



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Flores Ancajima, Jaritza Jazmin (orcid.org/0000-0002-9098-7712)

Garcia Castillo, Marcos Jesus (orcid.org/0000-0003-0683-5888)

ASESORA:

Mag. Ing. Marcelo Sanchez, Ary Garlyn (orcid.org/0000-0002-4805-3860)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por guiarme por el buen camino y darme las fuerzas necesarias para nunca rendirme. A mis padres y hermanos, que siempre me dieron su apoyo incondicional. A mi familia y amigos, en especial a la memoria eterna de mi mejor amigo Owen, siempre estarás presente en cada logro alcanzado.

Jaritzza Jazmin Flores Ancajima

En primer lugar, a Dios, por permitirme seguir en pie batallando día a día hasta lograr las metas trazadas. A mis padres y familiares, que sin su apoyo no podría continuar esta ardua lucha constante de perseverancia y esfuerzo. Finalmente, al ángel que iluminó mi camino desde mi concepción, mami diosa, la promesa sigue en pie.

Marcos Jesús García Castillo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar siempre guiándome en toda esta trayectoria profesional. A mis padres y hermanos por ser esa fuente de inspiración, por velar por mi bienestar para cumplir mis sueños y metas. A mi familia y amigos, quienes confiaron en mí y me brindaron su cariño y apoyo para poder afrontar las dificultades.

Jaritzza Jazmin Flores Ancajima

De manera muy especial, a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado en cada pequeño paso. Mi familia, docentes, amigos, infinitas gracias por todo el cariño y apoyo brindado.

A mi hermana, por siempre alegrarme con sus mensajes pese a tener un día agotador. A mi mamá, por no dejarme solo ni un solo día.

Marcos Jesús García Castillo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MARCELO SANCHEZ ARY GARLYN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura", cuyos autores son GARCIA CASTILLO MARCOS JESUS, FLORES ANCAJIMA JARITZA JAZMIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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.

PIURA, 06 de Febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MARCELO SANCHEZ ARY GARLYN DNI: 80225075 ORCID: 0000-0002-4805-3860	Firmado electrónicamente por: ARYMARCELOS el 06-02-2024 12:40:18

Código documento Trilce: TRI - 0737133



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, GARCIA CASTILLO MARCOS JESUS, FLORES ANCAJIMA JARITZA JAZMIN estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis Completa:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
JARITZA JAZMIN FLORES ANCAJIMA DNI: 76050790 ORCID: 0000-0002-9098-7712	Firmado electrónicamente por: JFLORESAN el 06-02-2024 14:27:03
MARCOS JESUS GARCIA CASTILLO DNI: 75669943 ORCID: 0000-0003-0683-5888	Firmado electrónicamente por: MGARCIACA26 el 06-02-2024 13:14:40

Código documento Trilce: TRI - 0737132

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES:.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización:.....	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores máximos admisibles de agua a emplearse para preparación de concreto	8
Tabla 2 : Tipos de cementos - Descripción general	9
Tabla 3: Muestras cilíndricas de concreto	15
Tabla 4: Muestras prismáticas de concreto	15
Tabla 5: Caracterización de las principales bacterias empleadas en la realización del Bioconcreto.....	20
Tabla 6: Medición de pH de la solución de bacterias	22
Tabla 7: Medición de temperatura (°C) de la solución de bacterias	23
Tabla 8: Resultados de ensayos a muestras de solución de bacterias	24
Tabla 9: Resultados de los ensayos de los agregados	25
Tabla 10: Diseño de mezcla $f_c=210\text{kg/cm}^2$ según el ACI.....	26
Tabla 11: Resultados de Temperatura y Slump	27
Tabla 12: Diseño de la mezcla Patrón para una tanda de 30 Lts, para 1m^3 , $f_c=210\text{kg/cm}^2$	28
Tabla 13: Diseño de la mezcla con 5% B.S + Lactato de Calcio, para una tanda de 45 litros, para 1 m^3 , $f_c=210\text{ kg/cm}^2$	29
Tabla 14: Diseño de la mezcla 10% B.S + Lactato de Calcio, para una tanda de 45 litros, para 1 m^3 , $f_c=210\text{ kg/cm}^2$	30
Tabla 15: Diseño de la mezcla 15% B.S + Lactato de Calcio, para una tanda de 45 litros, para 1 m^3 , $f_c=210\text{ kg/cm}^2$	31
Tabla 16: Tabla resumen de los resultados de las roturas de probetas a compresión.....	32

Tabla 17: Tabla resumen de los resultados de las roturas de vigas a flexión	34
Tabla 18: Análisis de Precios Unitarios - Concreto Patrón.	44
Tabla 19: Análisis de Precios Unitarios del Bioconcreto incorporando 5% de Bacteria Bacillus subtilis + lactato de calcio	46
Tabla 20: Análisis de Precios Unitarios del Bioconcreto incorporando 10% de Bacteria Bacillus subtilis + lactato de calcio	48
Tabla 21: Análisis de Precios Unitarios del Bioconcreto incorporando 15% de Bacteria Bacillus subtilis + lactato de calcio	50
Tabla 22: Sellado de fisuras del bioconcreto.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resistencia a la compresión de probetas de concreto Patrón VS Bioconcreto 5%	36
Figura 2: Resistencia a la compresión de probetas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 10%	37
Figura 3: Resistencia a la compresión de probetas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 15%	38
Figura 4: Resistencia a la flexión de vigas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 5%	39
Figura 5: Resistencia a la flexión de vigas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 10%	40
Figura 6: Resistencia a la flexión de vigas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 15%	41
Figura 7: Comparación de las propiedades que posee el concreto tradicional y el bioconcreto con ensayos para resistencia a la compresión	42
Figura 8: Comparación de las propiedades que posee el concreto tradicional y el bioconcreto con ensayos para resistencia a la flexión	43
Figura 9: Materiales para la elaboración de la Prueba de Tinción Gram.	117
Figura 10: Muestra de la solución en lámina.....	117
Figura 11: Colocación de cristal de violeta en la muestra seca	118
Figura 12: Adición de safranina	118
Figura 13: Bacterias en el microscopio	119
Figura 14: Bacterias en el microscopio	119
Figura 15: Materiales empleados para medir el PH	120

Figura 16: Instrumento Waterproof Tester, muestra fresca	120
Figura 17: Instrumento VinciLab con muestra fresca	121
Figura 18: Instrumento Waterproof Tester, 7 días después	121
Figura 19: Instrumento VinciLab, 7 días después	122
Figura 20: Instrumento Waterproof Tester, 250ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio.....	122
Figura 21: Instrumento VinciLab, 250ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio	123
Figura 22: Diluciones de muestras	123
Figura 23: Dilución solo melaza.....	124
Figura 24: Melaza y 111gr de lactato de calcio	124
Figura 25: Melaza y 430gr de lactato de calcio.....	125
Figura 26: Tubos con crecimiento y control de proceso	125
Figura 27: Incubación de soluciones	126
Figura 28: Soluciones post-incubación.....	126
Figura 29: Recolección agregado fino.....	127
Figura 30: Recolección de agregado grueso.....	127
Figura 31: Peso de solución y lactato de calcio según diseño	128
Figura 32: Solución de bacterias y lactato de calcio según diseño	128
Figura 33: Elaboración de mezcla para bioconcreto según diseño	129
Figura 34: Elaboración de bioconcreto 5%.....	129
Figura 35: Prueba de slump bioconcreto 5%	130

Figura 36: Elaboración de bioconcreto con 10%	130
Figura 37: Prueba de slump bioconcreto 10%	131
Figura 38: Prueba de slump bioconcreto 15%	131
Figura 39: Curado de testigos de bioconcreto	132
Figura 40: Rotura de concreto patrón a los 7 días	132
Figura 41: Rotura de concreto patrón a los 14 días	133
Figura 42: Rotura de concreto patrón a los 28 días	133
Figura 43: Rotura de probetas 5% a los 7 días.....	134
Figura 44: Rotura de probetas 5% a los 14 días	134
Figura 45: Rotura de probetas 5% a los 28 días	135
Figura 46: Rotura de probetas 10% a los 14 días	135
Figura 47: Rotura de probetas 10% a los 28 días	136
Figura 48: Rotura de probetas al 15% a los 7 días	136
Figura 49: Rotura de probetas al 15% a los 14 días	137
Figura 50: Rotura de probetas al 15% a los 28 días	137
Figura 51: Elaboración de vigas según el diseño de mezcla.....	138
Figura 52: Curado de vigas	138
Figura 53: Rotura de vigas concreto patrón a los 7 días	139
Figura 54: Rotura de vigas concreto patrón a los 14 días	139
Figura 55: Rotura de vigas concreto patrón a los 28 días	140
Figura 56: Rotura de vigas 5% a los 7 días.....	140

Figura 57: Rotura vigas 5% a los 14 días	141
Figura 58: Rotura vigas 5% a los 28 días	141
Figura 59: Rotura de vigas 10% a los 7 días.....	142
Figura 60: Rotura de vigas 10% a los 14 días	142
Figura 61: Rotura de vigas 10% a los 28 días	143
Figura 62: Rotura de vigas 15% a los 7 días.....	143
Figura 63: Rotura de vigas 15% a los 14 días	144
Figura 64: Rotura de vigas 15% a los 28 días	144
Figura 65: Secreción de calcita en probetas con 5%	145
Figura 66: Secreción de calcita en probetas con 10%	145
Figura 67: Secreción de calcita en probetas con 15%	146
Figura 68: Producción de calcita en vigas de bioconcreto 5%	146
Figura 69: Producción de calcita en vigas de bioconcreto 10%	147
Figura 70: Producción de calcita en vigas de bioconcreto 15%	147

RESUMEN

El bioconcreto resulta uno de los temas que mayor relevancia toma en cuanto a las alternativas de encontrar concretos con la capacidad de autorreparación y la mejora en cuanto a sus propiedades físico–mecánicas tras la incorporación de organismos vivos, como lo son las bacterias. En la presente investigación se analizará los diferentes tipos de bacterias empleados en la realización del bioconcreto, con énfasis en la cepa de la *Bacillus subtilis*, para determinar sus propiedades en la conformación del bioconcreto y los beneficios en cuanto a la reparación de fisuras en el concreto tradicional para su aplicación en la región Piura. Empleando una metodología de incorporación directa de melaza de bacteria más lactato de calcio, como agua de recambio en los diseños de mezclas de concreto tradicional al 5%, 10% y 15% de bacteria. Tras el análisis de los resultados, se determinó que el bioconcreto con una incorporación del 5% de bacteria más lactato de calcio, obtiene aumentos del 52%, 100% y 83% de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días respectivamente; para los casos de 10% y 15%, se obtuvieron valores menores, pero prometedores posteriores a los 14 días de curado de testigos de concreto. En cuanto a los ensayos de flexión, no se superó los diseños de concreto tradicional. Entorno al sellado de micro fisuras, se determinó que los diseños al 5% sellan fisuras de hasta 3mm a los 28 días de curado. Sin embargo, el análisis de precios unitarios reveló un aumento de hasta un 100% en el precio de fabricación con respecto al concreto patrón.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, bioconcreto, calcita, propiedades físico – mecánicas, reparación de micro fisuras.

ABSTRACT

Bioconcrete emerges as a topic of significant relevance in exploring alternatives for self-healing concretes and improving their physical-mechanical properties through the incorporation of living organisms, such as bacteria. This research focuses on analyzing various types of bacteria employed in bioconcrete, with emphasis on the *Bacillus subtilis* strain, to determine their properties in bioconcrete formation and the benefits for repairing cracks in traditional concrete for application in the Piura region. Employing a methodology involving direct incorporation of bacteria molasses plus calcium lactate as replacement water in traditional concrete mix designs at 5%, 10%, and 15% bacteria concentrations. After analyzing the results, it was determined that bioconcrete with a 5% bacteria plus calcium lactate incorporation achieves increases of 52%, 100%, and 83% in compression strength at 7, 14, and 28 days respectively. For the 10% and 15% cases, lower but promising values were obtained, particularly after 14 days of curing concrete specimens. Regarding flexural tests, the designs did not surpass traditional concrete. Concerning micro crack sealing, it was found that the 5% designs seal cracks up to 3mm at 28 days of curing. However, the analysis of unit prices revealed an increase of up to 100% in manufacturing costs compared to standard concrete.

Keywords: *Bacillus subtilis*, bioconcrete, calcite, physical-mechanical properties, micro crack repair.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia y en el mundo entero, el concreto ha sido uno de los materiales predominantes para las construcciones de edificaciones, ya sea por sus propiedades, por su fácil elaboración y lo económico que resulta, en comparación con otros materiales de similares características físico – mecánicas. Sin embargo, las fisuras, rajaduras o agrietamientos que se forman en este material, ponen en peligro su durabilidad y serviciabilidad, dejando que puedan penetrarse en la matriz gases y líquidos agresivos generando daños y haciendo que estas cada vez incrementen su tamaño.

En Estados Unidos, se estimó un aumento para el gasto de rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto en puentes de \$14 400 millones a \$22 700 millones anuales o en un 58%, mientras que en estructuras de diques la United States Army Corps of Engineers (USACE), estimó que se necesitaban \$21 mil millones para el mantenimiento de solo alrededor del 15% de los diques conocidos. (American Society of Civil Engineers, 2021)

Sin embargo, en el año 2015, el investigador y microbiólogo Hendrik Marius Jonkers, de la Universidad Tecnológica de Delft ubicada en los Países Bajos, desarrolló un bioconcreto que tiene la capacidad de autorrepararse, para sanar las grietas producidas por los golpes, los sismos, cambios de temperatura, lluvia, humedad, etc. Sus propiedades se debieron a las bacterias incrustadas en el concreto tradicional, a esta mezcla se le añadió lactato de calcio que es su alimento y al estar expuestas con la humedad se despiertan los microorganismos que empiezan a alimentarse y secretan piedra caliza como producto final de su digestión, la cual repara las fisuras generadas en el bioconcreto en un tiempo de 3 semanas en la zona afectada.

