

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejora de propiedades mecánicas del bioconcreto utilizando
Bacillus Subtilis en Lima, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Pacheco Quiros Joseph Samir (orcid.org/0000-0002-8928-6038)

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

2023

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y protegerme en este gran camino.

A mi esposa Maria por su comprensión e incondicional apoyo en esta meta trazada para mi realización profesional.

A mi hijo Diego Alonso por ser mi motivo de superación.

Joseph Samir Pacheco Quiros

AGRADECIMIENTO

La ejecución del presente trabajo de investigación fue posible gracias al asesor Dr. Requis Carbajal, Luis Villar, por sus conocimientos transmitidos y sus valiosos aportes, logrando concluir esta investigación.

Finalmente a la Escuela de Ingeniería Civil, por la oportunidad de crecer profesionalmente.

Joseph Samir Pacheco Quiros

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEORICO.....	4
III.- METODOLOGÍA.....	13
3.1.Tipo y diseño de investigación.....	13
3.1.2 Diseño de investigación.....	13
3.1.3 Enfoque de investigación.....	14
3.2.Población y muestra.....	14
3.3.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.4.Método de análisis de datos.....	19
3.5.Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	21
V.- DISCUSIÓN.....	51
VI.- CONCLUSIONES.....	54
VII.- RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales componentes del cemento.....	9
Tabla 2. Principales cementos en el Perú.....	10
Tabla 3. Número de testigos por porcentaje de Bacillus Subtilis para resistencia a comprensión y flexión	15
Tabla 4. Granulometría del agregado fino	21
Tabla 5. Granulometría del agregado grueso	22
Tabla 6. Peso unitario del agregado grueso	23
Tabla 7. Peso unitario del agregado fino	24
Tabla 8. Peso específico y absorción del agregado grueso:	25
Tabla 9. Peso específico y absorción del agregado fino:	25
Tabla 10. Diseño de mezcla patrón	26
Tabla 11. Diseño de mezcla adicionando 3 % de Bacteria	26
Tabla 12. Diseño de mezcla adicionando 5 % de Bacteria	26
Tabla 13. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días	28
Tabla 14. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días	29
Tabla 15. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días	30
Tabla 16. Resistencia a la flexión de vigas a los 7 días	32
Tabla 17. Resistencia a la flexión de vigas a los 14 días	33
Tabla 18. Resistencia a la flexión de vigas a los 28 días	34
Tabla 19. Correlación de Rho de Spearman resistencia a la flexión	47
Tabla 20. Correlación de Rho de Spearman resistencia a la compresión	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arenas	8
Figura 2. Tipo de cemento	9
Figura 3. Trabajabilidad del concreto	11
Figura 4. Resistencia a la compresión del concreto	12
Figura 5. Procedimiento	17
Figura 6. Curva granulométrica del agregado fino.....	21
Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso.....	22
Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto	31
Figura 9. Resistencia a la flexión del concreto	35
Figura 10. Prueba de Kruskal-Wallis a compresión a 14 días	39
Figura 11. Comportamiento lineal de la resistencia flexión a los 28 días	48
Figura 12. Comportamiento lineal de la resistencia flexión a los 28 días	50

RESUMEN

El presente tema de investigación denominado "Mejora de propiedades mecánicas del bioconcreto utilizando Bacillus Subtilis en Lima, 2023", tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión del bioconcreto con Bacillus Subtilis en Lima, 2023.

La metodología es de tipo de investigación aplicada, el diseño de este estudio será experimental, Enfoque cuantitativo. La población estará compuesta por 45 especímenes de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, de las cuales 9 serán con concreto patrón, 9 añadiendo Bacterias del género Bacillus Subtilis al 3% y al 5% (9+18=27 testigos cilíndricos en total). Asimismo 18 testigos prismáticas de concreto, en que 6 serán con concreto patrón y 12 incorporando Bacteria del género Bacillus Subtilis, al 3% y 5% (6+12 =18 testigos prismáticos en total), la investigación se elaboró con una Técnica de observación directa y una Ficha de observación.

Finalmente, mediante los resultados se concluyó que el bioconcreto con la presencia de la Bacteria Bacillus Subtilis, logra que mejore la resistencia del concreto.

Palabras clave: Bioconcreto, resistencia, compresión, flexión

ABSTRACT

The present research topic called "Improvement of mechanical properties of bioconcrete using Bacillus Subtilis in Lima, 2023", had the objective of evaluating the compressive strength of bioconcrete with Bacillus Subtilis in Lima, 2023.

The methodology is applied research type, the design of this study will be experimental, quantitative approach. The population will be made up of 45 concrete specimens $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, of which 9 will be with standard concrete, 9 adding Bacillus Subtilis Bacteria at 3% and 5% (9+18=27 cylindrical witnesses in total). Also 18 prismatic concrete witnesses, in which 6 will be with concrete pattern and 12 incorporating Bacillus Subtilis genus Bacteria, at 3% and 5% (6+12 =18 prismatic witnesses in total), the investigation was elaborated with an observation technique direct and an observation sheet.

Finally, through the results it was concluded that the bioconcrete with the presence of the Bacillus Subtilis Bacteria, manages to improve the resistance of the concrete.

Keywords: Bioconcrete, resistance, compression, bending

I.- INTRODUCCIÓN

En el mundo, la historia de los materiales con propiedades cementantes es tan antigua como la humanidad; algunos de estos materiales son: el yeso, utilizado por los griegos, egipcios y romanos, los cuales emplearon la cal hidratada y la cal común. Los romanos y griegos usaron ceniza volcánica que mezclaban con la cal, para lograr una mejor calidad de la mezcla final. Todo el avance a nivel de materiales aglomerantes era de manera empírica y con recursos encontrados naturalmente, así que para su obtención requería grandes costos de transporte además el cuidado era muy especial para poder utilizarse en los proyectos necesitados.

A medida que el cemento ha evolucionado con el pasar del tiempo (a partir del siglo xx), el concreto ha cobrado gran importancia en la industria de la construcción debido a su manejabilidad en las diferentes estructuras consideradas por la ingeniería civil. Lo anterior, dado que se ha convertido en un material constructivo que se puede preparar tanto manual como industrial dependiendo del soporte económico y requerimiento en calidad de cada obra.

En Latinoamérica las construcciones con cemento, especialmente en elementos como bloques huecos realizados a partir de morteros de cemento y arena son muy comunes. (Rivera et al, 2020)

En Perú, las exigencias normativas han llevado a que la industria sea capaz de adaptarse a mejores tecnologías para poder garantizar estructuras con gran capacidad de respuesta ante altas resistencia a la compresión. Lo anterior, implica un manejo optimizado de aditivos para poder obtener resultados exigidos y funcionales que salvaguarden la integridad de quienes harán uso de la obra final. Si bien en el país algunas marcas productoras de cemento han impulsado la industria desde la fabricación del material constructivo, son pocas las nuevas tecnologías implementadas en su portafolio de productos de forma innovadora.

El hormigón es una de las mezclas más buscadas en el país y en el mundo y cada vez cobra más importancia en la industria de la construcción; La construcción en el Perú requiere mayor seguridad, solidez y estética, incluyendo el uso de los diversos materiales reciclados disponibles. (ACI, 2021, pág. 14)

El hormigón es un material formado por piedra triturada o piedra triturada, arena gruesa, cemento y agua, y en algunos casos aditivos. Su unión se convierte en un sólido compuesto, en estado sólido y formado por elementos estructurales típicos de la ingeniería civil como pilares, cimentaciones, vigas, losas, etc.

En la ciudad de Lima se adelanta la construcción de edificaciones de hormigón armado convencional, que contienen piedra triturada o triturada, arena gruesa, cemento y agua, y es en este tipo de estructuras donde las grietas provocadas por la compresión de la resina aparecen en la superficie del hormigón. Deje que se enfríe durante unos minutos después del vertido, durante el acabado del hormigón o después de este trabajo, aproximadamente de 1 a 3 horas después de colocar el hormigón. Estas fisuras aparecen principalmente en la superficie de losas, pavimentos y suelos industriales. (Ramírez, 2018, pág. 55)

La formulación del problema de esta investigación es: PG: ¿Cómo varía la adición con la bacteria *Bacillus Subtilis* en las propiedades mecánicas del concreto aplicadas en vigas? PE1: ¿Con la agregación de la bacteria *Bacillus Subtilis* modifica la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto? PE2 ¿Con la adición con la bacteria *Bacillus Subtilis* altera la resistencia a flexión del concreto? PE3: ¿Con la incorporación de la bacteria *Bacillus Subtilis* modifica la resistencia a compresión del concreto?

La **justificación teórica** de esta investigación aporta científicamente porque nos permitirá aplicar conocimientos y procesos universitarios que contribuirán a una mejor apropiación de los conocimientos adquiridos en la universidad y a poder transmitir tales experiencias a otros futuros ingenieros en la creación de nuevos temas y contextos. El **aporte social que justifica este proyecto** es que hoy en día existe una gran cantidad de edificaciones con problemas de fisuras que ponen en

riesgo la vida de quienes las habitan o utilizan, y con la propuesta de un bioconcreto a partir de la bacteria *Bacillus Subtilis* tal riesgo se ve disminuido. **Ambientalmente el proyecto tiene una justificación** basada en la disminución de residuos provenientes de demoliciones producto de fisuras en las edificaciones. Al utilizar un método alternativo como el propuesto, se mitiga un alto nivel de posible contaminación por lo que implica el manejo y disposición de residuos.

Los objetivos de investigación son: OG: Modificar las propiedades mecánicas del concreto aplicadas en vigas agregando la bacteria *Bacillus Subtilis*. Los objetivos específicos son: OE1: Elevar la resistencia de las propiedades mecánicas por medio de la agregación de la bacteria *Bacillus Subtilis*. OE2: Aumentar la resistencia a flexión del concreto con la adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*. OE3: Modificar la resistencia a compresión del concreto con la incorporación de la bacteria *Bacillus Subtilis*.

La hipótesis de investigación es: HG: La adición de la bacteria *Bacillus Subtilis* modifica las propiedades mecánicas del concreto. HE1: La agregación de la bacteria *Bacillus Subtilis* aumenta las propiedades mecánicas del concreto. HE2: La adición de la bacteria *Bacillus Subtilis* eleva la resistencia a flexión del concreto HE3: La incorporación de la bacteria *Bacillus Subtilis* modifica la resistencia a compresión del concreto.

II.- MARCO TEORICO

Thanh y Hanaa (2019) en su artículo *Bacterial self-healing of concrete and durability assessment*. Su objetivo la autorreparación bacteriana es una tecnología innovadora que permite reparar micro fisuras abiertas en el hormigón mediante la precipitación de CaCO_3 . Las conclusiones indican que esta biotecnología mejora la durabilidad de la estructura. En este trabajo, se agregaron peptona, extracto de levadura y *Bacillus Subtilis* como adyuvante microbiano en el diseño de mezclas de concreto. Esto condujo a una disminución de la porosidad que dio como resultado un aumento de la resistencia, el módulo dinámico, así como una reducción de la absorción de agua, la permeabilidad al gas y la permeabilidad al cloruro. La microscopía electrónica de barrido, la espectroscopia de dispersión de energía y la espectroscopia raman mostraron que las precipitaciones microbianas en la grieta eran CaCO_3 .

Cuadros (2018) en el artículo científico, tuvo el **objetivo** de análisis de las diferentes formas de funcionamiento del biohormigón y las bacterias que actúan sobre él, y los diferentes tipos de nutrientes para las bacterias, ya que ambas propiedades son clave para que el biohormigón funcione correctamente. Mi **conclusión** es que los compuestos derivados del calcio se consideran principalmente nutrientes en el lodo.. En cuanto a los microorganismos, el género *Bacillus* se utiliza principalmente por su capacidad para precipitar carbonato de calcio en ambientes alcalinos y su alta resistencia a este entorno hostil, así como su idoneidad como sellador debido a su afinidad por la fuerza con el hormigón. . Mientras tanto, los métodos para incorporar bacterias y sus respectivos nutrientes en el sustrato de concreto aún deben investigarse, lo anterior, dado que no se conoce ningún procedimiento para determinar con precisión las propiedades finales que exhibirá el concreto. Por otro lado, es necesario incluir las investigaciones necesarias para reducir los costos relacionados con el tema, mejorar la eficiencia del biohormigón frente al costo de fabricación e incentivar a la industria para que pueda utilizarlo como primeros materiales de construcción.

Daza y Trujillo (2020) es su tesis. Con el **objetivo** de realizar la comparación entre estos concreto. Su **conclusión** de que la calidad de la construcción de la planta de producción depende de la mano de obra utilizada en la construcción, diseño y selección de materiales; Hay varias variables a considerar al elegir, incluyendo la resistencia, la durabilidad y el costo de los materiales. En el caso del concreto, estos materiales no contaban con las especificaciones exigidas por las normas o las normas evaluadas para tal fin, por lo que se creó un nuevo material denominado concreto autorreparable, que por sí mismo puede sellar fisuras

Sierra, Mera y Jonkers (2015) en su artículo, Con el **objetivo** de diseñar un hormigón autorreparable con bacterias. Llego a la **conclusión** de que, en 2014, se utilizó con éxito hormigón autorreparable con bacterias y fibras naturales como revestimiento para un canal de riego en la provincia de Tungurahua, Ecuador. Seis meses después de verter este hormigón, no se encontraron daños durante la inspección del sitio. y signos de desgaste o grietas. Para evaluar la capacidad de auto curación, es necesario esperar la aparición de grietas. En el laboratorio, las muestras de concreto fueron separadas y luego de seis semanas de exposición al agua, las grietas fueron selladas con depósitos de calcio.

Ascate y de Jesús (2019) en su tesis, Propuso el siguiente **objetivo** de diseñar un Bioconcreto para mejorar su resistencia. La metodología es experimental. Llego a la **conclusión** de que cuando se trabaja con soluciones de 4%, 8% y 12% de bacterias, la dosis de 12% de Bacillus Subtilis puede aumentar la resistencia del hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a $f'c. = 240 \text{ kg/cm}^2$, superando nuestro objetivo; De los resultados obtenidos se puede concluir que los incrementos de resistencia son del 14% y 13% en los ensayos de compresión y flexión, respectivamente. Sin embargo, con las proporciones óptimas de Bacillus Subtilis de 11,70 % y 11,95 % para las pruebas de compresión y flexión, respectivamente, hemos aumentado la resistencia de 11,29 % en compresión y 12,29 % en flexión, lo que confirma que, a más bacterias en la mezcla, más estable será. De acuerdo con los resultados obtenidos, el concreto requiere un tiempo para alcanzar la resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ (compresión y flexión) con la introducción de bacterias es

del 12% o la relación porcentual óptima (Solución bacteriana 11,70% y 11,95 % - 28 días de endurecimiento).

