



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular, ATE-2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Huaman Garcia, Jose leonardo (orcid.org/0000-0002-5508-1915)

Villa Zamudio, Jonathan Jairo (orcid.org/0000-0001-5318-1501)

ASESOR:

Dr. Requis Carbajal, Luis Villar (orcid.org/0000-0002-3816-7047)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2024



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades física y mecánicas de un concreto celular, ATE-2024", cuyos autores son HUAMAN GARCIA JOSE LEONARDO, VILLA ZAMUDIO JONATHAN JAIRO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 09 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR DNI: 04067813 ORCID: 0000-0002-3816-7047	Firmado electrónicamente por: LREQUIS el 11-07- 2024 18:52:53

Código documento Trilce: TRI - 0807511



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HUAMAN GARCIA JOSE LEONARDO, VILLA ZAMUDIO JONATHAN JAIRO estudiantes de la de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades física y mecánicas de un concreto celular, ATE-2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
HUAMAN GARCIA JOSE LEONARDO DNI: 74837852 ORCID: 0000-0002-5508-1915	Firmado electrónicamente por: JHUAMANGA el 10-09-2024 23:07:21
VILLA ZAMUDIO JONATHAN JAIRO DNI: 75400017 ORCID: 0000-0001-5318-1501	Firmado electrónicamente por: JVILLAZ el 10-09-2024 22:41:34

Código documento Trilce: INV - 1751280

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres, que durante todo este tiempo se preocuparon por mi bienestar y educación. A mis estimados docentes por su compromiso y profesionalismo, por haberme compartido sus conocimientos y darme de su tiempo valioso.

Huaman Garcia, Jose Leonardo.

Dedico esta tesis a mis queridos padres por ser mi mayor fortaleza, por su apoyo incondicional, a mis hermanos y familiares que creyeron en mí, dándome aliento a seguir adelante a cumplir mis metas y impulsarme siempre a ser una mejor persona.

Villa Zamudio, Jonathan Jairo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis compañeros de investigación, por su colaboración, intercambio de ideas y por crear un ambiente de trabajo enriquecedor que ha favorecido el avance de este proyecto y por último, a mi familia y amigos, por su constante apoyo, comprensión y por ser mi fuente de motivación en los momentos más desafiantes.

Huaman García, Jose Leonardo

Agradezco a mis hermanos, que me impulsaron todos los días con palabras de apoyo y Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de investigación.

Villa Zamudio, Jonathan Jairo

Índice de contenidos

CARÁTULA	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	21
III. RESULTADOS	32
IV. DISCUSIÓN.....	55
V. CONCLUSIONES	60
VI. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Población para el asentamiento y el peso unitario.....	23
Tabla 2. Población para la resistencia a compresión y tracción	23
Tabla 3. Parámetros para el Alfa de Cronbach – Confiabilidad	26
Tabla 4. Confiabilidad del instrumento.....	27
Tabla 5. Gradación del agregado fino	33
Tabla 6. Gradación del confitillo	34
Tabla 7. Pesos unitarios de los agregados.....	35
Tabla 8. Gravedad específica del agregado	35
Tabla 9. Absorción del agregado.....	36
Tabla 10. Cantidades según el diseño de mezclas.....	36
Tabla 11. Resultados del peso unitario del concreto	37
Tabla 12. Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días.....	39
Tabla 13. Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días.....	40
Tabla 14. Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días.....	41
Tabla 15. Resultados de la resistencia a tracción a los 7 días	43
Tabla 16. Resultados de la resistencia a tracción a los 7 días	44
Tabla 17. Resultados de la resistencia a tracción a los 28 días	45
Tabla 18. Prueba de Shapiro-Wilk - densidad	47
Tabla 19. Prueba de homocedasticidad– densidad.....	47
Tabla 20. Prueba Anova – densidad	48

Tabla 21. Prueba HDS Tukey – densidad	48
Tabla 22. Prueba de Shapiro-Wilk – f_c	49
Tabla 23. Prueba de homocedasticidad– f_c	50
Tabla 24. Prueba Anova – f_c	50
Tabla 25. Prueba HDS Tukey – f_c	51
Tabla 26. Prueba de Shapiro-Wilk – resistencia a tracción	52
Tabla 27. Prueba de homocedasticidad– resistencia a tracción	52
Tabla 28. Prueba Anova – resistencia a tracción	53
Tabla 29. Prueba HDS Tukey – resistencia a tracción	53

Índice de figuras

Figura 1. Concreto, el material más usado en la construcción	2
Figura 2. Tipos de cemento.....	13
Figura 3. Tamaños nominales de agregados finos según ASTM C 33.....	14
Figura 4. Bolsa de cemento sol tipo 1	15
Figura 5. Sika lightcrete PE	16
Figura 6. Polvo de microsilíce.....	16
Figura 7. Fibra sintética	17
Figura 8. Ensayo de revenimiento	18
Figura 9. Ensayo de peso unitario	18
Figura 10. Ensayo de resistencia a la compresión	19
Figura 11. Ensayo de resistencia a tracción diametral	19
Figura 12. Polvo de microsilíce, espumante y fibra sintética	28
Figura 13. Tamizado de agregados.....	28
Figura 14. Peso unitario compactado de agregados	29
Figura 15. Peso unitario compactado de agregados	29
Figura 16. Prueba de consistencia del concreto.....	30
Figura 17. Prueba de peso unitario del concreto	30
Figura 18. Ubicación de la cantera.....	32
Figura 19. Granulometría del agregado fino	33
Figura 20. Granulometría del agregado grueso.....	34

Figura 21. Gráfica del peso unitario del concreto	38
Figura 22. Gráfica de la resistencia a compresión a los 7 días.....	39
Figura 23. Gráfica de la resistencia a compresión a los 14 días.....	41
Figura 24. Gráfica de la resistencia a compresión a los 28 días.....	42
Figura 25. Gráfica de la resistencia a tracción a los 7 días.....	43
Figura 26. Gráfica de la resistencia a tracción a los 14 días.....	45
Figura 27. Gráfica de la resistencia a tracción a los 28 días.....	46
Figura 28. Diagrama de medias del peso unitario	49
Figura 29. Diagrama de medias $f'c$	51
Figura 30. Diagrama de medias de la resistencia a tracción	54

RESUMEN

La presente tesis titulada “Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular, Ate-2024” planteó como objetivo general determinar la influencia del aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética en las propiedades físicas y mecánicas del concreto celular. La metodología fue tipo aplicada con diseño cuasi experimental, empleando una muestra que comprende 96 probetas de concreto celular con una resistencia de diseño de 210 kg/cm² así mismo elaborado con, aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética. Se determinó las proporciones adecuadas para elaborar el concreto celular incorporando aditivo espumante y microsílíce según el peso del cemento y fibra sintética respecto al peso del agregado fino, respectivamente, en porcentajes de 0%, 3%, 5% y 7% y microsílíce, obteniéndose 4 diseños. Los resultados indicaron que la cantidad óptima del aditivo natural fue 7% presentando las mejores propiedades, densidad de 1903.01 kg/cm³, resistencia a compresión 268.39 kg/cm² y resistencia a tracción 36.77 kg/cm². Por lo cual se concluyó que la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en el concreto celular permitiendo que sea ligero y resistente, proceso en el cual se evidenció que estos aditivos fueron determinantes para incrementar la calidad del concreto.

Palabras clave: Concreto celular, espumante, microsílíce, fibra sintética, resistencia.

ABSTRACT

This thesis entitled "Use of foaming agent, microsilica and synthetic fiber to improve the physical and mechanical properties of a cellular concrete, Ate-2024" had as general objective to determine the influence of foaming agent, microsilica and synthetic fiber on the physical and mechanical properties of cellular concrete. The methodology was applied with a quasi-experimental design, using a sample comprising 96 specimens of cellular concrete with a design strength of 210 kg/cm², prepared with foaming admixture, microsilica and synthetic fiber. Adequate proportions were determined for the elaboration of cellular concrete incorporating foaming additive and microsilica according to the weight of cement and synthetic fiber with respect to the weight of fine aggregate, respectively, in percentages of 0%, 3%, 5% and 7% and microsilica, obtaining 4 designs. The results indicated that the optimum amount of the natural additive was 7%, presenting the best properties, density 1903.01 kg/cm³, compressive strength 268.39 kg/cm² and tensile strength 36.77 kg/cm². Therefore, it was concluded that the addition of foaming agent, microsilica and synthetic fiber positively influences the cellular concrete, allowing it to be light and resistant, a process in which it was evidenced that these additives were determinant to increase the quality of the concrete.

Keywords: Cellular concrete, foaming agent, microsilica, synthetic fiber, strength.

I. INTRODUCCIÓN

Según Choccelahua y Coveñas (2020), a nivel mundial, en las últimas décadas, el uso de hormigón ligero ha aumentado significativamente en todo el mundo. Sin embargo, este fenómeno no se debe a una novedad en la industria de la construcción, ya que numerosos países han utilizado este material durante un largo período. Por ejemplo, al igual que Alemania, Suecia y Gran Bretaña han elaborado concreto utilizando escorias y carbón como agregados, utilizándolo en la construcción de viviendas asequibles, así como en la edificación de estructuras emblemáticas como el museo británico. De otro lado, en los Estados Unidos, se ha producido el mismo tipo de concreto con la adición de arcilla expansiva y pizarra, llegando a un resultado sobresaliente en términos de densidad y resistencia, que son considerablemente más bajos que los del concreto convencional. En la actualidad, gracias a avances tecnológicos continuos y la novedad en materiales, se ha logrado un avance significativo en este campo

En América Latina, Chura (2020), en su estudio menciona que el concreto celular exhibe una variabilidad en su densidad que oscila entre 2200 y 2400 kg/m³. Actualmente, el concreto es un elemento comúnmente empleado en las edificaciones. No obstante, su densidad es alta, esto conlleva una carga estática considerable en las estructuras rígidas con este material, lo que a su vez se refleja en costos elevados de construcción. De este modo se surge la necesidad de desarrollar un elemento que reduzca la carga estática sin comprometer la calidad de los componentes estructurales. En este contexto, el concreto celular se plantea como una solución a este desafío. El concreto celular o concreto aireado, posee baja densidad que se compone de una mezcla que incluye cemento tipo I, agua, un aditivo espumante y aire comprimido, en ocasiones, fibras de polipropileno. Por lo general, no incluye agregados de gran tamaño. Según la definición del ACI, el hormigón liviano celular reemplaza total o parcialmente al agregado grueso por burbujas de gas o aire.



Figura 1. Concreto, el material más usado en la construcción
Fuente: <https://bit.ly/3UzZ5J6>

En el Perú, según Unicon, (2020), la compañía UNICON ofrece en su gama de productos y servicios el "Concreto Liviano UNICON", que se caracteriza por ser un tipo de concreto celular con densidad plástica de 1900 kg/m^3 , y su resistencia se proyecta a 28 días, tomando como referencia su peso específico. Además, UNICON llega a utilizar este material en la construcción de la cubierta del techo del Aeropuerto Jorge Chávez en el Callao.

Se formularon los siguientes problemas, PG: ¿Cómo influye la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto celular? Como **problema específico** se tiene, PE1: ¿Cómo influye la incorporación de aditivo espumante para obtener una densidad apropiada para el concreto celular? PE2: ¿Cómo incide la incorporación de microsílíce y aditivo espumante para una resistencia a la compresión de $f'c \ 210 \text{ kg/cm}^2$? PE3: ¿Cómo influye la incorporación de microsílíce y aditivo espumante para una resistencia a la tracción apropiada para el concreto ligero?

La justificación teórica cumplir con las normas técnicas establecidos y brindar conocimientos relevantes sobre las implicancias que conlleva el uso de aditivos y se comprobará la calidad de los materiales adicionados, aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética en la incorporación para un concreto celular, Con el objetivo principal de lograr una producción, El objetivo es emplear este material de manera novedosa

en la industria de la construcción, aprovechando sus cualidades particulares. La intención es comparar qué material es más adecuado para lograr una construcción de calidad con una densidad reducida. **La justificación práctica** permitirá conocer la variación del concreto con aditivo espumante, microsilice y fibra sintética en sus propiedades, así mismo conocer si los aditivos brindan un mejor comportamiento mecánico del concreto, los profesionales del sector construcción, contarán con una amplia variación de opciones para la utilización de estos aditivos, favorecer el proceso de constructivo, es un concreto más liviano reduce el costo y tiempo de ejecución de una obra. **La justificación metodológica** esta investigación se desarrolla para examinar las propiedades del concreto en estado seco, como resultado la utilización de aditivo espumante, polvo de microsilice y fibra sintética, este tipo de metodología se puede añadir de manera exitosa a indagaciones posteriores, donde se pueda tener conocimientos de la influencia directa del elemento particular como el aditivo, cemento y los agregados microsilice y fibra sintética.

Por ello, se formularon los siguientes objetivos: OP: Determinar la influencia del aditivo espumante, microsilice y fibra sintética en las propiedades físicas y mecánicas del concreto celular. OS1: Determinar la influencia de la incorporación de espumante, microsilice y fibra sintética en la densidad del concreto celular. OS2: Determinar la influencia de las cantidades de espumante, microsilice y fibra sintética en la resistencia a compresión del concreto celular. OS3: Determinar la incidencia de la incorporación de espumante, microsilice y fibra sintética en la resistencia a la tracción del concreto celular.

Por último, se planteó las siguientes hipótesis, HP: La adición de espumante, microsilice y fibra sintética influye positivamente en el concreto celular permitiendo que sea más ligero y resistente. HS1: La adición de espumante, microsilice y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1920 kg/m^3 . HS2: La adición de espumante, microsilice y fibra sintética influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto celular, siendo mayor a $f'c$ 210 kg/cm^2 . HS3: La adición de espumante, microsilice y fibra sintética incide positivamente en la resistencia a tracción del concreto celular presentando valores entre 10 y 15% de la resistencia a la compresión.

En el presente proyecto se han citado antecedentes internacionales, nacionales y locales, de las cuales se están considerando, tesis y artículos de investigación, así mismo comprobando hechos posteriores que ayudarán analizar sobre el tema actual que estamos tratando.

En los **antecedentes locales**, según Cordova y Rojas (2021), de la Universidad César Vallejo realizaron un estudio acerca de las características del concreto celular al incluir un espumante y polvo de aluminio, donde el **objetivo principal** de su investigación fue llevar a cabo una comparación de características del concreto con el fin de optimizar los diseños, empleando espumantes y polvo de aluminio. Abarcando la revisión de dichas propiedades al utilizar dichos aditivos. El diseño se enmarca en una **metodología** de investigación aplicada, se enfoca en aspectos cuantitativos y se orienta hacia aplicaciones prácticas. Para realizar este estudio, se emplearon un total de 42 probetas de concreto celular, de las cuales 33 se destinaron a ensayos de resistencia. Los ensayos se hicieron en tres diseños de mezclas distintos, y se evaluaron en laboratorio las resistencias de compresión en tres tiempos diferentes (7, 14 y 28 días). Además, se llevaron a cabo pruebas de densidad en 9 probetas, 3 de cada tipo, a los 28 días, por consiguiente, de la **conclusión**, el material debe ser compatible con prácticas sostenibles y de bajo peso, especialmente adecuado para aplicaciones en tabiquería. En este contexto, se ha evaluado el uso del polvo de aluminio como un material reciclable, en porcentajes respecto al peso del cemento tipo I de Inka. Además, se ha considerado el uso de aditivos espumantes, tanto de origen proteico como sintético, con el objetivo de reducir la contaminación ambiental asociada a la producción de cemento. Como **resultado** los efectos obtenidos en el proyecto de investigación a través de los ensayos han demostrado que, al reemplazar una parte del cemento por polvo de aluminio en porcentajes del 3%, 4%, o 5% en relación al cemento, y al utilizar un aditivo al 2% en relación al agua por cada 100 litros, se logra un aumento significativo en comparación con el diseño estándar

Según Champi y Navarro (2021), en su investigación titulada "El impacto del uso de ladrillos de hormigón celular para losas aligeradas en Lima". El autor del texto pretende examinar cómo influye el uso de ladrillos de hormigón celular en las losas aligeradas en Lima durante el año 2021. El estudio se dividió en secciones. La primera incluyó la introducción, donde se presenta el problema existente, la formulación del

problema, justificaciones, propósitos e hipótesis. La segunda sección proporciona el contexto teórico, que incluye información previa y teorías relacionadas con el hormigón celular. La tercera parte contiene el método, tipo y diseño investigativos, la operacionalización de variables, poblaciones, muestras, técnica y herramientas. Finalmente, la cuarta sección está dedicada a evaluar los resultados que se obtuvieron del laboratorio, todos los cuales han sido realizados siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana. El análisis de datos, junto con las tablas y gráficos, se explican y detallan a lo largo del trabajo.

Por otro lado, Basilio (2019), realizó una investigación titulada "Optimización de escaleras prefabricadas de concreto celular para construir un pasaje peatonal en Independencia, Lima", donde su propósito fue reconocer cómo la inclusión de escaleras prefabricadas de concreto celular puede contribuir a tener un impacto positivo en la eficiencia del proceso constructivo de pasos peatonales en Independencia, Lima, durante el año 2019. La investigación se basa en un grupo de 40 muestras que fueron sometidas a pruebas de laboratorio para evaluar la resistencia y densidad del concreto celular, con el propósito de garantizar la viabilidad peatonal. Los resultados muestran que dichas escaleras de hormigón celular lograron una optimización del 100% en el proceso constructivo, aunque con un desgaste del 0,47% respecto al hormigón convencional. El resultado de la resistencia de compresión fue 197 kg/cm^2 a los 28 días, superando el requisito mínimo de 210 kg/cm^2 para los pasos peatonales convencionales. Adicionalmente, se logró una reducción en el tiempo de construcción de 90 días calendario a 45 días, generando un ahorro en costos de 193.55 soles en comparación con las metodologías tradicionales. En resumen, los resultados apoyaron la hipótesis del investigador, concluyendo que las escaleras prefabricadas de concreto celular mejoran efectivamente la fase constructiva de los pasos peatonales en Independencia, Lima, en el año 2019. Según los resultados estadísticos se concluye que el valor r de +0,100 está fuera del intervalo $r\text{-crítico}=\pm 0,997$, por ende, la H_0 fue rechazada y la H_1 aceptada, con un nivel de significación del 5%.

Según Guillermo y Urrutia (2021) el cual tiene el objetivo de realizar una evaluación exhaustiva de las cualidades del concreto celular de baja densidad. El enfoque es aplicado, apoyado en el análisis cuantitativo, y se caracteriza por su nivel explicativo.

En la investigación se utilizaron un total de 68 muestras de hormigón celular, que consistían en tres diseños de mezcla diferentes. Estas muestras se sometieron a ensayos de compresión a 3 edades diferentes (7, 14 y 28 días), así como a pruebas de tracción a la edad de 28 días. Teniendo como propósito definir nuevos materiales para producir hormigón sostenible con carga muerta reducida, conocido como hormigón ligero. Se examinaron bloques de hormigón celular de baja densidad para encontrar alternativas que contribuyan a la reducción de la contaminación asociada a los ladrillos convencionales. Los resultados confirmaron que los bloques de hormigón celular con un contenido de aire del 60% son más ligeros, con una densidad de 800 kg/cm³ a los 28 días, y una resistencia media máxima de compresión de 22 kg/cm².

Según De la cruz y Mucho (2020), se plantearon el propósito de analizar detalladamente el impacto del humo de sílice en las características mecánicas del hormigón celular de baja densidad. El estudio se clasifica como investigación aplicada, se basa en un enfoque cuantitativo y tiene un nivel explicativo. En la investigación se utilizaron un total de 78 muestras de hormigón celular, cada una con tres diseños de mezcla diferentes, las cuales fueron ensayadas a resistencia a compresión en dos momentos distintos (7 días y 28 días), y tracción diametral a las mismas edades en el laboratorio. El objetivo último fue identificar materiales innovadores que permitan la producción de hormigones sostenibles y de baja carga muerta, conocidos como hormigones ligeros, que puedan desempeñar un papel más eficaz en la construcción de estructuras. En este contexto, se investiga el uso de humo de sílice (SF), un subproducto industrial, como sustituto en determinados porcentajes respecto al peso del cemento en hormigones celulares de baja densidad, con el fin de conseguir una mayor resistencia con menos cemento. Además, se investiga la viabilidad del uso de dichos aditivos para la sostenibilidad del medio ambiente, pues se contribuiría a la reducción de la contaminación anual asociada al uso del cemento, mejorando el medioambiente.

En el ámbito nacional, Coveñas y Valle (2019) tuvieron como objetivo principal desarrollar bloques de concreto celular adicionando fibra sintética. La investigación abordó la caracterización física y mecánica de los bloques. Se produjo una población de 108 bloques en total. En la fabricación de estos bloques se utilizaron diversos componentes, incluyendo agregado fino, Cemento MS, un aditivo inclusor de aire, y

fibra sintética. Con una muestra que consistió en 9 bloques distribuidos de la siguiente manera: 3 bloques fueron evaluados cada 7 días, otros 3 cada 14 días y 3 más cada 28 días. Esta evaluación se realizó modificando el contenido de fibra sintética en la mezcla, que incluyó bloques de concreto celular convencional y con fibra sintética en porcentajes de 0.20%, 0.30% y 0.60% del peso de cemento. Se examinaron el diseño y las mezclas utilizadas para identificar la combinación más adecuada. Se concluyó que la dosificación de fibra al 0,30% en el bloque de hormigón celular era la más adecuada debido a su nivel de fluidez, que proporcionaba una mayor trabajabilidad y una resistencia óptima. Luego, se realizó un análisis de la viabilidad económica y los resultados fueron positivos, ya que el aumento porcentual de dicha fibra no afectó significativamente al coste en comparación con un bloque convencional.

Según Paco y Sulca (2022), realizaron un estudio titulado "Impacto de incorporar fibra sintética (FS) en bloques de hormigón celular (CCA) para tabiquería de viviendas en Espinar, Cusco" teniendo el fin de evaluar las cualidades físicas, resistencia a la compresión y al corte en muros. El estudio descubrió que la mezcla óptima se lograba con un 0,60% de FV, lo que daba lugar a resistencias a la compresión de 25,08 kg/cm². Las pruebas en muros en las que se compararon bloques de CCA con la variante óptima mostraron resistencias de 2,84 kg/cm². Las propiedades físicas también mejoraron, y la diferencia de coste entre los bloques de CCA y los de 0,60% de FV fue de sólo 30 céntimos. El estudio adoptó un enfoque experimental y se llevó a cabo en Espinar, Cusco, en 2022.

En relación al trabajo de Pacheco (2018), su tesis se centra en el estudio del "hormigón celular", un material fabricado a partir de poliestireno expandido, cemento, arena y agua. La investigación explora las propiedades de este material analizando los componentes empleados en su fabricación. Se formuló una mezcla siguiendo las directrices de la norma ACI 523 y se realizaron pruebas de laboratorio. El hormigón celular, que no contiene árido grueso (piedra), presenta resistencias a compresión inferiores a los del hormigón convencional, así como una densidad que oscila entre 320 y 1920 kg/m³. Se realizaron pruebas de compresión y térmicas en su estado endurecido para cuantificar sus propiedades y características. Este tipo de hormigón se recomienda exclusivamente para elementos no estructurales debido a su limitada resistencia, que lo excluye de aplicaciones en pilares, vigas, losas, cimentaciones u

otras estructuras similares. Se sugiere su uso en muros divisorios, aceras peatonales y otros elementos no destinados a soportar cargas significativas.