En el Perú, actualmente no se tienen estadísticas consolidadas a nivel nacional que nos brinden información sobre el estado de las infraestructuras en buenas condiciones, que tengan riesgos de colapso o aquellas que necesiten ser intervenidas en su totalidad producidas por el desastre natural ocasionado por el fenómeno del Niño Costero dado en el año 2017. Sin embargo, se estima un monto

mayor a 5 millones de dólares para el mantenimiento y reparación de estructuras en el norte y sur del país. (Díaz et al, 2018)

En este sentido se planteó la siguiente formulación del problema general: ¿Qué material de construcción innovador y moderno se puede utilizar para reparar las estructuras de concreto para la región Piura? Como problemas específicos se tuvieron los siguientes: ¿Qué tipos de bacterias se pueden utilizar para la elaboración del bioconcreto en la región Piura?, ¿Qué propiedades posee el bioconcreto para ser aplicado en la región Piura? y ¿Cuáles son los beneficios que se obtendrían al utilizar el bioconcreto en la región Piura?

La justificación técnica para esta investigación fue: Favorecer de manera eficaz con una investigación fundamentada y su análisis sobre el bioconcreto para la región Piura a emplearse en la construcción de obras civiles, a ello se suma que el bioconcreto posee la capacidad de autorrepararse, utilizando microorganismos vivos, en este caso las bacterias que se utilizarán para su elaboración y se regeneran sin intervención de las personas.

Como justificación social se tiene que gracias a la investigación se determinará si la implementación del bioconcreto ayudará a largo plazo a ahorrar costos en mantenimiento y rehabilitación de estructuras de concreto, además de ser beneficioso para la construcción de estructuras, ya que es un material que aún no se ha implementado en el Perú.

Esta investigación tuvo como objetivo general: Analizar las propiedades del bioconcreto como remediador de fisuras en el concreto tradicional, para la región Piura.

A su vez los objetivos específicos fueron: OE1: Identificar los diferentes tipos de bacterias que se han empleado en la realización del bioconcreto. OE2: Determinar las propiedades que tiene la composición del bioconcreto. OE3: Analizar los beneficios que tiene el bioconcreto y su aplicabilidad para la región Piura.

Asimismo, la hipótesis general que se planteó fue: El bioconcreto ayudará en la reparación de micro fisuras en el concreto tradicional.

II. MARCO TEÓRICO

Esta investigación, tuvo como antecedentes a:

(Mendoza Nina, 2018), en su investigación acerca del “Análisis de la permeabilidad del agua en el concreto mediante la aplicación de bacterias (bioconcreto)”, nos plantea un análisis de la permeabilidad del concreto fisurado, a partir de la incorporación de bacterias. Para tal fin, empleó la especie *Bacillus subtilis* y testigos de concreto de medidas (100mm x 100mm x 340mm) con una resistencia a la compresión de 210kg/cm². Para tal fin, logró ensayar las probetas de concreto, incorporando durante el proceso de curación en las fisuras con un espesor $e < 1.00$ mm. En total analizó 64 probetas de concreto (32 de patrón sin incorporar agente bacteriano y 32 aplicando las bacterias), obteniendo finalmente mediante ensayos de permeabilidad a los 30, 54 y 86 días que la estanqueidad del agua se mantuvo en aquellos especímenes a los cuales se les había incorporado el cultivo de bacterias.

(Asenjo Alarcón, 2019), en su investigación denominada: “Influencia de la incorporación del aditivo bacteriano en la reparación del proceso de fisuración controlada del concreto”, nos presenta el proceso de muestreo, aislamiento e identificación bacteriana para la producción de un aditivo bacteriano incorporado a mezclas de concreto cuya resistencia a la compresión, $f'c = 250\text{kg/cm}^2$. Estos especímenes de concreto fueron ensayados respetando las normativas NTP 339.183, ensayos de compresión según la NTP 339.078; acorde a los tiempos estipulados en las normativas correspondientes. Obteniendo finalmente aislar e identificar 17 cepas bacterianas, de entre las cuales 2 cepas poseían la cualidad de precipitar carbonato de calcio (CaCO₃). Siendo estas *Paenibacillus lactis* (1) y *Bacillus firmus* (2). Finalmente se obtuvo que los datos de reparación en las fisuras del concreto, para las primeras fases ensayadas las cepas estudiadas, lograron reparar en promedio el 70% de las fisuras de 1 y 2 mm; además, se logró observar que la $f'c$ aumentó en un 35.68% para la cepa (1) y 14.08% para la cepa (2). Concluyendo así que la incorporación del aditivo bacteriano influye positivamente en las mezclas de concreto durante el proceso de reparación de la fisuración controlada, así como de su resistencia mecánica.

(Abudoleh et al., 2019) en su artículo “Desarrollo de bioconcreto usando calcita - bacterias precipitantes aisladas de diferentes fuentes en Jordania”, destacó la importancia del biohormigón autorreparable de las fisuras, esta capacidad proviene de las bacterias utilizadas en la mezcla de hormigón y tienden a sobrevivir en condiciones adversas para precipitar la calcita. El objetivo que plantearon fue evaluar el desempeño de la bacteria *Bacillus mycoides* en mortero de cemento tipo Portland, que fue aislada en las habas en Jordania. El agrietamiento de las muestras se realizó por concepto de porcentaje de carga después de 7 días de curado y las pruebas se hicieron a los 21 días de agrietamiento. Para el esquema de prueba de mortero se incluye la esporulación bacteriana, prueba de efervescencia acida y de compresión. En los resultados se demostraron que las bacterias autorreparadoras son una técnica prometedora para reducir los agrietamientos, además la resistencia máxima a la compresión para el grupo de estudio tuvo un aumento de acuerdo a los días de curado, generando una suspicacia para el hormigón normal, que incremento 5,9% después de 21 días, para el biohormigón la resistencia a la compresión aumento con el curado en comparación con los días de fisuración, en un 15,4%.

(Sonali et al., 2019) en su artículo “Estudios de rendimiento sobre la tasa de autocuración del biohormigón”, tuvo como objetivo principal indicar la tasa de curación de grietas empleando agentes biológico bacterias *Bacillus Subtilis*, con el fin de mejorar la naturaleza del hormigón. Utilizó una muestra de 20 especímenes para la resistencia a la compresión y 20 para la resistencia a la flexión. Las pruebas se realizaron para los 7 y 28 días después de curado, dándonos como resultado un incremento de 22% entre ambos para la resistencia a la compresión y de 11% para la resistencia a la flexión en comparación con el concreto tradicional. Concluyéndose así que existe un aumento en la resistencia de la compresión y flexión debido al asentamiento de calcita como material de relleno en la parte interna en la superficie del concreto y a la enzima ureasa excretada por el biomaterial.

(Hernández et al., 2022), en su investigación “El bioconcreto como agente reparador en estructuras de concreto”, tuvo como objetivo resaltar al bioconcreto como agente reparador de fisuras y grietas en las estructuras de concreto que

fueron sometidos a esfuerzos tanto de compresión como tracción. La metodología utilizada fue la revisión bibliográfica sobre el uso del bioconcreto, además sintetizo sus propiedades y sus aplicaciones. En los resultados se obtuvo que la resistencia a la compresión con la bacteria *Bacillus subtilis*, mejoro en un 14.92% con respecto al concreto tradicional. Concluyéndose, que el bioconcreto a largo plazo va a contribuir con la durabilidad de las estructuras y va a retrasar la corrosión del acero.

(Mahmood et al., 2022), en su artículo denominado “Uso de bioconcreto autorreparable utilizando *Bacillus Subtilis* encapsulado en nanopartículas de óxido de hierro”, investigó si los microorganismos Gram positivos “*Bacillus Subtilis*”, pueden reparar de una manera eficaz las grietas estructurales y no estructurales que son causadas a nano y microescala. La metodología utilizada fue la creación de una estrategia de inmovilización eficaz de manera coherente, que cumpla con éxito el desafío principal con respecto a la viabilidad de dichos microorganismos en una atmosfera de mezcla de hormigón. En los resultados obtenidos la recuperación de las muestras agrietadas en 28 días, para especímenes de bacterias en concentraciones de células de 10^3 , 10^6 y 10^9 cells/mL, la restauración del ancho de fisuras que fueron de 1.34 mm, 1.47 mm y 1.71 mm. Concluyéndose, que la deposición de calcita impulsada por la actividad bacteriana en las nano y microfisuras generadas restauran las fisuras.

A continuación, se detallan los fundamentos teóricos, en los que sustentaremos la presente investigación:

La autocuración microbiana autónoma en el concreto, fue establecida por Jonkers y Schlangen, se da debido a sus propiedades de mejorar su resistencia, ayudando a minimizar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al medio ambiente. Proporciona la curación de grietas sin ningún tipo de intervención humana y solo con las bacterias incrustadas en el concreto. (Rauf et al., 2020)

Las bacterias, son organismos unicelulares, tienen una amplia gama de formas desde esferas hasta incluso varillas y espirales. Se reproducen en todos los hábitats de la Tierra y pueden mejorar el comportamiento del concreto, debido a que pueden influir en la precipitación de carbonato de calcio, mediante la producción de la

enzima ureasa, que genera carbonato y ayuda a la cicatrización de micro fisuras. (Sidique y Cahal, 2011, como se citó en Abo et al., 2021)

Cuando se agregan bacterias del tipo *Bacillus* o a base de lactato de calcio, realizándose pruebas a los 7, 14 y 28 días después del curado, se mejora la resistencia a la compresión, aumentando de 13.12%, 26.24% y 39.5% respectivamente. (Khan et al., 2022)

Entre los tipos de bacterias más utilizadas para la preparación del bioconcreto, se encuentra las del género *Bacillus*, perteneciente a la familia *Bacillaceae*, las cuales son *Bacillus subtilis*, *B. cohnii*, *B. pasteurii*, *B. pseudofirmus*, *B. megaterium*, *B. mycooides* que mostraron gran efectividad en la regeneración de grietas y mejoraron la resistencia a la compresión, flexión y tracción en el concreto. (Muñoz et al., 2023). En otro estudio se emplearon *B. sphaericus* y *Escherichia Coli*. (Udhaya et al., 2023). Asimismo, *Enterococcus faecalis* y *B. cereus*. (Alshalif et al., 2019). Como también las *B. clausii*, *B. coagulans* y *Lactobacillus reuteri*. (Butto et al., 2022)

Los fundamentos de las pruebas de identificación bacteriana, son diversos de acuerdo al tipo de bacteria, por ejemplo, para el crecimiento de las bacterias en agar nutritivo, la *B. subtilis* no quiere un medio de cultivo específico, debido a su demanda de crecimiento y esporulación, el medio nutritivo para esta se prepara en una unidad de volumen de 1lt con pH de 10. (Bhina et al., 2021).

Para las bacterias *B. clausii*, *B. coagulans* y *Lactobacillus reuteri*, en una investigación la preparan en un medio sólido, mezclando agar nutritivo y caldo de infusión de corazón (Heart Infusión Broth, BHI), d-glucosa y peptona. (Sri Bhavana et al., 2017, como se citó en Butto et al., 2022)

La matriz del hormigón o bioconcreto fresco, es muy alcalina, el pH en ese lugar es de alrededor 11 a 13 con una cantidad limitada de humedad y oxígeno. Es por ello, que las bacterias añadidas tienen que tolerar una alcalinidad tan alta durante periodos prolongados y tienen que ser resistentes a las tensiones mecánicas durante el proceso de mezcla. (Jakubovskis et al., 2020)

La temperatura, constituye uno de los parámetros importantes que condicionan el crecimiento de los microorganismos, las bacterias y hongos tienen la capacidad de sobrevivir en un rango de temperatura de 0 hasta 65°C en un tiempo determinado.

Por otro lado, la acidez y alcalinidad (pH), tienen un rango óptimo para las bacterias que van de 6 hasta 8.5 y pocas de estas bacterias prefieren un pH mayor. (Buckman, S.J. y Buckman, J.D., 1991, como se citó en Cervantes et al.,2017).