Santos (2021) en su tesis, Propone el siguiente **objetivo** para crear un biohormigón capaz de reparar de forma eficaz y eficiente las distintas fisuras creadas por los decantadores de las plantas potabilizadoras: “La Atarjea-Lima”. La metodología es experimental. Llego a la **conclusión** de que se puede confirmar que el hormigón estándar tiene una mayor resistencia a la compresión que el biohormigón, la diferencia es aproximadamente un 15% mayor, debido a las bacterias añadidas durante el crecimiento del biohormigón. Su esporulación provoca la formación de huecos microscópicos en el biohormigón, haciéndolo menos duradero que el hormigón estándar. Se ha encontrado que el bio-hormigón con grietas empapadas de agua se regenera por sí solo, y con el tiempo (100 días) se regenera e incluso supera su resistencia original en aproximadamente un 25%. □ Hemos tratado de asegurarnos de que el bioconcreto pueda sellar las grietas y grietas en su estructura a pesar de la permanencia frecuente en el agua (supongamos un decantador), donde la tendencia a disminuir el ancho de la grieta es de 0,20 mm por mes;

Gamarra (2020) en su tesis, Propuso el siguiente **objetivo**, a saber, determinar el nivel de conocimiento sobre el efecto del uso de cepas bacterianas como aditivos en la presencia de fisuras en el hormigón en América Latina. La metodología es experimental. Llego a la **conclusión** de que los resultados más favorables se obtuvieron con cepas de *Paenibacillus Lactis*, ya que los surcos se cerraron después de su uso como aditivo hasta 2 mm de ancho, aumentando la resistencia del hormigón. Las propiedades mecánicas del hormigón (resistencia a la compresión) se ven afectadas positivamente por el uso de aditivos microbianos, es decir, porque las cepas bacterianas seleccionadas son capaces de liberar carbonato de calcio. Aunque solo una de las fuentes analizadas mencionó la resistencia a la flexión del concreto, los resultados obtenidos fueron favorables. No se han realizado estudios de permeabilidad del hormigón bioactivo frente a los sustratos analizados, por lo que se desconoce esta información.

El hormigón es el material de construcción más empleado, involucrando a muchos profesionales. (Orozco, Avila, Restrepo, & Parody, 2018)

El hormigón que proviene del cemento Portland tiene presencia relativamente actual. (Hernandez & Mendoza, 2016). El hormigón es el material más utilizado en la construcción debido a sus propiedades mecánicas de larga duración. (Serrano & Perez, 2019)

El conocimiento actual del concreto armado adquirido por la acumulación de 150 años de experiencia (Kharchi, Arnaud, & Lorrain, 2018)

Según De La Cruz (2022) El concreto goza de una alta popularidad en sector. (P. 3).Lo anterior, ya que es el material de construcción más utilizado (Mendoza, 2008). Lo mencionado en líneas anteriores, tiene como causa una variedad de aplicaciones que van desde cimientos, pisos, muros, hasta caminos y puentes (Abarca & Leandro, 2016).

Como material estructural y de construcción, el concreto constituye una de las mayores aportaciones tecnológicas (Dominguez, 2015)

El hormigón como material se somete a esfuerzos tanto internos como externos que deben responder a un equilibrio estructural en los edificios durante su vida útil. (Solis, Moreno, & Arjona, 2012)

Según De La Cruz (2022) El concreto presenta una alta popularidad, cuyo primer componentes constitutivo es el cemento porque garantiza una cohesión de otros componentes y permite una respuesta adecuada a cargas de compresión. (P. 3)

El concreto presenta una característica pétreo artificial que se surge de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y otros componentes minerales (Cham, Solis, & Moreno, 2018)

Tanto en su presentación convencional como en la que adopta compuestos con propiedades auto-reparantes (Carpio & Viera, 2019) el hormigón es el material más utilizado en la construcción debido a sus propiedades mecánicas duraderas. (Sarta, Silva , & Calderon, 2019)

El sector hoy en día se encuentra relacionado a una alta tasa de utilización de primas, a la disposición de diferentes tipos de áridos, y al cemento que constituye el principal componente del hormigón. En Costa Rica, el hormigón es uno de los materiales más importantes en la industria ya que, resulta ser muy versátil en todo tipo de obra civil. (Abarca & Leandro, 2016)

El agua es esencial el desarrollo de la humanidad y de la sociedad como tal. Juega un papel importante en la elaboración del concreto ya que permite una mezcla optimizada de los materiales. (Fernandez, 2012)

Toriac (2012) Indica al elaborar un hormigón de calidad la granulometría de la arena es un factor importante e influyente en la composición del concreto (p. 294).

La trituración por impacto produce esencialmente dos tipos de agregados: los gruesos y los finos (Bedoya, 2017). Por otro lado, los agregados de piedra natural pulidos y clasificados varían en forma de astillas cúbicas o facetadas a astillas expandidas (Ferreira & Torres, 2010).

Toriac (2012), igualmente indica que la granulometría de la arena es un factor de calidad que debe ser tenido en cuenta en la producción del hormigón, ya que sus propiedades físicas permiten la cohesión del material (p. 294).



Figura 1. Arenas

Fuente: El español.com

Las formas del suelo y del agregado de piedra natural clasificado varían desde fragmentos cúbicos o poligonales hasta fragmentos alargados. (Ferreira & Torres, 2010)

El uso deliberado del aire en el hormigón busca cumplir dos objetivos: incrementar la resistencia ante los daños que puede ocasionar el agua congelada en los espacios capilares en impactos de bajo nivel y mejorarlas propiedades mecánicas del material modificándolas garantizando un buen nivel de respuesta a todo tipo de esfuerzos (Vargas, 1994).



Figura 2. Tipo de cemento

Fuente: Cemento sol

Tabla 1. Principales componentes del cemento

Componentes	Nomenclatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	C3S	30% -60%
Silicato bicálcico	C2S	15% - 37%
Aluminato tricálcico	C3A	15% - 7%
Ferroaluminato tetracálcico	C4AF	8%- 10%

Fuente: (Rivva, 2000)

Tabla 2. Principales cementos en el Perú

Cemento	Precio
Pacasmayo	24,50 soles
Sol	23,00 soles
Quisqueya	25,50 soles
Andino	24,50 soles
Apu	23,00 soles

Fuente: Hecho por el autor

Según (Cruz & Ramirez, 2021) La evaluación de características del concreto fresco fueron su trabajabilidad, su temperatura y su peso unitario.

Conforme el creador Porrero, Ramos, Velazco, & Grases (2009). Hay 2 propiedades más consideradas, uno es la nueva trabajabilidad y su consistencia del hormigón, que facilita el vaciado del hormigón. Otro es la resistencia del hormigón, medida mediante pruebas mecánicas de compresión de ingeniería. (p. 36).

La propiedad en condiciones el concreto fresco se evaluó utilizando un cono de Abrams, una caja en forma de L y un embudo en forma de V (Silva, Robayo, Matthey, & Delvasto, 2014).

Se han desarrollado métodos innovadores en todo el mundo para optimizar las propiedades del hormigón, como la rigidez, la flexibilidad y la resistencia a la compresión. (Carrillo, Silva, & Sanchez, 2016)

Conforme el creador Porrero, Ramos, Velazco, & Grases (2009). Hay 2 propiedades más consideradas, uno es la nueva trabajabilidad y su consistencia del hormigón, que facilita el vaciado del hormigón. Otro es la resistencia del hormigón, medida mediante pruebas mecánicas de compresión de ingeniería. (p. 36).

La propiedad en condiciones el concreto fresco se evaluó utilizando un cono de Abrams, una caja en forma de L y un embudo en forma de V (Silva, Robayo, Matthey, & Delvasto, 2014)

Robin (2007) En términos de consideraciones de trabajabilidad, sentimos que si se diseña correctamente, permitiría colocar y compactar el concreto usando el equipo disponible, lo que permitiría terminar con segregación y fugas mínimas. La regla general es conseguir la trabajabilidad mínima para su correcta colocación, la cantidad de agua necesaria para ello dependerá básicamente del árido.

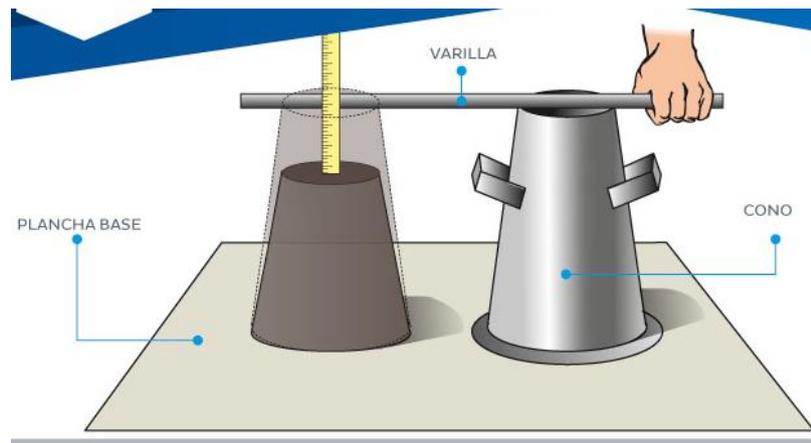


Figura 3.Trabajabilidad del concreto

Fuente: Aceros Arequipa

Densidad, también denominado peso específico es determinada mediante la división del peso de del material y el volumen total del mismo. Su valor típico está entre 3.10 y 3.15 g/cm³.

Finura, se encuentra definida de acuerdo con el área superficial de las partículas dentro de un gramo del material, así denominado también como superficie específica y su unidad es cm²/g. El grado de molienda es una propiedad muy importante del cemento y por lo tanto debe ser cuidadosamente controlado, especialmente por el fabricante. (Neville, 1988)

La Consistencia es la fluidez de la mezcla producto del contenido del volumen de agua. Tiene fluidez específica debiendo agregarse contenido de agua.

Fraguado es el proceso de cambio del estado plástico a un estado endurecido.

La resistencia es la capacidad de soportar ciertos factores determinados. Esta propiedad se obtiene de la experimentación con muestras de concreto. La

resistencia a la compresión se evaluó en especímenes prismáticos con una sección transversal de 625 mm². (Castellano, Bonavetti, & Irassar, 2007)

La durabilidad de los nuevos materiales y métodos constructivos ha posicionado a las casas de concreto industrializado como una opción efectiva para garantizar la seguridad ante eventos sísmicos. (Carrillo, 2016) La prueba de compresión axial de primas se realizó con la norma ASTM E447-92b (Navas, 2017)

Para caracterizar las propiedades mecánicas del concreto, 36 muestras fueron sometidas a ensayos de compresión, módulo elástico, tracción indirecta y flexión. (Carrillo & Silva, 2016)

Las pruebas importantes son resistencia a la compresión, resistencia a la flexión (módulo de rotura) (Guerra & Guerra, 2020) Se determinan su resistencia de durabilidad y compresión (Salas, Torres, Mejia, & Debbasto, 2018)

Durante muchos años se han realizado investigaciones para mejorar las propiedades del hormigón, como la resistencia y la durabilidad. (Diaz, 2016)

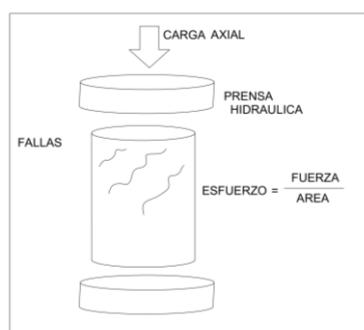


Figura 4. Resistencia a la compresión del concreto

Fuente: De La Cruz (2022)

Según Porrero, Ramos, Velazco, & Grases (2009) El diseño de la mezcla es calcular la cantidad de material para elaborar un concreto con buena cohesión, en estado plástico y endurecido. (p.123)

Al mezclar el agua y el cemento, debe controlarse la proporción de los materiales ya que se puede presentar el problema modificar negativamente las propiedades finales del hormigón (Guevara & et, 2011).

Es una vacuna antibacteriana, se obtuvo del género *Bacillus anthracis*, elaborado por Louis Pasteur en 1881 (Barth, Aktories, Popoff, & Stiles, 2004). Este se encuentra comúnmente en superficies y/o vegetación donde el ciclo de carbono cobra gran importancia al igual que el del carbono (Cuervo, 2010).

Las bacterias *Bacillus* estas endosporas son bacterias en estado latente tolerantes al ambiente fuertemente alcalino formado durante la fabricación y fraguado del concreto, aunque este estado está sujeto a condiciones, las condiciones ambientales pueden durar de 50 a 200 años. (Jonkers & Wiktor, 2015). Esta bacteria fue una de las primeras en ser probada. Los bastoncillos, se pueden encontrar en suelo y plantas, crecen en condiciones de temperatura termófila, para ellos se puede decir que su temperatura óptima es entre 25 – 35 grados centígrado

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación desarrollada tiene como propósito solucionar un problema específico mediante la aplicación estructurada de conocimientos aprendidos en cursos de formación profesional asociados a la ingeniería civil (Valderrama, 2013).

3.1.2 Diseño de investigación.

El estudio desarrollado será de corte experimental, esto, dado que los especímenes evaluados tanto a compresión como a flexión a 7, 14 y 28 días fueron aleatorizados. Cabe mencionar, que las muestras objeto de análisis con y sin adición de bacteria fueron definidos una vez se diseñó la mezcla planteada, por otro lado, el investigador puede seleccionar solo la presencia o ausencia de *Bacillus Subtilis*.

3.1.3 Enfoque de investigación

El enfoque que persigue esta investigación es de tipo cuantitativo, ya que los hallazgos obtenidos se presentan en valores numéricos para cada variable que luego son analizadas bajo técnicas estadísticas estandarizadas y pertinentes para cada caso.

Variables y Operacionalización:

- **Bioconcreto**

El biohormigón consiste en hormigón convencional y lactato de calcio, utilizado como alimento para las bacterias formadoras de caliza.

- **Fisura**

Es el resultado de factores como la tensión de tracción que supera la tensión del hormigón.

3.2. Población y muestra

3.3.1 Población:

En la investigación actual, estará compuesto por 45 testigos, la siguiente tabla muestra de forma discriminada los cilindros objeto de análisis para cada periodo de tiempo definido (7, 14, 28 días) y el número de testigos agregando *Bacillus Subtilis* (3 y 5%), estos porcentajes se calculan en función del peso del cemento.

Tabla 3. Número de testigos por porcentaje de Bacillus Subtilis para resistencia a compresión y flexión

		Ensayo			Total
		7 d	14 d	28 d	
Patrón		5	5	5	15
BACILLUS SUBTILIS	3 %	5	5	5	15
	5 %	5	5	5	15
TOTAL					45

Fuente: hecho por el autor

3.3.2 Muestra:

En este estudio, habrá una muestra del mismo tamaño que la población experimental $N = n$ e incluirá 45 testigos, por lo que se utilizarán todos. Dónde:
 $N=n$

3.3.3 Muestreo

Para facilitar esta investigación se utilizará la prueba probabilística, ya que la selección de testigos no depende de la probabilidad, sino de testigos específicos preparados de antemano.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

En el estudio se utilizó la observación no participante como método de investigación. Al no haber una intervención directa por parte de los investigadores, la observación se dará por parte de expertos en la temática con conocimiento específico en las muestras de cada tipo de concreto utilizado y sometido a compresión experimental.

La herramienta utilizada para la recolección de datos se utilizará una guía técnica de observación basada en la obtención de datos cuantitativos en el análisis de la resistencia a compresión de barras cilíndricas de acero.

