenidos en laboratorio al realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

Elaboración: Fuente Propia.

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DENSIDAD,
ABSORCIÓN Y VACIOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.**

Formato: IRD-GC-005

Proyecto: Analisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020.

Codigos de probetas:

C280MS0-01 al C280MS0-18: Probetas de concreto 280kg/cm² sin adición de microsilice.

C280MS3-01 al C280MS3-18: Probetas de concreto 280kg/cm² con adición de microsilice al 3% en peso del cemento.

C280MS8-01 al C280MS8-18: Probetas de concreto 280kg/cm² con adición de microsilice al 8% en peso del cemento.

RESULTADOS DE ENSAYOS:

ITEM	COGIGO DE DISEÑO	COGIGO DE PROBETA	ABSORCIÓN DESPUES DE INMERSIÓN	DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) SECA	DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) DESPUES DE LA INMERSIÓN	DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) DESPUES DE EBULLICIÓN
			%	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

CALCULOS:

ITEM	COGIGO DE DISEÑO	COGIGO DE PROBETA	DENSIDAD APARENTE	ABSORCIÓN DESPUES DE EBULLICIÓN	VOLUMEN DE VACIOS
			(gr/cm ³)	%	%
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Valores obtenidos en laboratorio al realizar el ensayo de densidad, absorción y vacios en concreto.

Elaboración: Fuente Propia.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PENETRACIÓN DE AGUA EN EL CONCRETO ENDURECIDO.
Formato: IRD-GC-006

Proyecto: Analisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020.

Codigos de probetas:

C280MS0-01 al C280MS0-18: Probetas de concreto 280kg/cm2 sin adición de microsilice.

C280MS3-01 al C280MS3-18: Probetas de concreto 280kg/cm2 con adición de microsilice al 3% en peso del cemento.

C280MS8-01 al C280MS8-18: Probetas de concreto 280kg/cm2 con adición de microsilice al 8% en peso del cemento.

DATOS DE ENSAYO DE ENSAYO:

ITEM	COGIGO DE PROBETAS	CODIGO DE DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO	EDAD DE PROBETA	PRESIÓN DE AGUA	
						Duración	Dirección
						Días	Pe / Pa
1							
2							
3							

RESULTADOS DE ENSAYO:

ITEM	COGIGO DE PROBETAS	CODIGO DE DISEÑO	PROFUNDIDAD MEDIA DE PENETRACIÓN (mm)	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
1					
2					
3					

Valores obtenidos en laboratorio al realizar el ensayo de penetración de agua en concreto.

Elaboración: Fuente Propia.

Anexo 4: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA INVESTIGACIÓN

Estimado experto (a):

Los instrumentos a validar son las fichas de recolección de datos cuyo objetivo es la obtención y registro de valores confiables y verídicos para ser utilizados en el proyecto de investigación titulado: **"Análisis de la influencia de la microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020"**.

Con el objetivo de corroborar la validación de los instrumentos de recolección de datos indicado, le solicitamos marcar los recuadros según convenga:

Item	Código del instrumento	Descripción del instrumento	Aplicabilidad		Relevancia		Claridad	
			La ficha es aplicable para la obtención de datos requeridos		Registra los datos correctos requeridos para la investigación		La ficha se entiende sin dificultad y obtiene datos precisos	
			SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	IRD-GC-001	Ficha de recolección de datos de las propiedades de la microsílíce	X		X		X	
2	IRD-GC-002	Ficha de recolección de datos de los componentes del diseño de concreto	X		X		X	
3	IRD-GC-003	Ficha de recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco	X		X		X	
4	IRD-GC-004	Ficha de recolección de datos de la resistencia a la compresión del concreto	X		X		X	
5	IRD-GC-005	Ficha de recolección de datos de la densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido	X		X		X	
6	IRD-GC-006	Ficha de recolección de datos de la penetración de agua en el concreto endurecido	X		X		X	

Después de realizar la revisión de las fichas de recolección de datos, se consideran validos los instrumentos presentados para realizar la investigación. SI (X) NO ().



CLAUDIO CÉSAR JARA MEDRANO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 124807

Firma del experto evaluador

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA INVESTIGACIÓN

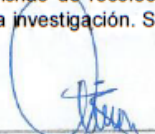
Estimado experto (a):

Los instrumentos a validar son las fichas de recolección de datos cuyo objetivo es la obtención y registro de valores confiables y verídicos para ser utilizados en el proyecto de investigación titulado: **“Análisis de la influencia de la microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020”**.