Según Huaman y Villanueva (2020), su estudio se centra en las características mecánicas de los bloques de hormigón celular ligero (HCL) para su uso en sistemas de mampostería confinada y enmarcada. Este material mantiene sus características funcionales de aislamiento acústico y térmico y ligereza, al tiempo que actúa como material resistente al fuego. Se desarrollaron dos diseños: el diseño A y B, con densidades de 1200 y 1100 kg/m³ y resistencias máximas de diseño de 45 kg/cm² y 52.3 kg/cm², respectivamente. El método usado fue de diseño pre-experimental. El estudio incluyó pruebas de fluidez, conductividad térmica, aislamiento acústico y resistencia a la compresión. Los bloques LCC se recomiendan exclusivamente para elementos no estructurales debido a su resistencia limitada, que los excluye de aplicaciones en columnas, vigas, losas, cimientos u otras estructuras similares. Se sugiere su uso en muros divisorios de espacios, aceras peatonales y otros elementos no destinados a soportar cargas significativas. El estudio se centra en las características mecánicas de los bloques ligeros de hormigón ligero para su uso en sistemas de mampostería confinada y enmarcada. El estudio formuló una mezcla siguiendo las directrices de la norma ACI 523 y realizó ensayos de laboratorio. El hormigón celular, que no contiene árido grueso (piedra), presentó resistencias inferiores a los del hormigón convencional, así como una densidad que oscila entre 320 y 1920 kg/m³. Se realizaron pruebas de compresión y térmicas en el estado endurecido del hormigón para cuantificar sus propiedades y características. Este tipo de hormigón se recomienda exclusivamente para elementos no estructurales debido a su limitada resistencia, que lo excluye de aplicaciones en columnas, vigas, losas, cimientos u otras estructuras similares. Se sugiere su uso en muros divisorios de espacios, aceras peatonales y otros elementos no destinados a soportar cargas significativas. Además, se hicieron pruebas de compresión axial (f'_m) y diagonal (v'_m) en la mampostería. Los resultados mostraron que el bloque CCL tenía una f'_m media de 47,8 kg/cm². La v'_m media fue de 7,5 kg/cm², un 14% inferior a la del bloque tipo P y un 31,2% superior a la de los ladrillos artesanales. Concluyendo que el bloque CCL es adecuado para su uso en aplicaciones estructurales, a pesar de la ausencia de parámetros de resistencia específicos para los elementos CCL en la normativa aplicada.

Según Cabezas y Peña (2022), tuvieron como objetivo primordial investigar la caracterización físico-mecánica del concreto celular al que se le añade un aditivo espumante (polvo de aluminio), puede ofrecer, con el propósito de su utilización en la construcción de una edificación de cuatro pisos en Huachipa, en la zona de Lurigancho Chosica, Lima. Para lograrlo, se emplearon métodos de evaluación estructural que involucraron ensayos de laboratorio, así como la utilización de software como AutoCAD 2020 y hojas de cálculo de Excel. Este estudio siguió un enfoque cuantitativo, descriptivo y teórico, con diseño experimental. Se analizaron las características relacionadas con el concreto celular, en distintas densidades, con el propósito de emplearlo en los componentes estructurales de la vivienda. Se llevaron las roturas de probetas con diferentes proporciones de aditivos, que incluyeron concentraciones del 2%, 4% y 6%. Los resultados indicaron que, al agregar un porcentaje menor de aluminio, el concreto celular demostró una mayor resistencia. Sin embargo, el aditivo espumante resultó eficaz para aligerar significativamente este tipo de concreto. La proporción más óptima fue 2% de polvo de aluminio, logrando resistencias de 205 y 18 kg/cm², a compresión y flexión, respectivamente y un peso unitario de 1649 kg/m³. En consecuencia, se sugiere que, al emplear el concreto adicionado, se realice un análisis detenido de la cantidad necesaria de agente espumante y se considere la inclusión de un aditivo que mejore la plasticidad, como se indica en las pautas establecidas por el Instituto Americano del Concreto (ACI).

A continuación, los antecedentes internacionales; según Cabrera (2015), de la Universidad Central de Ecuador, en su trabajo denominado “Utilización de concreto celular para la construcción”. Su análisis se concentró en la valoración de las características de diversos tipos de concreto, abarcando tanto los tradicionales como los especiales, con un énfasis particular en los concretos celulares y de resistencia alta. Se analizó el proceso de fabricación de estos concretos y se explora su aplicabilidad en sectores estratégicos de Ecuador, como la atención médica, la educación, la vivienda, el gas/petróleo y la electricidad, tomando como base sus propiedades mecánicas clave. Se corroboraron las notables propiedades de los concretos especiales que se investigaron, entre las cuales se destacan su alta resistencia y su naturaleza celular. Concluyendo que los concretos celulares se pueden utilizar en construcciones de viviendas, salud y educación pues sus características de diseño no son tan rigurosas en comparación de otras que requieren

concretos con resistencias mayores a 700 kg/cm².

Según Yoc (2018), en su estudio experimental, el enfoque se centró en explorar la aplicación del concreto celular preformado utilizando principalmente arena pómez, material ampliamente disponible en Guatemala, con el propósito de ofrecer una alternativa adicional a los fabricantes de elementos prefabricados. La investigación se apoyó en fuentes bibliográficas para sustentar el trabajo, con el fin de analizar los materiales propuestos para este tipo de concretos especiales. La investigación se centró en determinar una proporción de mezcla basada en las directrices del comité ACI 523.3R-14. Tanto el hormigón fresco como el endurecido se sometieron a pruebas de laboratorio de acuerdo con los requisitos de las normas NTG y ASTM. Los bloques de mampostería se fabricaron a mano con la mezcla que cumplía los requisitos, y se midió su resistencia a compresión y su porcentaje de absorción. Por lo cual se demostró que este material tiene características beneficiosas para su uso en elementos prefabricados, debido a su rendimiento mecánico y apariencia física. Sin embargo, es importante señalar que este trabajo proporciona datos experimentales específicos, por lo que se recomienda precaución al utilizar el material.

Según Hernández (2019), el texto de su investigación aborda el uso del hormigón celular en Colombia, que se fabrica añadiendo aditivos químicos o vegetales, como agentes espumantes, a la mezcla de concreto. El estudio pretendió investigar el impacto de distintas cantidades de un agente espumante en la elaboración y las características del concreto celular, centrándose en la producción de elementos prefabricados para proyectos de espacio público. El estudio corrió a cargo de la empresa Bricka Construcciones, que ya ha evaluado la dosificación del agente espumante. La investigación exploró cómo el uso del producto BRICKA FOAMING-35 desarrollado por la empresa para elementos prefabricados afecta a la densidad y resistencia del hormigón celular. El objetivo fue reducir el peso de estos elementos en aproximadamente un 30% en comparación con las muestras típicas. El estudio utilizó metodología aplicada y un diseño preexperimental, con pruebas de laboratorio realizados en hormigón fresco y endurecido según las normas NTG y ASTM. El estudio también evaluó la absorción y resistencia a compresión de las unidades. El texto resalta la importancia de tener precaución al utilizar el material, ya que el estudio

proporciona datos experimentales específicos.

Según Vasquez (2019) indica que, el concreto celular, un material relativamente novedoso en Colombia, se caracteriza por su uso de aditivos químicos espumantes o aditivos de origen vegetal. Este concreto, conocido por su baja densidad y la presencia de espuma en su matriz, se diferencia de otros tipos de concreto. La espuma, compuesta por burbujas de aire, ejerce una influencia considerable en el comportamiento de estos concretos. Es fundamental comprender y determinar de manera más precisa aspectos como la cantidad del aditivo y el volumen de burbujas generadas, ya que estos factores inciden directamente en la formulación, la manejabilidad, la densidad y la resistencia mecánica. El estudio se centró en realizar un análisis sobre cómo variadas cantidades de aditivo espumante afectan en la composición y las características de dicho concreto. El enfoque principal es la fabricación de elementos prefabricados destinados a proyectos de espacio público. El objetivo es reducir el peso de estos elementos en aproximadamente un 30% en comparación con el concreto estándar. La investigación se enfocó en comprender cómo el uso del producto BRICKA FOAMING-35, desarrollado por la empresa, afectan las propiedades del mencionado concreto en el contexto de los elementos prefabricados que planean utilizar en su producción.

Según Higuera y Cárdenas (2021), mencionan que, el concreto liviano (CL) ha emergido como un material de notable relevancia en la industria de la construcción, siendo empleado en la conformación de elementos tanto estructurales como no estructurales en proyectos de edificación. La utilización de arcilla expandida, ha demostrado poseer propiedades destacadas, tales como una baja densidad, durabilidad elevada y resistencia mecánica sólida. A pesar de la amplia aceptación de agregados livianos a nivel mundial, su aplicación se mantiene restringida. Por lo cual, se evaluó el comportamiento del concreto liviano modificado con arcilla. Se hicieron ensayos en dos etapas: cuando el concreto aún estaba fresco y después de que había endurecido. Estas pruebas abarcaron diversos aspectos, como la resistencia a la compresión y densidad aparente. Observando que al agregar hasta un 50% de los agregados colombianos de arcilla expandida, se produjo una disminución del 15% en la facilidad de manejo del concreto liviano, una disminución del 36% en la resistencia, disminuyó 22% respecto a la densidad aparente y una

disminución del 34% en la capacidad de los cloruros para moverse a través del material. A pesar de estos cambios, el concreto liviano que incorpora estos agregados colombianos cumple con los requisitos establecidos para el concreto liviano según la normativa ACI 318. Según los datos obtenidos, se concluyó que utilizar estos agregados de arcilla expandida de origen colombiano en una proporción de hasta el 50% en comparación con los agregados convencionales es adecuado para fabricar de concreto liviano.

Según Solak (2023), el texto de su trabajo analiza el uso del hormigón de áridos ligeros (HAL) en el ámbito de la construcción con múltiples usos, entre ellas las estructurales y de relleno. Entre los beneficios del HAL figuran la disminución del peso de las estructuras, un mejor aislamiento térmico y acústico, la facilidad de transporte y manipulación, y, por ende, la disminución del uso de materiales y los costos debido a su baja densidad. Sin embargo, las notables diferencias de densidad entre los materiales utilizados en el HAL pueden provocar segregación, desplazándose los agregados finos hacia la parte superior, mientras que los más pesados se desplazan hacia la parte inferior. Esta situación puede afectar a la calidad y resistencia del hormigón celular, disminuyendo su durabilidad y generando problemas estructurales. Sin embargo, es crucial investigar los factores que afectan en la segregación y encontrar alternativas para minimizarla. Como objetivo incluyen medir con precisión la segregación en HAL, evaluar su incidencia en las propiedades mecánicas y proponer estrategias con el fin de disminuir su aparición y gravedad. El texto también analiza diversos estudios experimentales con el propósito de desarrollar métodos de cuantificación de la segregación.

Respecto a las bases teóricas, la presente investigación tuvo como variables independientes el aditivo espumante, polvo de microsílíce y fibra sintética, Falliano (2020), en su investigación mencionó que el propósito del uso de dichos materiales es identificar un generador de espuma que sea eficaz y de fácil uso.

Cemento: Según Gonzales (2016), explicó que el cemento es un agente aglutinante que contiene minerales y sustancias inorgánicas, los cuales, una vez molidos finamente, se mezclan con agua para crear una pasta. Dicha pasta se solidifica

gracias a la reacción química entre sus componentes cuando se contacta con el aire y el agua. Posteriormente, se endurece, lo que permite reemplazar la mecanización en la producción de productos hidratados, duraderos y estables. El cemento se caracteriza por ser un material adhesivo con excelentes propiedades de adherencia y cohesión, capaz de crear uniones sólidas entre partículas o fragmentos minerales.

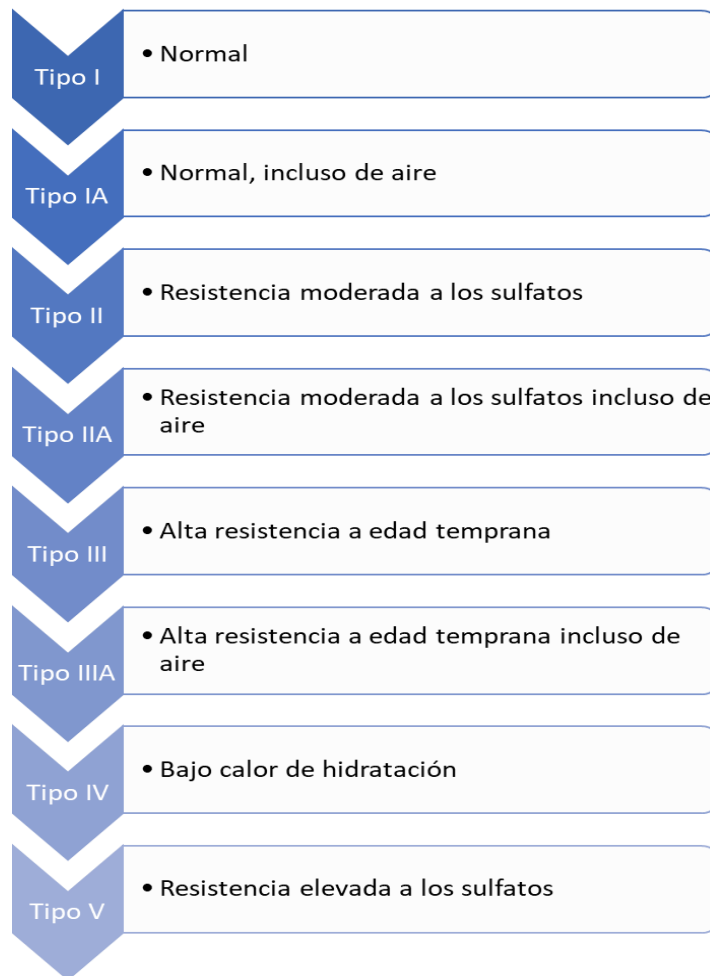


Figura 2. Tipos de cemento

Fuente: Adaptado de Abanto (2018).

Agregado: La NTP 400.012, indica que los agregados, también llamados áridos, representan aproximadamente el 70 al 75% del volumen total en una mezcla de concreto. Estos agregados son una colección de pequeños gránulos que deben cumplir con ciertas dimensiones especificadas por la norma ASTM C33 (ver Anexo 15).

Agregado fino: Es aquel material que resulta del desintegrado de las rocas, ya sea de manera natural o provocada, y que atraviesa la malla de 3/8 pulgadas, cumpliendo

con los estándares especificados en la normativa (NTP 400.037, 2019).

Según ASTM C-33 (2023), dichos áridos deben cumplir con ciertos requisitos. Pueden ser hechos de arena artificial o naturalmente. Se espera que las partículas sean limpias, preferiblemente con una forma angular, además de ser duras, compactas y resistentes. Es importante que estén libres de contaminantes que puedan ser perjudiciales.

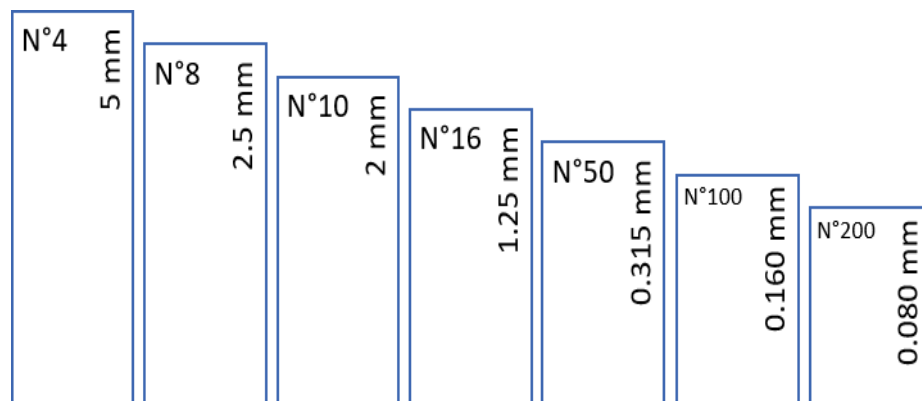


Figura 3. Tamaños nominales de agregados finos según ASTM C 33.

Fuente: Adaptado de Toirac (2012).

Granulometría: Según Palacio et al. (2017), es la organización granulométrica de los agregados; dicho estudio se logra tamizando el agregado a través de una serie de mallas con aberturas organizadas desde la más grande hasta la más pequeña. Según la norma ASTM C 136 (2006), este tipo de ensayos se utilizan para determinar la organización granulométrica de los áridos finos y gruesos que han pasado por un tamiz.

Cemento Tipo I: Se obtiene como el resultado de moler finamente el clínker Pórtland, posiblemente con la inclusión de yeso natural, según lo establecido por la normativa. Este cemento está principalmente compuesto de silicato de calcio hidráulico. Después de calcinar, se agrega agua y yeso (Abanto Castillo, 2018).

De acuerdo con ASTM C150 (2022), el cemento Portland es clasificado en 5 variedades basadas en las cualidades de sus componentes relevantes: óxido de calcio, sílice y aluminio. Debido a que el cemento utilizado en la presente tesis es de Tipo I, es adecuado para aplicaciones comunes de construcción que no necesitan cualidades particulares.

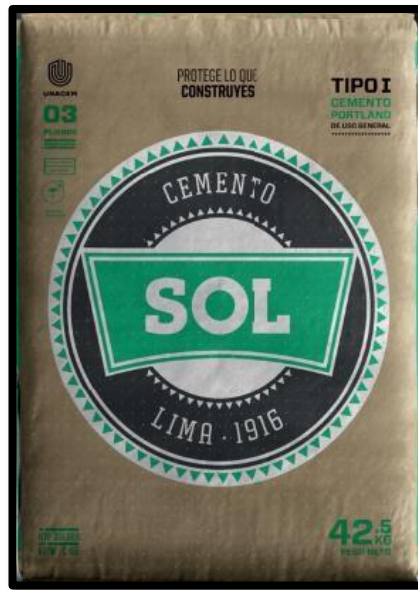


Figura 4. Bolsa de cemento sol tipo 1

Fuente: <https://bit.ly/3wnrLvw>

Aditivo espumante: el aditivo Sika Lightcrete PE funciona como un concentrado espumante para la elaboración de mezclas ligeras, tales como concreto, mortero y rellenos hidráulicos, con una densidad que varía entre 800 y 1,800 kg/m³, dependiendo de las proporciones y los áridos utilizados. Se utiliza en diversas aplicaciones, como rellenos hidráulicos para contrarrestar la segregación o exudación excesiva de las mezclas. También se emplea en morteros para nivelar o afinar pisos, en zanjas, así como en rellenos fluidos con peso unitario y resistencias controladas, prescindiendo del uso de compactadores. Además, puede utilizarse como como capas de soporte para áreas deportivas y tráfico ligero en suelos con baja capacidad de carga (SIKA Perú, 2023).



Figura 5. Sika lightcrete PE

Polvo de microsílíce: El polvo de microsílíce se obtiene de la elaboración del silicio y de las aleaciones de ferrosilicio en la industria metalúrgica. Es un polvo muy fino, altamente reactivo y rico en sílice amorfa, lo que lo hace útil como aditivo en materiales de construcción como el hormigón. La adición de este polvo mejora las resistencias del concreto. Además, ayuda a reducir la permeabilidad al agua, mejorar la resistencia y reducir la contracción del material durante su fraguado (Siddique y Mehta, 2014).



Figura 6. Polvo de microsílíce

Fibra sintética: Es un elemento o componente formado por muchas y muy finas fibras que pueden etiquetarse con las letras A, E, C, AR y S; en concreto, el tipo de fibra sintética E es eléctrico, AR es resistente y C es químicamente resistente. La creación de vidrio se produce cuando el vidrio se rompe en pequeños trozos y se somete a un proceso textil. Emplean el calentamiento y el moldeado para dar al vidrio formas exquisitas. Esta es la fibra más utilizada en el mercado, donde se conoce como hebras picadas (Pietropaoli et. al., 2015).



Figura 7. Fibra sintética

Fuente: <https://bit.ly/3QmMmaq>

Propiedades del concreto fresco: Según Rivva (2019), el concreto se denomina fresco mientras la pasta producida está aún blanda y en estado flexible, lo que dura hasta que el hormigón fragua. Tratamos numerosos aspectos del hormigón nuevo, como la consistencia, densidad, exudación y contenido de aire.

Asentamiento: Mide la consistencia del concreto. Se obtiene de la distancia vertical entre las posiciones original y la que se ha desplazado, que es el asentamiento. (NTP 339.035, 1999).



Figura 8. Ensayo de revenimiento

Fuente: <https://bit.ly/3UihoRQ>

Peso unitario: Es la relación entre el peso total del hormigón y su volumen. La NTP 339.04 (2017) muestra el proceso que debe seguirse para la técnica para la prueba de medición del peso unitario del hormigón de cemento Portland.



Figura 9. Prueba de peso unitario

Fuente: <https://bit.ly/44mT9qo>

Propiedades del concreto endurecido: Se da cuando la pasta producida pasa de la fase plástica a la endurecida, cuando empieza a adquirir dureza y resistencia; en esta condición, la resistencia incrementa a mayor edad (Rivva, 2019).

Resistencia a la compresión: Es obtenida dividiendo la carga máxima que se aplicó y el área de aplicación de la carga. Las proporciones de cemento, partículas finas y gruesas, y agua determinan la resistencia. Un componente que influye en esta

propiedad es la proporción de cemento y agua. Además, esta propiedad aumenta al disminuir la proporción de cemento y agua (Pasquel, 2019).



Figura 10. Prueba de resistencia a la compresión

Fuente: <https://bit.ly/3Wp8AMN>

Resistencia a la tracción. - Es la resistencia a ser estirado de forma que la longitud aumente y las secciones transversales disminuyan y los valores pueden variar mucho. Su ensayo se realiza siguiendo la norma (ASTM C496, 2017).



Figura 11. Ensayo de resistencia a tracción diametral

Fuente: <https://acortar.link/PtoJzl>

Marco conceptual

Aditivos espumantes: Son sustancias que se agregan a diferentes materiales, como plásticos, metales o líquidos, para producir espuma. Estos aditivos pueden ser de diferentes tipos, como tensioactivos, agentes formadores de espuma, emulsionantes, etc. Cuando se utilizan en materiales líquidos, los aditivos espumantes producen una espuma estable que puede tener diferentes propiedades, como densidad, tamaño de

burbuja, resistencia, entre otras.

Concreto celular: Es la mezcla conformada por cemento, arena, agua, y un agente espumante. Se utiliza en la construcción de paredes, techos y pisos de edificaciones, debido a su peso reducido y capacidad aislante. También es resistente al fuego y a la humedad y tiene buena capacidad de absorción acústica, lo que lo hace una opción popular en la construcción de viviendas y edificios de varios pisos.

Cemento: Material inorgánico pulverizado que, cuando se mezcla con agua, forma una pasta que entra en fraguado y endurecimiento, adquiriendo propiedades adhesivas y resistencia mecánica.

Fibra sintética: Es un material comprendido por filamentos de vidrio y resinas que se utiliza ampliamente en construcción, así como para fabricar barcos y aviones, además se utiliza en la producción de plástico reforzado. Es conocida por su resistencia y durabilidad, así como por su capacidad para resistir altas temperaturas y productos químicos.

Microsílice: Es producida partir de la sílice, que se añade al concreto para optimizar sus cualidades mecánicas y reducir la porosidad. La fibra de microsíllice ayuda a inhibir la corrosión y aumenta la resistencia a la compresión, lo que lo hace útil en la construcción de puentes, edificios y carreteras.

Resistencia de compresión: Medida de la resistencia de un material a las fuerzas de compresión, es decir, la tendencia de un material a ser aplastado o comprimido.

Tensión de rotura: medida de la máxima fuerza de tensión que un material resiste antes de la rotura.

II. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación: La investigación aplicada pretende resolver las dificultades que surgen durante los procesos, mejorando así la aplicación de los conocimientos científicos. Se plantean problemas e hipótesis de trabajo para abordar cuestiones sociales de la zona o la nación (Ñaupas et. al., 2018). De acuerdo con la indagación obtenida, el presente trabajo de investigación que se está realizando, se clasificó como tipo aplicada, ya que se trata de solucionar las propiedades de un concreto celular mediante la aplicación de aditivos.

Por su parte, Hernández, Fernández y Baptista (2018), mencionan que, los estudios de enfoque cuantitativos siguen un patrón previsible y sistemático, y es importante señalar que antes de la recopilación de datos se toman decisiones técnicas esenciales. La investigación cuantitativa busca generalizar los hallazgos de un grupo o un segmento (prueba) a un colectivo más amplio (población). En dicho contexto el presente trabajo adoptó el enfoque cuantitativo pues se ha realizado un proceso sistemático en la muestra (especímenes de concreto) para generalizar los datos a la población (concreto celular).

El diseño que tendrá el presente estudio es experimental, dado que se hizo la manipulación de las variables espumante, microsílíce y fibra sintética agregándolos en diferentes porcentajes para registrar los cambios en la otra variable conformada por el concreto celular. Según Arias (2020) afirma que el diseño del estudio experimental implica la manipulación de factores, el seguimiento de los fenómenos a medida que se producen de forma natural y su posterior análisis.

Según Vásquez et. al., (2023), el método científico es una técnica sistemática utilizada en el estudio científico para generar resultados objetivos y fiables. En este método, comienza determinando el punto de partida y lo que se observará primero. La técnica hipotética - deductiva se aplica cuando se intenta resolver una serie de problemas presentando teorías como hechos. Las consecuencias se deducen de estos sistemas hipotéticos y deben compararse empíricamente. Por lo cual el presente trabajo adoptó el método científico hipotético deductiva, pues se propusieron hipótesis para luego contrastarlas con los resultados obtenidos en búsqueda solucionar el problema de optimizar las características del concreto.

El nivel explicativo tiene como finalidad explicar las causas o relaciones entre las variables de un fenómeno con detalle de los hechos observados, más allá de una simple descripción o análisis de los datos. Se usa la experimentación y el análisis estadístico, utilizando una metodología rigurosa y sistemática. Es un nivel de investigación que tiene un alto grado de complejidad, por lo que suele llevar más tiempo y recursos que otros tipos de investigación, pero permite obtener resultados más profundos y precisos (Vásquez et. al., 2023).

Se usó el nivel explicativo porque se plantearon hipótesis sobre la relación que había entre el espumante, microsílíce y fibra sintética, y su consecuencia en la caracterización del concreto.

Variables: Las variables independientes son el aditivo espumante, que se define conceptualmente un agente espumante concentrado en forma líquida que se utiliza para crear concretos cohesivos y livianos, mortero y rellenos hidráulicos. La densidad resultante, que puede cambiar según la dosificación y el tipo de agregado utilizado, oscila entre 800 kg/m³ y 1,800 kg/m³ (SIKA Perú, 2023). La siguiente variable es microsílíce definido como un subproducto del silicio y de las aleaciones de ferrosilicio en la industria metalúrgica. Es un polvo muy fino, altamente reactivo y rico en sílice amorfa, lo que lo hace útil como aditivo en materiales de construcción como el hormigón. La adición de este polvo mejora las resistencias. Además, ayuda a reducir la permeabilidad al agua y aumenta la resistencia (Siddique y Mehta, 2014). Por último, se tiene a la fibra sintética que se define como aquel elemento compuesto por vidrio y una matriz polimérica, que se forma en filamentos a través de un proceso de extrusión. La fibra sintética es conocida por su resistencia, rigidez y bajo peso, lo que la hace útil en diversas aplicaciones (Pietropaoli et. al., 2015). Por otro lado, dichas variables independientes se definen de manera operacional pues se tratarán añadiendo el aditivo espumante y el microsílíce en la dosificación de 5%, 7.5% y 10% respecto al peso del cemento y la fibra sintética se añade en los mismos valores porcentuales, pero en relación al peso del árido fino.

La variable dependiente está conformada por las propiedades físicas del concreto celular y se definen de manera conceptual como aquellas características que se pueden medir y cuantificar en la mezcla antes y después de fraguar. Estas propiedades incluyen la densidad, la porosidad, la absorción, la permeabilidad,

entre otros. Por otro lado, las propiedades mecánicas se definen como aquellas cualidades del concreto endurecido que se analizan para su uso para construir elementos estructurales de concreto armado, pretensado y simple (Pastrana et. al., 2020). Operacionalmente, respecto a las propiedades físicas se realizarán los ensayos de asentamiento y densidad del concreto celular fresco siguiendo lo establecido en NTP 339.035 y 339.046, respectivamente. Asimismo, para evaluar las propiedades mecánicas se harán pruebas de resistencia a compresión de acuerdo a NTP 339.034 y tracción según NTP 339.084.

Población y muestra: Para Arias et. al. (2016), la población es un grupo de datos ya sean en personas y objetos de los que se plantea conocer algo en una investigación. Por ello, la población consta de 72 probetas de concreto celular con una resistencia de diseño de 210 kg/cm² fabricado con cemento sol tipo I, aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética, cemento y agua de la localidad.

Tabla 1. Población para la densidad

Ensayos	Grupo de control 0 % AE, M y FS.	Grupos de tratamiento			Total	Norma
		3 % AE, M y FS.	5 % AE, M y FS.	7 % AE, M y FS.		
Peso unitario	3	3	3	3	12 Molde cilíndricos	NTP 339.046

Nota. Donde AE: Aditivo espumante, M: Microsílíce y FS: Fibra sintética.

Tabla 2. Población para la resistencia a compresión y tracción

Ensayos	Grupo de control 0 % AE, M y FS.	Grupos de tratamiento			Total (Edad 7, 14 y 28 días)	Norma
		3 % AE, M y FS.	5 % AE, M y FS.	7 % AE, M y FS.		
Resistencia a compresión	3	3	3	3	36	NTP 339.034
Resistencia a tracción	3	3	3	3	36	NTP 339.084

Nota. Donde AE: Aditivo espumante, M: Microsílíce y FS: Fibra sintética.

Condori (2020) afirma que la muestra representa a la población, ya que comparte las características generales de ésta. Asimismo, según Sánchez (2019), la muestra censal está constituida por toda la población y se utiliza cuando es necesario saber los de todos los participantes. En el presente trabajo se utilizó la muestra censal, debido a que se trabajará con todas las muestras elaboradas.

Según Otzen y Manterola (2017) el proceso de muestreo consiste en confirmar la selección de las muestras utilizadas y evaluar los datos obtenidos. Estos datos se emplearán para definir la veracidad o falsedad de las hipótesis formuladas en esta investigación y, en última instancia, para obtener conclusiones sobre la población estudiada. Dado que los investigadores eligieron la muestra representativa a criterio, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, tomando como referencia las cantidades establecidas por las normas ASTM.

La unidad de análisis es definida como un elemento concreto elegido y delimitado por los investigadores con el propósito de ser estudiado. Esta elección requiere reconocer y delimitar, dentro de un conjunto de entidades que pueden ser abordadas, aquellas que serán objeto de investigación (Azcona, Manzini y Dorati, 2013). Para el presente proyecto se trabajará con una unidad de análisis compuesta por 12 especímenes en moldes prismáticos con medidas de 18 cm de diámetro y 25 cm de altura para evaluar la densidad, 36 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm para la compresión y 36 de la misma medida para la tracción. Además, respecto a los criterios de inclusión, se incluirá al concreto que tenga resistencias mayores a la mínima de diseño $f'c=210$ kgf/cm² y se excluirán del trabajo aquellos especímenes que estén por debajo de dicha resistencia.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Es el proceso para recolectar o alguna información. La observación es la determinación de una forma sistemática de algún suceso o cualquier otro suceso que pasa en la naturaleza, la cual se encuentra bajo objetivos predeterminados (Arias, 2020). Por consiguiente, se usó la observación directa, primordialmente dado a que es necesario observar los cambios en las características del concreto y su reacción ante los aditivos.

Según Arias (2020), los instrumentos de recogida de datos se utilizan como medios de ayuda de los cuales el indagador se apoyará para recolectar, registrar los datos y seguidamente estos puedan pasar por un procedimiento estadístico.

- Ensayo granulométrico.
- Ensayo de peso unitario.
- Prueba de asentamiento.
- Prueba de contenido de aire.
- Prueba de resistencia en compresión.
- Prueba de resistencia en tracción.

Según Villasís et. al. (2018), el punto de vista de la validez se centra en la autenticidad de un instrumento, considerando su utilidad, ya que los índices de validez para una función no se aplican combinadas a otras funciones del mismo instrumento. La validez de las fichas técnicas de laboratorio se obtiene indirectamente contratando los servicios de un laboratorio acreditado por INACAL, ya que sus formatos son validados por la entidad. Debido a que, la presente investigación requiere las mediciones de 72 probetas cilíndricas y en la evaluación participarán los profesionales con alta experiencia dentro del campo de la investigación.

Según lo expuesto, la confiabilidad del instrumento da a conocer que los resultados sean útiles y consistentes, porque, al obtener nuevamente los resultados, estos no deben variar, con documentos que tengan certificación del procedimiento que se está llevando a cabo tenga un porcentaje aceptable de confiabilidad (Villasís et. al., 2018). Respecto a la **confiabilidad** de la manera directa es muy importante tener la equivalencia y estabilidad de los resultados que se llegaran a obtener en el laboratorio, el cual debe estar acreditado por INACAL, con la finalidad de determinar la fiabilidad, se obtuvieron las certificaciones de calibración de equipos utilizados, de igual manera con la asesoría de expertos en su manejo.

Por otro lado, se empleará el método de Alfa de Cronbach para evaluar la fiabilidad y validez de instrumentos, determinando los valores de acuerdo con los criterios utilizados. La escala de Likert, con valores del 1 al 5, se utilizará para la evaluación. Se considera que los valores entre 75 y 80 representan el nivel mínimo de aceptación

con valores de 1 y 2 según corresponda. Los valores considerados aceptables entre el rango de 3, 4 y 5, cada uno con significados específicos

1. Definitivamente en desacuerdo
2. De acuerdo
3. Indeciso
4. En desacuerdo
5. Definitivamente en de acuerdo

Según Cascaes da Silva et. al. (2015), el Alfa de Cronbach es un indicador que se usa para la medición de la confiabilidad en términos de su consistencia interna. Esto significa que se evaluará el grado en que los diferentes ítems de la escala están correlacionados entre sí. A partir de esta medición, se puede determinar cuánto mejoraría o empeoraría la confiabilidad de la escala si se excluyeran algunos de los ítems.

Con el fin de evaluar la fiabilidad se usó el índice de Alfa de Cronbach, el software IBM SPSS 27 y también se utilizará el software Minitab 18 con la finalidad de realizar el diseño factorial de nuestros factores. Para aumentar la fiabilidad, se han eliminados ciertos elementos. En esta instancia, dos elementos (3 y 6) han sido eliminados

Tabla 3. *Parámetros para el Alfa de Cronbach*

Intervalo	Fiabilidad
0.90 - 1	Excelente
0.70 – 0.90	Muy bueno
0.50 – 0.70	Bueno
0.30 – 0.50	Regular
0 - 0.30	Deficiente

Fuente: Alonso y Santacruz (2015).

Según lo obtenido con el cálculo realizado en el programa estadístico IBM SPSS 27se puede observar que el instrumento de presente trabajo tiene una confiabilidad “muy buena” debido a que arrojó un α con un valor de 0.808, como se puede apreciar en

la Tabla 4.

Tabla 4. Confiabilidad

Alfa de Cronbach	N° de ítems
,808	7

Respecto al procedimiento, se realizó en 4 etapas.

En primera instancia para la **Etapa 1 (Gabinete)**, se procedió a realizar la recolección de fuentes bibliográficas confiables obtenidas de artículos científicos, normas, manuales, libros entre otros. Luego se procedió a la búsqueda de la cantera de donde se extraerían los agregados, búsqueda de proveedores para los aditivos y demás materiales y por último la búsqueda de un laboratorio, así como se hicieron los cálculos para el diseño de mezclas teórico bajo el Método ACI.

En la **Etapa 2 (Campo)** se hizo el procedimiento para la obtención de aditivos, donde, para adquirir el polvo de microsílíce se recurrió a un proveedor que importa materia prima para elaborar aditivos, así mismo se realizó la compra de Sika Lightcrete PE en tiendas autorizadas y por último se recolectó la fibra sintética en centros donde realizan la venta de dicho material.



Figura 12. Polvo de microsílíce, espumante y fibra sintética

Además, se utilizó agregado de la cantera Unicon Cajamarquilla, la cual obtuvo resultados positivos, así mismo se empleó la siguiente fórmula.

En la etapa 3 (Laboratorio), se empezó por realizar el ensayo de granulometría siguiendo la ASTM C136-06, para lo cual primero se realizó el tamizado de una muestra de agregado (del tamiz N°3 al tamiz 200). Luego registró el peso del retenido en cada malla y se registraron sus valores. Con base en los datos obtenidos, se construyó una curva de granulometría que muestra la distribución de las partículas del agregado por tamaño. El resultado de este ensayo fue importante para determinar la calidad del agregado y su idoneidad para el uso específico en el concreto celular, los porcentajes de los pesos retenidos se calcularon dividiendo el porcentaje del peso retenido y el peso seco.



Figura 13. Tamizado de agregados

Seguidamente se hicieron los ensayos de peso unitarios de los agregados tomando como guía la NTP 400.017, donde primero, para el P.U.C. se tomó una muestra representativa del suelo y se determinó su peso utilizando una balanza. Luego, se tomó el volumen y peso del molde, a continuación, donde se colocó la arena, una vez lleno se enrasó la superficie y se compactó utilizando una varilla en una serie de capas uniformes. El recipiente se pesó y se registró el peso. A continuación, se hizo el ensayo de P.U.S., donde se retiró la muestra compactada del recipiente y se soltó en un cono invertido, dejando que el suelo caiga libremente sin ser compactado. El

recipiente se pesó nuevamente y se registró. Los datos obtenidos de los pesos unitarios suelto y compacto se utilizaron para determinar la densidad seca y la porosidad del suelo evaluado.



Figura 14. Peso unitario compactado de agregados

Seguidamente se diseñaron las mezclas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con las proporciones de aditivo Sika Lightcrete PE, polvo de microsílíce y fibra sintética, todo esto fue batido de manera uniforme con la ayuda de un mezclador tipo trompo. Según el diseño de mezcla se reemplazó cemento por los aditivos a emplear, Sika Lightcrete PE, polvo de microsílíce y fibra sintética.



Figura 15. Peso unitario compactado de agregados

Para la prueba de revenimiento (NTP 339.035) se vertió una cantidad de concreto en 3 capas dentro del molde llamado “Cono de Abrahams” y compactándolo con varillas mediante 25 golpes de manera uniforme a cada capa. Una vez que el concreto estuvo

compactado en el molde, se retiró el mismo y se tomó la medida del asentamiento del concreto, registrándose como la diferencia entre la altura inicial y final después de la compactación. El resultado del ensayo de asentamiento se utilizó para verificar la trabajabilidad y como dato para elaborar el diseño de mezclas. El mismo procedimiento se repitió 3 veces en tres muestras diferentes.



Figura 16. Prueba de consistencia del concreto.

Respecto la prueba de densidad del concreto fresco, se siguió la NTP 339.046, donde la muestra se moldeó en un cilindro en 3 capas, golpeando 25 veces con una varilla por cada capa, luego se enrasó. A continuación, se pesó el cilindro y se midió su volumen. El cálculo se hizo dividiendo el peso del cilindro por su volumen. El mismo procedimiento se repitió 3 veces.



Figura 17. Prueba de peso unitario del concreto.

Seguidamente se vació la mezcla en las probetas cilíndricas y se procedió a realizar el curado 3 veces al día durante 7 días. Luego de esperar las edades de 7, 14 y 28 días se realizó el ensayo de compresión guiado por la NTP 339.034 y se llevó a cabo vertiendo el concreto en las muestras cilíndricas para luego someterla a una carga de

compresión hasta su rotura. Para realizar la prueba, se utilizaron dos mordazas especiales que se colocaron en la parte de arriba y abajo del espécimen cilíndrico. Seguidamente, se sometió a la carga axial gradualmente hasta agrietar la probeta. Durante el ensayo, se registró la carga aplicada y la deformación de la muestra de concreto. Luego se hicieron los cálculos dividiendo la fuerza máxima que aguantó la probeta antes de romperse sobre y el área apoyada.

Por último, se hizo la prueba de tracción según la NTP 339.084 a las edades de 7, 14 y 28 días también el cual se realizó empleando una barra de acero de refuerzo incrustada en una muestra de concreto en forma prismática. La barra y la muestra prismática se sometieron a una carga de tracción cada vez mayor mediante el uso de una máquina de ensayo de tracción. Seguidamente, la magnitud de la carga necesaria para producir la rotura de la muestra de concreto se registró.

En la última **Etap 4 (Gabinete)**, se procedió a realizar el procesamiento de datos recogidos en laboratorio para realizar los cálculos necesarios, para luego hacer la contrastación de hipótesis utilizando el software SPSS. Siguiendo con las discusiones del trabajo donde se compararon los resultados con los de los antecedentes. Finalmente se hizo las conclusiones y recomendaciones.

Método para el análisis de datos: Este proceso, se realizó con los datos que se obtuvieron de los informes de laboratorio utilizando la estadística descriptiva e inferencial con la prueba paramétrica ANOVA para probar la hipótesis planteada, en el programa especializado IBM SPSS.

Aspectos éticos: La presente investigación será realizada con total transparencia y honestidad siguiendo los criterios establecidos por la Universidad César Vallejo: Autenticidad, pues el trabajo se subió a la plataforma turnitin para verificar que el trabajo fue realizado en su totalidad por los autores, respetando siempre la propiedad intelectual de los mencionados en la investigación y siguiendo las reglas permitido por la normativa. Respeto, a las normas establecidas tanto nacionales como internacionales pues se ha tomado en consideración los procedimientos y cálculos establecidos por ellas. Beneficencia, pues se beneficiará con un aporte significativo a la comunidad de Ingeniería Civil, que pueden tomar como referencia el presente trabajo para futuras investigaciones análogas.

III.RESULTADOS

3.1 Generalidades

a) Selección de la cantera

Se utilizaron agregados de la cantera Unicon Cantera Jicamarca, ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica 15461, ciudad y departamento de Lima. Cuyas coordenadas son 8677016.97 m S. y 293693.60 m E, que pertenece a la zona 18 L.

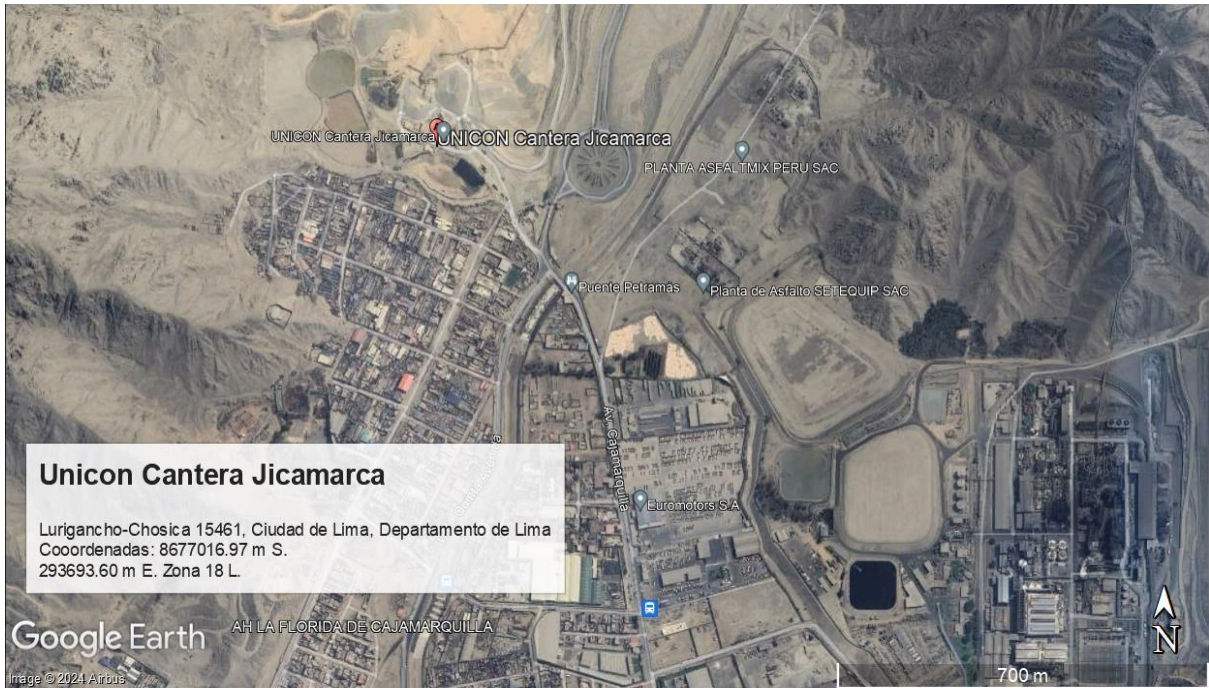


Figura 18. Ubicación de la cantera

Fuente: Google Earth Pro

b) Caracterización de los agregados

Se presentan los resultados de los ensayos en áridos; datos que serán necesarios para diseñar las mezclas de concreto con propiedades óptimas.

- **Análisis granulométrico del agregado fino**

Tabla 5. Gradación del agregado fino

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa	Requisito de % que pasa ASTM C 33	
3"	75	0	0	0	100	-	-
2"	50	0	0	0	100	-	-
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	-	-
1"	25	0	0	0	100	-	-
3/4"	19	0	0	0	100	-	-
1/2"	12.5	0	0	0	100	-	-
3/8"	9.525	0	0	0	100	100	100
4	4.75	37.30	3.56	3.56	96.44	95	100
8	2.36	109.50	10.44	13.99	86.01	80	100
16	1.18	208.30	19.86	33.85	66.15	50	85
30	0.6	291.80	27.82	61.67	38.33	25	60
50	0.355	174.40	16.63	78.29	21.71	5	30
100	0.15	127.00	12.11	90.40	9.60	0	10
200	0.074	46.50	4.43	94.83	5.17	0	0
fondo		52.20	5.17	100	0	-	-
Total		1049.00	100				

La tabla 5 muestra que el tamaño nominal máximo es de 4,75 mm y el tamaño máximo de 3/8". Además, el módulo de finura de 2,82 cumple los requisitos de la norma, que oscila entre 2 y 3,01. Por lo tanto, es un buen árido para fabricar concreto.