3.4. Procedimientos:

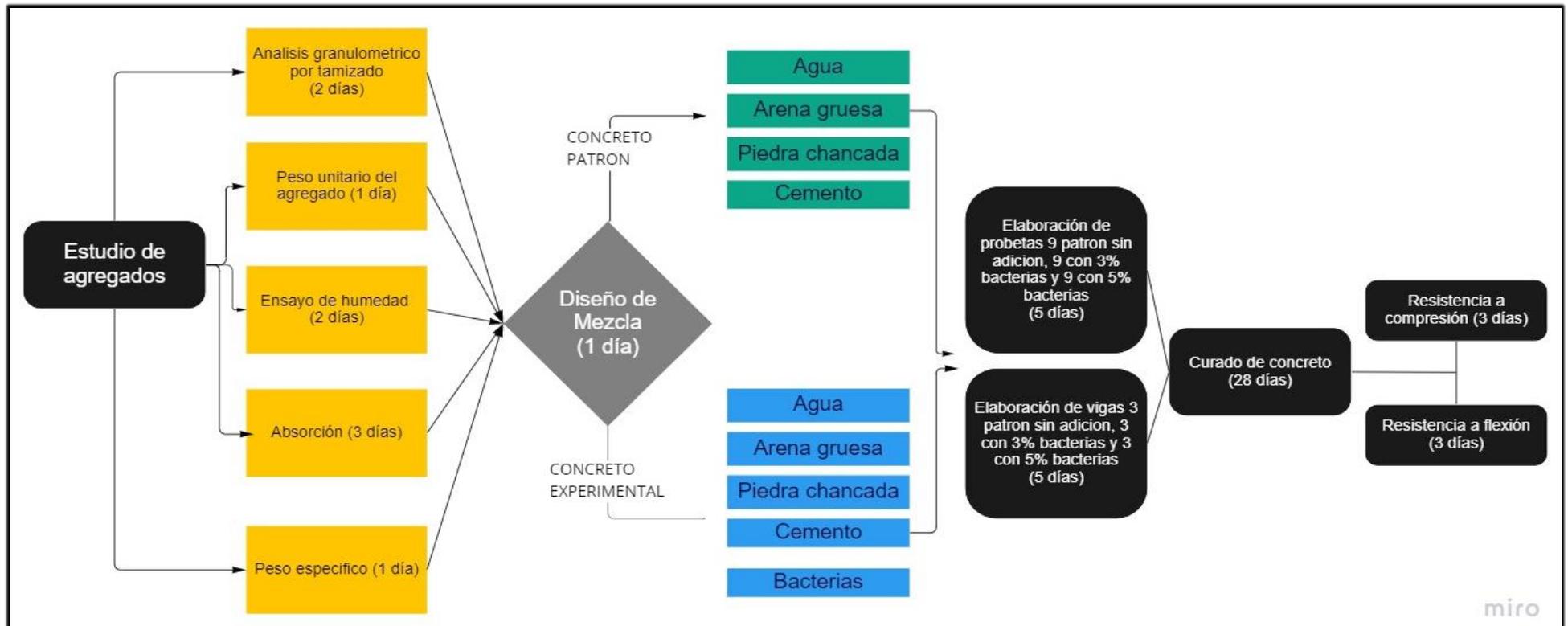


Figura 5. Procedimiento

Fuente: Hecho por el autor

Paso 1: Obtendremos las bacterias Bacillus Subtilis (3 y 5%) del laboratorio microbiológico, para ser elaboradas en el concreto.

Paso 2: Las propiedades físico-mecánicas de los distintos materiales constructivos obtenidos de canteras, serán determinadas mediante procedimientos estandarizados de un laboratorio de mecánica de suelos.

Paso 3:

“Los ensayos a los que serán sometidas los agregados se describen de la siguiente manera.

- El tamaño de partícula del material mineral y agregado grueso (análisis granulométrico) se determina de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.012/ASTM C-136.
- El contenido de humedad de los agregados finos y gruesos se determina de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.185/ASTM C-566.
- El peso unitario de agregado fino y grueso se determinará de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.017/ASTM C-29.
- Su peso y absorción de agua del agregado grueso se determinan de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.021/ASTM C-127.
- La densidad y absorción de agua de los agregados finos se determina de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.022/ASTM C-128.
- Los agregados han sido probados para cumplir con la Norma Técnica Peruana 400.037/ASTM C-33 Especificación Estandarizada para Agregados en Concreto.

Paso 4: Una vez definidas las propiedades físico-mecánicas de los materiales, se diseña una mezcla que haga posible dosificar correctamente los materiales para obtener un concreto cuya resistencia a la compresión sea de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Dependiendo de la cantidad obtenida se adicionó 3% y 5% de Bacillus Subtilis en proporción a la cantidad de cemento utilizado.

Paso 5: Las muestras de concreto se prepararán de acuerdo con la norma NTP 339183/ASTM C-192M (9 testigos estándar y 9 testigos cada uno con 3% y 5% de bacterias Bacillus Subtilis). Se almacenarán y protegerán en agua para su correcto curado.

Paso 6: Las muestras consideradas se retirarán a las 24 horas de ser fabricadas y curadas a una temperatura de 23°C -2 según norma NTP 339183/ASTM C-192.

Paso 7: Los especímenes serán retiradas y curadas luego de 7 días, 14 días y 28 días de acuerdo con NTP 339.034/ASTM C-39 como se especifica en la especificación.

3.5. Método de análisis de datos:

- Registro sistemático de la información
- Depuración de la base de datos obtenida de los resultados para cada ensayo en laboratorio mediante el programa de Microsoft Excel 2019
- El análisis estadístico de tipo descriptivo e inferencial será realizado mediante el software estadístico SPSS V27

3.6. Aspectos éticos:

El desarrollo de la investigación planteada guarda coherencia con lo establecido en guías normativas como lo es la declaración de integridad investigativa de Singapur, la cual, ofrece una serie de pautas para llevar a cabo estudios aplicativos con principios de equidad, responsabilidad y buena voluntad para ofrecer resultados con gran aporte social.

Seguir el código de ética en la investigación implica la importancia de considerar la afectación que tiene sobre la vida de las personas la implementación de nuevas tecnologías en los desarrollos de ingeniería. En este sentido, igualmente se busca respetar los derechos de propiedad intelectual de investigadores independiente por lo que se asume el compromiso de mitigar un

alto nivel de plagio sobre estudios referenciales de autores externos. Cabe mencionar, que esta investigación se trata de un estudio diseñado a partir de una secuencia rigurosa y estructurada metodológicamente que garantiza una recopilación, análisis e interpretación objetiva de los resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS

4.1.- Las características de los agregados para el bioconcreto con *Bacillus Subtilis* en Lima, 2023

4.1.1. Ensayo granulométrico

La granulometría de los agregados utilizando las normas MTC E 204 que consiste en pasar por cada tamiz la muestra determinada, tiene los siguientes resultados (Ver tabla 4 y 5 y figura 6 y 7)

Tabla 4. Granulometría del agregado fino

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO#67
		(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	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.05	101.6	3.0	3.0	97.0	90 - 100
1/2"	12.50	1,582.9	47.2	50.2	49.8	
3/8"	9.53	775.4	23.1	73.3	26.7	20 - 55
Nº 4	4.76	883.2	26.4	99.7	0.3	0 - 10
Nº 8	2.38	4.8	0.1	99.8	0.2	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	99.8	0.2	
FONDO	--	2.7	0.1	99.9	0.1	

Fuente: Hecho por el autor

Además, en la figura 6 se visualiza la curva granulométrica del agregado fino, en que se determina los límites superior e inferior.

$$MF = \frac{\sum \%_{Acum.Ret} (N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

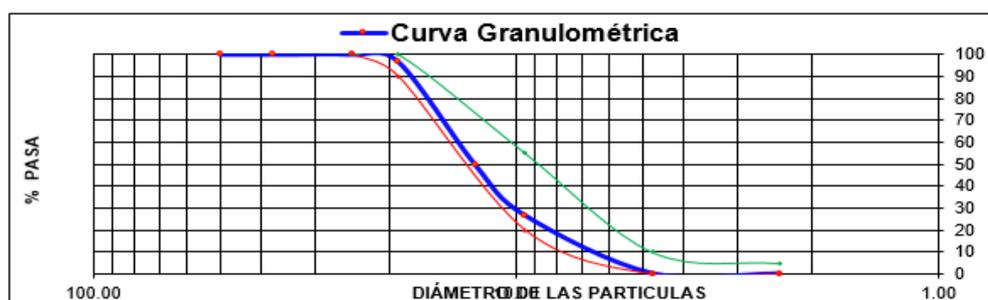


Figura 6. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Hecho por el autor

Según la tabla 4 y la figura 6 el agregado grueso es una grava de 1/2" y esta se encuentra dentro de los rangos para ser aceptable en la elaboración del concreto.

Tabla 5. Granulometría del agregado grueso

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	8.3	0.9	0.9	99.1	95 - 100
Nº8	2.38	130.5	14.5	15.4	84.6	80 - 100
Nº 16	1.19	220.1	24.4	39.8	60.2	50 - 85
Nº 30	0.60	216.2	24.0	63.8	36.2	25 - 60
Nº 50	0.30	150.8	16.7	80.5	19.5	5 - 30
Nº 100	0.15	101.7	11.3	91.8	8.2	0 - 10
FONDO	--	74.1	8.2	100.0	0.0	

Fuente: Hecho por el autor

Asimismo, en la figura 7 se visualiza la curva granulométrica del agregado grueso, en que se determina los límites superior e inferior.

$$MF = \frac{\sum \%_{Acum.Ret} (2" + 1\ 1/2" + 1" + 3/4" + 1/2" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16)}{100}$$

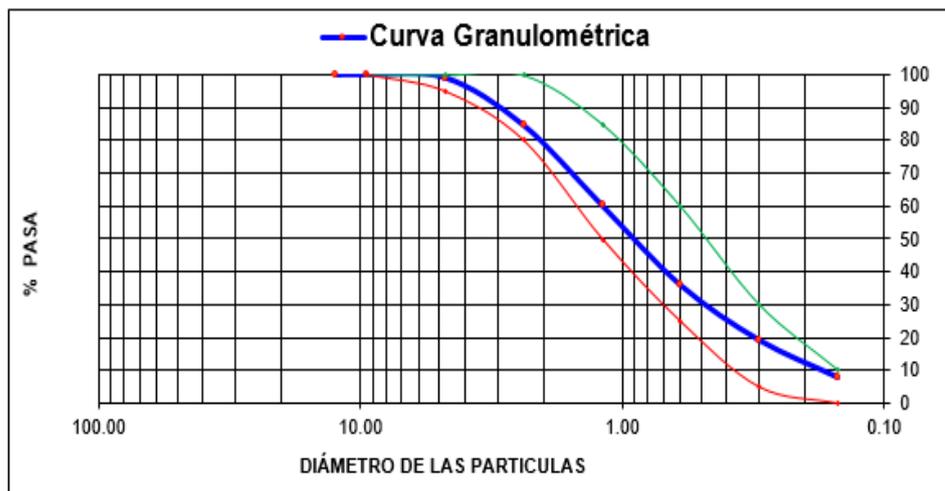


Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Hecho por el autor

Según la tabla 5 y la figura 7 el agregado fino es una arena y esta se encuentra dentro de los rangos para ser aceptable en la elaboración del concreto.

4.1.2. Peso unitario suelto y varillado

Los resultados del ensayo de peso unitario se determinaron mediante el peso de la muestra y su volumen correspondiente, utilizando la norma MTC E 203, a ello se necesitó 3 ensayos para hallar el promedio, (Ver tabla 6, 7, 8 y 9).

Tabla 6. Peso unitario del agregado grueso

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	29802	29745	29793
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20602	20545	20593
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.458	1.454	1.457
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.456		

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32188	32196	32114
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22988	22996	22914
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.627	1.627	1.622
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.625		

Fuente: Hecho por el autor

Según la tabla 6 el agregado grueso tiene un peso unitario suelto de 1.456 g/cm³ y un peso unitario compactado de 1.625 g/cm³

Realice el peso unitario aplicando la normativa (NTP. 400.017) en suelto y compacto, en que se necesitó 3 ensayos para poder hallar el promedio.

Tabla 7. Peso unitario del agregado fino

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	5887	5912	5903
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4265	4290	4281
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.523	1.532	1.529
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.528		

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6601	6592	6589
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4979	4970	4967
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.778	1.775	1.774
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.776		

Fuente: Hecho por el autor

Se pesó el recipiente y se agregó arena según corresponda por cada 5 cm hasta que esté lleno totalmente y con la varilla se quitó lo excedente para luego hallar el peso de la muestra suelta.

Según la tabla 7 el agregado fino tiene un peso unitario suelto de 1.528 g/cm³ y un peso unitario compactado de 1.776 g/cm³.

Tabla 8. Peso específico y absorción del agregado grueso:

MUESTRA N°				M - 1	M - 2
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A	g	1270.2	1264.4	1267.3
2	Peso muestra <u>Sat. Sup. Seca</u> B	g	2026.4	2008.6	2017.5
3	Peso muestra Seco C	g	2008.3	1990.7	1999.5
4	Peso específico <u>Sat. Sup. Seca</u> = B/B-A	g/cc	2.68	2.70	2.69
5	Peso específico de masa = C/B-A	g/cc	2.66	2.67	2.67
6	Peso específico aparente = C/C-A	g/cc	2.72	2.74	2.73
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100	%	0.9	0.9	0.9

Fuente: Hecho por el autor

Según la tabla 8 el agregado grueso tiene un peso específico de masa de 2.67 gr/cm³ y absorción de agua de 0.9%.

Tabla 9. Peso específico y absorción del agregado fino:

1	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	965.2		964.6
2	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	g	654.5		654.3
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.7		310.3
4	Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	647.0		647.4
5	Peso del Balón	g/cc	154.3		154.3
6	Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	492.7		493.1
7	Volumen del Balón (V)	cc	496.7		496.7

RESULTADOS

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.65		2.65
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = ((2)-(5))/(V-W))	g/cc	2.69		2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-((2)-(5))-A])	g/cc	2.76		2.75
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(((2)-(5))-A)/A*100]	%	1.5		1.4

Fuente: Hecho por el autor

Según la tabla 9 el agregado grueso tiene un peso específico de masa de 2.65 gr/cm³ y absorción de agua de 1.4%

4.2.- El diseño de mezcla del bioconcreto con Bacillus Subtilis en Lima, 2023.

El diseño de mezcla se realizó siguiendo el método ACI, el cual es empleado comúnmente en la ingeniería civil. Se realizó para el diseño patrón y los diseños experimentales con el método de módulo de finura, se expresará los diseños de mezcla con una resistencia de 210 kg/cm².

Tabla 10. Diseño de mezcla patrón

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO				TANDA FINAL (PROBETAS Y VIGUETAS)	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (KG/M ³)			
		SECO	HÚMEDO		
CEMENTO (KG)	0.1149	359	359	CEMENTO (KG)	14.34
AGUA (LT)	0.2000	200	209	AGUA (LT)	8.36
ARENA (KG)	0.3010	798	806	ARENA (KG)	32.26
PIEDRA (KG)	0.3640	972	976	PIEDRA (KG)	38.99
AIRE INCORPORADO	0.0200	TOTAL			1

Fuente: Hecho por el autor

Diseño de mezcla del concreto adicionando 3 % de Bacillus Subtilis

Se diseñó la dosificación adicionando 3 % de bacteria Bacillus Subtilis.