Con el objetivo de corroborar la validación de los instrumentos de recolección de datos indicado, le solicitamos marcar los recuadros según convenga:

Item	Código del instrumento	Descripción del instrumento	Aplicabilidad		Relevancia		Claridad	
			La ficha es aplicable para la obtención de datos requeridos		Registra los datos correctos requeridos para la investigación		La ficha se entiende sin dificultad y obtiene datos precisos	
			SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	IRD-GC-001	Ficha de recolección de datos de las propiedades de la microsilice	X		X		X	
2	IRD-GC-002	Ficha de recolección de datos de los componentes del diseño de concreto	X		X		X	
3	IRD-GC-003	Ficha de recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco	X		X		X	
4	IRD-GC-004	Ficha de recolección de datos de la resistencia a la compresión del concreto	X		X		X	
5	IRD-GC-005	Ficha de recolección de datos de la densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido	X		X		X	
6	IRD-GC-006	Ficha de recolección de datos de la penetración de agua en el concreto endurecido	X		X		X	

Después de realizar la revisión de las fichas de recolección de datos, se consideran validos los instrumentos presentados para realizar la investigación. SI (X) NO ().


JOSE LUIS
MENOR CHINGO
INGENIERO CIVIL
Reg. CH N° 109635

Firma del experto evaluador

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA INVESTIGACIÓN

Estimado experto (a):

Los instrumentos a validar son las fichas de recolección de datos cuyo objetivo es la obtención y registro de valores confiables y verídicos para ser utilizados en el proyecto de investigación titulado: **"Análisis de la influencia de la microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020"**.

Con el objetivo de corroborar la validación de los instrumentos de recolección de datos indicado, le solicitamos marcar los recuadros según convenga:


Item	Código del instrumento	Descripción del instrumento	Aplicabilidad		Relevancia		Claridad	
			La ficha es aplicable para la obtención de datos requeridos		Registra los datos correctos requeridos para la investigación		La ficha se entiende sin dificultad y obtiene datos precisos	
			SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	IRD-GC-001	Ficha de recolección de datos de las propiedades de la microsílíce	X		X		X	
2	IRD-GC-002	Ficha de recolección de datos de los componentes del diseño de concreto	X		X		X	
3	IRD-GC-003	Ficha de recolección de datos de las propiedades del concreto en estado fresco	X		X		X	
4	IRD-GC-004	Ficha de recolección de datos de la resistencia a la compresión del concreto	X		X		X	
5	IRD-GC-005	Ficha de recolección de datos de la densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido	X		X		X	
6	IRD-GC-006	Ficha de recolección de datos de la penetración de agua en el concreto endurecido	X		X		X	

Después de realizar la revisión de las fichas de recolección de datos, se consideran validos los instrumentos presentados para realizar la investigación. SI (X) NO ().


KARINA R. LOZANO RODRIGUEZ
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 138618

Firma del experto evaluador

Anexo 5: FICHAS TECNICAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Chema
Calidad que Construye

Hoja Técnica
CHEMA FUME
Aditivo mineral, microsílíce sin densificar.
VERSION: 01
FECHA: 18/10/2017

DESCRIPCIÓN CHEMA FUME es un aditivo mineral en polvo compuesto por sílice en estado cristalino (microsílíce) que reacciona químicamente con el hidróxido de calcio del cemento para formar silicatos hidratados. De modo que se obtienen morteros y concretos de elevadas resistencias mecánicas, baja permeabilidad y mayor durabilidad. No contiene cloruros. Cumple con la especificación ASTM C1240 (Especificación Normalizada para Humo de Sílice Utilizado en Mezclas Cementicias).

VENTAJAS

- Aumenta la resistencia a la compresión resistencia a la flexión.
- Disminuye el porcentaje de vacíos aumentando la impermeabilidad.
- Forma compuestos hidratados, disminuyendo la exudación y aumentando la cohesión.
- Mejora la adherencia al acero.
- Mejor resistencia a agentes químicos externos (cloruros, carbonatos, sulfatos).
- Mejora el desempeño de la mezcla cementicia.
- Mayor vida útil de la estructura.

USOS

- Elaboración de concretos y morteros de alta resistencia.
- Elaboración de concretos y morteros para minería (shotcrete).
- Elaboración de concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad.
- Estructuras marinas, puertos, túneles, puentes, represas.

DATOS TÉCNICOS

PROPIEDADES		
Estado	Polvo	
Color	Gris a gris mediano	
Gravedad específica	2.25	
Solubilidad en agua	Insoluble	
Densidad aparente - densificada	690 – 770kg/m ³	
Densidad aparente – sin densificar “como se produce”	225 - 320	
VOC	0g/L	
ESPECIFICACIONES		
Requerimientos químicos	ASTM	Típico
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	85.0% mínimo	93.47%
Contenido de humedad	3.0% máximo	0.25%
Pérdida por ignición (LOI)	6.0% máximo	3.55%
Requerimientos físicos	ASTM	Típico
Porcentaje sobredimensionado retenido en µm (malla 325)	10.0% máximo	1.73%
Índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento portland (7 días)	105.0% mínimo	142%
Superficie específica	15m ² /g mínimo	22.24m ² /g

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 2



Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA FUME

Aditivo mineral, microsílíce sin densificar.