Sin embargo, Jonkers indica que un requisito preciso para tener un proceso de reparación exitosa es la supervisión de la bacteria en el pH (alrededor de 12 a 13) del concreto. Se sabe que no es frecuente el uso de bacterias en esta mezcla, como para aplicársele una específica. Además, las bacterias resistentes a la desecación y alcalinidad, cuando se encuentran en ambientes que amenazan su supervivencia, generan esporas, es decir, una capa que las protege, logrando tener la capacidad de soportar altos niveles de estrés incluido mecánica y químicamente, e incluso durar hasta 200 años si se mantienen secas y a temperaturas medias. (Jonkers, 2011, como se citó en Alves et al., 2019)

Cuando se emplearon bacterias *Bacilo pseudomycoides*, se obtuvo una resistencia a la compresión mejorando en un 18%. (Algaifi et al., 2021)

Por ejemplo, el tipo de bacteria *B. pseudofirmus*, que es anaeróbica, gran positiva facultativa perteneciente a la especie alcalófila, se desarrolla en ambientes con valores de pH que van entre 8.5 y 11, formadora de endosporas. (Lozada, 2010, como se citó en Daza, 2020). Al igual que la bacteria *Bacillus mycoides* que se cultiva en caldo nutritivo y es tolerante a un pH de 14 a 37° C de temperatura. (Abudoleh et al., 2019)

Así mismo, denotamos los conceptos teóricos orientados a la parte ingenieril que sustentarán las bases de nuestra investigación. Los agregados a utilizarse para la preparación del concreto, deben de regirse a lo estipulado en las Normas Técnicas Peruanas (NTP), aquellos que carezcan de los requisitos, deberán ser utilizados siempre y cuando por medio de pruebas y por experiencias en obra, demuestren que cumplen con la resistencia y durabilidad requeridas. (SENCICO, 2020)

Los agregados finos, pueden consistir de arena natural o manufacturada, o ser una combinación. Las partículas tendrán que ser limpias, de perfiles angulares, duros, compactos y resistentes, libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras. (SENCICO, 2020)

El agregado grueso, es todo aquel agregado pétreo que sea retenido en el tamiz N°4, además este material provendrá de la desintegración de las cosas, ya sea esta de forma natural o mecánica; por otro lado, deberá contemplar las características y límites que se indican en la NTP 400.037. (Abanto, F. 2009).

Para que un material pétreo sea considerado “grueso” bajo y pueda ser empleado en la elaboración de concreto armado bajo ninguna circunstancia deberá superar los tamaños máximos: 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados, 1/3 de la altura de las losas y 3/4 del espacio libre entre los refuerzos longitudinales y transversales.

El agua en el concreto, es uno de los elementos fundamentales para la elaboración de la mezcla, está relacionado directamente a la trabajabilidad, resistencia y otras propiedades del concreto endurecido. (Abanto, F. 2009).

Como elemento prescindible para la correcta elaboración del concreto se debe conocer los valores máximos permisibles acorde a su composición química:

Tabla 1

Valores máximos admisibles de agua a emplearse para preparación de concreto

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
p.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Nota: Elaboración propia.

Cemento portland, es un aglomerado hidrófilo, que se obtiene a partir de la roca caliza, que también presenta componentes ferrosos, areniscas y arcillas, tras a

travesar un proceso de molienda obtenemos un polvo de partículas finas, denominado “cemento”. (Huaquisto y Belizario, 2018. P.228)

Dentro de la industria de manufactura, actualmente se cuenta con una gama amplia de tipos de cemento, todos relacionados a cubrir una necesidad específica diferente (Dunuweera, 2018. p.2).

Así mismo, la ASTM C 150, ha logrado clasificar en 8 los tipos de cementos, de manera bastante general, según como indica:

Tabla 2

Tipos de cementos - descripción general

Tipo	Descripción
Tipo I	Normal, de uso general
Tipo IA	Normal con aire incorporado
Tipo II	Moderada resistencia a sulfatos
Tipo IIA	Moderada resistencia a sulfatos con aire incorporado
Tipo III	Alta resistencia – temprana
Tipo IIIA	Alta resistencia – Temprana con aire incorporado
Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos

Nota: Kosmatka et al, 2004.

Concreto, es resultado de la mezcla de agregados (finos y gruesos), cemento y agua. Es uno de los más utilizados en la industria de construcción. Presenta un comportamiento plástico en su fase inicial y luego tiende a endurecer hasta alcanzar una resistencia sujeta a la contribución de sus materiales.

Diseño de mezcla del concreto, es el procedimiento por el cual se seleccionan los ingredientes adecuados y las proporciones exactas para lograr obtener una resistencia a la compresión del concreto de diseño $f'_{c_{diseño}}$. Además de garantizar la trabajabilidad del concreto y que nos resulte económico su posterior fabricación. (Huanca, 2006).

Fisuración en el concreto, es uno de los principales problemas que tiene el concreto, ya sea en su estado plástico como endurecido con la presencia de fisuras. De entre las muchas causas posibles las clasificamos según el estado del concreto (Barlow, P. ACI 224.1R-93)

Tenemos el estado plástico, que es la fisuración por contracción, debida a los cambios de humedad demasiado bruscos, ocasionados principalmente por la temperatura del ambiente. Precipitación de agregados, el concreto sigue en movimiento aun después del vaciado, estos movimientos relativos pueden provocar pequeños vacíos en la estructura que si no son tratados ya sea con un vibrador mecánico o por no tener cuidado al momento del proceso de vaciado acarrear fisuras en la estructura.

El estado endurecido, se da por la retracción por secado, luego del proceso de fraguado, existe una pérdida notable de humedad que trae consigo una contracción de hasta un 1% en la pasta cementante. La tensión térmica, las gradientes térmicas debidas a las diferencias en el calor de hidratación en las estructuras, provocan variaciones de volumen en todo el elemento, si estas logran superar la deformación intrínseca y natural del material, tiende a fisurarse.

Ante todas las amenazas de las fisuras, se plantean los ensayos de control de calidad del concreto, amparados por las normativas vigentes como son: Ensayos de resistencia a la compresión – NTP 339.034: 2008 y evaluación visual de fisuras en los elementos estructurales.

Bioconcreto, nace de la conformación de concreto convencional tras la incorporación de sustancias orgánicas, estas en su mayor parte son bacterias, que luego de sufrir un proceso químico de degradación, se biomineralizan para ayudar al concreto con las fisuras que pudieren surgir en sus estados plásticos o endurecido. (Roque, et al., 2023).

III. METODOLOGÍA

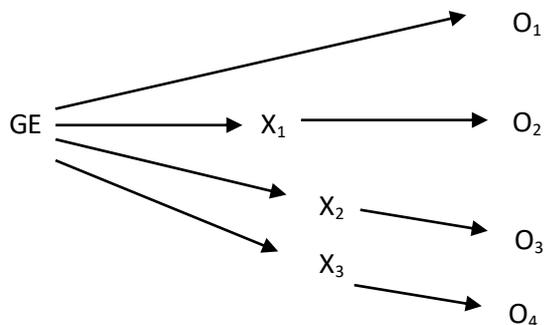
3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

Esta investigación fue de tipo aplicada, entendida con un enfoque mixto.

3.1.2. Diseño de investigación:

El presente proyecto de investigación, tuvo un diseño experimental, del tipo cuasiexperimental; se entiende como el manejo de dos subniveles de la variable independiente: considerando grupos modificados y un grupo de control.



GE: Grupo experimental (Concreto)

O1: Muestra de control (Bioconcreto al 0% o simplemente concreto)

X1: Muestra experimental 1 (bioconcreto al 5%)

X2: Muestra experimental 2 (Bioconcreto al 10%)

X3: Muestra experimental 3 (Bioconcreto al 15%)

O2: Observación 2 (Bioconcreto al 5%)

O3: Observación 3 (Bioconcreto al 10%)

O4: Observación 4 (Bioconcreto al 15%)

3.2. Variables y operacionalización:

3.2.1. Variable independiente: Bacteria *Bacillus Subtilis*

Definición conceptual:

La bacteria *Bacillus Subtilis*, es de tipo Gram-positiva, la cual genera endosporas y es termorresistente, además tiene la capacidad de producir calcita, un material que se ha empleado en los últimos años para sellar grietas y fisuras en el concreto. (Calvo y Zuñiga 2010, como se citó en Nuñez, L. 2021).

Definición operacional:

Para lograr determinar el tipo de bacteria a utilizarse, se empleó la revisión de literatura y el análisis de la misma, lográndose identificar plenamente la cepa que se empleó en la investigación. Así mismo, se adecuó el ambiente idóneo para la correcta conservación de bacterias que nos permitió obtener un mayor tiempo de vida de las mismas.

Dimensiones e indicadores

Para describir el comportamiento de la variable de estudio, se han considerado 2 dimensiones, cada una de ellas tuvo sus respectivos indicadores, tal como se detalla a continuación:

La tipología de las bacterias, tuvo como indicador las unidades formadoras de colonias (UFC). La adaptabilidad, teniendo como indicadores el control ambiental y control de seguridad

3.2.2. Variable dependiente: Bioconcreto

Definición conceptual:

El bioconcreto, es un material cementante con propiedades autorreparables producto de un proceso denominado MICP (Precipitación de Carbono Inducida microbianamente, por su traducción al español), cuyo objetivo es reducir los espacios entre las partículas del concreto y a su vez, reparar las

fisuras generadas por diferentes patologías naturales y/o provocadas por esfuerzos de carga. (VIEIRA L. 2017).

Definición operacional:

Para lograr analizar esta variable, se realizaron ensayos en laboratorios, se empleó una guía de observación en las estructuras de concreto elaboradas a partir del bioconcreto, con la finalidad de describir sus propiedades físico-mecánicas y las posibles fallas visibles que esta pueda presentar. Ya sea la presencia de fisuras, conservación estructural y comportamiento final del concreto ante los ensayos correspondientes.

Dimensiones e indicadores

Las dimensiones para esta variable fueron las propiedades físico-mecánicas, cuyos indicadores fueron la resistencia a la compresión y flexión, el estado de conservación de la estructura, cuyo indicador son las fallas visibles

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población:

Para la investigación se consideró como población a las probetas y bloques de concreto incorporando en ellos una proporción distinta de bacterias *Bacillus Subtilis* a cada uno de los diseños de mezclas, para así formar bioconcreto.

Se emplearon criterios para la delimitación de la población de estudio:

- Espacial: Se incluyeron únicamente los diseños realizados en la ciudad de Piura, bajo condiciones de laboratorio y/o ambientes que presenten características similares y que no representarán alguna alteración en la población.
- Temporal: Se incluyeron únicamente los diseños de mezclas realizados entre los meses de octubre a diciembre del 2023.

3.3.2. Muestra:

La muestra estuvo conformada por 96 testigos de concreto en total, a partir de los 4 diseños de mezclas de concreto con una dosificación para elementos estructurales de 210 kg/cm², incorporando una proporción del 0%, 5%, 10% y 15% de bacterias para formar el bioconcreto.

Con las siguientes características para los materiales:

- Cemento : Portland Tipo I, Mochica
- Agregado fino : MF= 6.96
- Agregado grueso : TMN = ¾"
- Agua : Potable (EPS GRAU)
- Bacteria : *Bacillus subtilis*

3.3.3. Muestreo:

Por el tipo de investigación que se está ejecutando, se ha considerado un tipo no probabilístico e intencional, para conseguir un valor medio estándar significativo, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3*Muestras cilíndricas de concreto*

Tipo/ Descripción	Cantidad	% de bacteria	Días de rotura	Total
			7	
	5	0%	14	15
			28	
Probetas cilíndricas de concreto para ensayo a compresión			7	
	5	5%	14	15
			28	
			7	
	5	10%	14	15
			28	
			7	
	5	15%	14	15
			28	
Total				60 probetas

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4*Muestras prismáticas de concreto*

Tipo/ Descripción	Cantidad	% de bacteria	Días de rotura	Total
			7	
	3	0%	14	9
			28	
Probetas prismáticas de concreto para ensayo a flexión	3	5%	7	
			14	9
			28	
	3	10%	7	
			14	9
			28	
	3	15%	7	
			14	9
			28	
Total				36 probetas

Nota: Elaboración propia.

3.3.4. Unidad de análisis

Para la presente investigación la unidad de análisis fueron los testigos de concreto elaborados según los indicadores y parámetros a evaluar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dentro de la presente investigación, se realizó una revisión bibliográfica para poder responder el primer objetivo específico, en donde se procedió a realizar una ficha de recolección de información de las investigaciones seleccionadas. Mientras que, para los siguientes objetivos, se empleó la técnica de la observación directa, para

poder responder de manera detallada los objetivos planteados. Así mismo, como instrumentos de recolección de datos se consideraron Fichas de Observación para los Análisis Granulométricos por Tamizado, Peso Unitario, Gravedad específica (Peso Específico) y Absorción de los agregados, Acomodamiento de Fuller, Diseño de concreto, Fichas para los resultados de las roturas a compresión y flexión y una guía de observación, que fue adaptada y/o modificada a partir de las guías de laboratorio donde se llevaron a cabo los análisis de datos. Por otro lado, los laboratorios de mecánica de suelos y de biotecnología nos brindó la información necesaria para el correcto análisis de las propiedades físico-mecánicas del bioconcreto.

3.5. Procedimientos

La presente investigación logró en primer lugar caracterizar las bacterias a emplear para el diseño de bioconcreto, considerando la adaptabilidad al medio y la eficiencia de su proceso de incubación, garantizando economía y facilidad para su reproducción; tras haber identificado el tipo de bacteria a emplear, se procedió con un recuento de bacterias, según las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por cada ml de solución; posteriormente se elaboró los diseños de mezclas de concreto usado en elementos estructurales con una resistencia de 210 kg/cm², y afinar los parámetros de inclusión y exclusión relacionados a la procedencia del agregado para el diseño de la mezcla que cumpla con las características esperadas. Una vez obtenida la mezcla, se elaboró los testigos de concreto, 24 por cada diseño de mezcla, teniendo 3 grupos modificados al 5%, 10%, 15% respectivamente, así como un grupo de control con 0%. Tras hacer una codificación que depende del diseño de mezcla y los días a los cuales se harán los ensayos destructivos correspondientes se procedió con el curado de los testigos para que al día siguiente o cuando esté totalmente fraguada la mezcla se sometan al proceso de curado de concreto, a la espera de ser ensayados en los tiempos establecidos en la presente investigación. Finalmente, los resultados fueron exportados a hojas de cálculo de Excel para su análisis e interpretación correspondiente.