Tabla 11. Diseño de mezcla adicionando 3 % de Bacteria

DOSIFICACION DEL CONCRETO	
MATERIAL	TANDA FINAL
CEMENTO (KG)	14.34
AGUA (LT)	7.84
ARENA (KG)	32.42
PIEDRA (KG)	38.85
3 % BACTERIA (KG)	0.24

Fuente: Hecho por el autor

Diseño de mezcla del concreto adicionando 5 % de Bacillus Subtilis

Asimismo, se elaboró la dosificación de mezcla añadiendo 5% de bacteria Bacillus Subtilis.

Tabla 12. Diseño de mezcla adicionando 5 % de Bacteria

DOSIFICACION DEL CONCRETO	
MATERIAL	TANDA FINAL
CEMENTO (KG)	14.34
AGUA (LT)	7.84
ARENA (KG)	32.42

PIEDRA (KG)	38.85
5 % BACTERIA (KG)	0.40

Fuente: Hecho por el autor

El diseño de mezcla aplicando una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* en el bioconcreto del concreto patrón es 1:2.25: 2.75: 24.8, del concreto experimental con 3% es 1:2.26: 2.71 : 23.2 y del concreto experimental.

4. 3.- La resistencia a la compresión y flexión del bioconcreto con *Bacillus Subtilis* en Lima, 2023.

4.3.1 Resistencia a compresión del concreto

Se determinó la resistencia a la compresión del concreto utilizado la norma MTC E 704 (Ver tabla 13, 14, 15 y figura 8)

Tabla 13. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	F.c. Diseño kg/cm ²	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf.	ÁREA cm ²	RESISTENCIA DE ROTURA kg/cm ²	\bar{X}_p
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	13584.7	78.5	172.7	170.3
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	13283.0	78.5	169.9	
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	13298.9	78.5	169.3	
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	11551.3	78.5	147.1	155.5
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	10798.2	78.5	137.5	
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	14291.2	78.5	182.0	
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	10320.0	78.5	131.4	142.2
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	11021.3	78.5	140.3	
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210.0	7	12177.3	78.5	155.0	

Fuente: Hecho por el autor

Tabla 14. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	f_c Diseño kg/cm ²	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	RESISTENCIA DE ROTURA kg/cm ²	\bar{X}_p
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	16295.1	78.5	207.5	208.5
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	16019.2	78.5	204.0	
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	16334.3	78.5	208.0	
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	16147.7	78.5	205.6	208.4
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	16565.2	78.5	210.9	
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	16395.5	78.5	208.8	
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	17242.9	78.5	219.5	230.7
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	18560.4	78.5	236.3	
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210.0	14	18555.3	78.5	236.3	

Fuente: Hecho por el autor

Tabla 15. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	F'c Diseño kg/cm2	EDAD EN DÍAS	FUERZA MAXIMA kgf	AREA cm2	RESISTENCIA DE ROTURA kg/cm2	\bar{X}_p
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	19961.4	78.5	254.2	258.07
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	20510.0	78.5	261.1	
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	20331.7	78.5	258.9	
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	17027.3	78.5	216.8	220.07
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	17266.5	78.5	219.9	
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	17552.9	78.5	223.5	
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	20779.4	78.5	264.6	265.4
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	21123.4	78.5	269.0	
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210.0	28	20627.3	78.5	262.6	

Fuente: Hecho por el autor

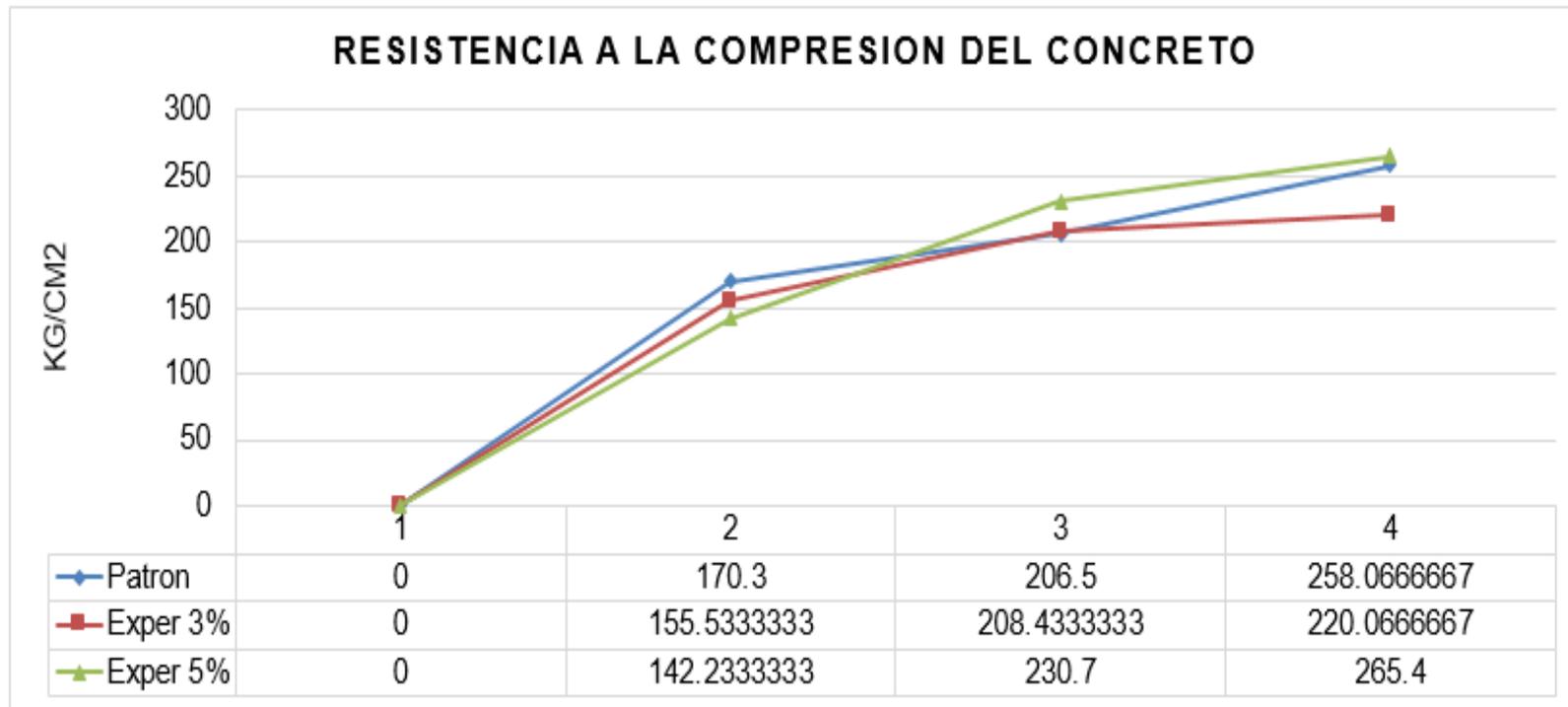


Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto

Fuente: Hecho por el autor

La grafica muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto con una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* en el bioconcreto, se observa que la resistencia del concreto experimental al 5% incrementa con respecto al concreto patrón.

4.3.2 Resistencia a compresión en vigas

Tabla 16. Resistencia a la flexión de vigas a los 7 días

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	F ^c DISEÑO (kg/cm ²)	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA kg/cm ²	\bar{X}_p
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	210	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	33.2	33.7
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	210	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	34.2	
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	34.3	35.65
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	37.0	
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	32.8	31.85
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	210	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	30.9	

Fuente: Hecho por el autor

Tabla 17. Resistencia a la flexión de vigas a los 14 días

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA kg/cm ²	\bar{X}_p
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	210	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	43.9	44.4
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	210	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	44.9	
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	48.9	45.8
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	44.7	
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	39.0	40.85
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	210	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	42.7	

Fuente: Hecho por el autor

Tabla 18. Resistencia a la flexión de vigas a los 28 días

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA kg/cm ²	\bar{X}_p
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	210	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	45.0	45.1
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	210	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	45.2	
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	51.3	51.35
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	51.4	
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	61.4	60.3
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	210	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	59.2	

Fuente: Hecho por el autor

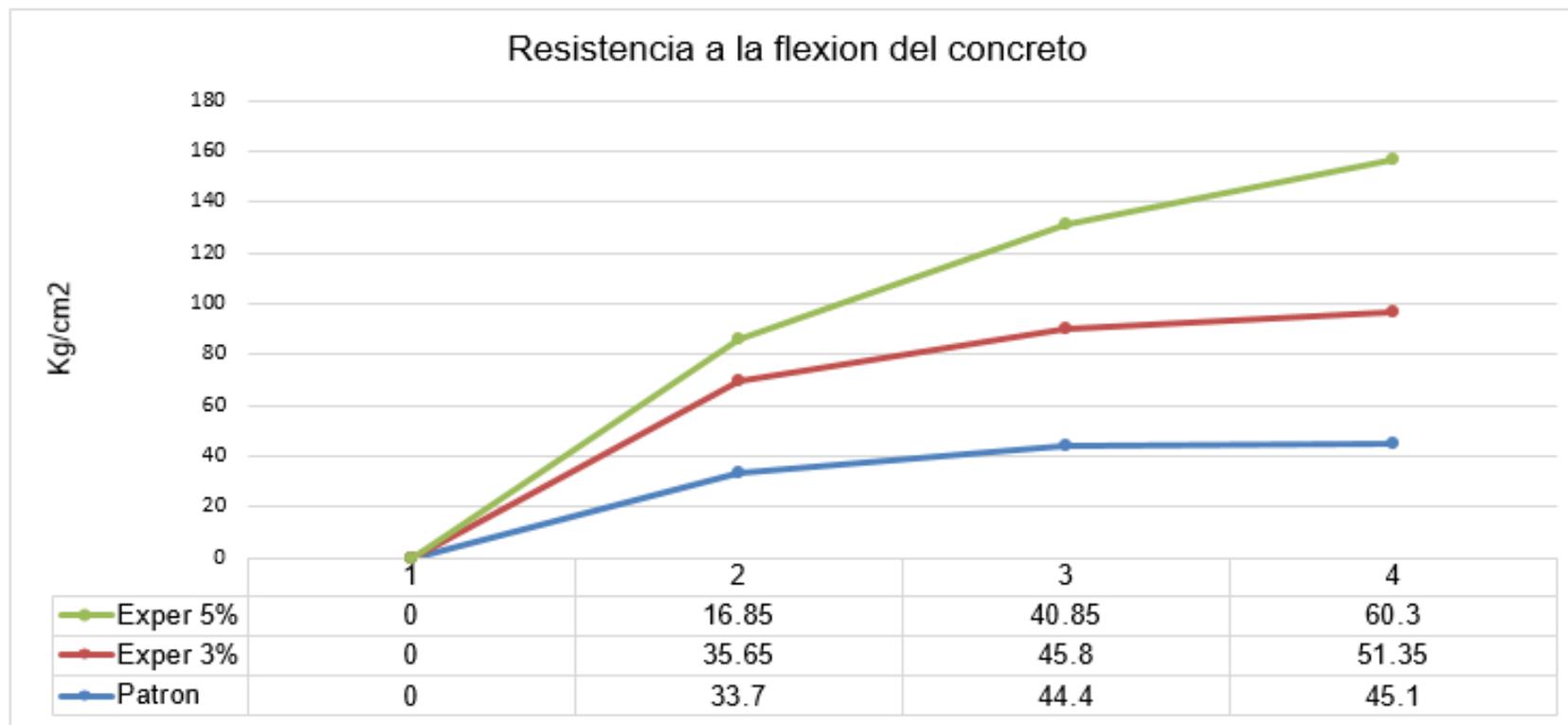


Figura 9. Resistencia a la flexión del concreto

Fuente: Hecho por el autor

La resistencia a la flexión del bioconcreto aplicando la bacteria *Bacillus Subtilis* es mayor con de 5% de aplicación de una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* con 60.3 kg/cm².

Contrastación de Hipótesis

Prueba de normalidad (Shapiro Wilk $n < 50$)

En la prueba de normalidad se usaron datos menores a 50

Tabla 20. Prueba de Normalidad de cada espécimen

Especimen		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia 7días	Patrón	,757	3	,016
	3% Bacillus Subtilis	,903	3	,394
	5% Bacillus Subtilis	,980	3	,731
Resistencia 14días	Patrón	,842	3	,220
	3% Bacillus Subtilis	,986	3	,772
	5% Bacillus Subtilis	,750	3	,000
Resistencia 28días	Patrón	,958	3	,606
	3% Bacillus Subtilis	,998	3	,918
	5% Bacillus Subtilis	,955	3	,593

Fuente: Hecho por el autor

Se puede observar que las resistencias a la comprensión del concreto en cada tipo de espécimen presentan normalidad ($p > 0.05$), para el periodo de 28 días por lo que se puede llevar a cabo una Anova de un factor. Si bien para los días 7 y 14 algunos registros presentan normalidad, otros no ($p < 0.05$) por lo que se opta por aplicar un análisis de comparación no paramétrico como lo es Kruskal-Wallis.

Comparación de resistencias a la compresión a 7 días de prueba

Tabla 21. Resistencia a la compresión a 7 días

Resumen de contrastes de hipótesis					
	Hipótesis nula	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de Resistencia 7 días es la misma entre categorías de Especimen.	,622	2	,733	Conserve la hipótesis nula.
a. El nivel de significación es de ,050.					
b. Se muestra la significancia asintótica.					

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis se puede concluir que no hay evidencia estadística de que las muestras de concreto patrón, a 3% de Bacillus Subtilis, y a 5% de Bacillus Subtilis presentan diferencias significativas a compresión. Lo anterior, se puede inferir dado un p-valor superior al nivel de significación de 0.05 permitió conservar la hipótesis nula de igualdad de resistencias, ($H(2) = 0,622$; $p = 0,733$), ver tabla 21.

Comparación de resistencias a la compresión a 14 días de prueba

Tabla 22. Resistencia a la compresión a 14 días

Resumen de contrastes de hipótesis					
	Hipótesis nula	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de Resistencia 14 días es la misma entre categorías de Espécimen.	6,006	2	,050	Rechace la hipótesis nula.
a. El nivel de significación es de ,050.					
b. Se muestra la significancia asintótica.					

Fuente: Hecho por el autor

Los resultados obtenidos para los 14 días de prueba a compresión del concreto patrón, a 3% de Bacillus Subtilis, y a 5% de Bacillus Subtilis, indican que se presentó una diferencia significativa entre las resistencias reportadas para cada material. Lo anterior, se puede concluir ya que el p-valor obtenido de la prueba fue igual o inferior a 0.05, lo cual, permitió rechazar la hipótesis nula de igualdad de resistencias ($H(2) = 6,066$; $p = 0,05$), ver tabla 22.