VERSION: 01

FECHA: 18/10/2017

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO Adicionar CHEMA FUME de la misma forma que es dosificado el cemento o la arena, en la planta de premezclado o en el mixer. Es compatible con los aditivos CHEMAMENT y MEGAPLAST los cuales deberán ser añadidos en el agua de mezcla.

RENDIMIENTO La dosis de CHEMA FUME es entre 5 a 15% del peso de cemento. Debido a la formación del gel de silicato de calcio hidratado, se presentará un consumo adicional de agua, por lo que se debe considerar el uso de algún plastificante en la mezcla.

PRESENTACIÓN - Envase de 22.7 kg.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO 12 meses almacenado en su envase original, en un lugar fresco, ventilado, sellado, bajo techo y protegido del calor intenso y de la humedad.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/ 999012933). Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
No comer ni beber mientras manipula el producto. Utilizar guantes, máscara para vapores, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.

"La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 0 para todos los fines"

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE:

(511) 336-8407

Página 2 de 2

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
RUC: 20602256872



ANEXO 1

INFORME JCH 20-086
SOLICITANTE : Jose Carlos Garcia Cortez
PROYECTO : Análisis de la adición de microsilíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima - Lima
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

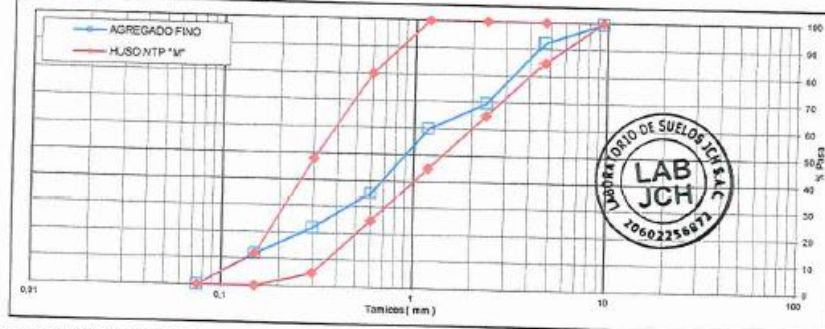
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

ARENA GRUESA procedente de la cantera 1
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ		%	% RET.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA	HUSO NTP "M"
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12,5				
3/8"	9,5	0,5	0,5	99,5	100 - 100
N°4	4,75	7,2	7,7	92,3	85 - 100
N°8	2,38	22,7	30,4	69,6	65 - 100
N°16	1,19	9,7	40,1	59,9	45 - 100
N°30	0,6	24,6	64,7	35,3	25 - 80
N°50	0,3	13,4	78,0	22,0	5 - 48
N°100	0,15	10,1	88,1	11,9	0 - 12
FONDO		11,9	100,0	0,0	0 - 0

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

Módulo de Fineza	3.10
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1.580
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1.791
Peso Especifico	2.50
Contenido de Humedad (%)	4.10
Porcentaje de Absorción (%)	3.61

Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193657



FORMULARIO	Código : C-10
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 1

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
ASTM C-29 MTC E-203

Informe : JCH 20-086
Solicitante : Jose Carlos Garcia Cortez
Proyecto : Análisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020

Ubicación : Lima - Lima

Fecha : Octubre del 2020

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : - Progresiva : -
Calicata : - Cordenadas : -
Muestra : Fino
Prof. (m.) : -

Peso Unitario Varillado (gr/cm³) : 1,791
Peso Unitario Suelto (gr/cm³) : 1,580
Peso del molde (gr) : 1070
Volumen molde (cm³) : 2875

	P.U.C. (gr)	Densidades (gr/cm ³)
Peso de Molde+Agregado (gr)	6160	1,770
Peso de Molde+Agregado (gr)	6220	1,791
Peso de Molde+Agregado (gr)	6280	1,812
	P.U.S. (gr)	Densidades (gr/cm ³)
Peso de Molde+Agregado (gr)	5580	1,569
Peso de Molde+Agregado (gr)	5640	1,589
Peso de Molde+Agregado (gr)	5620	1,582

Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Ejecución : JCH

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-R31P30-N°6	Junic.-2020



Javier Francisco
JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. OIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima
- Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC



FORMULARIO

Código : C-08

Revisión : 1

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Fecha : -

Página : 1 de 1

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ASTM C-128 - NTP 400.022 - MTC E-205

Informe : JCH 20-086
Solicitante : Jose Carlos García Cortez
Proyecto : Análisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020

Ubicación : Lima - Lima
Fecha : Octubre del 2020

Cantera : - Progresiva : -
Calicata : - Coordenadas : -
Muestra : Arena
Prof. (m.) : -


Muestra N°	1	2	3
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.)	500,0		
Peso de Frasco + H2O (gr)	692,1		
Peso de Frasco + H2O + A (gr)	1192,1		
Peso del mat. + H2O en el frasco (gr)	999,05		
Vol. De Masa + Vol de Vacío=C-D	193,05		
Peso del mat. Seco en estufa (gr)	482,6		
Vol. De Masa=E-(A-F)	175,65		
P.e. BULK (BASE SECA)	2,500		
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2,590		
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2,748		
% DE ABSORCIÓN	3,61		

Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución : Tec. J.Ch.