3.6. Método de análisis de datos

Una vez obtenidos los datos, se analizó mediante cuadros comparativos entre el concreto patrón y los concretos adicionados en diferentes % de bacterias (Bioconcreto) con ayuda del programa Microsoft Excel. Así mismo, se empleó las Normativas Técnicas Peruanas, para comparar los datos obtenidos sobre resistencia para concreto estructural.

3.7. Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos, los investigadores afirmamos, que el desarrollo de este proyecto de investigación se ha realizado honestamente, no se ha plagiado de tesis, ni de artículos o documentos de otros investigadores, sin embargo, se han tomado sus aportes y citado de manera adecuada. Para corroborar lo expuesto el proyecto fue analizado por la herramienta Turnitin.

IV. RESULTADOS

Dentro de la fase de desarrollo de investigación, realizamos la aplicación de los distintos ensayos para poder obtener los resultados acordes a los objetivos planteados. Partiendo desde la recolección de la materia prima para la elaboración de los ensayos de concreto, así como de la obtención y análisis de las bacterias *Bacillus subtilis*, que posteriormente fueron incorporadas en nuestros diseños de mezcla a distintas %, toda esta secuencia de actividades nos ha permitido realizar el Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura.

OE1: Identificar los diferentes tipos de bacterias que se han empleado en la realización del bioconcreto.

Es básico e indispensable para la investigación haber realizado una revisión bibliográfica extensa sobre los diferentes tipos de bacterias que según la literatura se están empleando en la elaboración del bioconcreto, por ello se empleó una ficha de recolección de información, que nos permita poder definir con qué tipo de bacteria se va a trabajar, considerando como principal limitante la obtención de la misma, e incluso los procesos de incubación, aislamiento y recopilación de los distintos tipos de bacterias mesófilas que se pudieran emplear.

Con mención en lo anterior, se han analizado 50 publicaciones de revistas indexadas referente al bioconcreto, y en gran parte de ellas se notan mejoras en comparación al concreto convencional, (*Bacillus subtilis*) aumenta la durabilidad y resistencia mecánica del concreto, en promedio un 24.7% de aumento a los 28 días de elaborado el espécimen.

La bacteria *Bacillus pasteurii*, minimiza la permeabilidad, reducción de oxidación y mejora en resistencia a la abrasión del concreto. *Bacillus cohnii*, reduce los huecos permeables en un 48% y mejora la resistencia a la compresión entre un 40% y un 60%.

Bacillus sphaericus, incremento la resistencia a la compresión de 12.4% a 13.4% a los 14 y 28 días respectivamente; gracias a la incorporación de calcita la resistencia a la tracción también mejora.

Tabla 5

Caracterización de las principales bacterias empleadas en la realización del Bioconcreto

Tipo de Bacteria	Propiedades y Características	Investigador o Fuente Citada
<i>Bacillus subtilis</i>	- Aumento en la resistencia a la compresión del 25.9% a los 28 días.	Mahmood et al., 2022
	- Capacidad de producir CaCO ₃ para reparación de grietas.	Sonali et al., 2019
<i>Bacillus sphaericus</i>	- Incremento de resistencia a la compresión de 12.4% a 13.4% a los 14 y 28 días.	Abo et al., 2021
	- Resistencia a la tracción mejorada gracias a mayor cantidad de calcita.	
<i>Bacillus pasteurising</i> ,	- Incremento en resistencias a la compresión, tracción y flexión después del curado.	Udhaya et al., 2023
<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus sphaericus</i>	- Capacidad de soportar mayor deformación después de la formación de grietas.	
<i>Enterococcus faecalis</i> y <i>Bacillus cereus</i>	- Mejoras en resistencia a la compresión y tracción.	Alshalif et al., 2019
<i>Bacillus Megaterium</i>	- Mejora de resistencia a la compresión y flexión en diferentes periodos de curado.	Nasser et al., 2022
<i>Bacillus Pasteurii</i>	- Minimización de permeabilidad, reducción de oxidación y mejora en resistencia a la abrasión.	Metwally et al., 2020

<i>Bacillus cohnii</i> formadora de esporas alcalifílicas	- Reducción de porosidad, intensificación de resistencia mecánica y durabilidad.	Sarkar et al., 2023
<i>Bacilo pseudomycooides</i>	- Incremento de resistencia a la compresión en un 18%.	Algaifi et al., 2021
Bacterias sulfato- reductoras (SRB)	- Utilización de lodos activados por desechos para la cultivación.	Chetty et al., 2022
	- Reducción de la cantidad de residuos producidos durante el proceso de construcción.	Kashif et al., 2022
Bacterias indígenas	- Actividad metabólica sella las fisuras para evitar la formación de grietas múltiples.	Jakubovskis et al., 2020

Nota: Elaboración propia.

Tras la revisión se logró identificar la tabla anteriormente descrita con la información más relevante respecto a cada bacteria, lo que nos ayudó para nuestra investigación en poder identificar la principal bacteria a emplear, así mismo se empleó otros criterios de selección, como es el modo de adquisición y la metodología de aplicación hacía el bioconcreto. Para la presente investigación se usó un método directo, que se basa en la incorporación directa de las bacterias en forma de solución como un recambio de agua durante el diseño de mezcla, acorde a los % considerados en la metodología de investigación.

OE2: Determinar las propiedades que tiene la composición del bioconcreto.

Para el realizar el correcto diseño del concreto patrón y con los diversos % de bacterias *bacillus subtilis* y lactato de calcio, primero se realizaron ensayos para las bacterias, se midió el ph y la temperatura con diversos instrumentos, así como también se determinó el número máximo probable por mililitro NMP/ml de las muestras. Por otro lado, se realizaron ensayos para hallar las propiedades físicas y químicas que poseen los agregados finos y gruesos.

Los resultados de estos ensayos se muestran a continuación:

Tabla 6

Medición de pH de la solución de bacterias

Instrumento	Muestra fresca	Después 07 días	250 ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio
Waterproof Tester	4.22	3.91	4.12
VinciLab	4.28	3.96	3.99

Nota: Elaboración propia.

La tabla 6, detalla las mediciones obtenidas empleando dos instrumentos: Waterproof Tester y VinciLab, en tres condiciones diferentes, los registros con el primer instrumento indican una disminución de 4.22 a 3.91 en los valores de pH de una muestra fresca de bacterias y unos pasados 7 días. Seguido de un aumento a 4.12 incorporando el nutriente para las bacterias (lactato de calcio). Para el instrumento 2, ocurre algo similar variando de 4.28 a 3.96 y aumentando ligeramente a 3.99, lo que supone una reacción positiva de las bacterias incorporándose el lactato de calcio.

Tabla 7

Medición de temperatura (°C) de la solución de bacterias

Instrumento	Muestra Fresca	Después 07 días	250 ml muestra + 107.5 gr lactato
<i>Waterproof Tester</i>	27.8	26.8	25.5
<i>VinciLab</i>	27.5	27.3	26.8

Nota: Elaboración propia.

La tabla 7, detalla las mediciones obtenidas empleando dos instrumentos: *Waterproof Tester* y *VinciLab*, en tres condiciones diferentes, los registros con el primer instrumento indican una disminución de 27.8°C a 26.8°C en los valores de temperatura de una muestra fresca de bacterias y unos pasados 7 días con una tendencia a disminuir en 25.5°C incorporando el nutriente para las bacterias (lactato de calcio). Para el instrumento 2, ocurre algo similar variando de 27.5°C a 27.3°C y decayendo ligeramente a 26.8°C.

Tabla 8*Resultados de ensayos a muestras de solución de bacterias*

Muestra	NMP/ml
Melaza (Control)	200,000
Melaza + 111 g/L de lactato de calcio (Solución 01)	400,000
Melaza + 430 g/L de lactato de calcio (Solución 02)	2,100,000

Nota: Elaboración propia.

Tras realizar los ensayos para el número más probable, se logró recopilar la información descrita en la tabla 8, el procedimiento para conteo rápido nos da 4×10^5 bacterias mesófilas, entre ellas las *Bacillus subtilis*, con una incorporación de 111 g/L de lactato de calcio en la primera solución. Para la segunda solución, se incorporó 430 g/L de lactato de calcio, donde se encontró el pico más alto de bacterias, 2.1×10^6 . Siendo esta última la proporción de lactato que se incorporará en los testigos de concreto. Así mismo, se evaluó la solución (melaza control), sin incorporar lactato, obteniendo así un recuento de 2×10^5 , se nota un aumento considerable en la formación de bacterias provistas por el nutriente adecuado. La proporción añadida en las soluciones es proporcional a la registrada en la literatura consultada.

Propiedades físicas de los agregados

Tabla 9

Resultados de los ensayos de los agregados

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de fineza	3.45	6.90
Contenido de humedad (%)	1.6	2.4
Peso específico (gr/cm ³)	2.670	2.696
Porcentaje de absorción (%)	1.32	0.93
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1468	1539
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1573	1663
T. M. N		3/4"

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 9, se observan los datos obtenidos de los ensayos que se realizaron a los agregados para el diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para el agregado fino (Cantera Puente los Serranos), 3.45 para el módulo de fineza, 1.6% de humedad, 2.670 gr/cm³ para peso específico, 1.32 % de absorción, 1468 kg/m³ de peso unitario suelto y 1573 kg/m³ de peso compactado. Mientras que para el agregado grueso (Cantera Sojo Armando Zapata KM-9), se obtuvo 6.90 para el módulo de fineza, 2.4 % de humedad, 2.696 gr/cm³ para peso específico, 0.93 % de absorción, 1539 kg/m³ de peso unitario suelto y 1663 kg/m³ de peso compactado y 3/4" para tamaño máximo nominal.

Diseño de Mezcla (Método ACI)

Se realizaron 4 diseños de mezcla con los diversos % de bacterias, con una resistencia a la compresión objetiva de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, utilizando el método de la *Association Concrete Institute (ACI)*.

Tabla 10

Diseño de mezcla $f'c=210\text{kg/cm}^2$ según el ACI

Materiales	Cantidad
Cemento	375 kg
Agua	210 Lts
Aire incluido	1.5 %
Arena	50.00 %
Grava	50.00 %
V. en pasta	0.370 m ³
V. en agregados	0.630 m ³
Relación $a/(c+ads)$ (SSS)	0.560
Relación $a/(c+adc)$ (corregida)	0.569

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 10, se observan las cantidades de los materiales a emplearse para un diseño de mezcla con resistencia a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, estos se han obtenido siguiendo una serie de procedimientos y cálculos, para los cuales se han utilizado los resultados de los ensayos de los agregados finos y gruesos. Este diseño es para 1 m³ de concreto,

Tabla 11*Resultados de Temperatura y Slump*

Diseños	Temperatura (°C)	Slump (Pulgadas)
Diseño Patrón	28.7	3.0
Diseño + 5% B.S + Lactato de calcio	29.4	3.4
Diseño + 10% B.S + Lactato de calcio	30.2	5.5
Diseño + 15% B.S + Lactato de calcio	30.8	8.2

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 11, se muestran los resultados de la temperatura y el slump de los 4 diseños de mezclas para la elaboración de la mezcla de las probetas y vigas. Para el concreto patrón y el bioconcreto 5%, la mezcla tuvo una consistencia plástica, mientras que para el diseño de bioconcreto de 10% y 15%, la consistencia de la mezcla fue fluida.

Tabla 12

Diseño de la mezcla Patrón para una tanda de 30 Lts, para 1m³, f'c=210 kg/cm²

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Tipo I	381	kg/m ³
Arena Zarandeada	880	kg/m ³
Grava Triturada	900	kg/m ³
Agua	213	kg/m ³

Nota: Elaboración propia.

La tabla anterior, describe el diseño de mezcla empleado para el concreto patrón, según los análisis realizados a los agregados y considerando el slump de diseño entre 3" y 6" establecidos en la normativa para una trabajabilidad ideal del mismo. Estos valores están relacionados para 1m³ de concreto. Estos datos nos ofrecen una especificación bastante precisa de la proporción de cada componente en la mezcla de concreto, siendo de gran importancia al momento de cumplir los parámetros normativos en cuanto a calidad y resistencia para el que fue diseñado.

Tabla 13

Diseño de la mezcla con 5% B.S + Lactato de Calcio, para una tanda de 45 litros, para 1 m³, f'c=210 kg/cm²

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Tipo I	385	kg/m ³
Arena Zarandeada	924	kg/m ³
Grava Triturada	934	kg/m ³
Agua	170	kg/m ³
B.S + Lactato de calcio	27.772	kg/m ³

Nota: Elaboración propia.

La tabla anterior, describe el diseño de mezcla empleado para el concreto patrón, según los análisis realizados a los agregados y considerando el slump de diseño de 3.4". Estos valores están relacionados para 1m³ de concreto. La tanda empleada para esta dosificación aumentó a 45L versus la del concreto patrón que fue de 30 L, esto debido a la incorporación de la solución de melaza, se realizaron reajustes en cuanto a la cantidad de agua empleada para el diseño, por eso vemos una reducción de 213 L (del concreto patrón) a 170 L (C° + 5% BS + lactato).

Se observó un incremento de la plasticidad del bioconcreto, obteniéndose un slump inicial de 6.6", que sería demasiado liquido según la normativa (idealmente para alcanzar las resistencias para el que fue diseñado: 210 kg/cm²). El porcentaje añadido de bacteria y lactato, se realizó en recambio de agua a una razón de 27.772L/m³. Sin embargo, los valores de agregado grueso y fino si se vieron afectados, se tuvo que aumentar la proporción tratando de evitar la plasticidad del bioconcreto, por eso se nota un aumento de arena de 880 kg/m³ a 924 kg/m³ y en cuanto a la piedra chancada, de 900 kg/cm³ a 934 kg/cm³.