Representación gráfica de diferencias entre materiales a 14 días de prueba a compresión

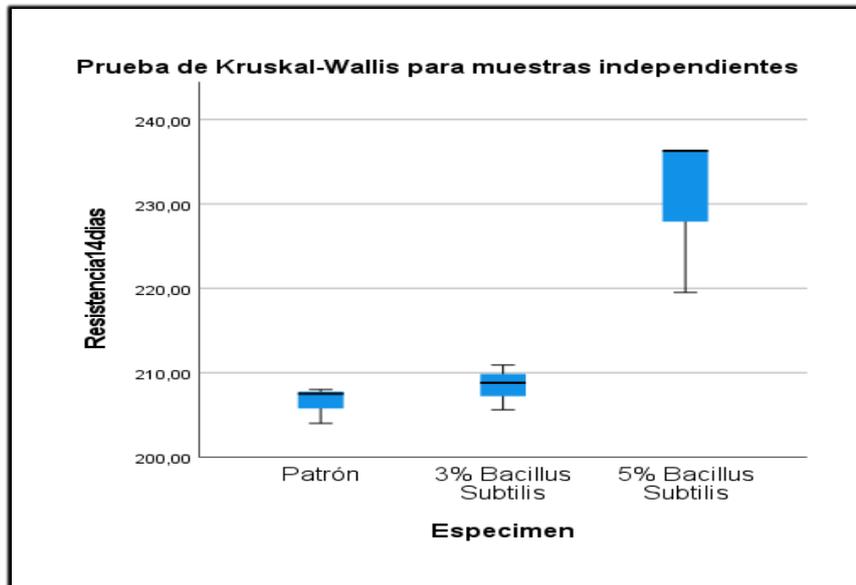


Figura 10. Prueba de Kruskal-Wallis a compresión a 14 días

Fuente: Hecho por el autor

Se puede observar en la figura 10, que hay una diferencia marcada entre los registros de las resistencias de las muestras de concreto a 5% Bacillus Subtilis y las muestras patrón. En este comparativo gráfico, se puede identificar mayores niveles de resistencia a la compresión de los especímenes con el 5% de la bacteria mencionada.

Tabla 23. Comparaciones de especímenes

Comparaciones por parejas de Especimen					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Patrón-3% Bacillus Subtilis	-1,667	2,227	-,748	,454	1,000
Patrón-5% Bacillus Subtilis	-5,333	2,227	-2,395	,017	,050
3% Bacillus Subtilis-5% Bacillus Subtilis	-3,667	2,227	-1,647	,100	,299

Fuente: Hecho por el autor

Al aplicar una muestra de comparaciones por parejas de especímenes, se pudo concluir que la diferencia encontrada en el gráfico 10 entre las muestras de patrón y 5% de Bacillus Subtilis resulta significativa ($p=0.05$), ver tabla 23.

Comparación de resistencias a la compresión a 28 días de prueba

Tabla 24. Comparación de resistencia a la compresión a 28 días

Descriptivos								
Resistencia28días								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	3	258,0667	3,52467	2,03497	249,3109	266,8224	254,20	261,10
3% Bacillus Subtilis	3	220,0667	3,35311	1,93592	211,7371	228,3962	216,80	223,50
5% Bacillus Subtilis	3	265,4000	3,27414	1,89033	257,2666	273,5334	262,60	269,00
Total	9	247,8444	21,27693	7,09231	231,4895	264,1993	216,80	269,00

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo a los resultados obtenidos para cada tipo de concreto a los 28 días, se puede observar que las muestras con mayor resistencia promedio reportada fue que contenía 5% de Bacillus Subtilis (265,400 kg/cm², DE=3,274), seguida por el concreto patrón (258,066 kg/cm², DE=3,524), y por el concreto con 3% de Bacillus Subtilis (220,066 kg/cm², DE=3,353), ver tabla 24.

Tabla 25. Anova

ANOVA

Resistencia 28días

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3552,889	2	1776,444	154,983	,000
Dentro de grupos	68,773	6	11,462		
Total	3621,662	8			

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo al análisis de varianza, se pudo establecer que existen diferencias significativas entre las resistencias reportadas de las distintas muestras de concreto, esto, ya que el p-valor obtenido de la prueba ANOVA estuvo por debajo de 0.05, lo cual, permitió rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias para las resistencias de cada tipo de concreto analizado a compresión ($F(2) = 154,983$; $p < 0.01$), ver tabla 25.

Comparación de muestras de concreto a 28 días de prueba a compresión

Tabla 26. Comparación de resistencia a la compresión a 28 días

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Resistencia 28 días							
	(I) Espécimen	(J) Espécimen	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Patrón	3% Bacillus Subtilis	38,00000*	2,76432	,000	29,5183	46,4817
		5 Bacillus Subtilis	-7,33333	2,76432	,084	-15,8150	1,1484
	3% Bacillus Subtilis	Patrón	-38,00000*	2,76432	,000	-46,4817	-29,5183
		5 Bacillus Subtilis	-45,33333*	2,76432	,000	-53,8150	-36,8516
	5% Bacillus Subtilis	Patrón	7,33333	2,76432	,084	-1,1484	15,8150
		3% Bacillus Subtilis	45,33333*	2,76432	,000	36,8516	53,8150

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo a la prueba post hoc de Tukey, se puede evidenciar que las diferencias entre las resistencias se encuentran entre las muestras de Patrón-3% de Bacillus Subtilis con una diferencia promedio de 38,000 kg/cm² IC95% [29,51-46,48], ($p < 0.01$), y entre 5% de Bacillus Subtilis y 3% de Bacillus Subtilis con una diferencia promedio de 45,33 kg/cm² IC95% [36,85-53,81], ($p < 0.01$), ver tabla 26.

Comportamiento de las muestras de concreto a flexión a los 7 días de prueba

Los análisis que se realizan a continuación dada el tamaño de la muestra, se llevan a cabo asumiendo el supuesto de normalidad dado los pocos registros por espécimen de cada tipo de concreto.

Tabla 27. Comparación de resistencia a flexión 7 días

Descriptivos								
Resistencia7días								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	2	33,7000	,70711	,50000	27,3469	40,0531	33,20	34,20
3% Bacillus Subtilis	2	35,6500	1,90919	1,35000	18,4966	52,8034	34,30	37,00
5% Bacillus Subtilis	2	31,8500	1,34350	,95000	19,7791	43,9209	30,90	32,80
Total	6	33,7333	2,01957	,82449	31,6139	35,8527	30,90	37,00

Fuente: Hecho por el autor

Los resultados descriptivos obtenidos para los ensayos a flexión de las muestras de concretos para cada tipo indicaron resistencias medias a flexión muy parecidas, sobresaliendo el concreto con 3% de Bacillus Subtilis con una resistencia reportada de 36,650 kg/cm² (DE=1,90), seguido por el concreto patrón con una resistencia a flexión promedio de 33,700 kg/cm² (DE=0,707), y el concreto con 5% de Bacillus Subtilis con una resistencia registrada de 31,650 kg/cm² (DE=1,34), ver tabla 27.

Tabla 28. Anova

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia7días	Entre grupos	14,443	2	7,222	3,641	,158
	Dentro de grupos	5,950	3	1,983		
	Total	20,393	5			

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo al análisis de varianza, se pudo establecer que las diferencias descritas para las distintas muestras de concreto no son significativas, esto, dado que el p-

valor de la prueba fue superior a 0.05 con lo cual se pudo rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias, ($F(2) = 3,641$; $p = 0,158$), ver tabla 28.

Comportamiento de las muestras de concreto a flexión a los 14 días de prueba

Los resultados descriptivos obtenidos para los ensayos a flexión de las muestras de concretos para cada tipo indicaron resistencias medias a flexión no muy diferentes, sobresaliendo el concreto con 3% de Bacillus Subtilis con una resistencia reportada de 45,800 kg/cm² (DE=1,55), seguido por el concreto patrón con una resistencia a flexión promedio de 44,400 kg/cm² (DE=0,707), y el concreto con 5% de Bacillus Subtilis con una resistencia registrada de 40,850 kg/cm² (DE=2,61), ver tabla 29.

Tabla 29. Comparación

Descriptivos								
Resistencia 14 días								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	2	44,4000	,70711	,50000	38,0469	50,7531	43,90	44,90
3% Bacillus Subtilis	2	45,8000	1,55563	1,10000	31,8232	59,7768	44,70	46,90
5% Bacillus Subtilis	2	40,8500	2,61630	1,85000	17,3435	64,3565	39,00	42,70
Total	6	43,6833	2,67613	1,09253	40,8749	46,4918	39,00	46,90

Fuente: Hecho por el autor

Tabla 30. Anova

ANOVA					
Resistencia14días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	26,043	2	13,022	4,001	,142
Dentro de grupos	9,765	3	3,255		
Total	35,808	5			

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo al análisis de varianza para el comportamiento de las muestras a los 14 días, se pudo establecer que las diferencias descritas para los especímenes de concreto considerados no son significativas, esto, dado que el p-valor de la prueba fue superior a 0.05 con lo cual se pudo rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias, ($F(2) = 4,001$; $p = 0,142$), ver tabla 30.

Comportamiento de las muestras de concreto a flexión a los 28 días de prueba

Los resultados descriptivos obtenidos para los ensayos a flexión de las muestras de concretos para cada tipo indicaron resistencias medias a flexión diferentes, sobresaliendo el concreto con 5% de Bacillus Subtilis con una resistencia reportada de 60,300 kg/cm² (DE=1,55), seguido por el concreto con 3% de Bacillus Subtilis con una resistencia a flexión promedio de 51,350 kg/cm² (DE=0,707), y patrón con una resistencia a flexión promedio de 45,100 kg/cm² (DE=0,141), ver tabla 31.

Tabla 31. Comportamiento de las muestras a flexión a los 28 días

Descriptivos								
Resistencia28días								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Patrón	2	45,1000	,14142	,10000	43,8294	46,3706	45,00	45,20
3% Bacillus Subtilis	2	51,3500	,07071	,05000	50,7147	51,9853	51,30	51,40
5% Bacillus Subtilis	2	60,3000	1,55563	1,10000	46,3232	74,2768	59,20	61,40
Total	6	52,2500	6,86899	2,80425	45,0414	59,4586	45,00	61,40

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo al análisis de varianza para el comportamiento de las muestras a los 28 días, se pudo establecer que las diferencias descritas para los especímenes de concreto considerados son significativas, esto, dado que el p-valor de la prueba fue inferior a 0.05, con lo cual se pudo rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias, ($F(2) = 143,233$; $p < 0,01$), ver tabla 32.

Tabla 32.Anova

ANOVA					
Resistencia28días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	233,470	2	116,735	143,233	,001
Dentro de grupos	2,445	3	,815		
Total	235,915	5			

Fuente: Hecho por el autor

Comparación de muestras de concreto a 28 días de prueba a flexión

De acuerdo a la prueba post hoc de Tukey, se puede evidenciar que las diferencias entre las resistencias se encuentran entre las muestras 3% de Bacillus Subtilis-Patrón con una diferencia promedio de 6,250 kg/cm² IC95%[2,47-10,02], ($p=0.01$), entre 5% de Bacillus Subtilis y 3% de Bacillus Subtilis con una diferencia promedio de 8,95 kg/cm² IC95%[5,17-12,72], ($p=0.00$), y entre 5% de Bacillus

Subtilis y patrón con una diferencia promedio de 15,200 IC95%[11,42-18,97],(p=0.00) ,ver tabla 33.

Tabla 33. Comportamiento a flexión a los 28 días

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia28dias						
HSD Tukey						
(I) Espécimen	(J) Espécimen	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	3% Bacillus Subtilis	-6,25000*	,90277	,013	-10,0224	-2,4776
	5% Bacillus Subtilis	-15,20000*	,90277	,001	-18,9724	-11,4276
3% Bacillus Subtilis	Patrón	6,25000*	,90277	,013	2,4776	10,0224
	5% Bacillus Subtilis	-8,95000*	,90277	,004	-12,7224	-5,1776
5% Bacillus Subtilis	Patrón	15,20000*	,90277	,001	11,4276	18,9724
	3% Bacillus Subtilis	8,95000*	,90277	,004	5,1776	12,7224

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Hecho por el autor

Análisis correlacional entre resistencia a flexión y porcentaje de Bacillus Subtilis en el bioconcreto

H₀: No existe correlación entre los porcentajes de Bacillus Subtilis en el bioconcreto y la resistencia a flexión del material.

H₁: Existe correlación entre los porcentajes de Bacillus Subtilis en el bioconcreto y la resistencia a flexión del material.

Tabla 19.Correlación de Rho de Spearman resistencia a la flexión

Correlaciones				
			Porcentajes de Bacillus Subtilis	Resistencia 28días
Rho de Spearman	Porcentajes de Bacillus Subtilis	Coefficiente de correlación	1,000	,956**
		Sig. (bilateral)	.	,003
		N	6	6
	Resistencia 28días	Coefficiente de correlación	,956**	1,000
		Sig. (bilateral)	,003	.
		N	6	6
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo a los resultados del análisis correlacional bivariado mediante el coeficiente de correlación Rho de Spearman, se puede observar que existe una correlación fuerte, positiva y significativa entre los porcentajes de Bacillus Subtilis en el bioconcreto y la resistencia a la flexión desarrollada por el material a los 28 días ($Rho=0,956;p<0.01$).Lo anterior, indica que a medida que se aumenta el porcentaje de Bacillus Subtilis en el bioconcreto, este presenta mayor resistencia a la flexión, ver tabla 34.

Representación gráfica de la relación lineal entre porcentajes de Bacillus Subtilis y Resistencia a la flexión del bioconcreto (28 días).

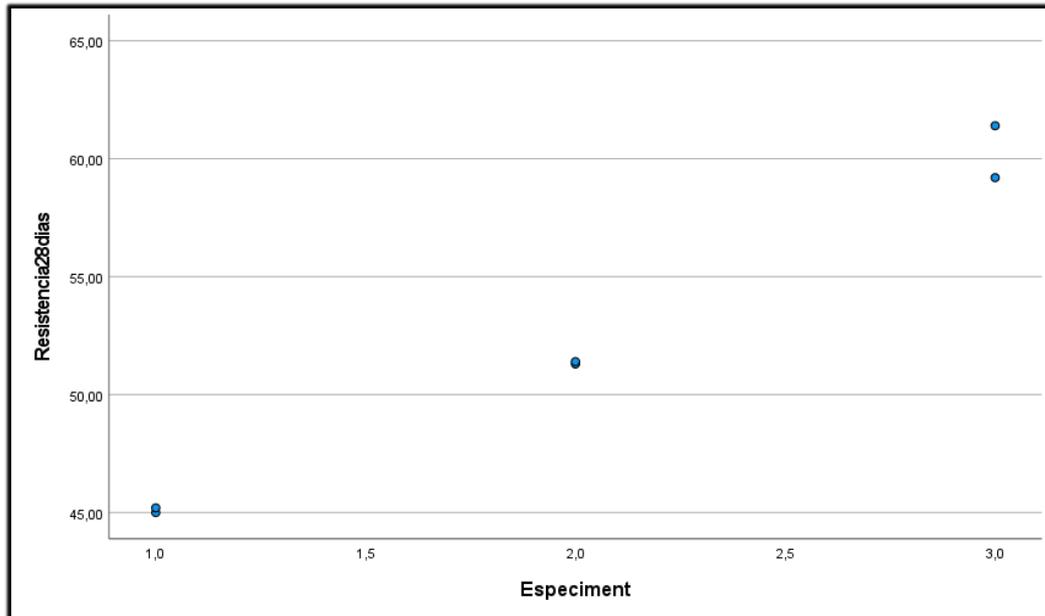


Figura 11. Comportamiento lineal de la resistencia flexión a los 28 días

Fuente: Hecho por el autor

De la figura 11, se puede observar un comportamiento lineal entre las variables porcentaje de Bacillus Subtilis y resistencia a la flexión del bioconcreto a los 28 días, dejando ver que a medida que aumentamos la proporción de la bacteria, el bioconcreto presenta mayor resistencia.