Equipos Usados	Fecha Calibración
Cono-abs-PyS106	Febrero.-2020
Bol-TAJ4001-Nº1	Enero.-2020




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : -

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM C566, NTP 339.185**

INFORME N° : JCH 20-086
 SOLICITANTE : Jose Carlos Garcia Cortez
 PROYECTO : Análisis de la adición de microsíllice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020

UBICACIÓN : Lima - Lima

FECHA : Octubre del 2020

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
 Calicata : -
 Muestra : Arena
 Prof. (m) : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -


Fecha de Recepción : 01/10/20
 Fecha de Ejecución : 02/10/20


Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	500,0	540,0
Peso de suelo seco + tara g	484,0	522,0
Peso de tara g	84,0	95,0
Peso de agua g	16,0	18,0
Peso de suelo seco g	400,0	427,0
Contenido de agua %	4,0	4,2
Contenido de Humedad (%)	4,1	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.Ch

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-02
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200
ASTM C117 - NTP 400.018.2002 - MTC E 202-200

Informe : JCH 20-086
 Solicitante : Jose Carlos Garcia Cortez
 Proyecto : Análisis de la adición de microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020
 Ubicación : Lima - Lima
 Fecha : Octubre del 2020

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : -	Progresiva : -
Calicata : -	Coordenadas : -
Muestra : Arena	
Prof. (m.) : -	

Peso de la muestra seca al horno	(gr) :	500
Peso de la muestra lavada y secado al horno	(gr) :	450
Material que pasa malla N° 200	(%) :	10,0%

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecución : Téc. J.Ch.

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-TAJ4001-N°1	Enero.-2020
Hor-01-JCH	Enero.-2020




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



ANEXO 2

INFORME : JCH 20-086
 SOLICITANTE : Jose Carlos Garcia Cortez
 PROYECTO : Análisis de la adición de microsilíce en la permabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020
 UBICACIÓN : Lima - Lima
 ASUNTO : Diseño de mezcla $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

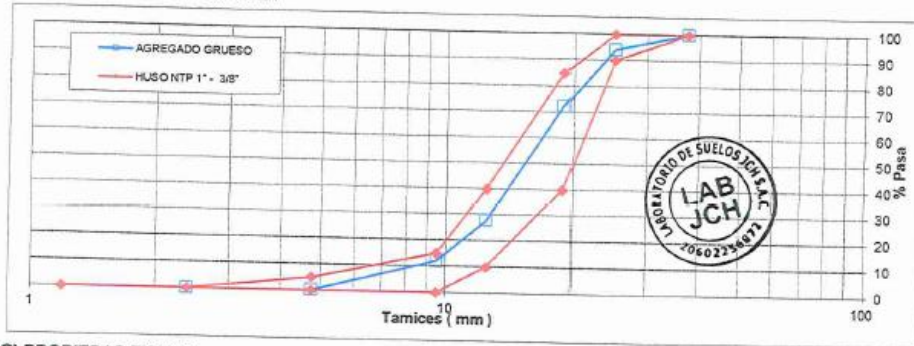
CARACTERISTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

PIEDRA CHANCADA 1" procedente de la cantera 1
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ	%	% RET.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA
2 1/2"	63			
2"	50			
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0
1"	25	5,9	5,9	94,1
3/4"	19	21,9	27,8	72,2
1/2"	12,5	44,5	72,3	27,7
3/8"	9,5	15,7	88,0	12,0
N°4	4,75	11,9	99,9	0,1
N°8	2,38	0,0	99,9	0,1
N°16	1,19			
FONDO				

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	6,16
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1.409
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1.560
Peso Específico	2,63
Contenido de Humedad (%)	0,37
Porcentaje de Absorción (%)	1,07

Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193667



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : C-09
Revisión : 1
Fecha : -
Página : 1 de 1PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO
ASTM C-29 - NTP 400.017 - MTC E-203Informe : JCH 20-086
Solicitante : Jose Carlos Garcia Cortez
Proyecto : Análisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020Ubicación :
Lima - Lima
Fecha : Octubre del 2020Cantera : -
Calicata : -
Muestra : Piedra
Prof. (m.) : -
Progresiva : -
Coordenadas : -Peso Unitario Varillado (gr/cm³) : 1,560
Peso Unitario Suelto (gr/cm³) : 1,409
Peso del molde (gr) : 2251
Volumen molde (cm³) : 9113,1