Tabla 14

Diseño de la mezcla 10% B.S + Lactato de Calcio, para una tanda de 45 litros, para 1 m³, f'c=210 kg/cm²

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Tipo I	389	kg/m ³
Arena Zarandeada	933	kg/m ³
Grava Triturada	942	kg/m ³
Agua	163	kg/m ³
B.S + Lactato de calcio	55.142	kg/m ³

Nota: Elaboración propia.

La tabla anterior, describe el diseño de mezcla empleado para el concreto patrón, según los análisis realizados a los agregados y considerando el slump de diseño de 5.5". Estos valores están relacionados para 1m³ de concreto. La tanda empleada para esta dosificación aumentó a 45L versus la del concreto patrón que fue de 30 L, esto debido a la incorporación de la solución de melaza, se realizaron reajustes en cuanto a la cantidad de agua empleada para el diseño, por eso vemos una reducción de 213 L (del concreto patrón) a 163 L (C° + 10% BS + lactato).

Se observó un incremento de la plasticidad del bioconcreto, obteniéndose un slump inicial de 6.8", que sería demasiado liquido según la normativa (idealmente para alcanzar las resistencias para el que fue diseñado: 210 kg/cm²). El porcentaje añadido de bacteria y lactato, se realizó en recambio de agua a una razón de 55.142L/m³. Sin embargo, los valores de agregado grueso y fino si se vieron afectados, se tuvo que aumentar la proporción tratando de evitar la plasticidad del bioconcreto, por eso se nota un aumento de arena de 880 kg/m³ a 933 kg/m³ y en cuanto a la piedra chancada, de 900 kg/cm³ a 942 kg/cm³.

Tabla 15

Diseño de la mezcla 15% B.S + Lactato de Calcio, para una tanda de 45 litros, para 1 m³, f'c=210 kg/cm²

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Tipo I	389	kg/m ³
Arena Zarandeada	941	kg/m ³
Grava Triturada	951	kg/m ³
Agua	155	kg/m ³
B.S + Lactato de calcio	82.099	kg/m ³

Nota: Elaboración propia.

La tabla anterior, describe el diseño de mezcla empleado para el concreto patrón, según los análisis realizados a los agregados y considerando el slump de diseño de 8.2". Estos valores están relacionados para 1m³ de concreto. La tanda empleada para esta dosificación aumentó a 45 L versus la del concreto patrón que fue de 30 L, esto debido a la incorporación de la solución de melaza, se realizaron reajustes en cuanto a la cantidad de agua empleada para el diseño, por eso vemos una reducción de 213 L (del concreto patrón) a 155 L (C° + 15% BS + lactato).

Se observó un incremento de la plasticidad del bioconcreto, obteniéndose un slump inicial de 8.8", que sería demasiado liquido según la normativa (idealmente para alcanzar las resistencias para el que fue diseñado: 210 kg/cm²). El porcentaje añadido de bacteria y lactato, se realizó en recambio de agua a una razón de 82.099L/m³. Sin embargo, los valores de agregado grueso y fino si se vieron afectados, se tuvo que aumentar la proporción tratando de evitar la plasticidad del bioconcreto, por eso se nota un aumento de arena de 880 kg/m³ a 941 kg/m³ y en cuanto a la piedra chancada, de 900 kg/cm³ a 951 kg/cm³.

Tabla 16

Tabla resumen de los resultados de las roturas de probetas a compresión

Muestras	7 días (f'c estimado: 70% resistencia diseño)			14 días (f'c estimado: 90% resistencia diseño)			28 días (f'c estimado: 100% resistencia diseño)		
	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% resistencia obtenida	% Promedio	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% resistencia obtenida	% Promedio	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% resistencia obtenida	% Promedio
Concreto Patrón	200	95		219	104		245	116	
	190	91		224	107		239	114	
	192	91	93	215	102	105	240	114	117
	196	93		221	105		259	123	
	198	94		228	108		244	116	
Bioconcreto al 5 %	292	139		431	205		431	205	
	302	144		426	203		436	208	
	332	158	145	437	208	205	422	201	200
	294	140		422	201		400	190	
	303	144		432	206		414	197	

	-	-		266	127		357	170	
	-	-		270	129		388	185	
Bioconcreto al 10 %	18	09	09	259	123	126	343	163	175
	-	-		269	128		368	175	
	18	09		259	123		385	183	
	26	12		267	127		364	173	
	-	-		252	120		355	169	
Bioconcreto al 15 %	31	15	12	256	122	123	331	158	166
	-	-		264	126		346	165	
	17	8		248	118		351	167	

Nota: Elaboración propia.

La tabla anteriormente, nos da un alcance a manera de resumen de todos los datos obtenidos en los ensayos por esfuerzo a la compresión en las probetas de concreto, obteniéndose una variabilidad considerable que será analizada en el OE3.

Tabla 17

Tabla resumen de los resultados de las roturas de vigas a flexión

Muestras	7 días (f'c estimado: 45 Mr diseño)			14 días f'c estimado: 45 Mr diseño)			28 días f'c estimado: 45 Mr diseño)		
	Resistencia obtenida Mr (kg/cm ²)	% resistencia obtenida	Mr Promedio	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% resistencia obtenida	Mr Promedio	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% resistencia obtenida	Mr Promedio
Concreto Patrón	39.5	88		46.4	103		52.9	118	
	39.6	88	40	44.5	99	45.30	49.6	109	51.90
	40.90	91		45.0	100		53.2	118	
Bioconcreto al 5 %	25.5	57		34.6	77		46.5	103	
	26	58	25.1	34.2	76	32.87	49.0	109	47.70
	23.8	53		29.8	66		47.6	106	
Bioconcreto al 10 %	24.9	55		19.8	44		43.1	96	
			24.37			23.47			45.80
	23	51		25.8	57		48.1	107	

	25.2	56		24.8	55		46.2	103	
	25.2	56		28.4	63		44.4	99	
Bioconcreto al 15 %	23.7	53	24.73	28.6	64	27.87	46.6	103	44.10
	25.3	56		26.6	59		41.3	92	

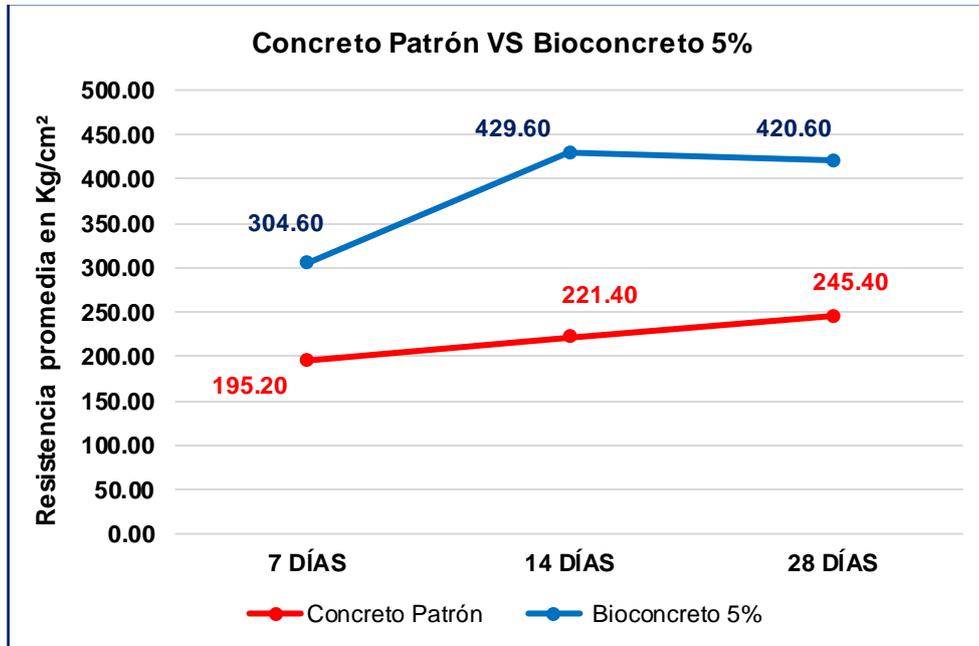
Nota: Elaboración propia.

La tabla anteriormente, nos da un alcance a manera de resumen de todos los datos obtenidos en los ensayos por esfuerzo al flexo tracción en las probetas de concreto, obteniéndose una variabilidad considerable que será analizada en el OE3.

OE3: Analizar los beneficios que tiene el bioconcreto y su aplicabilidad para la región Piura.

Figura 1

Resistencia a la compresión de probetas de concreto Patrón VS Bioconcreto 5%



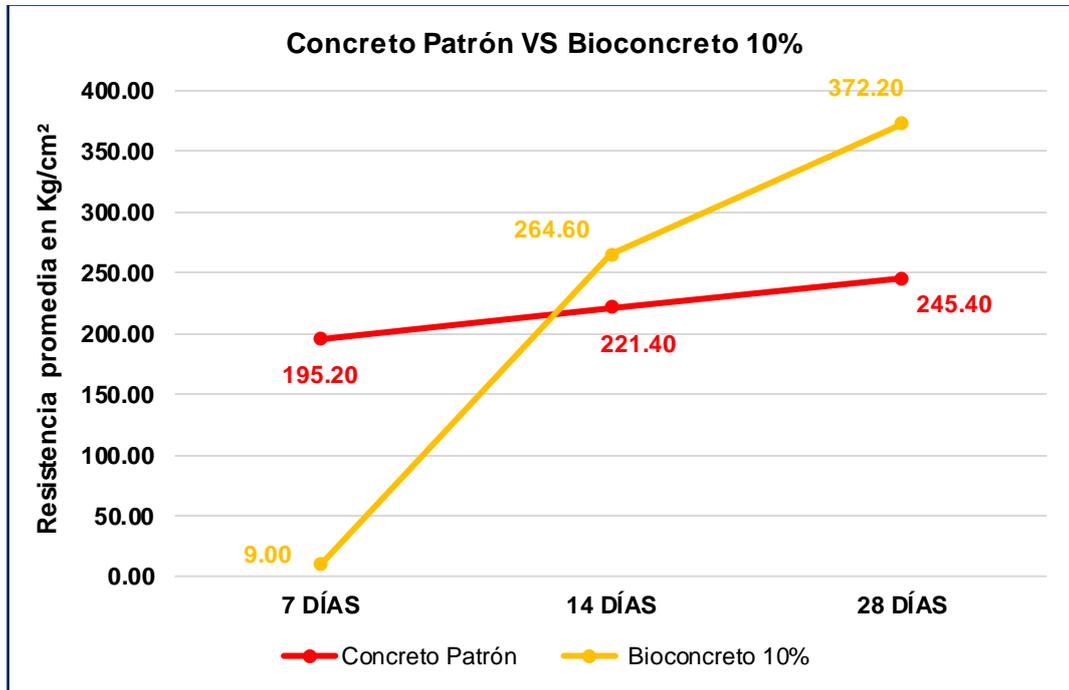
Nota: Elaboración propia.

Para lograr responder el objetivo específico N°3, presentamos los resultados obtenidos a partir de ensayar las probetas de concreto patrón y el bioconcreto incorporando los distintos % de solución de *Bacillus subtilis* más lactato de calcio, acorde a la siguiente proporción 430 g/L.

En la figura 1, podemos observar un promedio ponderado de los testigos de concreto ensayados del concreto patrón y bioconcreto con el 5% de bacteria + lactato, pudiéndose observar un aumento considerable en la resistencia del concreto, arrojando a los primeros 7 días, un valor de 304.60 kg/cm² en comparación a 195.20 kg/cm² del concreto patrón. Por consiguiente, de las probetas ensayadas a los 14 días, se obtuvo un promedio ponderado de 429.60 kg/cm² y finalmente a los 28 días, tenemos un valor de 422.60 kg/cm².

Figura 2

Resistencia a la compresión de probetas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 10%

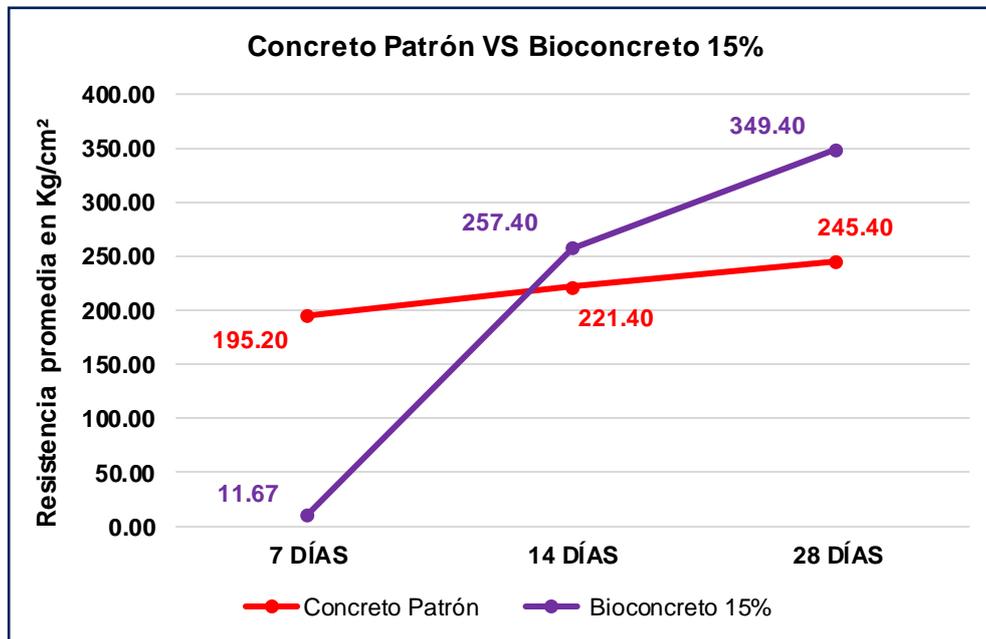


Nota: Elaboración propia.