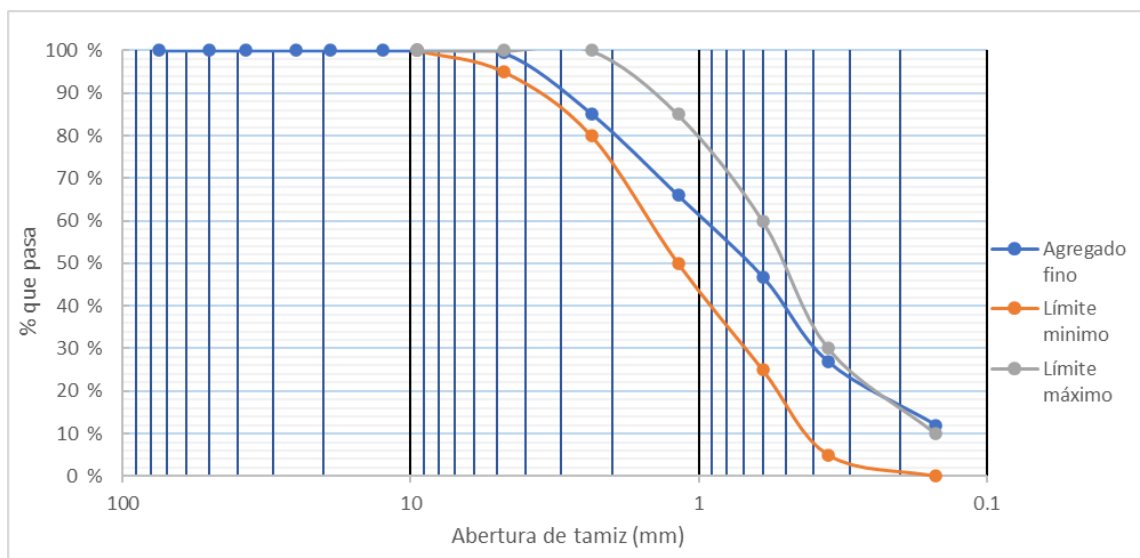


Figura 19. Granulometría del agregado fino

En la Figura 19 se puede distinguir que se cumplió con los diámetros requeridos para los porcentajes pasantes, según norma ASTM C33 para clasificarlo como tal, además

la curva granulométrica del árido fino se mantiene dentro de los límites granulométricos requeridos, lo cual permitió una óptima trabajabilidad, bombeo y exudación en el concreto.

- **Análisis granulométrico del agregado grueso (confitillo)**

Tabla 6. Gradación del confitillo

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa	Requisito de % que pasa ASTM C33 (HUSO 89)	
3"	75	0.0	0.0	0	100	-	-
2"	50	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 ½"	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
¾"	19	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
½"	12.5	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100
4	4.75	288.00	12.31	12.31	87.69	20	55
8	2.36	0.0	0.0	12.31	87.69	5	30
16	1.18	0.0	0.0	12.31	87.69	0.0	10
30	0.6	0.0	0.0	12.31	87.69	0.0	6.5
50	0.355	0.0	0.0	12.31	87.69	0.0	5
100	0.15	0.0	0.0	12.31	87.69	0.0	0.0
200	0.074	0.0	0.0	12.31	87.69	0.0	0.0
fondo		2051.00	0.0	0.0	0.0	-	-
Total		2339.00	100	100			

La tabla 5 muestra que el tamaño nominal máximo es de 4.75mm y el tamaño máximo es de 3/8". Además, el módulo de finura es 0.74.

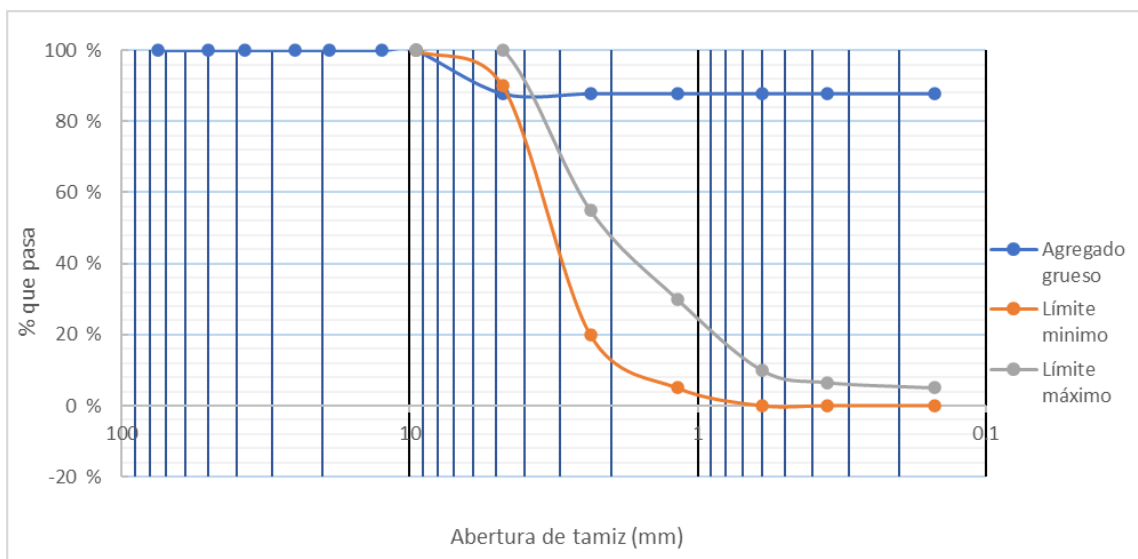


Figura 20. Granulometría del agregado grueso

De la Figura 20 se distingue que la gradación del confitillo no cumple con los diámetros requeridos para los porcentajes pasantes para el huso N°89, según norma ASTM C33 para clasificarlo como tal.

- **Peso unitario suelto y compacto**

Tabla 7. Pesos unitarios de los agregados

Muestra	Pesos Unitarios	Resultado (kg/m ³)	Especificación	Norma
Agregado fino	P.U.S.	1.565	1.20 a 1.5 kg/m ³	ASTM C29
	P.U.C.	1.772	1.35 a 1.7 kg/m ³	
Agregado grueso	P.U.S.	1.387	1.4 a 1.75 kg/m ³	ASTM C29
	P.U.C.	1.420	1.5 a 1.85 kg/m ³	

Dado que los pesos unitarios de los áridos finos y gruesos de la Tabla 7 se encontraban aproximadamente cerca del intervalo designado, es posible interpretar que cumplen las especificaciones de la norma. Ello indica que estos agregados brindarán la consistencia y la trabajabilidad adecuadas del concreto pues tienen valores óptimos que se relacionan de forma directa con la densidad del concreto, pues una mezcla con una densidad adecuada puede presentar menos vacíos, lo que reduce la permeabilidad y genera un aumento de la durabilidad del concreto al disminuir la susceptibilidad a la penetración de agentes agresivos.

- **Gravedad específica y absorción**

Tabla 8. Gravedad específica del agregado

Muestra	Peso específico	Especificación	Norma
Agregado fino	2.68	2.4 mín	ASTM C128
Agregado grueso	2.71	2.4 mín	ASTM C127

Dado que las gravedades específicas que se indican en la Tabla 8 son superiores al límite mínimo (2,4 g/cm³), puede deducirse que los áridos fino y grueso,

respectivamente, satisfacían los requisitos señalados por las normas ASTM C128 y C127. Dado que su densidad óptima es directamente proporcional a la resistencia, esto sugiere que estos áridos, cuando estén presentes en el concreto, ofrecerán suficiente resistencia.

Tabla 9. *Absorción del agregado*

Muestra	Absorción	Especificación	Norma
Agregado fino	0.40%	2% máx	ASTM C128
Agregado grueso	0.92%	3% máx	ASTM C127

El cuadro 9 demuestra que la absorción del árido fino fue del 0.40%, inferior al límite permitido del 2% y conforme a la norma. Del mismo modo, la absorción del árido grueso fue del 0.92%, inferior al 3%. En consecuencia, se cumplieron con las normas, lo que indica que la mezcla de concreto no absorberá demasiada agua, ya que el agua es crucial para que se hidrate el cemento, que es un proceso necesario para que el concreto sea resistente. Esto puede llevar a una mezcla menos trabajable y una resistencia inferior si no se ajusta adecuadamente el contenido de agua.

- **Diseño de mezclas**

Las proporciones en peso de cada material se determinaron utilizando los cálculos del método ACI para los cuatro diseños.

Tabla 10. *Cantidades según el diseño de mezclas*

Diseño de muestra	Cantidades en peso						
	Cemento	Agregado fino (kg)	Confitillo (kg)	Aditivo Espumante (kg)	Microsilice (kg)	Fibra sintética (kg)	Agua (lt/bls)
Concreto patrón	595	1142	127	-	-	-	242
Concreto con 3% de AE, M y FV	595	1164	129	2.98	8.93	5.95	240
Concreto con 5 % de AE, M y FV	595	1138	126	3.57	15.47	10.71	242
Concreto con 7% de AE, M y FV	595	1116	124	4.17	22.02	15.47	240

Nota. Donde AE: Aditivo espumante, M: Microsilice y FV: Fibra sintética.

En la Tabla 10 se aprecian las cantidades en peso de cada uno de los materiales que se emplearon en el concreto, tanto de la mezcla patrón, como las adicionadas con 3%, 5% y 7% de adición de aditivo espumante, microsilíce y fibra sintética.

3.2 Resultados de la densidad del concreto

Se obtuvieron los resultados del objetivo específico 1 que fue determinar la influencia de la incorporación de espumante, microsilíce y fibra sintética en la densidad del concreto celular.

Tabla 11. Resultados de la densidad

Muestra	Peso unitario (kg/m ³)	Promedio Peso unitario (kg/m ³)
MP1-0%	1820.36	1823.86
MP2-0%	1824.51	
MP3-0%	1826.72	
MT1-3%	1856.69	1854.26
MT2-3%	1854.03	
MT3-3%	1852.06	
MT1-5%	1880.36	1882.53
MT2-5%	1884.51	
MT3-5%	1882.72	
MT1-7%	1901.18	1903.01
MT2-7%	1902.03	
MT3-7%	1905.82	

De acuerdo a la Tabla 11, la muestra patrón (MP) era de 1823,86 kg/m³, que es superior a 800 kg/m³ e inferior a 1920 kg/m³ y se ajusta a la norma ACI 523. Esto también se aplica a las muestras de tratamiento. Además, los resultados indican que la adición de 3%, 5% y 7% de aditivo espumante, microsilíce y fibra sintética a las muestras dio lugar a un aumento de sus pesos unitarios de 1,67%, 3,22% y 4,34%, respectivamente, respecto a la muestra patrón, lo cual indica que se vuelve más denso, lo que a su vez contribuye a que sea más resistente.

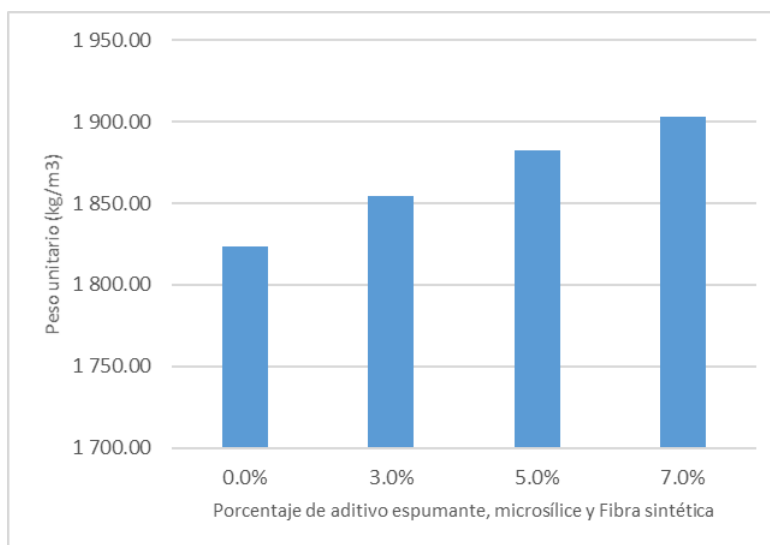


Figura 21. Gráfica de la densidad del concreto

De la figura 21, se puede interpretar que, a mayor porcentaje de adiciones, aumentan los valores del peso unitario, lo cual quiere decir que guardan una relación directamente proporcional, por ende, esta característica del concreto fresco actúa de forma creciente a medida que se realizan las adiciones.

3.3 Resultados de la resistencia a compresión

Se presentan los resultados del objetivo específico 2 que fue determinar la influencia de las cantidades de espumante, microsilíce y fibra sintética en la resistencia a compresión del concreto celular.

- **Resistencia a compresión a los 7 días**

Los resultados se detallan a continuación.

Tabla 12. Resultados de $f'c$ a los 7 días

Porcentaje de adición	$f'c$ (kg/cm ²)	Promedio $f'c$ (kg/cm ²)
0%	140.10	140.12
0%	140.05	
0%	140.20	
3%	144.72	144.85
3%	145.02	
3%	144.80	
5%	150.87	150.72
5%	151.03	
5%	150.26	
7%	161.02	161.03
7%	160.98	
7%	161.10	

De la Tabla 12, se aprecia que la muestra patrón llegó a representar más del 65% de la resistencia de diseño (210 kg/cm²) a la edad de 7 días, además, con las adiciones de 3%, 5% y 7%, las resistencias promedio obtuvieron valores de 144.85, 150.72 y 161.03 kg/cm², representando el 69%, 72% y 77% de la resistencia de diseño, respectivamente y superando a la resistencia del patrón en 3.38%, 7.57% y 14.93%, respectivamente.

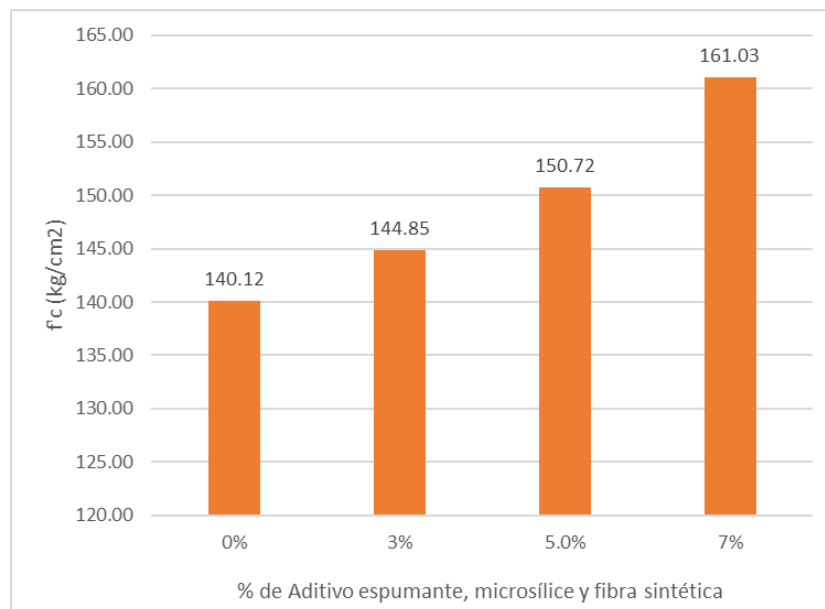


Figura 22. Gráfica de la $f'c$ (7 días)

La figura 22 muestra que los valores $f'c$ de las muestras de tratamiento crecían a medida que se realizaban las incorporaciones, lo que indicaba una clara relación directa entre ellas. Siendo el 7% de adición, el porcentaje óptimo al presentar la mayor resistencia.

- **Resistencia a compresión a los 14 días**

Los resultados se muestran en consiguiente.

Tabla 13. Resultados de $f'c$ a los 14 días

Porcentaje de adición	$f'c$ (kg/cm ²)	Promedio de $f'c$ (kg/cm ²)
0%	191.60	191.57
0%	191.50	
0%	191.61	
3%	197.80	197.98
3%	198.16	
3%	197.98	
5%	206.19	205.98
5%	206.41	
5%	205.36	
7%	220.06	220.08
7%	220.01	
7%	220.17	

De la Tabla 13, se aprecia que la muestra patrón llegó a representar más del 80% de la resistencia de diseño (210 kg/cm²) a la edad de 14 días, además, con las adiciones de 3%, 5% y 7%, las resistencias promedio obtuvieron valores de 197.96, 205.98 y 220.08 kg/cm², representando el 94%, 98% y 105% de la resistencia de diseño, respectivamente y superando al patrón en 3.35%, 7.52% y 14.88%, respectivamente.

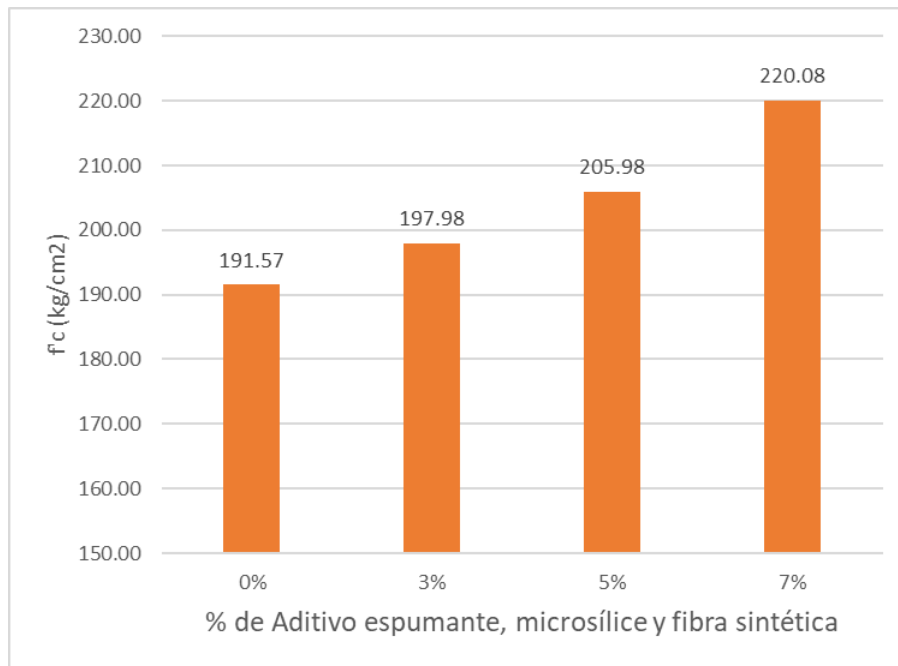


Figura 23. Gráfica de la $f'c$ (14 días)

La figura 23 muestra que los valores $f'c$ del concreto adicionado crecía a medida que se realizaban las incorporaciones, lo que indicaba una clara relación directa entre ellas. Siendo el 7% de adición, el porcentaje óptimo al presentar la mayor resistencia.

- **Resistencia a compresión a los 28 días**

Los resultados de las roturas a la edad de 28 días se detallan a continuación.

Tabla 14. Resultados de $f'c$ a los 28 días

Porcentaje de adición	Resistencia a la compresión $f'c$ (kg/cm ²)	Promedio $f'c$ (kg/cm ²)
0%	233.35	233.43
0%	233.65	
0%	233.29	
3%	241.20	241.41
3%	241.70	
3%	241.33	
5%	251.45	251.20
5%	251.72	
5%	250.43	
7%	268.37	268.39
7%	268.30	
7%	268.50	

De la Tabla 14, con las adiciones de 3%, 5% y 7%, las resistencias promedio obtuvieron valores de 241.41, 251.20 y 268.39 kg/cm², sobrepasando el 14.96%, 19.62% y 27.80% de la resistencia de diseño, respectivamente y a la resistencia de la muestra patrón en 3.42%, 7.61% y 14.98%, respectivamente.

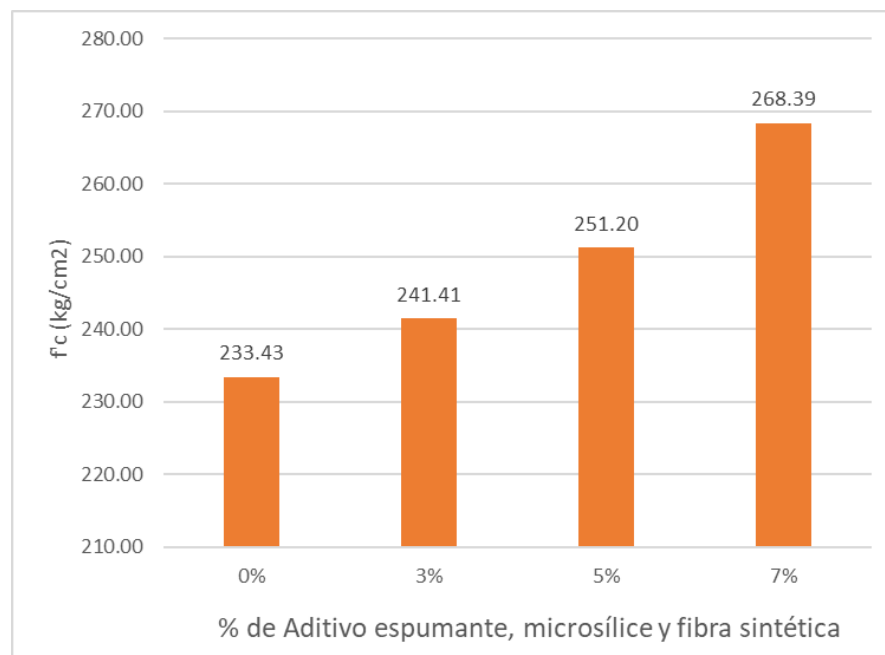


Figura 24. Gráfica de la f'c a los 28 días

La figura 24 muestra que los valores f'c de las muestras de tratamiento crecían a medida que se realizaban las incorporaciones, lo que indicaba una clara relación directa entre ellas. Siendo el 7% de adición, el porcentaje óptimo al presentar la mayor resistencia.

3.4 Resultados de la resistencia a tracción

Se presentan los resultados del objetivo específico 3 que fue determinar la incidencia de la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética en la resistencia a la tracción del concreto celular.

- **Resistencia a tracción a los 7 días**

Los resultados de la resistencia a tracción a la edad de 7 días se muestran en el cuadro a continuación.

Tabla 15. Resultados de la resistencia a tracción a los 7 días

Porcentaje de adición	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Promedio resistencia a tracción (kg/cm ²)
0%	14.71	14.62
0%	15.13	
0%	14.02	
3%	16.35	16.32
3%	16.68	
3%	15.93	
5%	17.65	17.83
5%	17.82	
5%	18.03	
7%	20.93	21.06
7%	21.17	
7%	21.07	

Según la Tabla 15, se aprecia que la muestra patrón representó el 10.43% de la resistencia a compresión de la misma a la edad de 7 días, cumpliendo así con la norma al sobrepasar el 10% de la resistencia a compresión. De igual manera con las adiciones de 3%, 5% y 7%, las resistencias promedio que se aprecian en la tabla, representaron el 11.27%, 11.83% y 13.08%, respectivamente y sobrepasaron la resistencia de la muestra patrón en 11.64%, 21.97% y 44.06%, respectivamente.

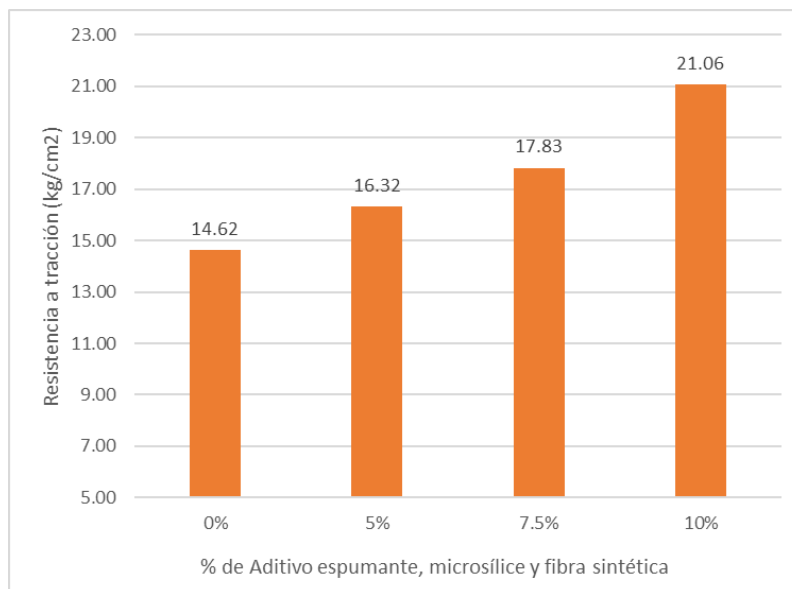


Figura 25. Gráfica de la resistencia a tracción a los 7 días

La figura 25 mostró que cuando se realizaron las adiciones, la resistencia a la tracción del concreto adicionado aumentó de valor, manteniendo una relación directa. El porcentaje ideal fue el 7% de adición, ya que mostró la mayor resistencia.