	P.U.C. (gr)	Densidades (gr/cm ³)
Peso de Molde+Agregado (gr)	16374	1,550
Peso de Molde+Agregado (gr)	16459	1,559
Peso de Molde+Agregado (gr)	16579	1,572
	P.U.S. (gr)	Densidades (gr/cm ³)
Peso de Molde+Agregado (gr)	15057	1,405
Peso de Molde+Agregado (gr)	15198	1,421
Peso de Molde+Agregado (gr)	15007	1,400

Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Ejecución : Tec. J.Ch

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-R31P30-Nº6	Junio.-2020


JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 193667LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima
- Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código : C-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
NORMA ASTM C-127 - NTP 400.021 - MTC E-205

N° INFORME : JCH 20-086
SOLICITANTE : Jose Carlos Garcia Cortez
PROYECTO : Análisis de la adición de microsilice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020

UBICACIÓN : LIMA - LIMA
FECHA : Octubre del 2020

Calicata : -
Muestra : Piedra
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -


Temperatura de Ensayo	23 °C			PROMEDIO
	1	2	3	
Muestra N°				
Peso mat. Sat. Superf. seca en aire (gr)	3012,0			
Peso mat. Sat. Superf. seca en agua (gr)	1880,0			
Volumen de masa + volumen de vacios (gr)	1132,0			
Peso de material seco (105°C) (gr)	2980,0			
Volumen de masa (gr)	1100,0			
Peso Bulk (base seca)	2,633			2,633
Peso Bulk (base saturada)	2,661			2,661
Peso aparente (base seca)	2,709			2,709
Porcentaje de absorción (%)	1,07			1,1

Observaciones :
Realizado : Téc. JCh

Equipos Usados	Fecha Calibración
Can-LA-3925	Febrero.-2020
Ba-R31P30-N°3	Enero.-2020



José Carlos García Cortez
JOSÉ FRANCISCO
ULLOA CLAVILLO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193567

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : -

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM C566, NTP 339.185**

INFORME N° : JCH 20-086
SOLICITANTE : Jose Carlos Garcia Cortez
PROYECTO : Análisis de la adición de microsíllice en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020

UBICACIÓN : Lima - Lima

FECHA : Octubre del 2020

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera :	-	Fecha de Recepción :	01/10/20
Calicata :	-	Fecha de Ejecución :	02/10/20
Muestra :	Piedra		
Prof. (m) :	-		
Progresiva :	-		
Coordenadas :	-		


Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	3000,0	3256,0
Peso de suelo seco + tara	g	2990,5	3242,0
Peso de tara	g	112,2	95,0
Peso de agua	g	9,5	14,0
Peso de suelo seco	g	2878,3	3147,0
Contenido de agua	%	0,33	0,44
Contenido de Humedad (%)		0,371	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.Ch

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-02
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200
ASTM C117 - NTP 400.018.2002 - MTC E 202-200

Informe : JCH 20-086
Solicitante : Jose Carlos Garcia Cortez
Proyecto : Análisis de la adición de microsílces en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm2 en la ciudad de Lima, 2020

Ubicación : Lima - Lima
Fecha : Octubre del 2020

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera	: -	Progresiva	: -
Calicata	: -	Coordenadas	: -
Muestra	: Grava		
Prof. (m.)	: -		

Peso de la muestra seca al horno	(gr)	:	5001
Peso de la muestra lavada y secado al horno	(gr)	:	4993
Material que pasa malla N° 200	(%)	:	0,2%

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución : Téc. J.Ch.

Equipos Usados	Fecha Calibración
Bal-TAJ4001-Nº1	Enero.-2020
Hor-01-JCH	Enero.-2020




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
Ingeniero Civil
CIP N° 193667

ANEXO 3

INFORME : JCH 20-086
 SOLICITANTE : Jose Carlos Garcia Cortez
 : Análisis de la adición de microsilíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020
 PROYECTO : de Lima, 2020
 UBICACIÓN : Lima - Lima
 ASUNTO : Diseño de mezcla f'c = 280 Kg/cm²