Análisis correlacional entre resistencia a compresión y porcentaje de Bacillus Subtilis en el bioconcreto.

H_0 : No existe correlación entre los porcentajes de Bacillus Subtilis en el bioconcreto y la resistencia a compresión del material.

H_1 : Existe correlación entre los porcentajes de Bacillus Subtilis en el bioconcreto y la resistencia a compresión del material.

Tabla 20. Correlación de Rho de Spearman resistencia a la compresión

Correlaciones				
			Porcentajes de Bacillus Subtilis	Resistencia 28 días
Rho de Spearman	Porcentajes de Bacillus Subtilis	Coefficiente de correlación	1,000	,847**
		Sig. (bilateral)	.	,004
		N	9	9
	Resistencia 14 días	Coefficiente de correlación	,847**	1,000
		Sig. (bilateral)	,004	.
		N	9	9

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Hecho por el autor

De acuerdo a los resultados del análisis correlacional bivariado mediante el coeficiente de correlación Rho de Spearman, se puede observar que existe una correlación fuerte, positiva y significativa entre los porcentajes de Bacillus Subtilis en el bioconcreto y la resistencia a compresión desarrollada por el material a los 14 días ($Rho=0,847; p<0.01$). Lo anterior, indica que a medida que se aumenta el porcentaje de Bacillus Subtilis en el bioconcreto, este presenta mayor resistencia a la compresión, ver tabla 35

Representación gráfica de la relación lineal entre porcentajes de Bacillus Subtilis y Resistencia a la compresión del bioconcreto (14 días).

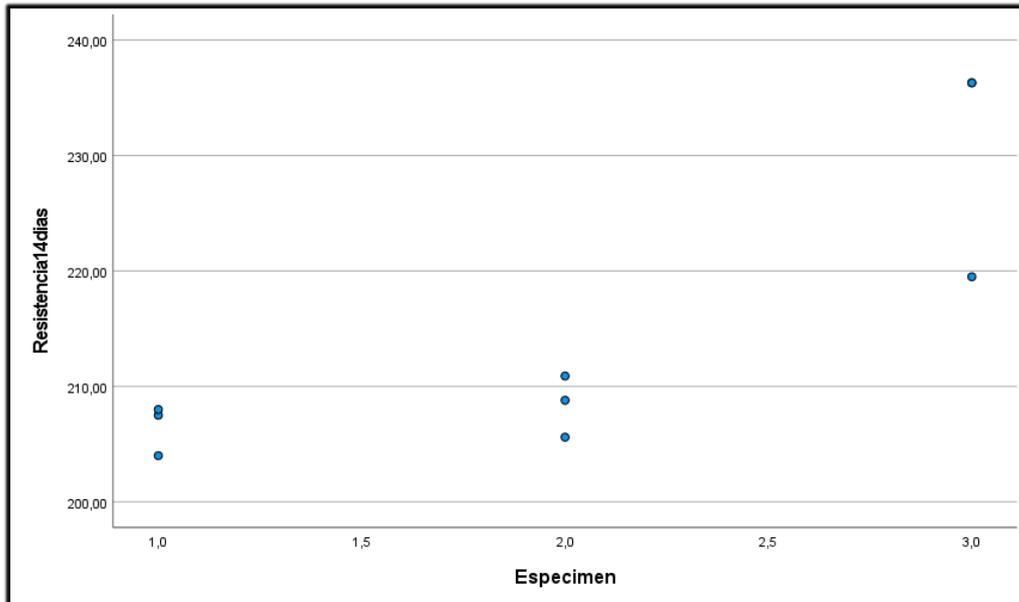


Figura 12.Comportamiento lineal de la resistencia flexión a los 28 días

Fuente: hecho por el autor

De la figura 3, se puede observar un comportamiento directo entre las variables porcentaje de Bacillus Subtilis y resistencia a la compresión del bioconcreto a los 14 días, dejando ver que a medida que aumentamos la proporción de la bacteria, el bioconcreto presenta mayor resistencia.

V.- DISCUSIÓN

En el presente estudio se consideró la siguiente hipótesis general: H1 La adición de la bacteria *Bacillus Subtilis* modifica las propiedades mecánicas del concreto. En este sentido, se procede a discutir los resultados más relevantes teniendo en cuenta tanto el objetivo general como los objetivos específicos planteados en la investigación.

El objetivo general fue modificar las propiedades mecánicas del concreto aplicadas en vigas agregando la bacteria *Bacillus Subtilis*, para tal propósito se diseñó una mezcla aplicando una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* en el bioconcreto del concreto patrón con proporciones 1:2.25: 2.75: 24.8, del concreto experimental con 3% con proporciones 1:2.26: 2.71 :23.2 y del concreto experimental con 5% con proporciones 1:2.25: 2:71 : 22:8. Lo anterior, concuerda con Gamarra (2020) que indica que los resultados más favorables se obtienen con cepas, ya que los surcos tienden a cerrarse después de su uso como aditivo hasta 2 mm de ancho, aumentando la resistencia del hormigón.

En lo que respecta al primer objetivo específico de elevar la resistencia de las propiedades mecánicas por medio de la agregación de la bacteria *Bacillus Subtilis*, los resultados muestran la variación de la resistencia a la compresión del concreto con una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* en el bioconcreto, se observa que la resistencia del concreto experimental al 5% incrementa con respecto al concreto patrón, ver tabla 13,14,15 y figura 8. Lo anterior, concuerda con Gamarra (2020) quien indica que cuando se trabaja con soluciones de 4%, 8% y 12% de bacterias, la dosis de 12% de *Bacillus Subtilis* puede aumentar la resistencia del hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, superando nuestro objetivo.

Así mismo, los resultados obtenidos muestran que la resistencia a la flexión del bioconcreto aplicando la bacteria *Bacillus Subtilis* es mayor con de 5% de aplicación de una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* con 60.3 kg/cm^2 , ver tabla 16,18 y figura 9. Esto, concuerda con Sierra, Mera y Jonkers (2015) que indica que Seis

meses después de verter este hormigón, no se encontraron daños durante la inspección del sitio y signos de desgaste o grietas.

En lo referente al segundo objetivo específico de aumentar la resistencia a flexión del concreto con la adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*, se pudo evidenciar un aumento significativo de la resistencia a flexión del bioconcreto a 5% de la bacteria *Bacillus Subtilis* en comparación al concreto patrón ($p < 0.01$), y al concreto con 3% de la misma bacteria en mención ($p < 0.01$). De igual manera, se encontró mediante el estadístico Rho de Spearman una correlación alta, positiva y significativa ($Rho = 0.957; p < 0.01$) entre el porcentaje de la bacteria en el bioconcreto, y la resistencia a flexión reportada por el laboratorio ambos hallazgos a un periodo de 28 días. En esta línea, Ascate y de Jesús (2019), encontró que cuando se trabaja con soluciones de 4%, 8% y 12% de bacterias, la dosis de 12% de *Bacillus Subtilis* puede aumentar la resistencia del hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, es un referente que respalda la relación directa y proporcional encontrada en el estudio.

Con relación al tercer objetivo específico de aumentar la resistencia a compresión del concreto con la incorporación de la bacteria *Bacillus Subtilis*, se pudo encontrar que a los 28 días el bioconcreto con 5% de la bacteria desarrolló una resistencia a la compresión de $265,400 \text{ kg/cm}^2$, que fue superior a lo evidenciado en el bioconcreto a 3% de *Bacillus Subtilis* ($p < 0.01$). De igual manera, se pudo evidenciar que el concreto patrón desarrolló mayor resistencia a compresión que la reportada por el bioconcreto a 3% de *Bacillus Subtilis* ($p < 0.01$). Para comprender este resultado, se pudo contrastar con lo determinado por Santos (2021) quien llegó a la conclusión de que se puede confirmar que el hormigón estándar tiene una mayor resistencia a la compresión que el biohormigón, la diferencia es aproximadamente un 15% mayor, debido a las bacterias añadidas durante el crecimiento del biohormigón. En el periodo de 14 días, se pudo evidenciar una correlación alta, positiva y significativa entre el porcentaje de adición de la bacteria y la resistencia a compresión en las muestras consideradas en el análisis ($Rho = 0.847, p < 0.01$). Si bien, en el marco referencial no hay estudios correlacionales al respecto considerando la misma bacteria, Gamarra (2020) pudo determinar que si se pueden obtener resultados más favorables al respecto, en su caso se obtuvieron con cepas

de *Paenibacillus Lactis*, donde se pudo aumentar la resistencia del hormigón, llegando a la conclusión de que las propiedades mecánicas del material (resistencia a la compresión) se ven afectadas positivamente por el uso de aditivos microbianos, es decir, porque las cepas bacterianas seleccionadas son capaces de liberar carbonato de calcio.

VI.- CONCLUSIONES

- 1 En lo que tiene que ver con el objetivo general, se pudo diseñar una mezcla aplicando una solución de bacterias *Bacillus Subtilis* en el bioconcreto del concreto patrón es 1:2.25: 2.75: 24.8, del concreto experimental con 3% es 1:2.26: 2.71 : 23.2 y del concreto experimental con 5% es 1:2.25: 2:71 : 22:8 que permitió identificar el aumento de la resistencia a la compresión y a la flexión del bioconcreto con *Bacillus Subtilis* en Lima , 2023 a una concentraciones diferentes de la bacteria.
- 2 En cuanto al primer objetivo específico, se pudo identificar que a los 28 días tanto la resistencia a la compresión (265,400 kg/cm²) como la resistencia a la flexión (60.3 kg/cm²) para una concentración de *Bacillus Subtilis* al 5% presentaron una variación positiva con respecto a los 7 días en Lima , 2023 se encuentran dentro del rango.
- 3 En lo relacionado al segundo objetivo, se pudo determinar una variación positiva de la resistencia a la flexión a los 28 días mediante una correlación de esta con el porcentaje de la bacteria añadida al bioconcreto ($Rho=0.956, p<0.01$), y así mismo, una diferencia significativa entre el bioconcreto al 5% de la bacteria y el concreto patrón ($p<0.01$).
- 4 Con referencia al tercer objetivo específico, la resistencia a la compresión en el concreto experimental al 5% se incrementó con respecto al concreto experimental al 3% ($p<0.01$), y no con respecto al patrón ($p=0.08$). Se observó un desarrollo menor de la resistencia a la compresión en este último ensayo (220,0667 kg/cm²) que en el concreto estándar (258,0667) kg/cm². No obstante, se identificó un comportamiento directamente proporcional a los 14 días entre el porcentaje de *Bacillus Subtilis* y la resistencia a compresión presentada en las muestras de concreto.

VII.- RECOMENDACIONES

1. Se recomienda analizar las características biológicas de la bacteria *Bacillus Subtilis* para reducir la mortalidad de la muestra.
2. Utilizar la cantidad exacta de la bacteria *Bacillus Subtilis*, ya que este material llega a absorber gran cantidad de humedad y genera un concreto no trabajable.
3. Para la confiabilidad de los equipos se recomienda utilizar el programa SPSS.
4. Tener cuidado con el traslado de la muestra para ensayo a la flexión, debido a la rotura o fisuras por la mala manipulación.
5. Realizar los ensayos según lo que indica la normativa vigente, para evitar el mal proceso y formulación de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABARCA-GUERRERO, Lilliana; LEANDRO-HERNÁNDEZ, Ana Grettel. Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 2016, vol. 29, no 4, p. 111-122

<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i4.3042>

ASCATE MEGO, Clarita Paola; MIRANDA TORRES, Mary Anna de Jesús. Diseño de bioconcreto con *Bacillus Subtilis* para mejorar la resistencia en un concreto $f'c=210$ kg/cm², Tarapoto-2019. 2019.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/46462>

BARTH, Holger, et al. Binary bacterial toxins: biochemistry, biology, and applications of common *Clostridium* and *Bacillus* proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2004, vol. 68, no 3, p. 373-402.

DOI: <https://doi.org/10.1128/mmbr.68.3.373-402.2004>

MONTOYA, Carlos Mauricio Bedoya. Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 2017, vol. 11, no 1, p. 1.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6450731>

VIERA, Luisa Paulina; CARPIO, Victor Andrés. Materiales Cementantes Compuestos (ccm): estado del arte, situación actual y aplicaciones en la Ingeniería Civil. *INGENIO*, 2019, vol. 2, no 2, p. 5-16.

DOI: <https://doi.org/10.29166/ingenio.v2i2.1640>

CARRILLO, Julián; ALCOCER, Sergio M.; APERADOR, William. Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 2013, vol. 14, no 2, p. 285-298.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140577432013000200012&script=sci_abstract&tlng=pt

CARRILLO, Julián; SILVA-PÁRAMO, Diego. Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero. Ingeniería, investigación y tecnología, 2016, vol. 17, no 3, p. 317-330.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140577432016000300317&script=sci_abstract&tlng=pt.

JULIÁN, Carrillo; DIEGO, Silva; MARTHA, Sánchez. Desempeño de losas de concreto sobre terreno reforzadas con malla electrosoldada o fibras de acero. Ingeniería, investigación y tecnología, 2016, vol. 17, no 4, p. 499-510.

<https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.11.009>

CASTELLANO, Claudia C.; BONAVETTI, Viviana L.; IRASSAR, Edgardo F. Cementos mezclas: influencia del tamaño de las partículas de escoria. Concreto y cemento. Investigación y desarrollo, 2013, vol. 4, no 2, p. 2-14.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112013000100001&script=sci_abstract&tlng=pt

YAM, José Luis Chan; CARCAÑO, Rómel Solís; MORENO, Éric Iván. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Ingeniería, 2003, vol. 7, no 2, p. 39-46.

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>.

ZÚÑIGA, Nidia Cruz; PICADO, Daniela Ramírez. Evaluación de muestras del agregado grueso proveniente de residuos de concreto para producir nuevos concretos. Métodos y materiales, 2022, vol. 12, no 1, p. 1-11.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8719376>.

CUADROS, J. Bioconcreto un material con vida propia. 2018.

CUERVO MULET, Raúl Alberto. Manual de protocolos de microbiología general. Documento USB, 2010.

DAZA, O.; GUARNIZO, F. Revisión bibliográfica entre el concreto auto reparable y el concreto convencional. 2020.

DE LA CRUZ , S. 2022. Materiales para el concreto. *Universidad ciencia y tecnología*.

CABREJOS, Pablo Díaz. Concreto reforzado con fibra natural de origen animal (plumas de aves). *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2016, vol. 3, no 2, p. 92-95.