La figura 2, se ha considerado el bioconcreto con una adición del 10% de bacteria más lactato, considerando siempre el recambio de agua por solución. Pudiéndose observar que al inicio tenemos una resistencia muy por debajo, esto se pudo predecir desde el momento de la elaboración del diseño de mezcla, en la prueba de slump. Puesto que la mezcla tenía un comportamiento demasiado plástico y un slump de 5.5". Sin embargo, los testigos ensayados para el día 14, superaron nuestras expectativas con un 264.60 kg/cm² vs un concreto patrón de 221.40 kg/cm². Ya para los 28 días, estamos llegando con una resistencia de 372.20 kg/cm².

Figura 3

Resistencia a la compresión de probetas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 15%

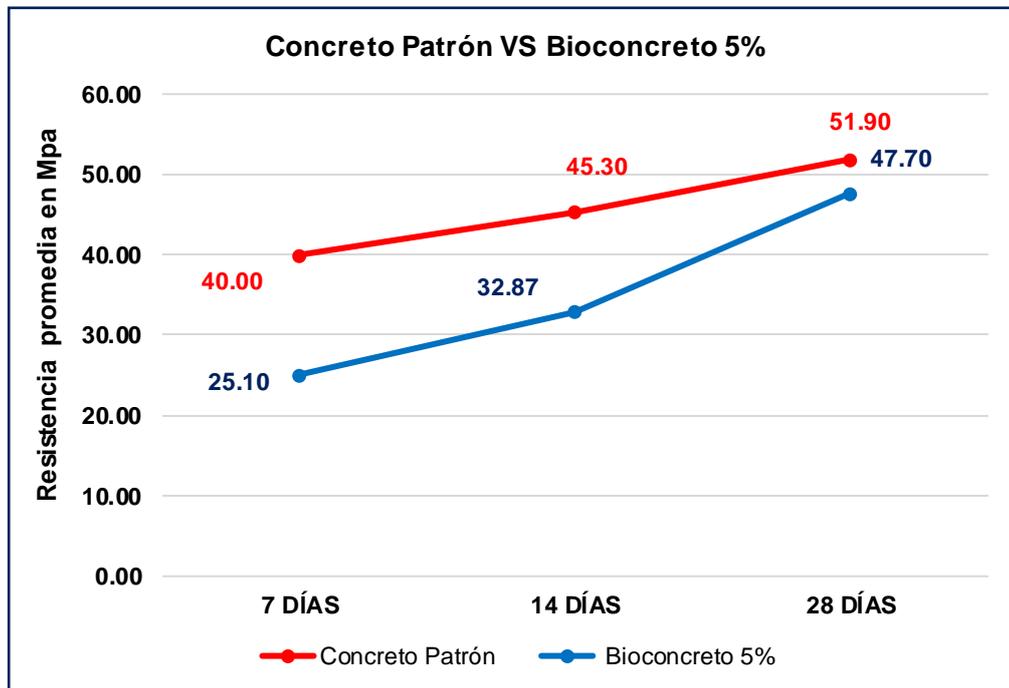


Nota: Elaboración propia.

La figura 3, nos presenta la comparativa entre el concreto patrón y la muestra de bioconcreto incorporando 15% de bacteria más lactato. A los primeros 7 días de haber ensayado las probetas la resistencia promedio oscilaba en un 11.67 kg/cm², un tanto similar a la obtenida con 10%, se obtuvo un comportamiento muy plástico al inicio de los ensayos y un slump bastante elevado 8.2". Para el día 14 de realizados los ensayos, volvió a superar las expectativas puesto que se obtuvo un promedio de 257.40 kg/cm² de resistencia a la compresión, incrementando así un 16.26% del concreto patrón. Para el día 28, se tiene una resistencia de 349.40 kg/cm² lo que representa un 42.58% de aumento versus el concreto patrón.

Figura 4

Resistencia a la flexión de vigas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 5%

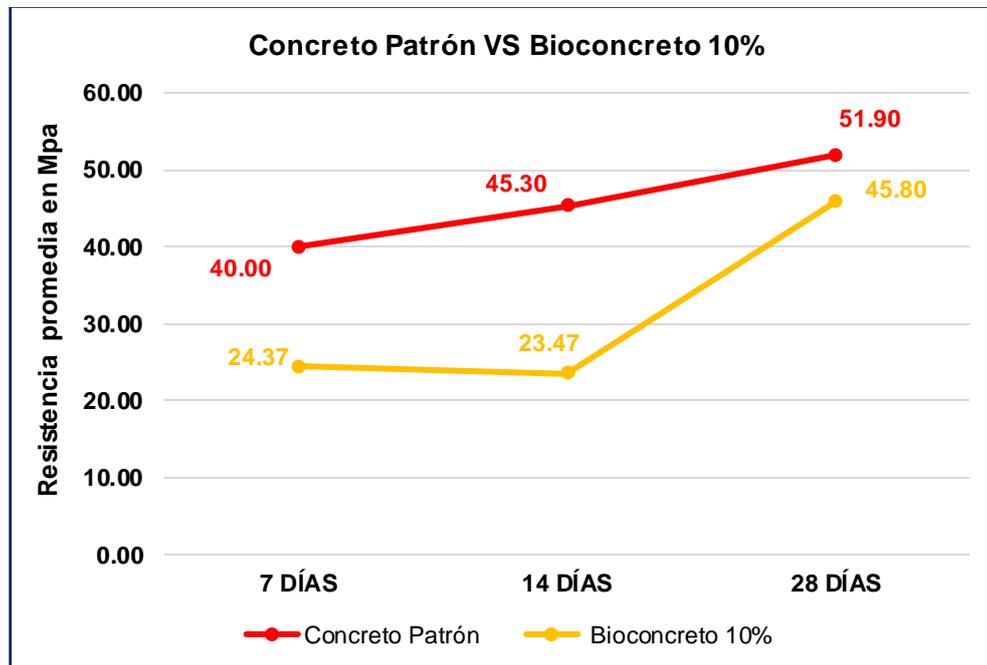


Nota: Elaboración propia.

En cuanto a las propiedades de flexo-compresión del concreto, se ha logrado visualizar que no se cumple, considerando una medida meta referencial de 45Mpa, en la figura 4 se analiza el bioconcreto incorporando 5% de bacteria + lactato, obteniéndose 25.10Mpa, 32.87Mpa, a los 7, 14 días respectivamente, mientras que para los 28 días alcanzo un valor de 47.70 es decir un 6% más de la meta referencial.

Figura 5

Resistencia a la flexión de vigas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 10%

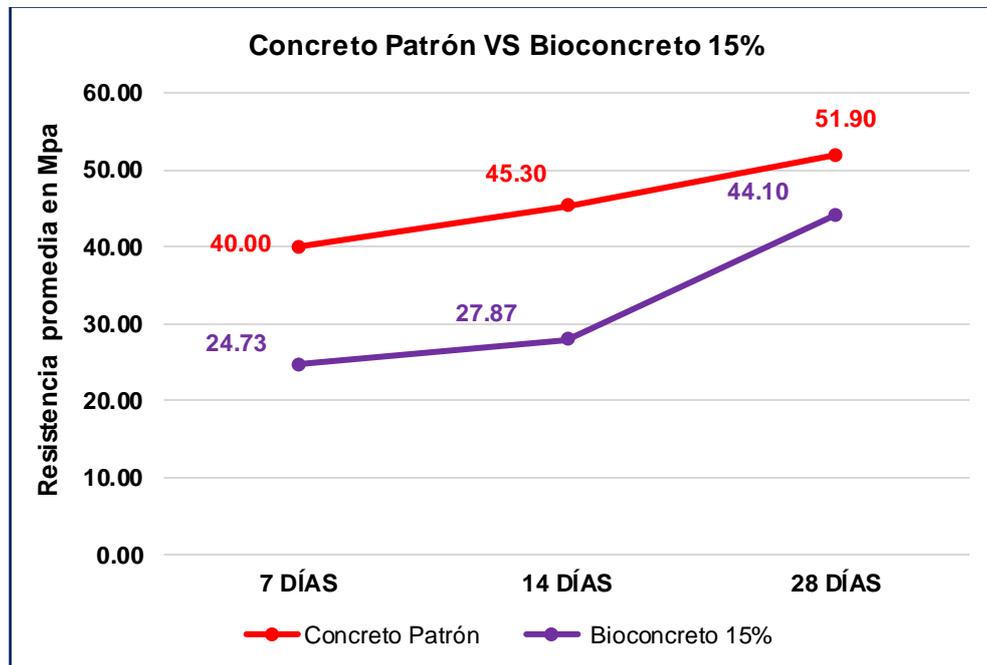


Nota: Elaboración propia.

Caso similar se obtiene en las probetas con 10% de bacterias más lactato de calcio. Considerando una medida meta referencial de 45Mpa, en la figura 5 se muestran los resultados obtenidos de 24.37Mpa, 23.47Mpa y 45.80Mpa, a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Figura 6

Resistencia a la flexión de vigas de Concreto Patrón VS Bioconcreto 15%

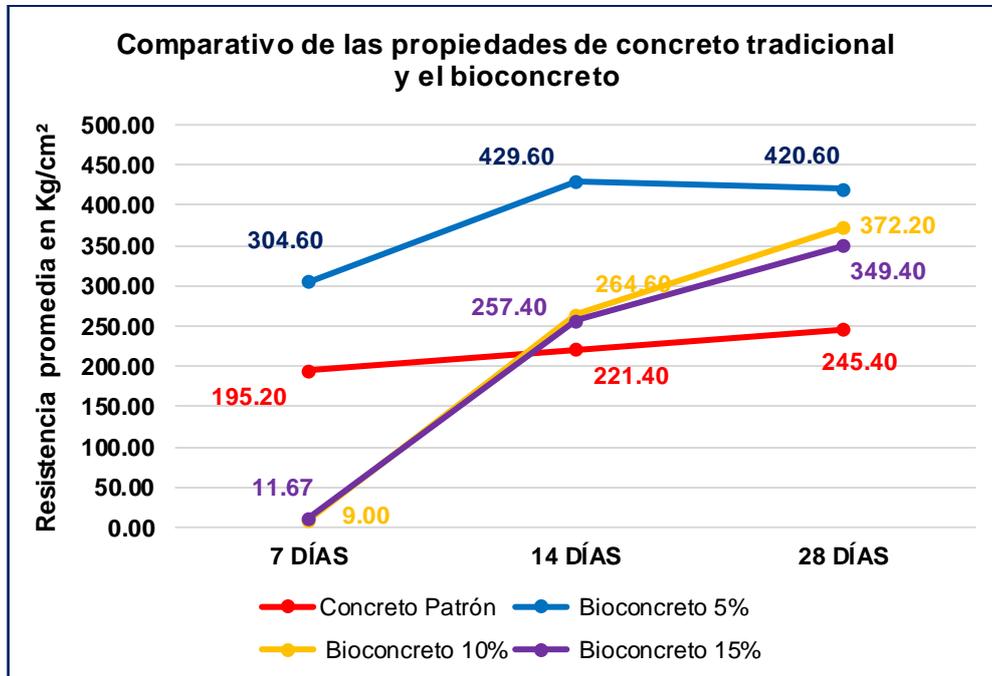


Nota: Elaboración propia.

En las probetas de 15% de bacterias más lactato de calcio, los resultados tampoco superaron las expectativas referenciales de 45Mpa en el ensayo de flexo-compresión en la figura 6 se muestran los resultados obtenidos de 24.73Mpa, 27.87Mpa y 44.10Mpa, a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Figura 7

Comparación de las propiedades que posee el concreto tradicional y el bioconcreto con ensayos para resistencia a la compresión

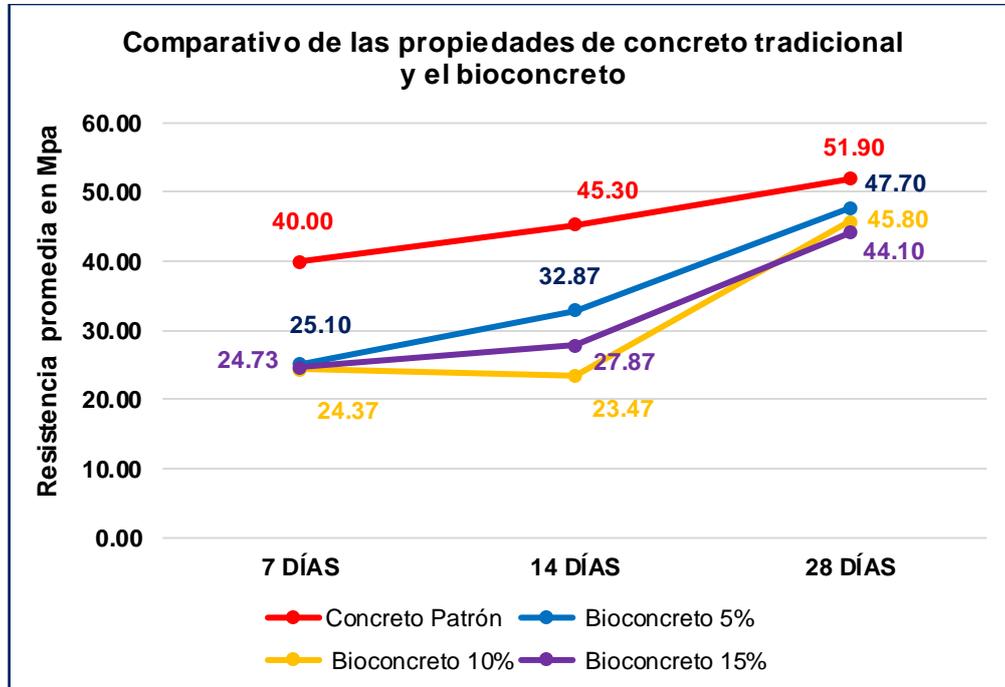


Nota: Elaboración propia.