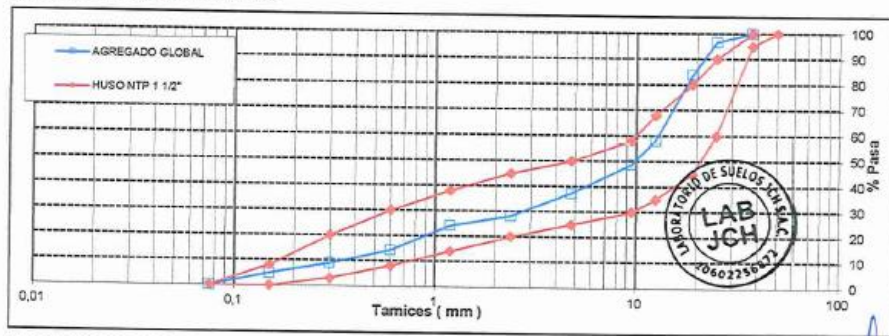
CARACTERISTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera 1
 y PIEDRA CHANCADA 1" procedente de la cantera 1
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO NTP 1 1/2"
2 1/2"	63				
2"	50				100 - 100
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	95 - 100
1"	25	3,4	3,4	96,6	60 - 90
3/4"	19	12,7	16,1	83,9	45 - 80
1/2"	12,5	25,8	41,9	58,1	35 - 68
3/8"	9,5	9,3	51,2	48,8	30 - 58
N°4	4,75	11,4	62,7	37,3	25 - 50
N°8	2,38	9,2	71,9	28,1	20 - 45
N°16	1,19	4,0	75,8	24,2	14 - 38
N°30	0,60	9,9	85,7	14,3	8 - 30
N°50	0,30	5,4	91,1	8,9	3 - 20
N°100	0,15	4,1	95,2	4,8	0 - 8
FONDO		4,8	100,0	0,0	0 - 0

B) CURVA DE GRANULOMETRIA




C) PROPIEDAS FISICAS

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Finura	5,50
% Agregado grueso	58%
% Agregado fino	42%

Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 193667

Anexo 6: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 112 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 074-2020
Fecha de emisión : 2020-06-10

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : G&L LABORATORIO
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 170251
Capacidad de Prensa : 2000 kN
Código de Identificación : NO INDICA

Marca de indicador : MC
Modelo de Indicador : LM-02
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
09 - JUNIO - 2020

4. Método de Calibración
La Calibracion se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad


INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

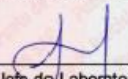
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,1	21,1
Humedad %	71	71

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 112 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	98,346	98,233	1,654	1,767	98,290	1,740	0,113
200	197,271	197,751	1,365	1,125	197,511	1,260	-0,240
300	297,328	297,033	0,891	0,989	297,181	0,949	0,098
400	397,757	396,473	0,561	0,882	397,115	0,726	0,321
500	496,519	496,177	0,696	0,765	496,348	0,736	0,068
600	595,665	595,793	0,723	0,701	595,729	0,717	-0,021
700	695,350	695,399	0,664	0,657	695,375	0,665	-0,007

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 1,0047x + 1,3367$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

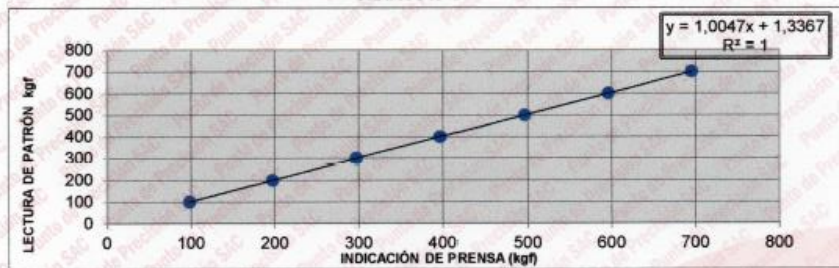
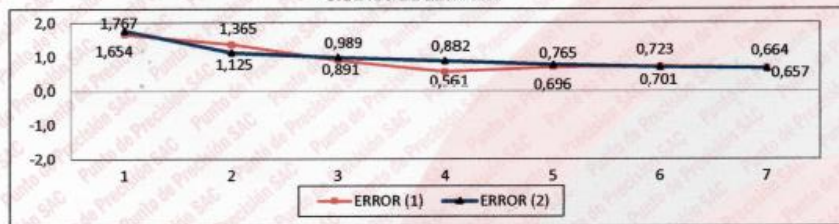


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 005 - 2020

Página : 1 de 4

Expediente : 002-2020
Fecha de emisión : 2020-01-08

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : A&A INSTRUMENTS
Modelo del Equipo : STHX-3A
Serie del Equipo : 181046
Capacidad del Equipo : 226 L

Marca de indicador : AUTCOMP
Modelo de indicador : TCD
Temperatura calibrada : 110 °C
Procedencia : NO INDICA

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
07 - ENERO - 2020

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0564 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0565 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0566 - 2019	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	33,6	34,3
Humedad %	44	43