[DOI: https://doi.org/10.26495/icti.v3i2.453](https://doi.org/10.26495/icti.v3i2.453)

RAMÍREZ, Norberto Domínguez. La adherencia en el concreto reforzado: breve revisión histórica de la investigación del fenómeno. *Investigación y Ciencia*, 2013, vol. 21, no 58, p. 61-72.

<https://www.redalyc.org/pdf/674/67428815008.pdf>.

FERNANDEZ, A. 2012. El agua: un recurso esencial. *Química Viva*.

FERREIRA-CUÉLLAR, Daniel Alfonso; TORRES-LÓPEZ, Karen Milena. Caracterización física de agregados pétreos para concretos caso: Vista Hermosa (Mosquera) y mina Cemex (Apulo). 2014.

<http://hdl.handle.net/10983/1655>

ARAUJO HUAMAN, Georck Bagner. Estudio sobre la influencia de la aplicación de cepas bacterianas como aditivo ante la presencia de fisuras en el concreto en Latinoamérica. 2020.

<http://hdl.handle.net/20.500.12423/4042>

GUERRA CHAYÑA, Pedro Ronald; GUERRA RAMOS, César Edwin. Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 2020, vol. 20, no 20, p. 121-140.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2020000200008&script=sci_arttext.

FALLAS, Génesis Guevara, et al. Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en marcha*, 2017, vol. 25, no 2, p. 80-86.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835626>

HERNÁNDEZ-CASTAÑEDA, Oscar; MENDOZA-ESCOBEDO, Carlos Javier. Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. Ingeniería, investigación y tecnología, 2016, vol. 7, no 1, p. 57-70.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432006000100005&script=sci_abstract&tlng=pt.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432006000100005&script=sci_abstract&tlng=pt)

WIKTOR, V.; JONKERS, H. M. Field performance of bacteria-based repair system: Pilot study in a parking garage. Case Studies in Construction Materials, 2015, vol. 2, p. 11-17.

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2014.12.004>

KHARCH, Fattoum; ARNAUD, Maurice; LORRAIN, Michel. Disertación sobre el futuro del Concreto Armado. Boletín Técnico, 2003, vol. 41, no 1, p. 33-39.

[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0376-723X2003000100003&script=sci_arttext.](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0376-723X2003000100003&script=sci_arttext)

CARRO, Alejandro Navas. Propiedades a compresión de la mampostería de bloques de concreto. Ingeniería, 2017, vol. 17, no 2, p. 53-70.

<https://doi.org/10.15517/ri.v17i2.7746>

NEVILLE, A. Tecnología del hormigón. Tomo I. Ciudad de México, México, Limusa , 1998.

OROZCO, M., et al. Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. Revista ingeniería de construcción, 2018, vol. 33, no 2, p. 161-172.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161>

PORRERO, J. RAMOS. C, GRASES, J, VELÁZCO, G (2004) «Manual del Concreto Estructural». SIDETUR, Caracas.

RIVVA, E. 2014. Materiales para el concreto. Lima: ICG.

RIVERA, Emely, et al. Concretos reciclados, posibilidades de investigación desde el pregrado. Revista Arquitectura+, 2020, vol. 5, no 9, p. 28-39.
<https://doi.org/10.5377/arquitectura.v9i5.9918>

ROBIN, S. 2007. Materiales y ensayos del concreto.

SALAS, Andres, et al. Engineering properties of blended concrete with Colombian rice husk ash and metakaolin. Ingenieria y competitividad, 2013, vol. 15, no 2, p. 225-235.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332013000200021.

SANTOS ESTRADA, Arnold Junior. Aplicación del bioconcreto para reparar agrietamientos de los decantadores de la planta de tratamiento de agua La Atarjea-Lima. 2021.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655332>.

SARTA-FORERO, Helo Nickolas; SILVA-RODRÍGUEZ, José Luis. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%. 2017.

<https://repository.ucatolica.edu.co/items/5f59a07b-e03e-40de-aa22-2d284a675b84/full>.

GUZMÁN, María Fernanda Serrano, et al. Concreto preparado con residuos industriales: resultado de alianza empresa universidad. Revista educacion en Ingeniería, 2011, vol. 6, no 11, p. 1-11.

<https://doi.org/10.26507/rei.v6n11.116>

BELTRÁN, M. Guadalupe Sierra; ORTÍZ, Walter Vicente Mera; JONKERS, Henk M. Hormigón autoRreparable con bacterias y reforzado con fibras naturales: Principios y aplicaciones en Ecuador. Alternativas, 2016, vol. 17, no 3, p. 207-214.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6200507>.

CORRAL, José Toirac. Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. Ciencia y sociedad, 2012, vol. 37, no 3, p. 293-334.
<http://dx.doi.org/10.22206/cys.2012.v37i3.pp293-334>

NGUYEN, Thanh Ha, et al. Bacterial self-healing of concrete and durability assessment. Cement and Concrete Composites, 2019, vol. 104, p. 103340.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103340>

VARGAS VICTORIO, Irma Felipa. Efectos del aire incorporado en las propiedades del concreto preparado con el supercemento Atlas puzolánico tipo IP.
<http://hdl.handle.net/20.500.14076/19990>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Bioconcreto	Consiste en hormigón convencional y lactato de calcio, que alimenta a las bacterias que producen piedra caliza, un material que cicatriza las grietas.	Mide las propiedades del concreto como su fluidez y resistencia se hacen ensayos de Slump y prueba de resistencia a la compresión	Dosificación	3% y 5 % de bacteria	Intervalo
			Dosificación	3% y 5 % de bacteria	
Propiedades mecánicas del concreto	Son parámetros requeridos o ensayos, en las cuales pasan del estado plástico al estado rígido.	Las resistencias a compresión y flexión se realizaran en el laboratorio con ensayos de testigos y vigas en las cuales se curaran en días de 7, 14, y 28 días.	P. mecánicas	Resistencia a compresión y flexión	

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Mejora de propiedades mecánicas del bioconcreto utilizando Bacillus Subtilis en Lima, 2023							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	Metodología
Problema general: ¿Cómo varía la adición con la bacteria Bacillus Subtilis en las propiedades mecánicas del concreto aplicadas en vigas?	Objetivo general: Modificar las propiedades mecánicas del concreto aplicadas en vigas agregando la bacteria Bacillus Subtilis.	Hipótesis general: La adición de la bacteria Bacillus Subtilis modifica las propiedades mecánicas del concreto.	INDEPENDIENTE	Bioconcreto de Bacillus Subtilis	Dosificación	3 % y 5 % de bacteria	Tipo de investigación: Aplicada Diseño de investigación: Experimental Enfoque de Investigación: Cuantitativo
Problemas específicos: ¿Con la agregación de la bacteria Bacillus Subtilis modifica la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto?	Objetivos específicos: Elevar la resistencia de las propiedades mecánicas por medio de la agregación de la bacteria Bacillus Subtilis.	Hipótesis específicos: La agregación de la bacteria Bacillus Subtilis aumenta las propiedades mecánicas del concreto.			Dosificación	3 % y 5 % de bacteria	Población: 27 testigos y 15 vigas de concreto Muestreo: No probabilístico. Muestra: Probetas y vigas

¿Con la adición con la bacteria Bacillus Subtilis altera la resistencia a flexión del concreto?	Aumentar la resistencia a flexión del concreto con la adición de la bacteria Bacillus Subtilis.	La adición de la bacteria Bacillus Subtilis eleva la resistencia a flexión del concreto	DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas	Propiedades mecánicas	- Compresión	Técnicas de obtención de datos: 1° ensayos de laboratorio. 2° tablas técnicas, textos formatos de control, fichas. Técnicas para procesamiento de datos: Ensayos y análisis.
¿Con la incorporación de la bacteria Bacillus Subtilis modifica la resistencia a comprensión del concreto?	Modificar la resistencia a comprensión del concreto con la incorporación de la bacteria Bacillus Subtilis.	La incorporación de la bacteria Bacillus Subtilis modifica la resistencia a comprensión del concreto				- Flexión	

ANEXO 3: Ensayos de laboratorio



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
 Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

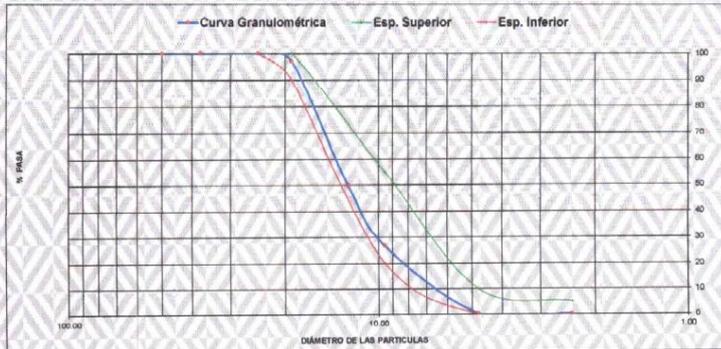
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LTC-AG-002
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C136

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Joseph Samir Pacheco Quiros
PROYECTO : Aplicación de bioconcreto con *Bacillus subtilis* para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN : Lima **Fecha de ensayo:** 12/10/2022

MATERIAL : AGREGADO GRUESO **GANTERA:** TRAPICHE
PESO INICIAL HÚMEDO (g): 3.360,5 **% W =** 0,3
PESO INICIAL SECO (g): 3.350,6 **MF =** 0,76

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO#7
				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	
1"	24,50	0,0	0,0	0,0	100,0	100
3/4"	19,05	101,6	3,0	3,0	97,0	90 - 100
1/2"	12,50	1.582,9	47,2	50,2	49,8	
3/8"	9,53	775,4	23,1	73,3	26,7	20 - 85
Nº 4	4,75	883,2	26,4	98,7	0,3	0 - 10
Nº 8	2,36	4,8	0,1	99,8	0,2	0 - 5
Nº 16	1,18	0,0	0,0	99,8	0,2	
FONDO	-	2,7	0,1	99,9	0,1	



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

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG CIP Nº 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

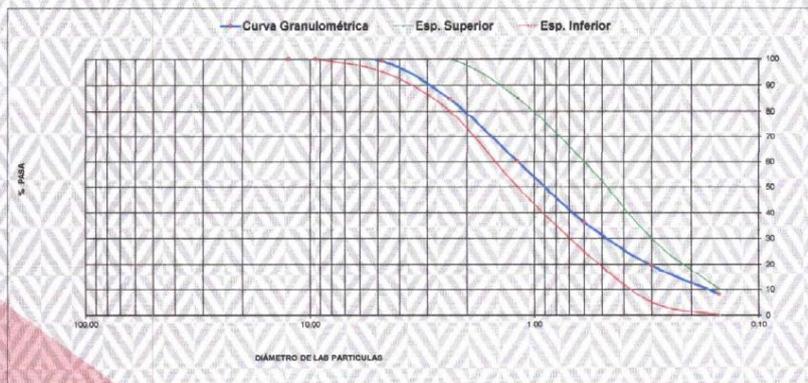
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C138

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Sanir Pacheco Quiros
PROYECTO	: Aplicación de bioconcreto con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 12/10/2022

MATERIAL	: AGREGADO FINO	CANTERA	: TRAPICHE
PESO INICIAL HÚMEDO (g):	911.8	% W.P.:	1:1
PESO INICIAL SECO (g):	901.7	MF #:	2.92

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	8.3	0.9	0.9	99.1	95 - 100
Nº8	2.36	190.6	14.5	15.4	84.6	80 - 100
Nº16	1.18	230.1	24.4	38.8	60.2	80 - 85
Nº30	0.60	216.2	24.0	63.8	36.2	25 - 60
Nº50	0.30	150.8	16.7	80.5	19.5	5 - 30
Nº100	0.15	101.7	11.3	91.8	8.2	0 - 10
FONDO	--	74.1	8.2	100.0	0.0	



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

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP. Nº 210966 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--

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

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Cuevas
PROYECTO	: Aplicación de bitúncemento con Escillas subtile para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN	: Lima

Fecha de ensayo: 12/10/2022

MATERIAL : AGREGADO GRUESO		CANTERA : TRAPICHE			
MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	29802	29745	29793
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20602	20545	20593
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.458	1.454	1.457
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.456		
MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32188	32196	32114
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22988	22996	22914
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.627	1.627	1.622
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.626		

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

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG CIP Nº 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	PESO	Código	FOR-LAB-AG-016
	UNITARIO		Revisión	2
	DE AGREGADO FINO		Aprobado	CG-JJG

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Josiah Samir Pacheco Oteros
PROYECTO	Aplicación de bioconcreto con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN	Lima
Fecha de ensayo: 12/10/2022	

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

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

1	Peso de la Muestra + Molde	g	5887	5912	5903
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4265	4290	4281
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.525	1.532	1.529

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.528
-------------------------------	------	-------

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

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6601	6592	6589
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4979	4970	4967
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.778	1.775	1.774

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.776
-----------------------------------	------	-------

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Queros
PROYECTO	: Aplicación de biocemento con <i>Bacillus subtilis</i> para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN	: Lima
Fecha de ensayo: 12/10/2022	

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1270.2	1264.4	1267.3
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2026.4	2008.6	2017.5
3	Peso muestra Seco	C	g	2008.3	1990.7	1999.5
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.68	2.70	2.69
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.66	2.67	2.67
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.72	2.74	2.73
7	Absorción de agua = ((D - D ₁)/C)*100		%	0.0	0.0	0.0

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

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	---	---

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

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiroz
PROYECTO	: Aplicación de bioconcreto con <i>Bacillus subtilis</i> para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 12/10/2022

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

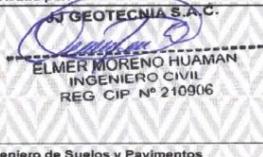
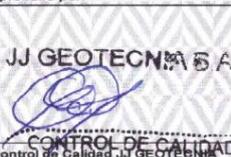
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	965.2	964.6	964.9
2	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	g	654.5	654.3	654.4
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.7	310.3	310.5
4	Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	647.0	647.4	647.2
5	Peso del Balón	g/cc	154.3	154.3	154.3
6	Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	492.7	493.1	492.9
7	Volumen del Balón (V)	cc	496.7	496.7	496.7

RESULTADOS

PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.65	2.65	2.65
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = ((2)-(5))/(V-W))	g/cc	2.69	2.68	2.69
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W) - ((2)-(5)-A)])	g/cc	2.76	2.75	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [((2)-(5)-A)/A]*100]	%	1.5	1.4	1.5

OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	: APLICACION DE BIOCONCRETO CON BACILLUS SUBTILIS PARA DISMINUIR LA PRESENCIA DE FISURAS EN CONCRETO EN LIMA METROPOLITANA 2022
UBICACION	: LIMA