En la figura 7, se muestra la comparativa de las resistencias a la compresión que tiene el bioconcreto en sus distintas muestras de incorporación de bacterias, frente al concreto tradicional o concreto patrón. Notándose una gran diferencia en la muestra con 5% de bacterias más lactato, representa un 56.05% de incremento de resistencia en los primeros 7 días, para el día 14, se está prácticamente duplicando la resistencia, puesto que tenemos un 94.04% de diferencia respecto al concreto patrón. Mientras que, para los 28 días, se tiene un valor de 71.39%, denotándose que a los 14 días el concreto llega a su máxima resistencia.

Figura 8

Comparación de las propiedades que posee el concreto tradicional y el bioconcreto con ensayos para resistencia a la flexión



Nota: Elaboración propia.

En la figura 8, se muestra la comparativa de las resistencias a la flexión que tiene el bioconcreto en sus distintas muestras de incorporación de bacterias, frente al concreto tradicional o concreto patrón. Denotándose que ningún diseño de mezcla alcanzo la resistencia máxima de la muestra patrón de 45MPa.

Posterior al análisis de los comportamientos físico – mecánicos del concreto, se ha realizado un pequeño análisis de precios unitarios, para cuantificar el costo para aplicar el bioconcreto en las obras civiles de la región Piura. Siguiendo los diseños de mezcla obtenidos y los precios locales, se logró identificar un aumento del 78.56% del costo unitario por m3 de concreto, entre el concreto patrón y el bioconcreto adicionando el 5% de bacteria; para el diseño del 10% de bacteria, se cuenta con un aumento de más del doble del costo, dando un precio unitario de S/968.27, versus el concreto patrón de S/ 415.42. En el diseño de bioconcreto con 15% de incorporación de bacteria, el número es muy desalentador, puesto que supera 3 veces el precio del concreto, arrojando un precio unitario (PU) de S/ 1278.72.

Tabla 18

Análisis de Precios Unitarios - Concreto Patrón.

Partida		01.00.00		CONCRETO PATRÓN			
				f'c=210 kg/cm2			
Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo			415.42
				por: m3			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
01.01.01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0533	20.19	1.08	
01.01.02	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	20.19	10.77	
01.01.03	OFICIAL	hh	0.5000	0.2667	16.51	4.40	

01.01.04	PEON	hh	4.0000	2.1333	14.91	31.81
						48.06
Materiales						
01.02.01	GASOLINA 84	gal		0.5000	15.50	7.75
01.02.02	PIEDRA 1/2"	m3		0.5900	65.00	38.35
01.02.03	ARENA GRUESA	m3		0.6000	55.00	33.00
01.02.04	AGUA	m3		0.2130	1.00	0.21
01.02.05	CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		8.9600	30.50	273.28
						352.59
Equipos						
01.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	48.06	1.44
01.03.02	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.5000	0.2667	15.00	4.00
01.03.03	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	0.5000	0.2667	35.00	9.33
						14.77

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 18, podemos apreciar el valor referencial promedio del concreto tradicional en la región Piura.

Tabla 19

Análisis de Precios Unitarios del Bioconcreto incorporando 5% de Bacteria Bacillus subtilis + lactato de calcio

Partida		02.00.00		CONCRETO + 5% BS + Lactato			
				f'c=210 kg/cm2			
Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por: m3		741.78	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
02.01.01	CAPATAZ	hh	0.100	0.0533	20.19	1.08	
02.01.02	OPERARIO	hh	1.000	0.5333	20.19	10.77	
02.01.03	OFICIAL	hh	0.500	0.2667	16.51	4.40	
02.01.04	PEON	hh	4.000	2.1333	14.91	31.81	
						48.06	
Materiales							
02.02.01	GASOLINA 84	gal		0.5000	18.50	9.25	
02.02.02	PIEDRA 1/2"	m3		0.6069	65.00	39.45	
02.02.03	ARENA GRUESA	m3		0.6294	55.00	34.62	

02.02.04	AGUA	m3		0.1700	1.00	0.17
02.02.05	CEMENTO PORTLAND TIPO IP	bol		9.0600	30.50	276.33
02.02.06	BACTERIA BACILLUS SUBTILIS - MELAZA	l		27.7720	2.50	69.43
02.02.07	LACTATO DE CALCIO	kg		11.9420	20.91	249.71
						678.95
Equipos						
02.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	48.06	1.44
02.03.02	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.5000	0.2667	15.00	4.00
02.03.03	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	0.5000	0.2667	35.00	9.33
						14.77

Nota: Elaboración propia.

Para la tabla 19, ya contamos con un incremento considerable en el precio, esto debido a la incorporación del lactato en la solución de melaza de bacterias, que tiene un costo aproximado de \$5.60 por kg, al ser este un método directo el lactato se ha incorporado tal cual su presentación en polvo. La proporción es por cada litro de melaza, 430 g de lactato.

Tabla 20

Análisis de Precios Unitarios del Bioconcreto incorporando 10% de Bacteria Bacillus subtilis + lactato de calcio

Partida	CONCRETO + 10% BS + Lactato f'c=210 kg/cm2						
Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por: m3		968.27	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
03.01.01	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0533	20.19	1.08
03.01.02	OPERARIO		hh	1.0000	0.5333	20.19	10.77
03.01.03	OFICIAL		hh	0.5000	0.2667	16.51	4.40
03.01.04	PEON		hh	4.0000	2.1333	14.91	31.81
							48.06
		Materiales					
03.02.01	GASOLINA 84		gal		0.5000	18.50	9.25
03.02.02	PIEDRA 1/2"		m3		0.6121	65.00	39.79
03.02.03	ARENA GRUESA		m3		0.6356	55.00	34.96

03.02.04	AGUA	m3		0.1630	1.00	0.16
03.02.05	CEMENTO PORTLAND TIPO IP	bol		9.1529	20.50	187.64
03.02.06	BACTERIA BACILLUS SUBTILIS - MELAZA	l		55.1420	2.50	137.86
03.02.07	LACTATO DE CALCIO	kg		23.7111	20.91	495.80
						905.44
	Equipos					
03.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	48.06	1.44
03.03.02	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.5000	0.2667	15.00	4.00
03.03.03	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	0.5000	0.2667	35.00	9.33
						14.77

Nota: Elaboración propia.

Para la tabla 20, ya contamos con un incremento considerable en el precio, esto debido a la incorporación del lactato en la solución de melaza de bacterias, que tiene un costo aproximado de \$5.60 por kg, al ser este un método directo el lactato se ha incorporado tal cual su presentación en polvo. La proporción es por cada litro de melaza, 430 g de lactato.

Tabla 21

Análisis de Precios Unitarios del Bioconcreto incorporando 15% de Bacteria Bacillus subtilis + lactato de calcio

Partida	CONCRETO + 15% BS + Lactato f'c=210 kg/cm2						
Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por: m3		1,278.72	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
04.01.01	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0533	20.19	1.08
04.01.02	OPERARIO		hh	1.0000	0.5333	20.19	10.77
04.01.03	OFICIAL		hh	0.5000	0.2667	16.51	4.40
04.01.04	PEON		hh	4.0000	2.1333	14.91	31.81
							48.06
		Materiales					
04.02.01	GASOLINA 84		gal		0.5000	18.50	9.25
04.02.02	PIEDRA 1/2"		m3		0.6179	65.00	40.17
04.02.03	ARENA GRUESA		m3		0.6410	55.00	35.26

04.02.04	AGUA	m3		0.1550	1.00	0.16
04.02.05	CEMENTO PORTLAND TIPO IP	bol		9.1529	20.50	187.64
04.02.06	BACTERIA BACILLUS SUBTILIS - MELAZA	l		82.0990	2.50	205.25
04.02.07	LACTATO DE CALCIO	kg		35.3026	20.91	738.18
						1,215.89
	Equipos					
04.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3%	48.06	1.44
04.03.02	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.5000	0.2667	15.00	4.00
04.03.03	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	0.5000	0.2667	35.00	9.33
						14.77

Nota: Elaboración propia.

Para la tabla 21, se muestra el precio por m³ que tiene el bioconcreto incorporando 15% de *bacillus subtilis* + lactato de calcio, el precio es el triple del concreto patrón, debido a que demanda una mayor cantidad de materiales. Asimismo, el lactato de calcio tiene un costo aproximado de \$5.60 por kg, el cual hace que el valor se incremente

OG: Analizar las propiedades del bioconcreto como remediador de fisuras en el concreto tradicional, para la región Piura.

Tabla 22

Sellado de fisuras del bioconcreto

Muestra	14 días	28 días
Bioconcreto 5%	2 mm	3 mm
Bioconcreto 10%	3 mm	4 mm
Bioconcreto 15%	3.5 mm	5 mm

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 22, se describe el ancho de las fisuras que se van sellando con la calcita producida por las bacterias. Se realizaron mediciones para el bioconcreto con 5% a los 14 y 28 días, teniendo como resultados 2 mm y 3 mm respectivamente. Mientras que para el bioconcreto se tuvo un aumento de 3 mm a 4 mm de los 14 a los 28 días. Por otro lado, con el bioconcreto con 15% se muestra un incremento de 3.5 mm a 5 mm a los 14 y 28 días respectivamente.

V. DISCUSIÓN

Analizando los resultados obtenidos del primer objetivo específico: “Identificar los diferentes tipos de bacterias que se han empleado en la realización del bioconcreto”, en la investigación de (Mendoza Nina, 2018), tras un análisis bibliográfico, resalta las propiedades de la *Bacillus subtilis* como organismo microbiológico capaz de garantizar las condiciones para un correcto desarrollo en el concreto tradicional. Así mismo denota la incorporación del lactato de calcio, en su investigación como un buen potenciador de las propiedades de segregación de calcita en el concreto.

Es por ello, que para la presente investigación sintetizamos el proceso de análisis bibliográfico para coincidir con esta especie biológica del género de los *Bacillus*, así mismo debido a la nocividad que esta representa para el ser humano, como se sabe según la bibliografía se emplea en estabilización de suelos y/o control ligero de plagas en plantas. Pero no representa riesgo para la salud.

No obstante, (Mendoza Nina, 2018), nos presenta un método diferente de aplicación de la bacteria, haciendo procesos de precipitación directa del lactato y las esporas de bacteria *Bacillus* al testigo de concreto, mediante una metodología por ensayos de permeabilidad.

En la presente investigación, se emplea una metodología distinta, puesto que ya se contaba con una melaza que incorporaba cepas de *Bacillus subtilis*, empleada en la estabilización de suelos y que fue provista por la empresa ECOSAC. La bacteria se adquirió en forma de melaza, por tanto, se ha añadido al concreto de manera directa en un recambio de agua, durante el proceso de diseño de mezcla según los % correspondiente a cada diseño.

A partir de los resultados obtenidos del segundo objetivo específico: “Determinar las propiedades que tiene la composición del bioconcreto”, (Asenjo Alarcón, 2019), en su investigación emplea un conteo bacteriano por el método de turbidez estándar, empleando 0.1mL de cloruro de una solución de bario deshidratado ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) al 1.175% (p/vol) a 9.9 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1% (vol/vol). Obteniéndose así una ratio de entre $1\sim 3 \times 10^8$ bacterias/mL.

En la presente investigación se realizó dos muestras, para la determinación visual de las colonias (Método de Tinción de Gram), con lo cual se logró identificar que en la melaza se encontraban cepas alargadas en forma de bastoncillos, lo que caracteriza al género *Bacillus*. Por consiguiente, se realizó la prueba de Número más probable (NMP/mL) sembrando 07 diluciones de cada muestra madre, en un medio de cultivo líquido (Luria-Bertani). Las muestras fueron incubadas a 37 °C por 24 horas. Obteniéndose así que para las diluciones con lactato de calcio se obtiene un aumento en el NMP/mL de 2×10^5 hasta 2.1×10^6 en proporción de 430g/L.

Por otro lado, con respecto a las propiedades físico – mecánicas, se logró analizar el comportamiento de 96 testigos de concreto, distribuidos en 60 para ensayos a compresión y 36 en ensayos de flexo – tracción. Así mismo, el diseño de bioconcreto con una incorporación del 5% de *Bacillus subtilis* y lactato de calcio, mejoró en un 56.05% la resistencia a la compresión en tan solo 7 días. Para el día 14, tenemos un 94.04% de mejora, ya para los 28 días se tiene un valor de 71.39%, denotándose que a los 14 días el concreto llega a su máxima resistencia.