7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



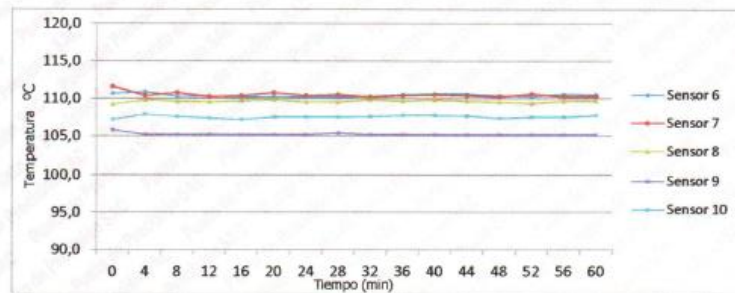
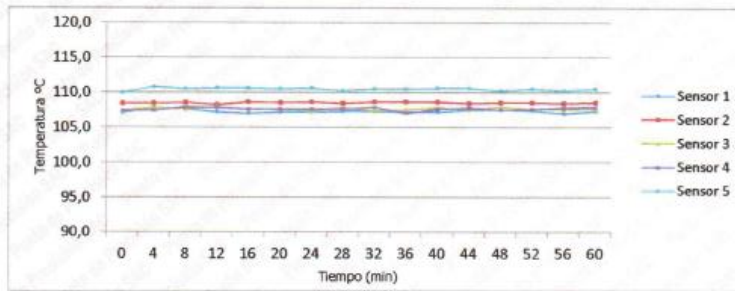
Punto de Precisión SAC

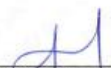
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 005 - 2020

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



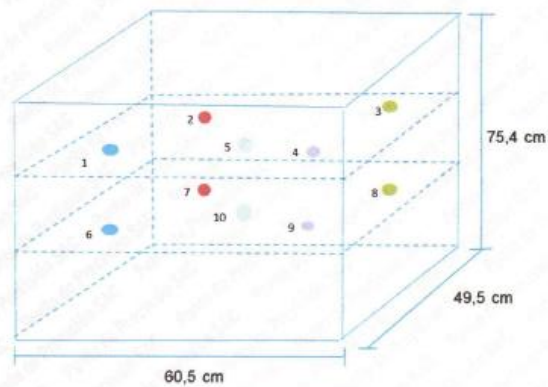
Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 005 - 2020

Página : 4 de 4

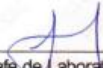
DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 007 - 2020

Página: 1 de 3

Expediente : 002-2020
Fecha de Emisión : 2020-01-08

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : **OHAUS**

Modelo : **TAJ4001**

Número de Serie : **8338110064**

Alcance de Indicación : **4000 g**

División de Escala de Verificación (e) : **0,1 g**

División de Escala Real (d) : **0,1 g**

Procedencia : **CHINA**

Identificación : **BAL-TAJ4001-N°1**

Tipo : **ELECTRÓNICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de Calibración : **2020-01-07**

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

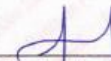
3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 007 - 2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	34,4 °C	35,0 °C
Humedad Relativa	40 %	40 %

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 34,4			Final 34,4		
	Carga L1= 2 000,0 g			Carga L2= 4 000,0 g		
	l(g)	Δl(g)	E(g)	l(g)	Δl(g)	E(g)
1	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,08	-0,03
2	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,09	-0,04
3	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,01
4	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
5	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,04	0,01
6	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
7	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,01
8	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,1	0,05	0,10
9	2 000,0	0,05	0,00	4 000,1	0,08	0,07
10	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,07	-0,02
Diferencia Máxima			0,04			0,14
Error máximo permitido ±	0,2 g			±		0,3 g



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-51106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

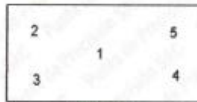


Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 007 - 2020
Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Table with columns: Posición de la Carga, Carga mínima (g), l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g), Carga (g), l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g). Includes temperature data (34.4, 34.5) and error correction table.

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Table with columns: Carga L(g), CRECIENTES (l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g)), DECRECIENTES (l(g), ΔL(g), E(g), Ec(g)), emp(m), z(g). Includes temperature data (34.5, 35.0).

(*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

R_corregida = R - 0,00000627 x R

U_R = 2 sqrt(0,00503 g^2 + 0,0000000186 x R^2)

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

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7: PANEL FOTOGRAFICO

 <p>A photograph showing several stacked metal sieves of different sizes. To the right, a whiteboard contains handwritten text: 'SUELOS JCH S.A.C. Jose Carlos Garcia Cortez', 'PROYECTO: Analisis de la adiccion de microfisica en la permeabilidad de un concreto convencional 280 kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020', and 'FECHA: 03/10/2020'.</p>	 <p>A photograph of a rectangular metal tray filled with a uniform, light-colored coarse sand sample.</p>
<p>Tamices normados para ensayo de granulometría</p>	<p>Muestra de Arena gruesa pasada por tamiz normalizado.</p>
 <p>A photograph of a metal bowl containing a sample of dark, angular crushed stone or aggregate.</p>	 <p>A photograph of a worker wearing a white hard hat and an orange safety vest, leaning over a scale to weigh a bucket of material.</p>
<p>Muestra de piedra chancada pasada por tamiz normalizado.</p>	<p>Pesaje de agregados para la preparación de la mezcla.</p>
 <p>A photograph showing a yellow concrete mixer truck pouring concrete into a white wheelbarrow.</p>	 <p>A photograph of a worker in an orange vest and white hard hat performing a slump test on a wheelbarrow of fresh concrete.</p>
<p>Elaboración de la mezcla de concreto.</p>	<p>Ejecución de la prueba de asentamiento o slump del concreto fresco.</p>



Medición de slump en concreto fresco.