Fecha de ensayo: 12/10/2022

MATERIAL	Fc 210 kg/cm ² (PATRÓN)					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.65	2.92	1.1	1.5	1629.0	1776.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.76	0.3	0.9	1456.0	1625.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO					
1	ASENTAMIENTO		3.4	plg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.558		
4	AGUA		200		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		7.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.38		
7	TEMPERATURA °C		25.5	°C	
B) ANALISIS DE DISEÑO					
FACTOR CEMENTO		358.500	Kg/m ³	6.4	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento		0.1149	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua		0.2000	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire		0.0200	m ³ /m ³		0.335
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
Volumen absoluto del Agregado fino		0.3010	m ³ /m ³		0.665
Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3840	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO					
CEMENTO		369	Kg/m ³		
AGUA		200	Lts/m ³		
AGREGADO FINO		796	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO		972	Kg/m ³		
D) PESO DE MEZCLA		2328	Kg/m ³		
CORRECCION POR HUMEDAD					
AGREGADO FINO HUMEDO		806.4	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO		974.8	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO		0.40	Lts/m ³		
AGREGADO GRUESO		0.60	Lts/m ³		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				209.0	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO					
CEMENTO		359	Kg/m ³		
AGUA		209	Lts/m ³		
AGREGADO FINO		806	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO		975	Kg/m ³		
G) PESO DE MEZCLA		2349	Kg/m ³		
CANTIDAD DE MATERIALES (40 LL)					0.04
CEMENTO		14.34	Kg		
AGUA		8.38	Lts		
AGREGADO FINO		32.26	Kg		
AGREGADO GRUESO		38.98	Kg		
PORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					
C	1.0				
A.F	2.25				
A.G	2.72				
H2o	24.8				
PORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)					
C	1.0				
A.F	2.21				
A.G	2.80				
H2o	24.8				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
JJ GEOTECNIA S.A.C. ESTADO DE MATERIALES VºBº	JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG CIP N° 210906	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	: APLICACION DE BIOCONCRETO CON BACILLUS SUBTILIS PARA DISMINUIR LA PRESENCIA DE FISURAS EN CONCRETO EN LIMA METROPOLITANA 2022
UBICACION	: LIMA

Fecha de ensayo: 12/10/2022

MATERIAL	F _c 210 kg/cm ² (PATRÓN)					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.65	2.92	1.1	1.5	1629.0	1776.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.76	0.3	0.9	1456.0	1625.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO				
1	ASENTAMIENTO		3.4	plg
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"	
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.558	
4	AGUA		200	
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0	
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.38	
7	TEMPERATURA °C		25.5	°C
B) ANALISIS DE DISEÑO				
FACTOR CEMENTO		358.500	Kg/m ³	6.4
Volumen absoluto del cemento		0.1149	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua		0.2000	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire		0.0200	m ³ /m ³	0.335
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS				
Volumen absoluto del Agregado fino		0.3010	m ³ /m ³	0.665
Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3840	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS				1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO				
CEMENTO		369	Kg/m ³	
AGUA		200	Lts/m ³	
AGREGADO FINO		796	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO		972	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA		2328	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD				
AGREGADO FINO HUMEDO		806.4	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO		974.8	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS				
AGREGADO FINO		0.40	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO		0.60	5.8	
			9.0	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA			209.0	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO				
CEMENTO		359	Kg/m ³	
AGUA		209	Lts/m ³	
AGREGADO FINO		806	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO		975	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA		2349	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (40 LL)				0.04
CEMENTO		14.34	Kg	
AGUA		8.38	Lts	
AGREGADO FINO		32.26	Kg	
AGREGADO GRUESO		38.98	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				
C	1.0			
A.F	2.25			
A.G	2.72			
H2o	24.8			
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)				
C	1.0			
A.F	2.21			
A.G	2.80			
H2o	24.8			

Elaborado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C.	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG CIP N° 210906	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CG-JJ
		Fecha	1/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	: APLICACION DE BIOCONCRETO CON BACILLUS SUBTILIS PARA DISMINUIR LA PRESENCIA DE FISURAS EN CONCRETO EN LIMA METROPOLITANA 2022
UBICACION	: LIMA
Fecha de ensayo: 12/10/2022	

f'c 210 kg/cm ² (5% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.93	2.0	1.4	1633.0	1757.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.66	6.83	0.3	1.0	1418.0	1611.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO		3 - 4		pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4 "			
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.568			
4	AGUA		200			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.36			
7	TEMPERATURA C°		25.5		°c	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			388.500	Kg/m ³	8.4	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento			0.1149	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua			0.2000	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.335
Volumen absoluto del Agregado fino			0.3010	m ³ /m ³		0.665
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3040	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO			350	Kg/m ³		
AGUA			200	L/m ³		
AGREGADO FINO			795	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			968	Kg/m ³		
D) PESO DE MEZCLA						
CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO			810.5	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			971.1	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			-0.60	Lts/m ³	-4.8	
AGREGADO GRUESO			0.70	Lts/m ³	6.8	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					202.0	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			350	Kg/m ³		
AGUA			192	Lts/m ³		
AGREGADO FINO			811	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			871	Kg/m ³		
5% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS			10.1	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA			2332	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (40 Lt.)						
CEMENTO			14.34	Kg		
AGUA			7.68	Lts		
AGREGADO FINO			32.42	Kg		
AGREGADO GRUESO			38.85	Kg		
5% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS			0.40	Kg		
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0		C	1.0		
A.F	2.26		A.F	2.21		
A.G	2.71		A.G	2.87		
H ₂ O	22.8		H ₂ O	22.8		

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLÍDRICO	Código	FOR-LAB-CO-008
		Revisión	1
		Aprobado	CC-LJ
		Fecha	1/06/2022

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	Aplicación de biocemento con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACIÓN	Lima

Fecha de emisión: 26/10/2022

IDENTIFICACION DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	7	13564.7	78.5	172.7	210.0	82.2
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	7	13263.0	78.5	168.9	210.0	80.4
PATRÓN	18/10/2022	25/10/2022	7	13298.9	78.5	169.3	210.0	80.6
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	7	11551.3	78.5	147.1	210.0	70.0
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	7	10798.2	78.5	137.5	210.0	65.5
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	7	14291.2	78.5	182.0	210.0	86.6
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	7	10320.0	78.5	131.4	210.0	62.6
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	7	11021.3	78.5	140.3	210.0	66.8
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	25/10/2022	7	12177.3	78.5	155.0	210.0	73.8

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0,1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fallas atípicas en las roturas.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLÍDRICO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/08/2022

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	Datos de laboratorio Joseph Samir Pacheco Quiros Aplicación de bioconcreto con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022
UBICACIÓN	Lima Fecha de emisión: 01/11/2022

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	14	18295.1	78.5	207.5	210.0	98.8
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	14	18019.2	78.5	204.0	210.0	97.1
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	14	18334.3	78.5	208.0	210.0	99.0
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14	16147.7	78.5	205.6	210.0	97.9
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14	18885.2	78.5	210.9	210.0	100.4
3 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14	16395.5	78.5	208.8	210.0	99.4
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14	17242.9	78.5	219.5	210.0	104.5
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14	18560.4	78.5	236.3	210.0	112.5
5 % BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14	18555.3	78.5	236.3	210.0	112.5

EQUIPO DE ENSAYO
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0,1 kN

OBSERVACIONES:
* No se observaron fallas atípicas en las roturas.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG CIP N° 210906	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS DE CONCRETO CINDRICO	Código	FOR-LAB-CO-008
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/06/2022

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	: Datos de laboratorio : Joseph Santir Pacheco Quiros : Aplicación de bioconcreto con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACION	: Lima Fecha de emisión: 15/11/2022

IDENTIFICACION DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28	19901.4	78.5	254.2	210.0	121.0
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28	20510.0	78.5	261.1	210.0	124.4
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28	20331.7	78.5	258.9	210.0	123.3
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	17027.3	78.5	216.8	210.0	103.2
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	17288.5	78.5	219.9	210.0	104.7
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	17552.9	78.5	223.5	210.0	106.4
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	20779.4	78.5	264.6	210.0	126.0
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	21123.4	78.5	269.0	210.0	128.1
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	20627.3	78.5	262.6	210.0	125.1

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

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS DE CONCRETO CINDRINCO	Código	FOR-LAB-CO-008
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/06/2022

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	: Datos de laboratorio : Joseph Santir Pacheco Quiros : Aplicación de bioconcreto con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
UBICACION	: Lima Fecha de emisión: 16/11/2022

IDENTIFICACION DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28	19901.4	78.5	254.2	210.0	121.0
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28	20510.0	78.5	261.1	210.0	124.4
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28	20331.7	78.5	258.9	210.0	123.3
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	17027.3	78.5	216.8	210.0	103.2
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	17288.5	78.5	219.9	210.0	104.7
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	17552.9	78.5	223.5	210.0	106.4
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	20779.4	78.5	264.6	210.0	126.0
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	21123.4	78.5	269.0	210.0	128.1
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28	20627.3	78.5	262.6	210.0	125.1

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

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

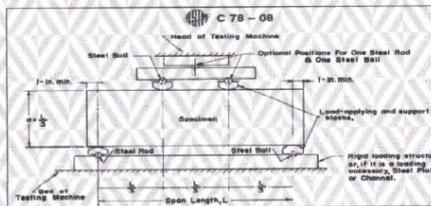
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	03-01-2022
		Página	1 de 1

PROYECTO : Aplicación de bioconcreto con *Bacillus subtilis* para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
SOLICITANTE : Joseph Samir Pacheco Quiros
UBICACIÓN : Lima.
FECHA DE EMISIÓN : 01/11/2022
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Especímenes prismáticos
Fc de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	43.9 kg/cm ²
PATRÓN	18/10/2022	1/11/2022	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	44.9 kg/cm ²
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	46.0 kg/cm ²
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	44.7 kg/cm ²
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	39.0 kg/cm ²
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	1/11/2022	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	42.7 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

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

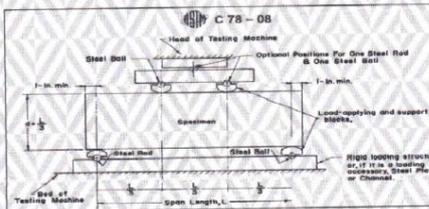
Elaborado por:  V.B. JEFE DE LABORATORIO	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	03-01-2022
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Aplicación de bioconcreto con Bacillus subtilis para disminuir la presencia de fisuras en concreto en Lima Metropolitana 2022.
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
UBICACIÓN	: Lima.
FECHA DE EMISIÓN :	: 15/11/2022
Tipo de muestra	: Concreto endurecido
Presentación	: Especímenes prismáticos
F _{td} de diseño	: 210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	45.0 kg/cm ²
PATRÓN	18/10/2022	15/11/2022	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	45.2 kg/cm ²
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	51.3 kg/cm ²
3% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	51.4 kg/cm ²
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	61.2 kg/cm ²
5% BACILLUS SUBTILIS	18/10/2022	15/11/2022	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	59.2 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	APLICACION DE BIOCONCRETO CON BACILLUS SUBTILIS PARA DISMINUIR LA PRESENCIA DE FISURAS EN CONCRETO EN LIMA METROPOLITANA 2022
UBICACION	: LIMA Fecha de ensayo: 12/10/2022

F _c 210 kg/cm ² (PATRÓN)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.65	2.92	1.1	1.5	1528.0	1776.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.76	0.3	0.9	1456.0	1625.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3-4	in	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.558		
4	AGUA			200		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.36		
7	TEMPERATURA °C			25.5	°C	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			358.500	Kg/m ³	8.4	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.1149	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2000	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.335
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3010	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3640	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				359	Kg/m ³	
AGUA				200	Ltr/m ³	
AGREGADO FINO				798	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				972	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2328	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				806.4	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				974.8	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				0.40	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				0.60	Lts/m ³	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						209.0
CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				359	Kg/m ³	
AGUA				209	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				806	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				975	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2349	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (40 Lt.)						
CEMENTO				14.34	Kg	
AGUA				8.36	Lts	
AGREGADO FINO				32.26	Kg	
AGREGADO GRUESO				38.99	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
C	1.0					
A.F	2.25					
A.G	2.72					
H2o	24.8					
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
C	1.0					
A.F	2.21					
A.G	2.80					
H2o	24.8					

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	: APLICACION DE BIOCONCRETO CON BACILLUS SUBTILIS PARA DISMINUIR LA PRESENCIA DE FISURAS EN CONCRETO EN LIMA METROPOLITANA 2022
UBICACION	: LIMA Fecha de ensayo: 12/10/2022

f _c 210 kg/cm ² (3% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.93	2.0	1.4	1533.0	1757.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.66	6.83	0.3	1.0	1418.0	1611.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3-4	in	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.558		
4	AGUA			200		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.36		
7	TEMPERATURA °C			25.5	°C	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			358.500	Kg/m ³	8.4	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.1149	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2000	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.335
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3010	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3640	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				359	Kg/m ³	
AGUA				200	Ltr/m ³	
AGREGADO FINO				795	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				968	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2321	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				810.5	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				971.1	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				-0.60	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				0.70	6.8	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					2.0	
					202.0	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				359	Kg/m ³	
AGUA				196	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				811	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				971	Kg/m ³	
3% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS				6.1	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2336	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (40 Lt.)						
CEMENTO				14.34	Kg	
AGUA				7.84	Lts	
AGREGADO FINO				32.42	Kg	
AGREGADO GRUESO				38.85	Kg	
3% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS				0.24	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
C	1.0					C
A.F	2.28					A.F
A.G	2.71					A.G
H2o	23.2					H2o

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/01/2022

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Joseph Samir Pacheco Quiros
TESIS	: APLICACION DE BIOCONCRETO CON BACILLUS SUBTILIS PARA DISMINUIR LA PRESENCIA DE FISURAS EN CONCRETO EN LIMA METROPOLITANA 2022
UBICACION	: LIMA Fecha de ensayo: 12/10/2022

fc 210 kg/cm ² (5% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.93	2.0	1.4	1533.0	1757.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.66	6.83	0.3	1.0	1418.0	1611.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3-4	in	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.558		
4	AGUA			200		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.36		
7	TEMPERATURA °C			25.5		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		358.500	Kg/m ³	8.4	Bls/m ³
	Volumen absoluto del cemento			0.1149	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agua			0.2000	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.335
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3010	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3640	m ³ /m ³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			359	Kg/m ³	
	AGUA			200	L/m ³	
	AGREGADO FINO			795	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			968	Kg/m ³	
D) PESO DE MEZCLA						
	CORRECCION POR HUMEDAD			2321	Kg/m ³	
	AGREGADO FINO HUMEDO			810.5	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			971.1	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			-0.60	Lts/m ³	
	AGREGADO GRUESO			0.70	6.8	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				2.0	
					202.0	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			359	Kg/m ³	
	AGUA			192	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			811	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			971	Kg/m ³	
	5% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS			10.1	Kg/m ³	
	PESO DE MEZCLA			2332	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (40 Lt.)						
	CEMENTO			14.34	Kg	
	AGUA			7.68	Lts	
	AGREGADO FINO			32.42	Kg	
	AGREGADO GRUESO			38.85	Kg	
	5% BACTERIA BACILLUS SUBTILIS			0.40	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
	C	1.0		C	1.0	
	A.F	2.28		A.F	2.21	
	A.G	2.71		A.G	2.87	
	H2o	22.8		H2o	22.8	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

ANEXO4: Panel de fotos









UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

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: "Mejora de propiedades mecánicas del bioconcreto utilizando Bacillus Subtilis en Lima, 2023", cuyo autor es PACHECO QUIROS JOSEPH SAMIR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 26.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 14 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR DNI: 04067813 ORCID: 0000-0002-3816-7047	Firmado electrónicamente por: LREQUIS el 14-07- 2023 21:43:49

Código documento Trilce: TRI - 0592359