- **Resistencia a tracción a los 14 días**

Los resultados de la resistencia a tracción a la edad de 14 días se muestran en el cuadro a continuación.

Tabla 16. Resultados de la resistencia a tracción a los 7 días

Porcentaje de adición	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Promedio Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
0%	19.93	19.67
0%	19.72	
0%	19.35	
3%	21.96	22.17
3%	22.19	
3%	22.37	
5%	23.71	23.69
5%	23.94	
5%	23.41	
7%	29.27	29.42
7%	29.70	
7%	29.28	

Según la Tabla 16, se aprecia que la muestra patrón representó el 10.27% de la resistencia a compresión de la misma a los 14 días, cumpliendo así con la norma al sobrepasar el 10% de la resistencia a compresión. De igual manera con las adiciones de 3%, 5% y 7%, las resistencias promedio que se aprecian en la tabla, representaron el 11.20%, 11.50% y 13.37%, respectivamente y sobrepasaron la resistencia de la muestra patrón en 12.74%, 20.44% y 49.57%, respectivamente.

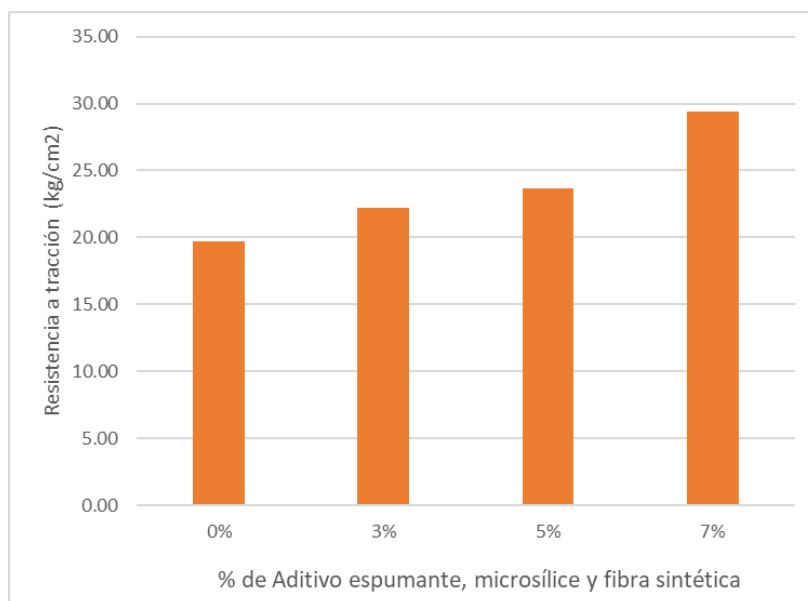


Figura 26. Gráfica de la resistencia a tracción a los 14 días

La figura 26 mostró que cuando se realizaron las adiciones, la resistencia a la tracción del concreto adicionado aumentó de valor, manteniendo una relación directa. El porcentaje ideal fue el 7% de adición, ya que mostró la mayor resistencia.

- **Resistencia a tracción a los 28 días**

Los resultados de la resistencia a tracción a la edad de 28 días se muestran en el cuadro a continuación.

Tabla 17. Resultados de la resistencia a tracción a los 28 días

Porcentaje de adición	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción (kg/cm ²)
0%	14.71	24.28
0%	15.13	
0%	14.02	
3%	16.35	27.52
3%	16.68	
3%	15.93	
5%	17.65	29.72
5%	17.82	
5%	18.03	
7%	20.93	36.77
7%	21.17	
7%	21.07	

Según la Tabla 17, se aprecia que la muestra patrón representó el 10.40% de la resistencia a compresión de la misma a la edad de 7 días, cumpliendo así con la norma al sobrepasar el 10% de la resistencia a compresión. De igual manera con las adiciones de 3%, 5% y 7%, las resistencias promedio que se aprecian en la tabla, representaron el 11.40%, 11.83% y 13.70%, respectivamente y sobrepasaron la resistencia de la muestra patrón en 13.36%, 22.44% y 51.46%, respectivamente.

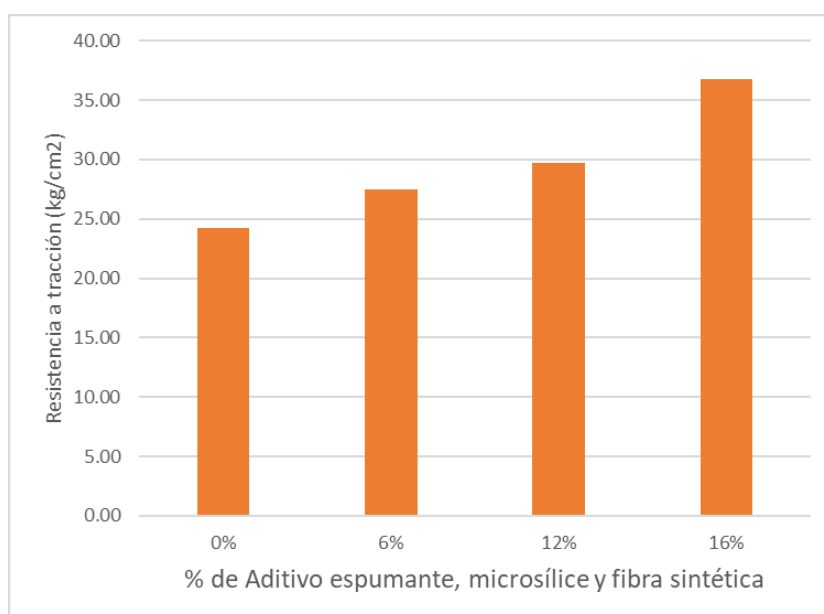


Figura 27. Gráfica de la resistencia a tracción a los 28 días

La figura 27 mostró que cuando se realizaron las adiciones, la resistencia a tracción del concreto adicionado aumentó de valor, manteniendo una relación directa. El porcentaje ideal fue el 7% de adición, ya que mostró la mayor resistencia.

3.5 Análisis estadístico

- **Contrastación de primera hipótesis específica**

Para realizar este análisis, en primer lugar, se establecieron la hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1), de la siguiente manera:

H_0 : La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética no influye en la densidad del concreto celular.

H_1 : La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en

la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1900 kg/m³.

Luego, se trabajó con la prueba de Shapiro Wilk, ya que el número de muestras en los grupos tiene menos de 30 datos, bajo una significancia de 0.05. Donde la regla de decisión ha establecido que si el p-valor esta por debajo de $\alpha = 0.05$, entonces los datos no se distribuyen con normalidad y si el p-valor es mayor o igual a $\alpha = 0.05$, entonces los datos tienen normalidad.

Tabla 18. Prueba de Shapiro-Wilk - densidad

Grupos de ensayo	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MP	,970	3	,667
MT-1	,993	3	,836
MT-2	,994	3	,849
MT-3	,882	3	,330

Interpretación: Se puede identificar que el p-valor de todas las muestras pertenecientes a los grupos de ensayo superaron a la significancia de 0.05, por lo cual se verificó que los datos se distribuyeron con normalidad.

Tabla 19. Prueba de homocedasticidad- densidad

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0,312	3	8	,816

Según la Tabla 19, del estadístico de Levene de la prueba de homocedasticidad, el p-valor fue de 0,816, por encima del nivel de significación de 0,05, lo que indica no hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos. Luego, se emplea la prueba Anova, cuya regla de decisión es que, la hipótesis nula se rechaza si la significancia es menor o igual a 0,05 y se acepta si es mayor.

Se muestra la regla de decisión para contrastar la primera hipótesis específica.

$$H_0: U_{control} = U_{tratamiento}$$

$$H_a: U_{control} \neq U_{tratamiento}$$

Tabla 20. Prueba Anova – densidad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10668,837	3	3556,279	541,696	,000
Dentro de grupos	52,520	8	6,565		
Total	10721,357	11			

De la Tabla 20, que muestra los resultados de Anova obtenidos, es factible inferir que el p-valor es inferior a 0.05. Razón por la cual, la H_0 es rechazada y la H_a se acepta. Esto indica que la afirmación de que, la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1900 kg/m³, es aceptada.

Luego, mediante la prueba HSD Tukey se procedió a verificar las diferencias significativas entre las medias de los grupos.

Tabla 21. Prueba HDS Tukey – densidad

Grupos de ensayo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
MP	3	1823,8633			
MT-1	3		1854,2600		
MT-2	3			1882,5300	
MT-3	3				1903,0100
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

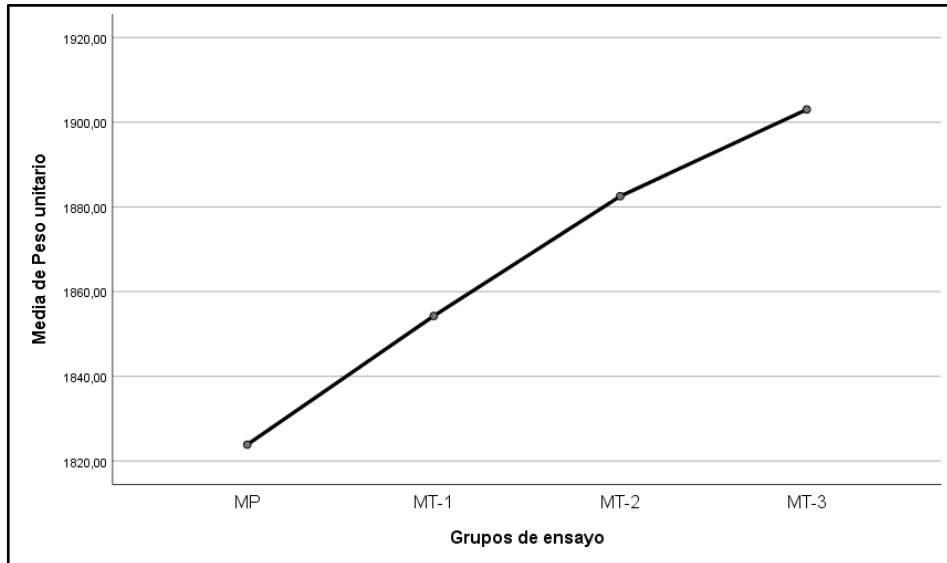


Figura 28. Diagrama de medias de la densidad

De la Tabla 21 y la Figura 28, se identifica que la densidad de la muestra patrón es menor que los demás grupos, mientras que el grupo experimental con 10% de adición es mayor que las demás muestras de tratamiento, por lo tanto, la espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular.

- **Contrastación de segunda hipótesis específica**

Se establecieron la H_0 y H_1 , de la siguiente manera:

H_0 : La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto celular.

H_1 : La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto celular, siendo mayor a $f'c$ 210 kg/cm².

A continuación, se trabajó con Shapiro Wilk.

Tabla 22. Prueba de Shapiro-Wilk – $f'c$

Grupos de ensayo	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MP	,871	3	,298
MT-1	,929	3	,484
MT-2	,899	3	,381
MT-3	,971	3	,672

Interpretación: Se puede identificar que el p-valor de todas las muestras pertenecientes a los grupos de ensayo superaron a la significancia de 0.05, por lo cual se verificó que los datos se distribuyeron de forma normal.

Tabla 23. Prueba de homocedasticidad– f_c

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	5,258	3	8	,027

Según la Tabla 23, del estadístico de Levene de la prueba de homocedasticidad, el p-valor fue de 0,027, por encima del nivel de significación de 0,05, lo que indica que no hay homocedasticidad de varianzas, por lo tanto, al menos una comparación de los grupos es diferente entre sí. Como resultado, se emplea la prueba Anova.

Se muestra la regla de decisión para contrastar la segunda hipótesis específica.

$$H_0: U_{control} = U_{tratamiento}$$

$$H_a: U_{control} \neq U_{tratamiento}$$

Tabla 24. Prueba Anova – f_c

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2040,687	3	680,229	4709,911	,000
Dentro de grupos	1,155	8	,144		
Total	2041,842	11			

De la Tabla 24, que muestra los resultados de Anova obtenidos, es factible inferir que el p-valor es inferior a 0.05. Razón por la cual, la H_0 es rechazada y la H_a se acepta. Esto indica que la afirmación de que, la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye significativamente en la resistencia a compresión del

concreto celular, siendo mayor a $f'c$ 210 kg/cm², es aceptada.

Luego, mediante la prueba HSD Tukey se procedió a verificar las diferencias entre las medias de los grupos, mediante las comparaciones múltiples.

Tabla 25. Prueba HSD Tukey – $f'c$

Grupos de ensayo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
MP	3	233,4300			
MT-1	3		241,4100		
MT-2	3			251,2000	
MT-3	3				268,3900
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

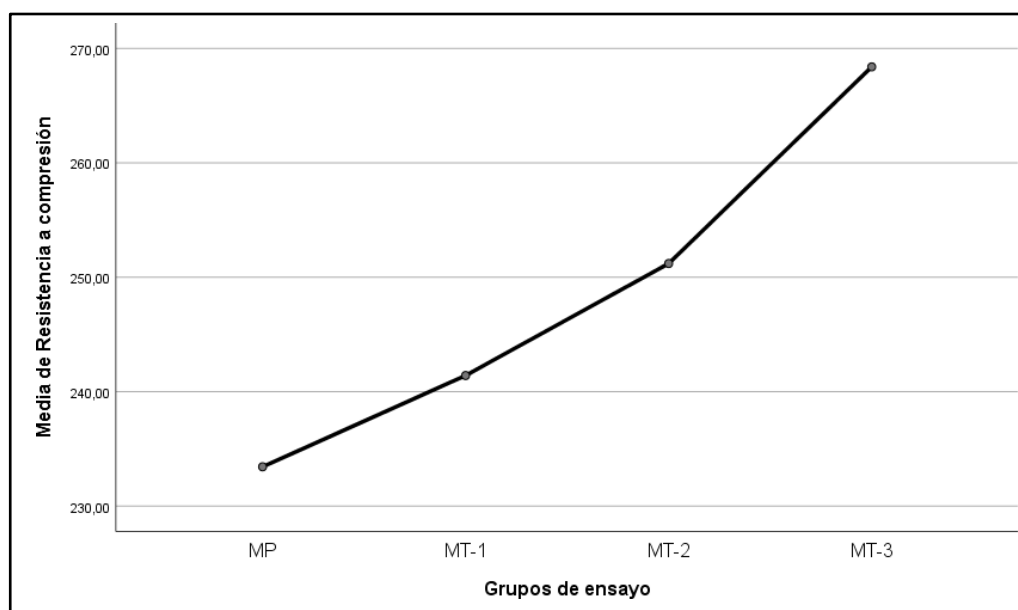


Figura 29. Diagrama de medias $f'c$

Interpretación: De la Tabla 25 y la Figura 29, se identificó que, la resistencia a compresión del concreto sin adición es menor que los demás grupos, mientras que el grupo experimental con 7% de adición es mayor que las demás muestras de tratamiento, por lo tanto, la espumante, microsílíce y fibra sintética influyen positivamente en la compresión del concreto celular.

- **Contrastación de tercera hipótesis específica**

Se establecieron la hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1), de la siguiente manera:

H_0 : La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética no influye positivamente en la resistencia a tracción del concreto celular.

H_1 : La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la resistencia a tracción del concreto celular presentando valores entre 10 y 15% de la resistencia a la compresión.

Luego, se trabajó con la prueba de Shapiro Wilk.

Tabla 26. Prueba de Shapiro-Wilk – resistencia a tracción

Grupos de ensayo	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MP	,998	3	,917
MT-1	,997	3	,888
MT-2	,977	3	,708
MT-3	1,000	3	,970

Interpretación: Se puede identificar que el p-valor de todas las muestras pertenecientes a los grupos de ensayo superaron a la significancia de 0.05, por lo cual se verificó que los datos se han distribuido de manera normal.

Tabla 27. Prueba de homocedasticidad– resistencia a tracción

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,200	3	8	,894

Según la Tabla 27, del estadístico de Levene, el p-valor fue de ,894, superior a 0,05, lo que indica que no hay diferencias significativas entre varianzas de los grupos. Luego, se emplea la prueba Anova.

Se muestra la regla de decisión para contrastar la primera hipótesis específica.

$$H_0: U_{control} = U_{tratamiento}$$

$$H_a: U_{control} \neq U_{tratamiento}$$

Tabla 28. Prueba Anova – resistencia a tracción

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	252,297	3	84,099	397,256	,000
Dentro de grupos	1,694	8	,212		
Total	253,991	11			

De la Tabla 28, que muestra los resultados de Anova obtenidos, es factible inferir que el p-valor es inferior a 0.05. Razón por la cual, la H_0 es rechazada y la H_a se acepta. Esto indica que la afirmación de que la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la resistencia a tracción del concreto celular presentando valores entre 10 y 15% de la resistencia a la compresión, es aceptada.

Luego, mediante la prueba HSD Tukey se procedió a verificar las diferencias significativas entre las medias de los grupos.

Tabla 29. Prueba HDS Tukey – resistencia a tracción

Grupos de ensayo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
MP	3	3	24,2767		
MT-1	3	3		27,5167	
MT-2	3	3			29,7233
MT-3	3	3			
Sig.			1,000	1,000	1,000

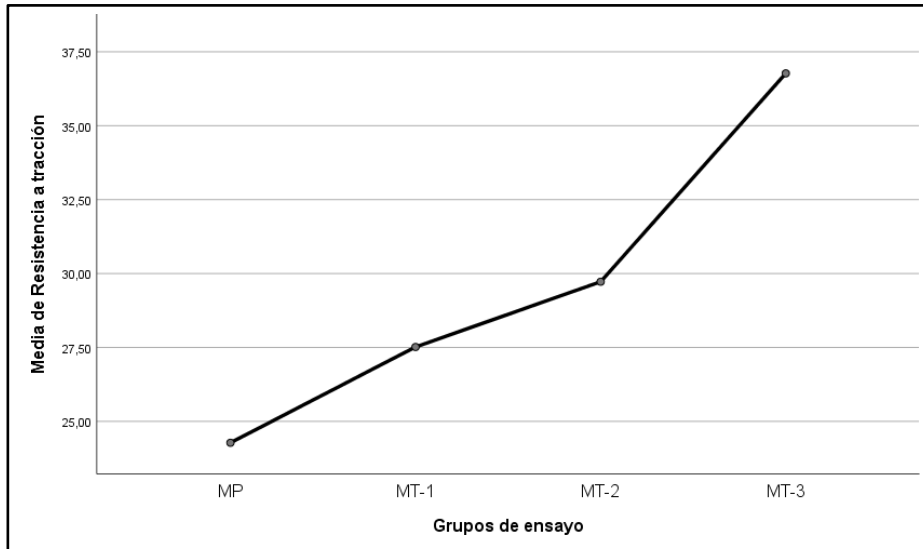


Figura 30. Diagrama de medias de la resistencia a tracción

De la Tabla 28 y la Figura 30, respecto a la prueba de Tukey y el gráfico de medias de la misma, se identifica que, la resistencia a tracción del concreto patrón es menor que los demás grupos, mientras que el grupo experimental con 7% de adición es mayor que las demás muestras de tratamiento, por lo tanto, la espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la tracción del concreto celular.

IV. DISCUSIÓN

Respecto al objetivo específico 1, que fue determinar la influencia de la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética en la densidad del concreto celular, se halló que las muestras de tratamiento con 3%, 5% y 7% de dichos aditivos aumentaron sus densidades en 1,67%, 3,22% y 4,34%, respectivamente, en comparación con la muestra patrón, lo cual indica que se vuelve más denso, lo que a su vez aumenta su resistencia a la compresión. Como resultado, la densidad aumenta con las adiciones, lo que demuestra una relación directamente proporcional y la mejora de esta cualidad. Además, se confirmó que todas las unidades de prueba cumplían la norma ACI 523, porque tuvieron densidades superiores a 800 kg/m³ e inferiores a 1920 kg/m³. Cabe decir que, el mayor valor de densidad lo presentó la muestra de tratamiento con 7% de adición, confirmando que, por haber mostrado el mejor comportamiento, es la muestra óptima.

Además, A partir del análisis estadístico, se determinó que los datos tenían una distribución normal, por lo que se realizó la prueba ANOVA, donde todos los grupos tuvieron valores p de 0,00, que es inferior al nivel de significación de 0,05, lo que significa que se aceptó la H_a y se rechazó la H_o . Esto indica que la afirmación de que, la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1900 kg/m³, es aceptada.

Comparando con los resultados del estudio de Córdova y Rojas (2021), que relacionaron las características del concreto celular convencional e incluyendo polvo de aluminio y aditivo espumante en 3%, 4% y 5%, en relación al cemento con el fin de optimizar los diseños, obtuvieron que las adiciones fueron óptimas, mostrando un aumento significativo en comparación con el diseño estándar. Estos resultados coinciden con los de la presente investigación, pues con las adiciones de espumante, microsílíce y fibra sintética, la densidad aumentó, mejorando su comportamiento. Lo que dio lugar a un aumento de sus densidades en 1,67%, 3,22% y 4,34%, respectivamente, en comparación con el concreto estándar, este parámetro indica que se vuelve más denso, incrementando así su resistencia a la compresión.

Baca y Urrutia (2021), quienes realizaron 3 diseños de mezclas de concreto ligero, obtuvieron que, se redujo la densidad mostrando un valor máximo de 800kg/cm^3 con 60% de aire incorporado, por lo que era más ligero que tres cuartas partes del peso del concreto normal. En contraste con ello, con las presentes incorporaciones si se mostraron aumentos en la densidad, ello debido a la adición de fibras sintéticas y microsílíce, principalmente.

Respecto al **objetivo específico 2**, determinar la influencia de las cantidades de espumante, microsílíce y fibra sintética en la resistencia a compresión del concreto celular, se encontró que las muestras de tratamiento con 3%, 5% y 7%, obtuvieron valores de 144.85, 150.72 y 161.03 kg/cm^2 , representando el 69%, 72% y 77% de la resistencia de diseño, respectivamente y sobrepasando a la muestra patrón en 3.38%, 7.57% y 14.93%, respectivamente. Además, la máxima resistencia a compresión la presentó la muestra con 7% de adición, siendo el porcentaje óptimo al presentar la mayor resistencia. Asimismo, esta propiedad en las muestras de tratamiento crecía a medida que se realizaban las incorporaciones, lo que indicaba una clara relación directa entre ellas.

Además, los datos mostraron normalidad en el análisis estadístico, y las significaciones fueron inferiores a 0,05 en el ANOVA. Así pues, se aceptó H_1 y se negó H_0 de acuerdo con la regla de decisión. En otras palabras, se reconoció que la inclusión de agente espumante, microsílíce y fibra sintética afecta en gran medida a la resistencia a la compresión del hormigón celular, que es superior a $f'c$ 210 kg/cm^2 .

Al comparar los resultados del presente trabajo de Huaman y Villanueva (2020), que se centraron en evaluar las características mecánicas de los bloques de hormigón celular ligero (HCL) para su uso en sistemas de mampostería confinada y enmarcada, utilizando 2 diseños distintos con adición de fibras al 3% y 6%, obtuvieron que las resistencias máximas de diseño fueron de 45 kg/cm^2 y 52.3 kg/cm^2 , respectivamente, por lo cual determinaron que, el segundo diseño fue el óptimo. Coincidiendo con estos resultados porque el comportamiento del concreto mejoró notable y progresivamente mientras se realizaban las modificaciones.