Medición de temperatura en concreto fresco.



Elaboración de probetas de concreto



Probetas de concreto para ejecutar los ensayos al concreto endurecido.



Probetas de concreto 10x20cm para ejecutar los ensayos de resistencia a la compresión.



Probetas de concreto 15x30cm para ejecutar los ensayos de penetración al agua.



Prensa para ensayo de resistencia a la compresión de probetas.



Equipo para ensayo de penetración de agua en el concreto endurecido.



Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de edad.



Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de edad.



Probetas mostrando la penetración de agua en concreto con 0% de microsilíce.



Probetas mostrando la penetración de agua en concreto con 8% de microsilíce.

Anexo 7: COORDINACIONES INSTITUCIONALES



Los Olivos, 2 de noviembre del 2020

CARTA N°521-2020/EP-ING-CIV-UCV

Señor
Universidad Nacional de Ingeniería
Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales
Ing. Manuel Gonzales de la Cotera

De mi consideración:

Por medio de la presente, es grato dirigirme a usted a fin de saludarlo muy cordialmente y a la vez presentar al estudiante GARCIA CORTEZ, JOSE CARLOS con código de matrícula N°6700290027 quien en el 2020-II se encuentra matriculado en el X ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, quien desea tener acceso al laboratorio N°1 de ensayo de materiales de su distinguida Universidad, para realizar análisis para el desarrollo de tus tesis titulada "Análisis de la adición de microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020".

Asimismo, solicitarle su apoyo en el descuento en el costo de los ensayos.

En tal sentido, mucho agradeceré si fuera posible de remitirle la información al correo electrónico jogarcc@hotmail.com

Segura de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Cordialmente,

A circular official stamp of the Universidad César Vallejo is positioned to the left of a handwritten signature in black ink. The signature appears to be "D. Huamán B.". The stamp contains the university's name and logo.

Mg. Doris Lina Huamán Baldeón
Coordinadora
EP de Ingeniería Civil

Yanet



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Propuesta Técnico-Económica N° 266 - 2020 / LEM-FIC-UNI

UNI, miércoles, 04 de noviembre de 2020

JOSE CARLOS GARCIA CORTEZ

Presente.-

Asunto: Propuesta técnico-económica para ensayos de laboratorio.

De mi consideración:

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo(a) y asimismo hacerle llegar nuestra propuesta técnico-económica referente a los siguientes servicios:

1. TRABAJOS A REALIZAR Y COSTOS:

Item	Descripción del ensayo	Cantidad de muestras	Costo Unitario Testista (S/.)	Costo (S/.)
1	NTC 4483, ASTM C642 ENSAYO DE PERMEABILIDAD	3	840.00	2520.00
SUB TOTAL				2520.00
I.G.V. (18%)				453.60
COSTO TOTAL				2973.60
Deposito en las cuentas UNI N° 0000-246786 ó N° 0000-771309 del Banco de la Nación, CCI: 01800000000024678608, Banco Scotiabank N°000-2109263 CCI: 009-214-000002109263-80 (88% del costo total).			CAJA UNI (88%)	2616.77
Monto de Detracción (12%), depositar a la cuenta corriente N° 0000-513431 del Banco de la Nación, cuando el costo total supera los S/.700.00 (Setecientos nuevos soles)			DETRACCION (12%)	356.83

NOTAS:- Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web www.lem.uni.edu.pe

• Se debe solicitar la orden de pago, presentando esta cotización en atención al cliente para poder realizar el pago.

2. FORMA DE PAGO: 100 % por adelantado.

3. FACILIDADES PARA EL SERVICIO: El Solicitante proporcionará lo siguiente:

• Traer 3 grupos de 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm debidamente identificadas.

4. DURACIÓN DEL SERVICIO: En coordinación con el ingeniero encargado.

Atentamente,

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (a) del laboratorio



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 Telf.: 481-1070 Anexo 4046 - Telf./Fax: 381-3343

DEPENDENCIA : 360301
 SUB. DEP. : 06004
 0071142

ORDEN DE PAGO

Nº 071142

20201744

11/11/2020

EXPEDIENTE Nº

FECHA:

Srs. Tesorería UNI: Sirvanse extender una factura a nombre del Cliente:

R.U.C.:

41914058

JOSE CARLOS SANCIA CORTEZ

CANT.	DESCRIPCION DEL ENSAYO	P. UNIT.	SUB TOTAL
3	Ensayo de permeabilidad en probetas de concreto, con R ₁₀ 4003 con profundidad de penetración	840.00	2520.00
Sub Total B.I.			2520.00
TOTAL S/			453.60

TESORERIA UNI:

FACTURA Nº

*Ver **CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09** en la página web: www.lem.uni.edu.pe

FECHA:

POR L.E.M.

2973.60