Comparando los resultados del presente trabajo de Cabezas y Peña (2022), quienes añadieron espumante y polvo de aluminio en concentraciones del 2%, 4% y 6% respecto al peso del cemento, obtuvieron que la proporción óptima fue 2% de polvo de aluminio, alcanzando una resistencia a la compresión de 205 kg/cm², lo que demuestra que el concreto celular demostró un aumento de esta propiedad cuando se añadió una menor proporción de aluminio. Por lo que, se diferencia de los presentes resultados, pues a medida que se adicionó la fibra en conjunto con el microsíllice, la resistencia a compresión se incrementó, esto debido a las densidades de dichos materiales pues fueron mayores a la densidad del cemento.

Se compararon los resultados con la investigación realizada por Higuera y Cárdenas (2021), que, al incluir arcilla expandida al concreto liviano, obtuvieron como resultado una disminución del 36% en la resistencia a compresión respecto al concreto patrón, por lo cual concluyeron que emplear arcilla expandida de origen colombiano en una proporción de hasta el 50% en comparación con los agregados convencionales es adecuado para fabricar de concreto liviano. Lo cual difiere de los resultados presentes pues a mientras se incorporaban los aditivos escogidos, la resistencia fue aumentando, eso debido a las características intrínsecas de los materiales utilizados. Además, se observa que las adiciones del presente trabajo son mucho menores por lo cual no afectan negativamente al concreto y, a la vez, logra conservar las características para ser calificado como concreto celular.

De acuerdo con el objetivo específico 3, determinar la incidencia de la incorporación de espumante, microsíllice y fibra sintética en la resistencia a la tracción del concreto celular, se encontró que las muestras de tratamiento con 3%, 5% y 7%, representaron el 11.40%, 11.83% y 13.70%, respectivamente de la resistencia a compresión a la edad de 28 días y sobrepasaron al concreto patrón en 13.36%, 22.44% y 51.46%, respectivamente. Por ende, se verificó que, cuando se realizaron las adiciones, la resistencia a tracción del concreto adicionado aumentó de valor, manteniendo una relación directa. Cabe decir que, todas las muestras de ensayo cumplían los requisitos establecidos en la norma para ser designadas como concreto celular.

Además, el análisis estadístico reveló que todos los datos se distribuían normalmente y que la significación era inferior a 0,05 cuando se utilizó la prueba paramétrica ANOVA. Así pues, se aprobó H1 y se rechazó H0 de acuerdo con la regla de decisión. Dicho de otro modo, es cierto que la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1900 kg/m³.

Guillermo y Urrutia (2021), que examinaron el uso de concreto ligero en 4 diseños con 40%, 50% y 60% de Aditivo espumante Foamine C, de lo cual obtuvieron como resultados que a los 28 días con un diseño de 40% se logró una resistencia de 14 kg/cm², resultando ser el porcentaje de adición óptimo. Por ende, se puede reflejar que, en el presente trabajo con la incorporación de espumante, microsílíce y fibras sintéticas se obtienen valores mayores de resistencia a tracción, debido a la acción de estos dos últimos materiales.

Luego, De la cruz y Mucho (2020), que agregaron humo de sílice (SF) al concreto celular de baja densidad en porcentajes de 5 % y 10%, obtuvieron como resultados que, el reemplazo de SF en peso del cemento mejora la resistencia a la tracción, siendo la dosis óptima el 10% SF, aumentando en un 13.82% con respecto al concreto patrón. Con lo cual se asemeja relevantemente con el presente estudio, pues se identificó un comportamiento similar pues la resistencia tracción se relacionaba directamente con el aumento de las incorporaciones.

Dicho lo argumentado, las limitaciones que se presentaron en el presente estudio fueron, respecto a la adición de microsílíce y fibra sintética, pues, inicialmente, se realizó una prueba piloto en la que se observó una disminución de la resistencia al aumentar los porcentajes de adición (5%, 7,5% y 10%). En consecuencia, se modificó el diseño para reducir los porcentajes de adición y determinar el punto de inflexión máximo, que fue del 7%, en el que las propiedades mostraban resultados óptimos.

Sin embargo, el presente trabajo mostró fortalezas en términos de análisis de datos, ya que permitió realizar análisis estadísticos mediante pruebas paramétricas y validar las hipótesis presentadas porque se disponía de tres muestras para cada diseño.

Además, dado que la mayoría de los aditivos eran accesibles y podían volver a utilizarse para mejorar el concreto celular, también fue factible conseguirlos de inmediato.

El aporte del presente estudio reside en última instancia en que, gracias a los resultados obtenidos, es posible mejorar las características del concreto celular con el fin de garantizar tanto su óptimo comportamiento como la durabilidad de las futuras construcciones que lo utilicen. Esto se debe a que las adiciones utilizadas indican una notable mejora de la resistencia mecánica y de las propiedades físicas del hormigón.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en el concreto celular permitiendo que sea ligero y resistente, considerando que al añadir estos aditivos en porcentajes de 0%, 3%, 5% y 7%, la densidad presentó valores de 1823.86, 1854.26, 1882.53 y 1903.01 kg/cm³, la resistencia a compresión 241.41, 251.20 y 268.39 kg/cm² y la resistencia a tracción 24.28, 27.52, 29.72 y 36.77 kg/cm², respectivamente, siendo la adición óptima el 7% por presentar los mejores resultados para una mejor calidad del concreto celular.
2. Se determinó que, la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1900 kg/m³, considerando que los 4 diseños con 3%, 5% y 7% de adición tuvieron valores de 1823.86, 1854.26, 1882.53 y 1903.01 kg/cm³. Por lo cual al encontrarse entre los valores de 800 a 1920 kg/m³, cumplieron con el rango de la norma ACI 523, determinando que, a mayor porcentaje de adición de 3%, 5% y 7% la densidad del concreto aumentó en 1,67%, 3,22% y 4,34%, respectivamente.
3. Se concluyó que, la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto celular, siendo mayor a f'c 210 kg/cm², procedimiento por el que quedó claro que esta adición era crucial para elevar la calidad del concreto celular, tomando en consideración que al adicionar 3%, 5% y 7%, obtuvieron valores de 144.85, 150.72 y 161.03 kg/cm² a los 28 días, representando el 69%, 72% y 77% de la resistencia de diseño, respectivamente, lo cual contribuyó a lograr los resultados esperados.
4. Se determinó que la adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la resistencia a tracción del concreto celular presentando valores entre 10 y 15% de la f'c, teniendo en cuenta que la resistencia a tracción de las muestras de tratamiento con 3%, 5% y 7%, representaron el 11.40%, 11.83% y 13.70%, respectivamente de la resistencia a compresión a una edad de 28 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda, hacer ensayos en probetas con mayores cantidades de microsílíce y fibra sintética de acuerdo al volumen del cemento y agregado fino respectivamente, debido a la diferencia de estos materiales, con el fin de confirmar un nuevo punto de inflexión en la gráfica. Por ejemplo, a partir de las cantidades utilizadas en este estudio que fueron 3%, 5% y 7% con respecto al peso de cemento, se demostró que se encontraba un punto de inflexión en la curva que se formaba en el diagrama de dispersión, con un valor máximo del 7%.
2. Respecto a la densidad, se recomienda ajustar la cantidad de aditivo espumante. Debido a que, un aumento controlado en la cantidad de aditivo espumante puede disminuir la densidad del concreto, logrando un material más liviano sin comprometer significativamente otras propiedades mecánicas.
3. Se recomienda incorporar microsílíce en la mezcla, puesto que, mejora la microestructura del concreto, incrementando su densidad y, por ende, se optimiza su resistencia a la compresión.
4. Para aumentar la resistencia a la tracción del concreto celular, se sugiere incluir fibras sintéticas. Las fibras ayudan a mejorar la tenacidad del material y su capacidad de resistir fuerzas de tracción, distribuyendo mejor las tensiones internas y reduciendo la propagación de grietas.

REFERENCIAS

ABANTO Castillo, T. F. (2018). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería* (2 ed.). Lima: San Marcos E.I.R.L.

ÁLVAREZ Risco, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. *Universidad de Lima*, 1-5. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-lima/metodologias-de-investigacion/clasificacion-de-las-investigaciones/49775135>

ARIAS Gómez, J., Villasís Keever, M., & Miranda Novales, M. (2016). *El protocolo de investigación III. La población de estudio*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

ARIAS Gonzáles, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica* (1 ed.). (E. C. EIRL, Ed.) Arequipa, Perú: Biblioteca Nacional del Perú.

ASTM C150. (2022). *Standard Specification for Portland Cement*. Obtenido de https://store.accuristech.com/standards/astm-c150-c150m-22?product_id=2259926

ASTM C-33. (2023). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. Obtenido de https://store.accuristech.com/standards/astm-c33-c33m-23?product_id=2570494

ASTM C496. (2017). *Resistencia a la tensión indirecta de cilindros de concreto*.

AZCONA, M., Manzini, F., & Dorati, J. (2013). Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación: Aplicación a la investigación en psicología. *IV Congreso Internacional de Investigación*. Obtenido de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.12219/ev.12219.pdf

BASILIO, J. (2019) *Análisis de escaleras prefabricadas con concreto celular para mejorar el proceso constructivo de las vías peatonales de Independencia, Lima-2019*. Universidad César Vallejo.

CABEZAS SOLIS, Javier; Peña Enriquez, Alessandro Rafael (2022). *Diseño de elementos estructurales con concreto celular de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Huachipa, Lurigancho 2022*.

CABRERA, María Inés (2018). Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción ecuatoriana, clasificados por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación. *INGENIO*, 2018, vol. 1, no 1, p. 15-30.

CASCAES da Silva, F., Gonçalves, E., Valdivia Arancibia, B. A., Grazielle Bento, G., da Silva Castro, T. L., Soleman Hernandez, S. S., & da Silva, R. (2015). Estimadores de consistencia interna en las investigaciones en salud: El uso del coeficiente Alfa. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 32(1), 129-138. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342015000100019

CAUAS, Daniel (2017). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*. Disponible en <https://docplayer.es/13058388-definicion-de-las-variables-enfoque-y-tipo-de-investigacion.html>.

CHAMPI FLOREZ, Jaime; NAVARRO DURAND, Cliver Yenhilton (2021). *La influencia de ladrillo concreto celular para su uso en la construcción de losas aligeradas, Lima-2021*.

CHINER, E. (2020). La Validez. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19380/25/Tema%206-Validez.pdf>

CHOCCELAHUA Monge, J. A., & Coveñas Yovera, C. R. (2020). *Influencia del Poliestireno Expandido de un Concreto Celular en la Utilización de Elementos Estructurales*, Lima, 2020. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56853?show=full&locale=es>

CORDOVA, Marvin; FLORES, Jadick. *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto celular para optimizar el diseño utilizando aditivo espumante y polvo de aluminio. 2021*

COVEÑAS COVEÑAS, Christian; VALLE RIMAYCUNA, Yan Carlo (2019). *Diseño de bloques de concreto celular con fibras sintéticas para muros no estructurales en viviendas unifamiliares en la ciudad de Piura, 2019*.

CONDORI Ojeda, P. (2020). Universo, población y muestra. *Curso Taller*. Obtenido de <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>

DE LA CRUZ Lloclla, Luis David; MUCHO TICONA, Edson Jhimmy (2020). *Influencia del humo de sílice relacionado a las propiedades mecánicas del concreto celular de baja densidad Lima-2020*.

ENRIQUEZ Sanchez, Victor Manuel; ORBEGOSO CASTILLO (2020), Julio Daniel. *Diseño de un concreto celular con la aplicación de perlas de poliestireno para mejorar la resistencia a compresión. Tarapoto, 2020*.

GONZALES, Jorge y Pazmiño, Mauro. Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista Científica*, 2015. Disponible en <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-423821>

GUILLERMO Baca, Ricardo Jorge; Urrutia López, Víctor Raúl (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de muros fabricado con bloques apilables de concreto celular, Lima. 2021*.

HERNÁNDEZ Moreno, Daniela (2019). *Concreto celular para implementación de elementos prefabricados en espacio público urbano*.

HERNÁNDEZ Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Interamericana Editores, S.A.

NTP 339.035. (1999). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrahams*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/download/ntp-3390352009pdf-pdf-free.html>

NTP 339.04. (2017). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas>

NTP 400.037. (2019). *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en*

concreto (4 ed.). Lima, Perú.

ÑAUPAS Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., & Romero Delgado, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5 ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

OTZEN, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Joournal Morphol*, 35(1). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

PASQUEL Carbajal, E. (2019). *Tópicos de tecnología del concreto* (4 ed.). Lima, Perú.

PASTRANA, J., Silva Urrego, Y., Adrada Molano, J., & Delvasto Arjona, S. (2020). Propiedades físico mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto. *Informador Técnico*, 83(2), 174-190. doi:doi: <http://doi.org/10.23850/22565035.2170>

PIETROPAOLI, A., Basti, F., Veiga Álvarez, Á., & Maqueda Blasco, J. (2015). Handling fiberglass at workplaces, potential health effects and control measures (Review). *Springer Science & Business Media.*, 61(240), 393-414. doi:<https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000300008>

RIVVA Lopez, E. (2019). *Tecnología del concreto: Diseño de mezclas* (4 ed.). Lima, Perú.

SIDDIQUE, R., & Mehta, A. (2014). Effect of micro-silica on the strength and permeability of concrete: A review. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 8(10), 1432-1444.

SIKA Perú. (2023). *Sika® Lightcrete Aditivo para concreto alivianado*. Obtenido de Sika Building Trust: <https://bol.sika.com/es/construccion-sika/concreto/esenciales-para-concreto/sika-lightcrete.html>

VÁSQUEZ Ramírez, A., Guanuchi Orellana, L., Cahuana Tapia, R., Vera Teves, R., & Holgado Tisoc, J. (2023). *Métodos de investigación científica*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. doi:<https://doi.org/10.35622/inudi.b.094>

VILLASÍS Keever, M., Márquez González, H., Zurita Cruz, J., Miranda Novales, G., & Escamilla Núñez, A. (2018). El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Revista Alergia México*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v65n4/2448-9190-ram-65-04-414.pdf>

HIGUERA, Camilo; pulido, Jhon Cárdenas; Aguilar, A. Vargas (2022). Mechanical and durability performance of lightweight concrete (LWC) from colombian thermally expanded clay aggregates. *Scientia et Technica*, , vol. 27, no 3, p. 167-176.

KOSMATKA, S. H., Kerkhff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association.

KUMAR, Arora, Kapoor, Mohammed, Majumdar Y Thinnukool (2022). Compressive Strength Prediction of Lightweight Concrete: Machine Learning Models.

KARL, TIMO Y NANCY. (2020). *Lightweight Concrete – From Basics to Innovations*.

HERNÁNDEZ Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Interamericana Editores, S.A.

NICOMEDES, Esteban. TIPOS DE INVESTIGACIÓN (2018). *Revista Científica*. 2018. Disponible en [http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos delInvestigacion.pdf](http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos%20de%20Investigacion.pdf)

NTP 339.035. (1999). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrahams*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/download/ntp-3390352009pdf-pdf-free.html>

NTP 339.04. (2017). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas>

NTP 400.037. (2019). *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto* (4 ed.). Lima, Perú.

ÑAUPAS Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., & Romero Delgado, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5 ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

OTZEN, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal Morphol*, 35(1). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

PACHECO TINOCO, Ricardo Daniel (2018). *Propiedades físico-mecánicas del concreto celular con poliestireno expandido y su aplicación en la industria de la construcción*.

PALACIO León, Ó., Chávez Porras, Á., & Velásquez Castiblanco, Y. L. (2017). Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados. *Tecnura*, 96-106. doi:http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017_3.a06

SOLAK, Alfonso Miguel (2017). El fenómeno de la segregación en hormigones ligeros. Índice de Segregación y estudio ultrasónico. En *Proceedings of the VII Congreso Internacional de Estructuras, A Coruña, Spain*. p. 20-22.

PASQUEL Carbajal, E. (2019). *Tópicos de tecnología del concreto* (4 ed.). Lima, Perú.

PASTRANA, J., Silva Urrego, Y., Adrada Molano, J., & Delvasto Arjona, S. (2020). Propiedades físico mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto. *Informador Técnico*, 83(2), 174-190. doi:<http://doi.org/10.23850/22565035.2170>

PIETROPAOLI, A., Basti, F., Veiga Álvarez, Á., & Maqueda Blasco, J. (2015). Handling fiberglass at workplaces, potential health effects and control measures (Review). *Springer Science & Business Media*, 61(240), 393-414. doi:<https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000300008>

RASHEED, Mohammad, Prakash Y Suriya (2018). Comportamiento del hormigón ligero celular reforzado con fibras sintéticas híbridas bajo tensión uniaxial. *Estudios experimentales y analíticos*, p.857 – 870.

RIVVA Lopez, E. (2019). *Tecnología del concreto: Diseño de mezclas* (4 ed.). Lima, Perú.

SIDDIQUE, R., & Mehta, A. (2014). Effect of micro-silica on the strength and permeability of concrete: A review. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 8(10), 1432-1444.

SIKA Perú. (2023). *Sika® Lightcrete Aditivo para concreto alivianado*. Obtenido de Sika Building Trust: <https://bol.sika.com/es/construccion-sika/concreto/esenciales-para-concreto/sika-lightcrete.html>

VÁSQUEZ Ramírez, A., Guanuchi Orellana, L., Cahuana Tapia, R., Vera Teves, R., & Holgado Tisoc, J. (2023). *Métodos de investigación científica*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. doi:<https://doi.org/10.35622/inudi.b.094>

VÁSQUEZ & Orellana, Héctor Manuel. *Determinación de las propiedades mecánicas y físicas del concreto celular utilizando distintas dosis de agente espumante* (2019). Tesis Doctoral. Universidad del Valle de Guatemala.

VILLANUEVA ORE, Dany Daniel; HUAMAN QUISPE, César Anthony (2020). *Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en Lima 2020*.

VILLASÍS Keever, M., Márquez González, H., Zurita Cruz, J., Miranda Novales, G., & Escamilla Núñez, A. (2018). El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Revista Alergia México*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v65n4/2448-9190-ram-65-04-414.pdf>

WISWAMITRA, Ketut, Dewi, Siri, Moch and Wibowo (2021). Heat resistance of lightweight concrete with plastic aggregate from pet (polyethylene terephthalate). *Mineral Filler*, 2021, vol.8 (1), p.99 – 118.

YOC CHAMALÉ, Jimmy Alexander (2018). *Fabricación y evaluación experimental de unidades de mampostería de concreto celular de espuma preformada*. 2018. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.

ZHOU, Brooks (2019). Propiedades térmicas y mecánicas del hormigón estructural ligero que contiene áridos ligeros y cenosferas de cenizas volantes, p.512-526.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización

Uso de espumante, microsilíce y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular.							
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDIDA	METODOLOGÍA
VARIABLE Espumante con microsilíce y fibra de vidrio	Son fragmentos de tamaño mínimo que se distribuyen alrededor de todo concreto, y que pueden estar compuesto por materiales como Carbon Polopropileno, Poliestireno, etc (Sika Perú S. A., 2017).	La adición de un espumante, microsilíce y fibra sintética producirá una resistencia a la tracción entre 8 y 15% de la resistencia a la compresión	Diseño de Mezcla	Cemento Kg, agua Lt, arena m3	• Kg • Lt m3	Razón	Tipo de investigación Aplicada Método de investigación Cuantitativa Diseño de investigación Experimental Nivel de investigación Explicativo Población 72 probetas Muestra 72 probetas Muestreo
			Espumante	Aislante térmico	Porcentaje (%)	Razón	
				Aislante acústico	Porcentaje (%)	Razón	
			Adición de los aditivos, espumante, microsilíce y	Dosificación con 5% con adición del espumante con microsilíce y fibra sintética.	Porcentaje (%)	Razón	
	Dosificación con 7.5% con adición del espumante con microsilíce y fibra sintética	Porcentaje (%)	Razón				

			fibra sintética	Dosificación con 10% con adición del espumante con microsilice y fibra sintética.	Porcentaje (%)	Razón	No probabilístico
VARIABLE	Las propiedades del concreto son parámetros requeridos de resistencia de los especímenes o muestras, los cuales pasaron del estado plástico al rígido con el tiempo, brindando características que son comúnmente utilizadas en la construcción. (Terrerros & Carvajal, 2016).	La resistencia tanto a compresion y flexion se realizan mediante ensayos en laboratorio y ensayos de fracturas de probetas y vigas los cuales tendrán días de curado, las cuales son 7, 14, 28 días, respecto a las propiedades físicas se realizarán ensayos de asentamiento y peso unitario	Propiedades Físicas	<ul style="list-style-type: none"> > Granulometría. > Asentamiento. > Peso unitario. > Porcentaje de espumante con microsilice y fibra de vidrio en 5%, 7.5%, 10% 	<ul style="list-style-type: none"> > Cm > n/m3 > % 	Razón	
			Propiedades Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> > Resistencia a la compresión. > Resistencia a la flexión. > Resistencia a la tracción. 	<ul style="list-style-type: none"> > F`c > F`y 	Razón	

Anexo 2. Matriz de consistencia

Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular,2023.						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problemas General	Objetivo General	Hipótesis General	VI: Aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética	Diseño de Mezcla	Cemento (Kg) agua (Lt) arena (m3) Confitillo (m3)	Tipo de investigación Aplicada
¿Cómo influye la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto celular?	Determinar la influencia del aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética en las propiedades físicas y mecánicas del concreto celular.	La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en el concreto celular permitiendo que sea ligero y resistente.		Espumante	Aislante térmico	cuantitativa
				Adición de los aditivos, espumante, microsílíce y fibra sintética	Dosificación con 3% con adición del espumante con microsílíce y fibra sintética.	Diseño de investigación Cuasi experimental
						Nivel de investigación Explicativo
				Dosificación con 5% con adición del espumante con microsílíce y fibra sintética.	Población 72 probetas	

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				Muestra 72 probetas	
PE1: ¿Cómo influye la incorporación de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética para obtener una densidad apropiada para el concreto celular?	OS1: Determinar la influencia de la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética en la densidad del concreto celular.	HS1: La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la densidad del concreto celular, siendo menor o igual a 1920 kg/m3.				Dosificación con 7% con adición del espumante con microsílíce y fibra sintética	Muestreo No probabilístico
PE2: ¿Cómo influye la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética para una resistencia a la compresión de f'c 210 kg/cm2?	OS2: Determinar la influencia de las cantidades de espumante, microsílíce y fibra sintética en la resistencia a compresión del concreto celular.	HS2: La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto celular, siendo mayor a f'c 210 kg/cm2.	VD: Propiedades Físicas y mecánicas	Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asentamiento. ➤ Peso unitario. ➤ Porcentaje de espumante con microsílíce y fibra sintética en 3%, 5%, 7% 		
PE3: ¿Cómo influye la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética para una resistencia a la tracción apropiada para el concreto celular?	OS3: Determinar la incidencia de la incorporación de espumante, microsílíce y fibra sintética en la resistencia a la tracción del concreto celular.	HS3: La adición de espumante, microsílíce y fibra sintética influye positivamente en la resistencia a tracción del concreto celular presentando valores entre 10 y 15% de la resistencia a la tracción.		Propiedades mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia a compresión ➤ Resistencia a tracción 		

Anexo 3. Matriz de validación del instrumento de recolección de datos

Investigador:	Huamán García José Leonardo y Villa Zamudio Jonathan Jairo					DNI N°	74837852 y 75400017				
Título de la investigación	"Uso de espumante, microsilice y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular, 2023".					Programa	Pregrado				
Universidad	Universidad César Vallejo					Se de	Ate				
Experto	Yessica Gutiérrez Villa					DNI N°	41942531				
Grado Académico	Magister										
Fecha	Día	10	Mes	12	Año	2023					
Aspecto por Evaluar					Opinión del experto						
Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítem/Pregunta	Escala	Norma	PUNTUACIÓN					Observaciones/Sugerencias
						1	2	3	4	5	
Aditivo espumante, microsilice y fibra sintética	Dosificación	5% 7.5% 10%	¿De acuerdo a su conocimiento y su experiencia cree usted que, tiene efectos favorables al adicionar el espumante, microsilice y fibra sintética al concreto?	Intervalo					X		Desde una información técnica y experimental, al añadir aditivo espumante al concreto celular se logra aumentar el asentamiento, se reduce la densidad, existe una reducción en la resistencia a la compresión y se establece la relación de la densidad con la conductividad térmica.

Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Propiedades físicas	Peso unitario	¿De acuerdo a su conocimiento y su experiencia cree usted que con el ensayo de peso unitario nos permitirá determinar la densidad de la presente muestra?		NTP 339.046					x	El ensayo del Peso Unitario permite determinar la densidad en masa en condición compactada o suelta considerando que, la densidad de masa se emplea en el diseño de mezclas con o sin adiciones.
	Propiedades Mecánicas	Asentamiento	¿De acuerdo a su conocimiento y su experiencia cree usted que con el ensayo de asentamiento nos permitirá medir la consistencia del concreto?		NTP 339.035					x	Así es, el ensayo de asentamiento del concreto o prueba del cono de Abrams es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto.
		Resistencia a compresión	¿De acuerdo a su conocimiento y su experiencia cree usted que con el ensayo de compresión nos permitirá evaluar el comportamiento mecánico del concreto?		NTP 339.034					x	Efectivamente, el ensayo de compresión se utiliza para determinar el comportamiento de un material bajo cargas de aplastamiento aplicadas el cual nos permite conocer la respuesta de la muestra en estado endurecido.
		Resistencia a flexión	¿De acuerdo a su conocimiento y su experiencia cree usted que con el ensayo de flexión nos permitirá evaluar el comportamiento mecánico del concreto?		NTP 339.078					x	Así es, considerando los objetivos del ensayo de flexión: - Determinar una curva carga-desplazamiento del prototipo - Determinar la distribución de deformaciones y de tensiones en la tela al estar solicitado el elemento a flexión.
			¿De acuerdo a su conocimiento y su experiencia cree usted que con el ensayo de tracción nos permitirá evaluar el comportamiento mecánico del								

		Resistencia la tracción	concreto?		NTP				X	mecánico máximo, con el que se puede someter a carga una carga sobre una muestra. Si se supera la resistencia a la tracción, se produce la rotura del material: La absorción de fuerzas disminuye hasta que la muestra finalmente se rompe. Sin embargo, antes de alcanzar la resistencia a la tracción, el material empieza a experimentar una deformación plástica, Si se supera la resistencia a la tracción, se produce la rotura del material.
					339.08					
					4					

Firma del experto	
--------------------------	--

Anexo 4. CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Yessica Gutiérrez Villa, como profesional de la carrera de ingeniería civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y efectos de su ampliación al personal que elabora la tesis titulada: **“Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular, 2024”**

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el cuadro:

TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTO

Investigador: Huamán García, José Leonardo Villa Zamudio, Jonathan Jairo	D.N.I. N°:74837852 y 75400017
Título de la investigación: “Uso de espumante, microsílíce y fibra sintética para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto celular, 2024”	
Universidad: Universidad César Vallejo	
Experto: Yessica Gutiérrez Villa	D.N.I. N°: 41942531
Grado académico: Doctor () Magister (x) Otros () Especifique:	
Institución donde labora: CONSORCIO DOME DEL NORTE	

Criterios	Indicadores	Valoración				
		Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%

1	CLARIDAD	Utiliza lenguaje apropiado				X	
2	OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto				X	
3	ACTUALIDAD	Acorde al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
5	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6	INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis			X		
7	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos			X		
8	COHERENCIA	Variables, dimensiones e indicadores están relacionado				X	
9	METODOLÓGICA	Persigue los objetivos a lograr en la investigación				X	
10	PERTINENCIA	Es adecuado al tipo de investigación				X	

Promedio de valoración:

Fecha de evaluación (d-m-a): 11/12/2023



.....

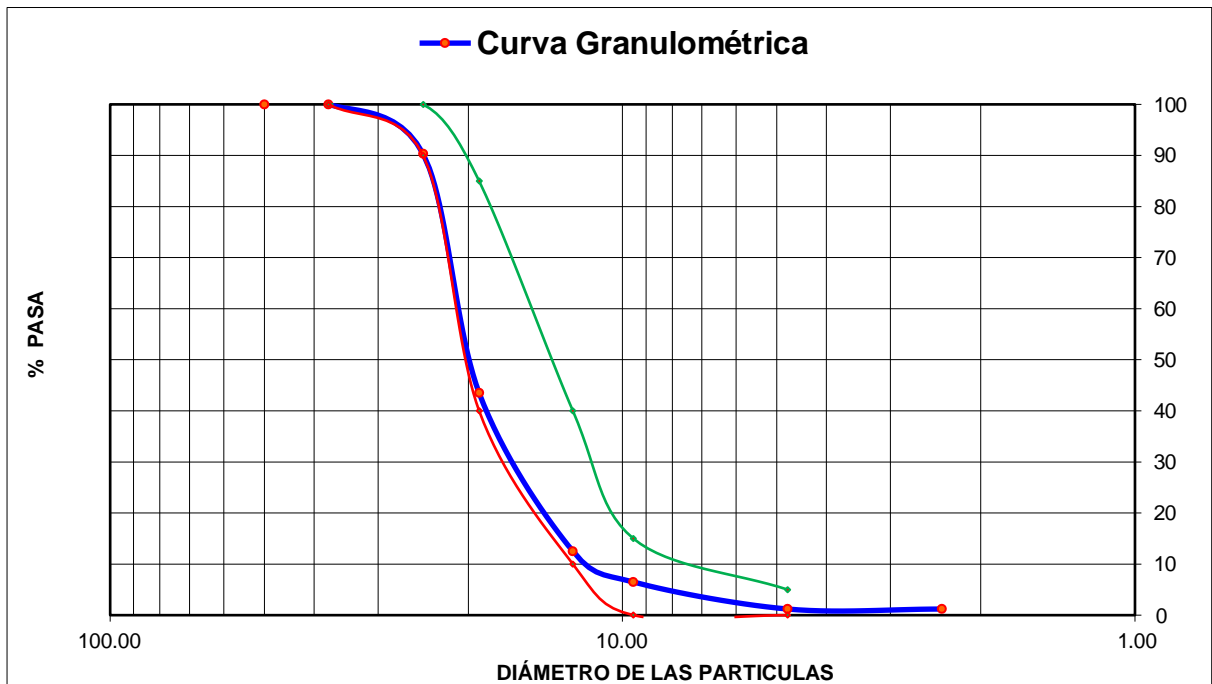
Firma

Anexo 5: Ficha de recolección de datos para el Análisis granulométrico del Agregado grueso

MATERIAL : AGREGADO GRUESO
PESO INICIAL HÚMEDO (g): 2 143.4
PESO INICIAL SECO (g): 2 138.5
Fecha de ensayo: 02/05/2023

CANTERA: UNICON
% W = 0.2
MF = 7.46

MALLA S	ABERTUR A (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONE S HUSO#56
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1"	24.50	208.3	9.7	9.7	90.3	90 - 100
3/4"	19.05	1 001.4	46.8	56.5	43.5	20 - 55
1/2"	12.50	662.5	31.0	87.5	12.5	5 - 30
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	6.5	0 - 10
Nº 4	4.75	288.00	12.31	12.31	1.2	0 - 6.5
Nº 8	2.36	0.0	0.0	12.31	1.2	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	12.31	1.2	
FONDO	--	2339.1	100	100.0	0.0	



Anexo 7: Ficha de recolección de datos del peso unitario suelto del agregado grueso

MATERIAL : AGREGADO **CANtera**
GRUESO : UNICON

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

1	Peso de la Muestra + Molde	g	30274	30262	30255
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	21074	21062	21055
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.377	1.397	1.387

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.387
--------------------------------------	------	--------------

Anexo 8: Ficha de recolección de datos del peso unitario compactado del agregado grueso

MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA:** UNICON

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

1	Peso de la Muestra + Molde	g	32139	32128	32114
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22939	22928	22914
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.418	1.422	1.420

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.420
--	------	--------------

Anexo 9: Ficha de recolección de datos del peso unitario suelto del agregado fino

MATERIAL : AGREGADO
FINO **CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA Nº	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	5916	5913	5914
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4294	4291	4292
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.534	1.565	1.575

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.565
--------------------------------------	------	--------------

Anexo 10: Ficha de recolección de datos del peso unitario compactado del agregado fino

MATERIAL : AGREGADO FINO **CANTERA** : TRAPICHE

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

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6578	6577	6575
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4956	4955	4953
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.772	1.771	1.769

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.772
--	------	--------------

Anexo 11: Ficha de recolección de datos para el ensayo peso específico y absorción del agregado fino

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	968.4	969.3	968.9
2	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	g	653.1	654.3	653.7
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	315.3	315	315.2
4	Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	645.4	645.3	645.3
5	Peso del Balón	g/cc	153.1	153.1	153.1
6	Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	492.3	492.2	492.2
7	Volumen del Balón (V)	cc	502.1	502.1	502.1

RESULTADOS

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$)	g/cc	2.70	2.66	2.68
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $((2)-(5))/(V-W)$)	g/cc	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-((2)-(5))-A]$)	g/cc	2.75	2.76	2.76
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(((2)-(5))-A)/A*100]	%	1.6	1.8	1.7

Anexo 12: Ficha de recolección de datos para el ensayo peso específico y absorción del agregado grueso

MUESTRA			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A	g	1286. 3	1295. 5	1290.9
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca B	g	2044. 3	2049. 8	2047.1
3	Peso muestra Seco C	g	2024. 2	2027. 5	2025.9
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = $B/B-A$	g/cc	2.70	2.72	2.71
5	Peso específico de masa = $C/B-A$	g/cc	2.67	2.73	2.71
6	Peso específico aparente = $C/C-A$	g/cc	2.74	2.77	2.76
7	Absorción de agua = $((B - C)/C)*100$	%	0.90	1.1	0.92

Anexo 14: Ficha de recolección de datos para el diseño de mezclas

Diseño de muestra	Cantidades en peso						
	Cemento	Agregado fino (kg)	Confitillo (kg)	Aditivo Espumante (kg)	Microsílice (kg)	Fibra sintética (kg)	Agua (lt/bls)
Concreto patrón	595	1142	127	-	-	-	242
Concreto con 3% de AE, M y FV	595	1164	129	2.98	8.93	5.95	240
Concreto con 5 % de AE, M y FV	595	1138	126	3.57	15.47	10.71	242
Concreto con 7% de AE, M y FV	595	1116	124	4.17	22.02	15.47	240

Tamaño en mm	Denominación más común	Clasificación	Uso como agregado de mezclas
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 – 0,074	Limo	Fracción fina	No recomendable
0,074 – 4,76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	Material apto para mortero o concreto
4,76 – 19,1 #4 – ¾"	Gravilla		Material apto para concreto
19,1 – 50,8 ¾" – 2"	Grava		Material apto para concreto
50,8 – 152,4 2" – 6"	Piedra	Agregado grueso	
> 152,4 6"	Rajón, Piedra bola		Concreto ciclópeo

Fuente: Revista 360 construcción

Anexo 19. Certificado de granulometría del agregado grueso



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	INFORME DE ENSAYO F-EAG-014
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO	REVISIÓN : 2.0 MATERIAL : AGREGADO

ASTM C 136 MTC E-204 NTP 400.012

N° DE CERTIFICADO EAG-GRF-2440013

DATOS DE LA MUESTRA Y CLIENTE

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
 PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
 UBICACIÓN : ATE
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO - PIEDRA DE HUSO #89
 CANTERA : UNICON
 UBICACIÓN : JICAMARCA

TECNICO : CHIRCCA. L
 FECHA EMISION : 28/05/2024

AGREGADO GRUESO HUSO # 89

Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	90.00
# 4	4.75 mm	288.00	12.31	12.31	87.69	20.00
# 8	2.36 mm	0.00	0.00	12.31	87.69	5.00
# 16	1.18 mm	0.00	0.00	12.31	87.69	0.00
# 30	0.59 mm	0.00	0.00	12.31	87.69	0.00
# 50	0.30 mm	0.00	0.00	12.31	87.69	0.00
# 100	0.15 mm	0.00	0.00	12.31	87.69	0.00
# 200	0.07 mm	0.00	0.00	12.31	87.69	0.00
Fondo		2051.00	87.69	100.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		2339.00				

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Modulo de Fineza 0.74
 Tamaño Maximo 3/4"

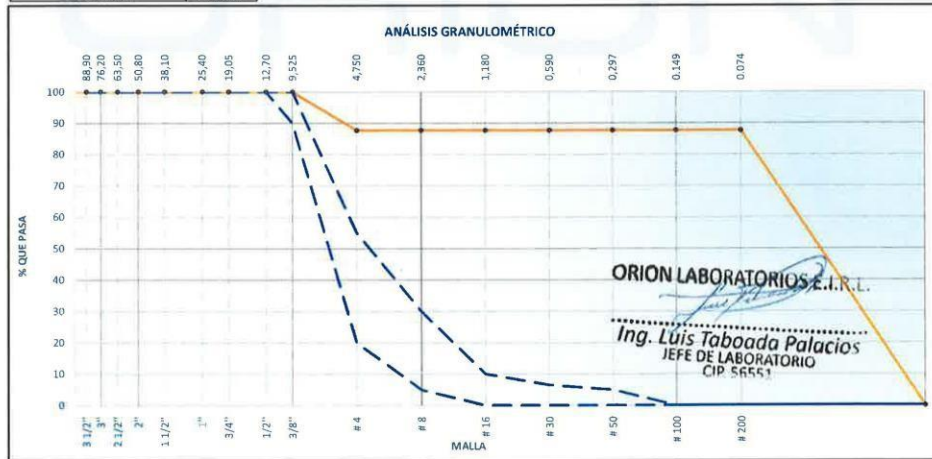
CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (g) 390.0
 Peso de muestra húmeda (g) 2737.0
 Peso de muestra seca (g) 2729.0
 % Humedad 0.34%

MATERIAL PASANTE LA MALLA N° 200 - ASTM C 117

Peso de tara (g) 390.0
 Peso de muestra seca (g) 2729.0
 Peso de muestra seca lavada (g) 2680.0
 % Material pasante la Malla N° 200 2.09%

OBSERVACIONES



Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15, Lurigancho | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971707204 - 936 601 894 - 945101989
 ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

Anexo 20. Certificado de granulometría del agregado fino



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	INFORME DE ENSAYO F-EAG-014
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - A. FINO MTC E-204 / NTP 400.012	REVISION : 2.0 FECHA DE CREA : 11/04/2017 MATERIAL : AGREGADO

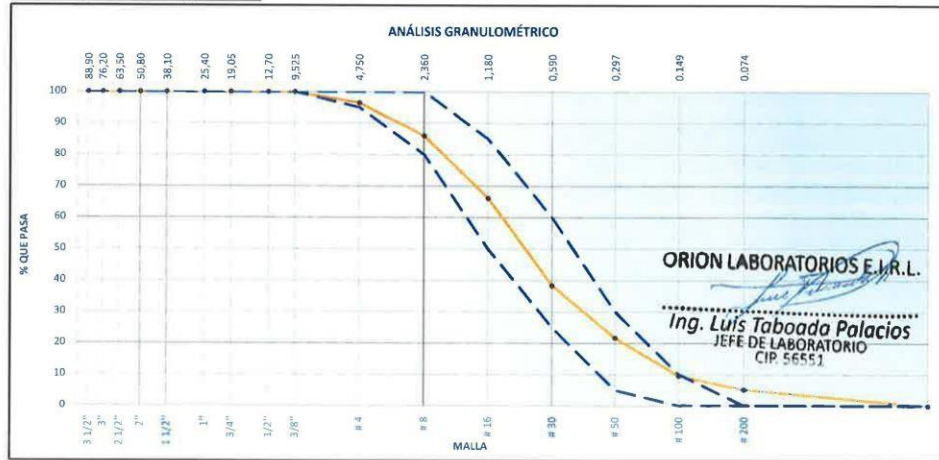
ASTM C 136	ASTM C 117	MTC E-204	NTP 400.012

N° DE CERTIFICADO **EAG-GRF-2440011**

DATOS DE LA MUESTRA Y CLIENTE	
ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA	TECNICO : L. CHIRCCA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"	FECHA EMISION : 28/05/2024
UBICACIÓN : ATE	
MATERIAL : ARENA GRUESA	
CANTERA : UNICON	
UBICACIÓN : JICAMARCA	

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	37.30	3.56	3.56	96.44	95.00
# 8	2.36 mm	109.50	10.44	13.99	86.01	80.00
# 16	1.18 mm	208.30	19.86	33.85	66.15	50.00
# 30	0.59 mm	291.80	27.82	61.67	38.33	25.00
# 50	0.30 mm	174.40	16.63	78.29	21.71	5.00
# 100	0.15 mm	127.00	12.11	90.40	9.60	0.00
# 200	0.07 mm	46.50	4.43	94.83	5.17	0.00
Fondo		54.20	5.17	100.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		1049.00				

CARACTERISTICAS FISICAS	
Modulo de Fineza	2.82
Tamaño Maximo	3/8"
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso de tara (g)	390.0
Peso de muestra húmeda (g)	1453.0
Peso de muestra seca (g)	1439.0
% Humedad	1.33%
MATERIAL PASANTE LA MALLA N° 200	
Peso de tara (g)	390.0
Peso de muestra seca (g)	1439.0
Peso de muestra seca lavada (g)	1404.0
% Material pasante la Malla N° 200	3.34%
OBSERVACIONES	



Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15, Lurigancho | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971707204 - 936 601 894 - 945101899
 ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

Anexo 21. Certificado de gravedad específica y absorción del agregado fino



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EAG-001AF
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO	REVISION : 2.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : AGREGADO

ASTM C128	MTC E-205	AASHTO T-84	NTP 400.022

N° CERTIFICADO EAG-PEAF-2440009

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
ATENCIÓN	: VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO	: "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN	: ATE
TECNICO	: CASAS. P
F. EMISION	: martes, 28 de Mayo de 2024
CANTERA	: UNICON
MATERIAL	: ARENA GRUESA
UBICACIÓN	: JICAMARCA

DESARROLLO DE ENSAYO - METODO DE LA FIOLA			
		Nº 1	Nº 2
1	Número de Fiola		
2	Peso de la Fiola (gr.)	146.1	145.6
3	Volumen de la fiola (cm3)	500.0	500.0
4	Peso de la arena sat. sup. seca + Peso de la Fiola (gr.)	646.1	645.6
5	Peso de la arena sat. sup. seca (gr.)	500.0	500.0
6	Peso de la arena sat. sup. seca + Peso de la Fiola + Peso de agua (gr.)	959.7	959.2
7	Peso del agua (gr.)	313.6	313.6
8	Peso del Recipiente (gr.)	176.3	194.3
9	Peso del Recipiente + Peso de la arena seca (gr.)	674.6	692.0
10	Peso de la arena seca (gr.)	498.3	497.7
11	Peso específico de masa	2.67	2.67
12	Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2.68	2.68
13	Peso específico aparente	2.70	2.70
14	Porcentaje de Absorción	0.34	0.46

RESUMEN DE RESULTADOS - PROMEDIO		
Peso específico de masa	2.67	g/cm3
Peso específico de masa S.S.S	2.68	g/cm3
Peso específico aparente	2.70	g/cm3
Porcentaje de Absorción	0.40	%

OBSERVACIONES

*La Muestra fue facilitada por el cliente.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56551

Los Huertos de Huachipa Mz. E L.I. 15, Luriganchu | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971707204 - 936 601 894 - 945101989
ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

Anexo 22. Certificado de gravedad específica y absorción del agregado grueso



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EAG-001AG
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.022 / MTC 205)	PAGINA : 1 DE 1 REVISION : 2.0 MATERIAL : AGREGADO

N° CERTIFICADO EAG-PEAG-2441B025

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
ATENCIÓN	: VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO	: "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN	: ATE
F. EMISION	: martes, 28 de Mayo de 2024
TECNICO	: CASAS, P
CANTERA	: UNICON
MATERIAL	: AGREGADO GRUESO - PIEDRA DE HUSO #89
UBICACIÓN	: JICAMARCA

DESARROLLO DE ENSAYO			
1	Peso del recipiente (gr.)	385.0	390.0
2	Peso del recipiente + Peso de la grava sat. sup. seca (gr.)	3062.0	3068.0
3	Peso de la grava sat. sup. seca (gr.)	2677.0	2678.0
4	Peso de la canastilla en el agua (gr.)	1240.0	1240.0
5	Peso de la grava sat. sup. seca + Peso canastilla dentro del agua (gr.)	2927.0	2932.0
6	Peso de la grava sat. sup. seca dentro del agua (gr.)	1687.0	1692.0
7	Peso del recipiente + Peso de la grava seca (g)	3038.0	3043.0
8	Peso de la grava seca (gr.)	2653.0	2653.0
9	Peso especifico de masa	2.68	2.69
10	Peso especifico de masa saturado superficialmente seco	2.70	2.72
11	Peso especifico aparente	2.75	2.76
12	Porcentaje de Absorcion	0.90%	0.94%

RESUMEN DE RESULTADOS - PROMEDIO		
Peso especifico de masa	2.69	g/cm ³
Peso especifico de masa saturado superficialmente seco	2.71	g/cm ³
Peso especifico aparente	2.75	g/cm ³
Porcentaje de Absorcion	0.92%	%

OBSERVACIONES

*La Muestra fue facilitada por el cliente.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56654



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EAG-007
Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de vacíos en los agregados	REVISIÓN : 2.0 MATERIAL : AGREGADO

ASTM C 29	MTC E-203	NTP 400.017	N° Cert.	EAG-PU-2470030
-----------	-----------	-------------	-----------------	-----------------------

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
ATENCIÓN	: VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO	: "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN	: ATE
TECNICO	: CASAS, P
F. EMISION	: martes, 28 de Mayo de 2024
CANTERA	: UNICON
MATERIAL	: ARENA GRUESA
UBICACIÓN	: JICAMARCA

AGREGADO FINO	P.U SUELTO		P.U COMPACTADO		
	M1	M2	M1	M2	
A	Peso del agregado Humedo + Recipiente (kg)	7.222	7.200	7.796	7.793
B	Peso recipiente de 1/10 pie 3	2.804	2.804	2.804	2.804
C	Peso agregado Humedo (kg)	4.418	4.396	4.992	4.989
D	Volumen del recipiente (m3)	0.002816	0.002816	0.002816	0.002816
E	Peso Unitario Humedo (kg/m3)	1569	1561	1773	1772
Promedio de Peso Unitario Humedo (kg/m3)		1565		1772	
F	Contenido de humedad (%)	1.33			
Promedio de Peso Unitario Seco - Agregado Fino (kg/m3)		1544		1749	

OBSERVACIONES

* El material fue facilitado por el cliente.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

Anexo 24. Certificado de peso unitario del agregado grueso



ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EAG-007
Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de vacíos en los agregados	REVISIÓN : 2.0 MATERIAL : AGREGADO

		N P
ASTM C 29	MTC E-203	NTP 400.017

N° CERTIFICADO EAG-PU-2470031

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
ATENCIÓN	: VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO	: "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN	: ATE
TECNICO	: CASAS. P
F. EMISION	: martes, 28 de Mayo de 2024
MATERIAL	: AGREGADO GRUESO / USO #89
CANTERA	: UNICON
UBICACIÓN	: CAJAMARQUILLA

Agregado N° 01	AGREGADO GRUESO HUSO # 89		P.U SUELTO		P.U COMPACTADO	
			M1	M2	M1	M2
	A	Peso del agregado Humedo + Recipiente (kg)	20.242	20.260	20.530	20.594
B	Peso recipiente de 1/3 pie 3	7.150	7.150	7.150	7.150	
C	Peso agregado Humedo (kg)	13.092	13.110	13.380	13.444	
D	Volumen del recipiente (m3)	0.009446	0.009446	0.009446	0.009446	
E	Peso Unitario Humedo (kg/m3)	1386	1388	1416	1423	
	Promedio de Peso Unitario Humedo (kg/m3)		1387		1420	
F	Contenido de humedad (%)	0.34				
	Promedio de Peso Unitario Seco - Agregado Grueso (kg/m3)		1382		1415	

OBSERVACIONES

* El material fue facilitado por el cliente.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56551



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423030
	REVISION : 1.0
	MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024

Pag.: 1 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (f'c)	210 kg/cm2	CEMENTO SOL TIPO I
------------------------------------	------------	--------------------

PARAMETROS ESPECIFICADOS POR EL CLIENTE

Asentamiento : 4" a 6" plg.
Relacion a/c : 0.42
% A. Fino : 90 %
% A. Grueso : 10 %

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EN SECO - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO I
Agua : 252 L Potable
Arena Gruesa : 1127 kg UNICON
A. Grueso # 89 : 126 kg UNICON
P.U del Concreto : 2100 kg/m3

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HUMEDO (Corregido) - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO I
Agua : 242 L Potable
Arena Gruesa : 1142 kg UNICON
A. Grueso # 89 : 127 kg UNICON
P.U del Concreto : 2106 kg/m3

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA	Uidades
Proporción en Peso	1	1.9	0.2	0.41	kg.

Observaciones

Este diseño se realizo para una resistencia de 210 kg/cm2 a pedido del cliente.
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56553

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003	
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME	: EMC-DC-2423030
	REVISION	: 1.0
	FECHA DE CREA.	: 11/04/2017
	MATERIAL	: CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 2 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSÉ LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO - ARENA ZARANDEADA UNICON	
Características Físicas	
Peso Específico de la masa (g/cm ³)	2.67
Peso Específico de la masa S.S.S. (g/cm ³)	2.68
Peso Específico aparente (g/cm ³)	2.70
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1565
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1772
Modulo de Fineza	2.82
Absorción (%)	0.4
Humedad (%)	1.33

AGREGADO GRUESO - PIEDRA DE HUSO # 89 UNICON	
Características Físicas	
Peso Específico de la masa (g/cm ³)	2.69
Peso Específico de la masa S.S.S. (g/cm ³)	2.71
Peso Específico aparente (g/cm ³)	2.75
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1387
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1420
Tamaño Maximo Nominal (plg.)	3/8"
Absorción (%)	0.92
Humedad (%)	0.34
Forma de Agregado	Angular

Granulometria		
Malla	% Retenido	
N° 4	3.56	
N° 8	10.44	
N° 16	19.86	
N° 30	27.82	
N° 50	16.63	
N° 100	12.11	
N° 200	4.43	
FONDO	5.17	

Granulometria		
Malla (plg - mm)	% Retenido	
2 pulg. (50.0 mm)		
1 1/2 pulg. (38.10 mm)		
1 pulg. (25.40 mm)		
3/4 pulg. (19.05 mm)		
1/2 pulg. (12.07 mm)		
3/8 pulg. (9.53 mm)		
N° 4 (4.75 mm)	12.31	
FONDO	87.69	

Observaciones

El muestreo e identificación de los materiales fueron realizados por el cliente.
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

 Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 55551

Anexo 26. Certificado de diseño de mezcla de concreto con 3% de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética.



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423032
	REVISIÓN : 1.0 MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024

Pag.: 1 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
 PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
 UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (f'c)	210 kg/cm2	CEMENTO SOL TIPO I
------------------------------------	------------	--------------------

PARAMETROS ESPECIFICADOS POR EL CLIENTE

Asentamiento : 4" a 6" plg.
 Relacion a/c : 0.42
 % A. Fino : 90 %
 % A. Grueso : 10 %

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EN SECO - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO 1
 Agua : 250 L Potable
 Arena Gruesa : 1149 kg UNICON
 A. Grueso # 89 : 129 kg UNICON
 P.U del Concreto : 2122 kg/m3

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HUMEDO (Corregido) - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO 1
 Agua : 240 L Potable
 Arena Gruesa : 1164 kg UNICON
 A. Grueso # 89 : 129 kg UNICON
 SIKA LIGHCRETE : 2.98 kg SIKA
 MICROSILICE : 8.93 kg SIKA
 FIBRA SINTETICA : 5.95 kg PRODIMIN
 P.U del Concreto : 2128 kg/m3

Proporción en Peso	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA	ADITIVO	ADITIVO	ADITIVO	Uidades
	1	2.0	0.2	0.40	0.2125	0.6375	0.4250	kg.

Observaciones

Este diseño se realizo para una resistencia de 210 kg/cm2 a pedido del cliente.
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 5555-1

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003	
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME	: EMC-DC-2423032
	REVISION	: 1.0
	FECHA DE CREA.	: 11/04/2017
	MATERIAL	: CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag... 2 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO - ARENA ZARANDEADA
UNICON

Características Físicas	
Peso Especifico de la masa (g/cm3)	2.67
Peso Especifico de la masa S.S.S. (g/cm3)	2.68
Peso Especifico aparente (g/cm3)	2.70
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1565
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1772
Modulo de Fineza	2.82
Absorción (%)	0.4
Humedad (%)	1.33

Granulometria		
Malla	% Retenido	
N° 4		3.56
N° 8		10.44
N° 16		19.86
N° 30		27.82
N° 50		16.63
N° 100		12.11
N° 200		4.43
FONDO		5.17

AGREGADO GRUESO - PIEDRA DE HUSO # 89
UNICON

Características Físicas	
Peso Especifico de la masa (g/cm3)	2.69
Peso Especifico de la masa S.S.S. (g/cm3)	2.71
Peso Especifico aparente (g/cm3)	2.75
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1387
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1420
Tamaño Maximo Nominal (plg.)	3/8"
Absorción (%)	0.92
Humedad (%)	0.34
Forma de Agregado	Angular

Granulometria		
Malla (plg - mm)	% Retenido	
2 pulg. (50.0 mm)		
1 1/2 pulg. (38.10 mm)		
1 pulg. (25.40 mm)		
3/4 pulg. (19.05 mm)		
1/2 pulg. (12.07 mm)		
3/8 pulg. (9.53 mm)		
N° 4 (4.75 mm)		12.31
FONDO		87.69

Observaciones

El muestreo e identificación de los materiales fueron realizados por el cliente.
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56551

Anexo 27. Certificado de diseño de mezcla de concreto con 5% de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética.



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423033
	REVISION : 1.0
	MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag... 1 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
 PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
 UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (f'c)	210 kg/cm2	CEMENTO SOL TIPO I
------------------------------------	------------	--------------------

PARAMETROS ESPECIFICADOS POR EL CLIENTE

Asentamiento : 4" a 6" plg.
 Relacion a/c : 0.42
 % A. Fino : 90 %
 % A. Grueso : 10 %

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EN SECO - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO I
 Agua : 252 L Potable
 Arena Gruesa : 1123 kg UNICON
 A. Grueso # 89 : 126 kg UNICON
 P.U del Concreto : 2095 kg/m3

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HUMEDO (Corregido) - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO I
 Agua : 242 L Potable
 Arena Gruesa : 1138 kg UNICON
 A. Grueso # 89 : 126 kg UNICON
 SIKALIGHTCRETE : 3.57 kg SIKALIGHTCRETE
 MICROSILICE : 15.47 kg SIKALIGHTCRETE
 FIBRA SINTÉTICA : 10.71 kg PRODIMIN
 P.U del Concreto : 2101 kg/m3

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA	ADITIVO	ADITIVO	ADITIVO	Unidades
Proporción en Peso	1	1.9	0.2	0.41	0.2550	1.1050	0.7650	kg.

Observaciones

Este diseño se realizo para una resistencia de 210 kg/cm2 por seguridad a pedido del cliente.
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L

Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 C.R. 365372

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003	
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME	: EMC-DC-2423033
	REVISIÓN	: 1.0
	FECHA DE CREACIÓN	: 11/04/2017
	MATERIAL	: CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 2 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO - ARENA ZARANDADA UNICON			AGREGADO GRUESO - PIEDRA DE HUSO # 67 UNICON		
Características Físicas			Características Físicas		
Peso Específico de la masa (g/cm ³)		2.67	Peso Específico de la masa (g/cm ³)		2.69
Peso Específico de la masa S.S.S. (g/cm ³)		2.68	Peso Específico de la masa S.S.S. (g/cm ³)		2.71
Peso Específico aparente (g/cm ³)		2.70	Peso Específico aparente (g/cm ³)		2.75
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)		1565	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)		1387
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)		1772	Peso Unitario Compactado (kg/m ³)		1420
Modulo de Fineza		2.82	Tamaño Maximo Nominal (plg.)		3/8"
Absorción (%)		0.4	Absorción (%)		0.92
Humedad (%)		1.33	Humedad (%)		0.34
			Forma de Agregado		Angular
Granulometría			Granulometría		
	Malla	% Retenido		Malla (plg - mm)	% Retenido
N° 4		3.56	2 pulg. (50.0 mm)		
N° 8		10.44	1 1/2 pulg. (38.10 mm)		
N° 16		19.86	1 pulg. (25.40 mm)		
N° 30		27.82	3/4 pulg. (19.05 mm)		
N° 50		16.63	1/2 pulg. (12.07 mm)		
N° 100		12.11	3/8 pulg. (9.53 mm)		
N° 200		4.43	N° 4 (4.75 mm)		12.31
FONDO		5.17	FONDO		87.69

Observaciones

El muestreo e identificación de los materiales fueron realizados por el cliente.
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

 Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 55551

Anexo 28. Certificado de diseño de mezcla de concreto con 7% de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética.



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423034
	REVISION : 1.0 MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 1 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (f'c)	210 kg/cm2	CEMENTO SOL TIPO I
------------------------------------	------------	--------------------

PARAMETROS ESPECIFICADOS POR EL CLIENTE

Asentamiento : 4" a 5" plg.
Relacion a/c : 0.42
% A. Fino : 90 %
% A. Grueso : 10 %

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EN SECO - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO 1
Agua : 252 L Potable
Arena Gruesa : 1102 kg UNICON
A. Grueso # 89 : 123 kg UNICON
P.U del Concreto : 2072 kg/m3

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HUMEDO (Corregido) - Materiales por m3

Cemento : 595 kg SOL TIPO 1
Agua : 242 L Potable
Arena Gruesa : 1116 kg UNICON
A. Grueso # 89 : 124 kg UNICON
SIKA LIGHCRETE : 4.17 kg SIKA
MICROSILICE : 22.02 kg SIKA
FIBRA SINTÉTICA : 15.47 kg PRODIMIN
P.U del Concreto : 2077 kg/m3

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA	ADITIVO	ADITIVO	ADITIVO	Udidades
Proporción en Peso	1	1.9	0.2	0.41	0.2975	1.5725	1.1050	kg.

Observaciones

Este diseño se realizo para una resistencia de 210 kg/cm2 a pedido del cliente.
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Luis Taboada Palacios
Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
C.P. 56551

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003	
DISÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME	: EMC-DC-2423034
	REVISION	: 1.0
	FECHA DE CREA.	: 11/04/2017
	MATERIAL	: CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 2 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTETICAPARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO - AREÑA ZARANDEADA UNICON		AGREGADO GRUESO - PIEDRA DE HUSO # 89 UNICON	
Características Físicas		Características Físicas	
Peso Especifico de la masa (g/cm3)	2.67	Peso Especifico de la masa (g/cm3)	2.69
Peso Especifico de la masa S.S.S. (g/cm3)	2.68	Peso Especifico de la masa S.S.S. (g/cm3)	2.71
Peso Especifico aparente (g/cm3)	2.70	Peso Especifico aparente (g/cm3)	2.75
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1565	Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1387
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1772	Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1420
Modulo de Fineza	2.82	Tamaño Maximo Nominal (plg.)	3/8"
Absorción (%)	0.4	Absorción (%)	0.92
Humedad (%)	1.33	Humedad (%)	0.34
		Forma de Agregado	Angular
Granulometria		Granulometria	
Malla	% Retenido	Malla (plg - mm)	% Retenido
N° 4	3.56	2 pulg. (50.0 mm)	
N° 8	10.44	1 1/2 pulg. (38.10 mm)	
N° 16	19.86	1 pulg. (25.40 mm)	
N° 30	27.82	3/4 pulg. (19.05 mm)	
N° 50	16.63	1/2 pulg. (12.07 mm)	
N° 100	12.11	3/8 pulg. (9.53 mm)	
N° 200	4.43	N° 4 (4.75 mm)	12.31
FONDO	5.17	FONDO	87.69

Observaciones

El muestreo e identificación de los materiales fueron realizados por el cliente.
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita de ORION Laboratorios EIRL.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

Anexo 29: Resistencia a la compresión-concreto patrón



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423030
	REVISIÓN : 1.0
	FECHA DE CREACIÓN : 11/04/2017
	MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag. 3 de 3

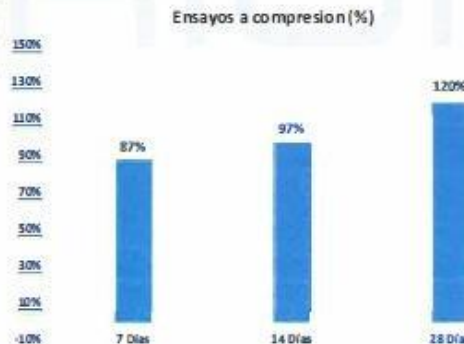
ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSÉ LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : USO DE ESPUMANTE, MICROSILICE Y FIBRA CINTÉTICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024*
UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - Fc	210 kg/cm ²	CEMENTO SOL TIPO I
-----------------------------------	------------------------	--------------------

ENSAYOS A COMPRESION

F. Muestras	F. Ensayo	Edad Ensayo (Días)	Carga (kg)	Area (cm ²)	Fc (kg/cm ²)	Fc (%)
28/05/2024	4/06/2024	7	14229	78.54	140.10	86%
28/05/2024	4/06/2024	7	14333	78.54	140.05	87%
28/05/2024	4/06/2024	7	14663	78.54	140.20	89%
28/05/2024	11/06/2024	14	15966	78.54	191.60	97%
28/05/2024	11/06/2024	14	15889	78.54	191.90	96%
28/05/2024	11/06/2024	14	16122	78.54	191.65	98%
28/05/2024	25/06/2024	28	19689	78.54	233.35	119%
28/05/2024	25/06/2024	28	19800	78.54	233.65	120%
28/05/2024	25/06/2024	28	19788	78.54	233.29	120%

RESUMEN DE ENSAYOS	
7 Días	87%
14 Días	97%
28 Días	120%



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 54551

Anexo 30: Resistencia a la compresión- concreto con 3% de aditivo espumante, microfílice y fibra sintética.



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423032
	REVISOR : L.O.
	FECHA DE CREACIÓN : 04/04/2017 MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 3 de 3

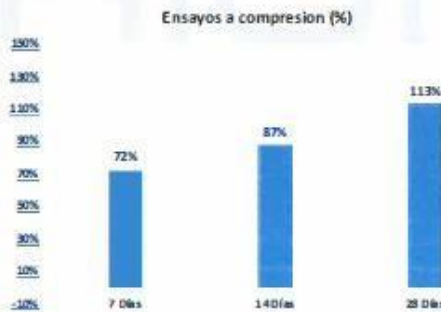
ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSÉ LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : USO DE ESPUMANTE, MICROFÍLICE Y FIBRA SINTÉTICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024
UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - Fc	210 kg/cm ²	CEMENTO SOL TIPO I
-----------------------------------	------------------------	--------------------

ENSAYOS A COMPRESION

F. Muestra	F. Ensayo	Edad Ensayo (Días)	Carga (kg)	Area (cm ²)	Fc (kg/cm ²)	Fc (%)
28/05/2024	4/06/2024	7	12041	78.54	144.72	73%
28/05/2024	4/06/2024	7	11735	78.54	145.02	71%
28/05/2024	4/06/2024	7	11888	78.54	144.80	72%
28/05/2024	11/06/2024	14	14514	78.54	197.80	88%
28/05/2024	11/06/2024	14	14320	78.54	198.16	87%
28/05/2024	11/06/2024	14	14417	78.54	197.98	87%
28/05/2024	25/06/2024	28	18658	78.54	241.20	113%
28/05/2024	25/06/2024	28	18500	78.54	241.70	112%
28/05/2024	25/06/2024	28	18579	78.54	241.73	113%

RESUMEN DE ENSAYOS	
7 Días	72%
14 Días	87%
28 Días	113%



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 31: Resistencia a la compresión- concreto con 5% de aditivo espumante, microfílice y fibra sintética.



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423033
	REVISIÓN : 1.0
	FECHA DE CREACIÓN : 11/04/2022
	MATERIAL : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 3 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSE LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : "USO DE ESPUMANTE, MICROFÍLICE Y FIBRA SINTÉTICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 2024"
UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - F'c	210 kg/cm ²	CEMENTO SOL TIPO I
------------------------------------	------------------------	--------------------

ENSAYOS A COMPRESION

F. Muestreo	F. Ensayo	Edad Ensayo (Días)	Carga (kg)	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c (%)
28/05/2024	4/06/2024	7	14836	78.54	150.87	90%
28/05/2024	4/06/2024	7	14057	78.54	151.03	85%
28/05/2024	4/06/2024	7	14447	78.54	150.26	88%
28/05/2024	11/06/2024	14	16087	78.54	206.19	98%
28/05/2024	11/06/2024	14	16051	78.54	206.41	97%
28/05/2024	11/06/2024	14	16069	78.54	205.36	97%
28/05/2024	25/06/2024	28	17633	78.54	251.45	107%
28/05/2024	25/06/2024	28	17311	78.54	251.72	105%
28/05/2024	25/06/2024	28	17472	78.54	250.43	106%

RESUMEN DE ENSAYOS	
7 Días	88%
14 Días	97%
28 Días	106%



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 25551

Anexo 32: Resistencia a la compresión- concreto con 7% de aditivo espumante, microfílice y fibra sintética.



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EMC-003
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	N° INFORME : EMC-DC-2423034
	REVISIÓN : 1.0
	REGLA DE CISA : 11/04/2017
	NATURALEZA : CONCRETO

Fecha Emisión : 25/06/2024
Pag.: 3 de 3

ATENCIÓN : VILLA ZAMUDIO JONATHAN, JOSÉ LEONARDO HUAMAN GARCÍA
PROYECTO : USO DE ESPUMANTE, MICROSLICE Y FIBRA SINTÉTICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CELULAR, 20'24"
UBICACIÓN : ATE

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - Fc 210 kg/cm² CEMENTO SOL TIPO I

ENSAYOS A COMPRESION

F. Muestreo	F. Ensayo	Edad Ensayo (Días)	Carga (kg)	Area (cm ²)	Fc (kg/cm ²)	Fc (%)
28/05/2024	4/06/2024	7	12522	78.54	161.02	76%
28/05/2024	4/06/2024	7	12156	78.54	160.98	74%
28/05/2024	4/06/2024	7	12339	78.54	161.10	75%
28/05/2024	11/06/2024	14	14072	78.54	220.06	85%
28/05/2024	11/06/2024	14	14129	78.54	220.01	86%
28/05/2024	11/06/2024	14	14101	78.54	220.17	85%
28/05/2024	25/06/2024	28	16444	78.54	268.37	109%
28/05/2024	25/06/2024	28	15988	78.54	268.30	108%
28/05/2024	25/06/2024	28	16216	78.54	268.50	110%

RESUMEN DE ENSAYOS	
7 Días	75%
8 Días	85%
28 Días	98%



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 33: Resistencia a la tracción-concreto patrón

Anexo 34: Resistencia a la tracción - concreto con 3% de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética.

Anexo 35: Resistencia a la tracción - concreto con 5% de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética.

Anexo 36: Resistencia a la tracción - concreto con 7% de aditivo espumante, microsílíce y fibra sintética.

Anexo 37: Panel Fotográfico

OBTENCIÓN DE MICROSÍLICE



Aditivo espumante



Microsílice



Fibra sintética



Aditivos: Microsílice, espumante y fibra de vidrio.

ENSAYOS A LOS AGREGADOS



Cuarteo de agregado fino



Granulometría de agregado fino



FABRICACIÓN DEL CONCRETO CELULAR



Ensayo de densidad del concreto



Ensayo de Slump del concreto



Ensayo de la olla de presión



Registro de peso de las probetas



Ensayo de resistencia a compresión



Ensayo de resistencia a tracción

ENSAYOS AL CONCRETO CON 3% DE ADITIVO ESPUMANTE, MICROSÍLICE

Y FIBRA SINTÉTICA.



Ensayo de densidad del concreto



Ensayo de Slump del concreto



Ensayo de la olla de presión



Registro de peso de las probetas



Ensayo de resistencia a compresión a los 7 días



Ensayo de resistencia a compresión a los 14 días



Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días



Ensayo de resistencia a tracción

ENSAYOS AL CONCRETO CON 5% DE ADITIVO ESPUMANTE, MICROSÍLICE Y FIBRA SINTÉTICA.



Ensayo de densidad del concreto



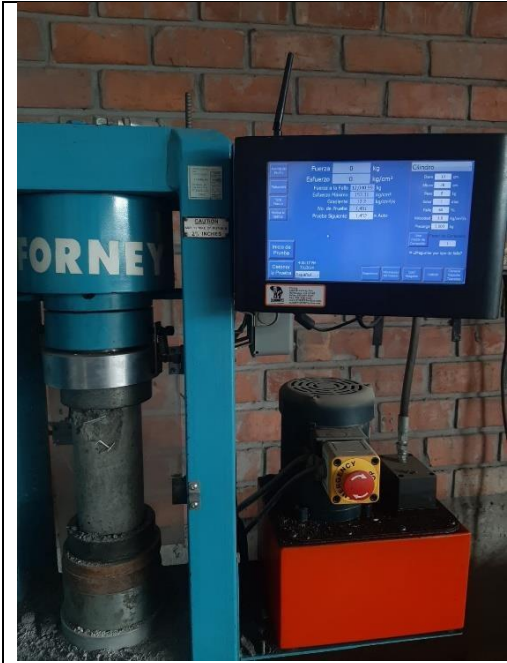
Ensayo de Slump del concreto



Ensayo de la olla de presión



Registro de peso de las probetas



Ensayo de resistencia a compresión a los 7 días



Ensayo de resistencia a compresión a los 14 días



Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días



Ensayo de resistencia a tracción

ENSAYOS AL CONCRETO CON 7% DE ADITIVO ESPUMANTE, MICROSÍLICE Y FIBRA SINTÉTICA.



Ensayo de densidad del concreto



Ensayo de Slump del concreto



Ensayo de la olla de presión



Registro de peso de las probetas



Ensayo de resistencia a compresión a los 7 días



Ensayo de resistencia a compresión a los 14 días



Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días



Ensayo de resistencia a tracción