En concordancia a lo que encontró (Mahmood et al., 2022), en su investigación respecto al aumento de los valores de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto con bacteria *Bacillus subtilis*, con resultados promedios de hasta 19.64 MPa, aproximadamente unos 200 kg/cm² a los 28 días, lo que a su vez representó un aumento de hasta 25.9% más que el concreto patrón empleado en esta investigación.

Con los resultados obtenidos del tercer objetivo específico: “Analizar los beneficios que tiene el bioconcreto y su aplicabilidad para la región Piura”, se obtuvo que el diseño de mezcla idóneo para un concreto con resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$, es el bioconcreto con el 5% de bacterias *Bacillus Subtilis* más lactato de calcio, pues ha demostrado que mejora la resistencia a la compresión de 304.60 kg/cm² a 429.60 kg/cm² y 420.60 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de curado en comparación con el concreto patrón, es decir aumenta un 56.50%, 94.04% y 71.39% respectivamente. Caso similar a la investigación de (Sonali et al., 2019), cuya resistencia a la compresión fue de 408 kg/cm² (40MPa) para el concreto patrón y sus resultados obtenidos a los 7 y 28 días aumentaron a 537.1 kg/cm² (52.67MPa) a 665.2 kg/cm² (64.25MPa), es decir un 32% y 61% respectivamente. Comparando así que ambas

investigaciones han denotado un aumento significativo en la resistencia a la compresión, lo cual es beneficioso para la resistencia en los elementos estructurales.

Sin embargo, para los ensayos de la resistencia a flexión los datos obtenidos en esta investigación no son resultados favorables para los 3 diseños de mezcla con 5%, 10%, 15% con bacterias *Bacillus Subtilis*, estos no alcanzaron la resistencia del concreto patrón. La máxima resistencia obtenida por el concreto patrón a los 28 días fue de 51.90 Mpa, mientras que para los demás diseños fueron de 47.70 Mpa, 45.80 Mpa y 44.10 Mpa, correspondientemente. (Sonali et al., 2019) en su investigación también realizó ensayos a compresión tendiendo resultados favorables, incrementando un 11% la resistencia entre el concreto patrón de sus datos obtenidos a los 7 y 28 días.

Por otro lado, se realizó una comparación entre los análisis de precios unitarios para cada diseño de mezcla elaborados, la diferencia entre el concreto patrón y el bioconcreto con diversos % de bacterias es muy notoria. Para la elaboración de 1m³ de concreto patrón, se gasta S/.415.42 nuevos soles, mientras que para el bioconcreto el precio oscila en un rango estimado desde S/.741.78 a S/.1278.72 nuevos soles por m³, incrementando un 78.4%, 133.08% y 207.8% para el 5%, 10% y 15% de bacterias en los diseños. Sin embargo (Hernández et al., 2022), en su investigación nos muestra precios más bajos, en donde el concreto patrón tuvo un valor de S/.289.44 nuevos soles y el bioconcreto oscilaba entre S/.307.53 a S/.361.81 nuevos soles por m³.

Para la evaluación de la contrastación de la hipótesis planteada: El bioconcreto ayudará en la reparación de micro fisuras en el concreto tradicional. Se midió el ancho de fisuras de las muestras con diversos % de bioconcreto en la precipitación de calcita, en un tiempo de 14 y 28 días de generadas las fisuras, dicha evaluación se realizó con la ayuda de un instrumento Vernier o también llamado Pie de Rey.

Los resultados nos arrojaron que para las muestras con un 5% de bacterias *Bacillus Subtilis*, el ancho de fisuras restauradas fue de 2mm a 3 mm en 14 y 28 días, mientras que con un bioconcreto de 10%, se tuvieron un sellado de 3mm y 4mm respectivamente, por último, debido a la presencia de mayor cantidad de bacterias

incrustadas y lactato de calcio, el ancho de sellado de fisuras para un bioconcreto de 15% aumentó de manera notoria de 3.5mm a 5mm. No obstante, (Mahmood et al., 2022), en su investigación incorporando especímenes de bacterias en concentraciones de células de 10^3 , 10^6 y 10^9 cells/mL, la restauración del ancho de fisuras que fueron de 1.34 mm, 1.47 mm y 1.71 mm respectivamente, mientras que para la longitud se restauraron 76 mm, 89 mm y 127 mm.

VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica para la identificación de los tipos de bacterias que se han empleado en la realización del Bioconcreto, la bacteria *Bacillus Subtilis*, demostró mejores resultados aumentando la resistencia a la compresión en un 25.9% a los 28 días de elaborado el espécimen en comparación con el concreto tradicional, gracias a su capacidad de producir calcita para la reparación de fisuras y su habilidad para formar una resistente endospora protectora, lo cual genera que toleren condiciones ambientales externas. Además, esta bacteria no presenta ningún riesgo para la salud de las personas.
2. De acuerdo con los datos obtenidos, para determinar las propiedades que tiene la composición del bioconcreto, en cuanto a la temperatura del ambiente, se tuvo que trabajar a 27.8 °C, con una muestra fresca de bacterias de *bacillus subtilis*. Para los ensayos de las bacterias con muestras de melaza, melaza +111 g/L de lactato de calcio y melaza + 430 g/L de lactato de calcio, se tuvieron los NMP/mL de 200,000, 400,000 y 2,100,000 respectivamente. Por otro lado, los datos obtenidos de los ensayos que se realizaron a los agregados para el diseño de mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, para el agregado fino (Cantera Puente los Serranos), el módulo de fineza fue de 3.45, 1.6% de humedad, 2.670 gr/cm^3 para peso específico, 1.32 % de absorción, 1468 kg/m^3 de peso unitario suelto y 1573 kg/m^3 de peso compactado. Mientras que para el agregado grueso (Cantera Sojo Armando Zapata KM-9), se obtuvo 6.90 para el módulo de fineza, 2.4 % de humedad, 2.696 gr/cm^3 para peso específico, 0.93 % de absorción, 1539 kg/m^3 de peso unitario suelto y 1663 kg/m^3 de peso compactado y 3/4" para tamaño máximo nominal.

Teniendo en cuenta el diseño de mezcla del ACI, para 1 m^3 , se utilizaron 375kg de cemento, 210Lts de agua 1.5% de aire incluido, el 50% de arena, el 50% de grava, un volumen de pasta de 0.370 m^3 , un volumen de agregados de 0.630 m^3 , una relación $a/(c+ads)$ (SSS) de 0.560 y una relación $a/(c+adc)$ (corregida) de 0.569. La mezcla del concreto patrón se realizó a

una temperatura de 28.7°C, con un slump de 3", para la mezcla con 5% B.S + lactato de calcio 29.4°C y un slump de 3.4", mientras que con 10% B.S + lactato de calcio, la temperatura fue de 30.2°C y 5.5" de slump y para 15% B.S + lactato de calcio 30.8°C y un slump de 8.2".

En los resultados de las roturas de las probetas a compresión, para los 7, 14 y 28 días, el bioconcreto con 5% aumento su resistencia en un 52%, 100% y 83% respectivamente del concreto patrón, alcanzando su resistencia máxima a los 14 días. Sin embargo, el bioconcreto con 10%, los primeros 7 días se obtuvo solo un 9% de resistencia, no obstante, para los 14 y 28 días supero la resistencia en un 21% y 58% del concreto patrón. Para el bioconcreto con 10% el caso es similar al del diseño anterior, pues los primeros 7 días solo alcanzó un 12% de resistencia y en los 14 y 28 días, aumento a un 18% y 49% del concreto patrón.

Los resultados de las roturas de las vigas a flexión son desfavorables, pues ningún diseño con % de bacterias superó la resistencia del concreto patrón.

3. Con los resultados para analizar los beneficios que tiene el bioconcreto y su aplicabilidad en la región Piura, el diseño que supera el concreto patrón es el del bioconcreto con 5%, dado a que sus propiedades físicas y químicas resultaron ser las mejores en comparación con los otros diseños, lo cual sería beneficioso para las resistencias de los elementos estructurales.

En cuanto al análisis de precios unitarios, para un concreto patrón se utiliza S/415.42 nuevos soles, sin embargo, para el bioconcreto con 5%, 10% y 15%, sus valores aumentan muy notoriamente a S/.471.78, S/.962.27 y S/1,278.72 nuevos soles respectivamente.

4. Para la reparación de fisuras se tuvieron mejores resultados a los 28 días, el bioconcreto con 5% sella un ancho de fisura de 3 mm, mientras que el bioconcreto con 10% sella 4 mm y aumenta con el bioconcreto con 15% a 5mm de restauración con la secreción de la calcita de las bacterias.

VII. RECOMENDACIONES

Finalmente, tras el análisis exhaustivo del desarrollo de la presente investigación creemos oportuno dejar como recomendación la utilización de algunos métodos alternativos en cuanto a la metodología, si bien es cierto tenemos resultados bastante prometedores, estos se pueden profundizar aún más considerando análisis por métodos mucho más directos, por ejemplo considerar un aislamiento de bacterias a partir de muestras viejas de concreto reciclado, de este modo podremos encapsular las esporas precisas para la segregación de calcita; por otro lado, los análisis debidos a las micro fisuras en el concreto mediante equipos de espectroscopia de rayos X, o con un microscopio electrónico de barrido, generarían un panorama mucho más definitivo y exacto de la reparación microfisural del concreto.

Definitivamente el tema es bastante amplio, como para continuar su investigación. Se abre a discusión la manipulación de la melaza de *Bacillus Subtilis* alternando a una aplicación indirecta en el concreto, ya no como un simple recambio de agua, sino se podría incubar en algún agregado, como es el caso de la arena y/o arcillas expansivas.

La variabilidad de la melaza en los valores de pH también nos da un panorama bastante amplio para la investigación, recurriendo a métodos de estabilización de la bacteria, garantizando así que el concreto con su valor de pH tan elevado no inhiba el comportamiento de las esporas y/o cepas de la bacteria.

Podemos incluso plantearnos el problema, de porqué el comportamiento del bioconcreto en ensayos a flexo-tracción, no superan los valores del concreto patrón siguiendo esta misma metodología de investigación. Quizá el método directo de aplicación, no es el más recomendable para tratar las propiedades de flexión en el concreto.

Además, creemos conveniente que, para estudios posteriores, se empleen otras de las bacterias que brinda ECOSAC para el tratamiento o remediación de suelos, puesto que son bastante accesibles en cuanto a precio y de este modo cuantificar y comparar el comportamiento físico – mecánico en la realización del bioconcreto.

REFERENCIAS

- Abo, S.H., Anneza, L.H., Juki, M.I., Alabduljabbar, H., Othman, N., Al-Gheethi, A.A., y Al-Shalif, A.F. (2021). *The Use of Calcium Lactate to Enhance the Durability and Engineering Properties of Bioconcrete*. *Sustainability*, 13(16), 9269. <https://doi.org/10.3390/su13169269>
- Abudoleh, S. M., Al Mahayreh, A., Al Frejat, A., Al Hulaisy, F., y Hamdan, S. O. (2019). *Bioconcrete development using calcite -precipitating bacteria isolated from different sources in Jordan*. *MATEC Web of Conferences*, 278, 01011. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927801011>
- Algaifi, H. A., Bakar, S. A., Alyousef, R., Sam, A. R. M., Alqarni, A. S., Wan Ibrahim, M. H., Shahidan, S., Ibrahim, M., & Salami, B. A. (2021). *Smart structures and systems*. *Smart Structures and Systems*, 28(4). <https://doi.org/10.12989/sss.2021.28.4.535>
- Alisherovich, M. A., Olimjon, C. J., y Hidoyatillo, U. S. (2023). Future building material: Bio concrete self-healing. *Journal of Universal Science Research*. <https://universalpublishings.com/index.php/jusr/article/view/393>
- Alshalif, A. F., Juki, M. I., Othman, N., Al-Gheethi, A. A., y Khalid, F. S. (2019). *Improvement of mechanical properties of bio-concrete using Enterococcus faecalis and Bacillus cereus*. *Environmental Engineering Research. Korean Society of Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.306>
- Altamirano, R. V., y Terreros, R. (2018). Metodología para determinar la calidad de agua del río Rímac para uso en amasado y curado de concreto. *Ingeniería Industrial*, (036), 123-135. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2018.n036.2451>
- Alves, L., Alves, L.; Mello, M., Barros, Sd. *Characterization of Bioconcrete and the Properties for Self-Healing Proceedings, 2019, 38, 4*. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019038004>
- ASCE's 2021 American infraestructura Report Card. (2021). *ASCE's 2021 Infrastructure Report Card*. <https://infrastructurereportcard.org/>

- Asenjo, D. E. (1 de Diciembre de 2019). Influencia de la incorporación del aditivo bacteriano en la reparación del proceso de fisuración controlada del concreto". Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado el 11 de 05 de 2023, de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3243>
- Bedoya, C. M. y Medina, C. A. (2016). El concreto elaborado con aguas lluvia como aporte ambiental desde la construcción. Facultad de Ingeniería, 25(41), 31–39. <https://www.redalyc.org/journal/4139/413943495004/html/>
- Bhiná, M. R., Wibowo, A. H., Liu K. Y., Kan, W. y Salim, M. (2021). *An Overview on Bioconcrete and the Utilization of Microbes in Civil Engineering*. Preprints.org, 2021040019. <https://doi.org/10.20944/preprints202104.0019.v1>.
- Bhutto, M. A., Ahmed, K. y Aamir, M. U. B. (2022). "Production and optimization of self-healing concrete by using indigenous bacteria". *INT. J. BIOL. BIOTECH.*, 19 (4): 561-568,2020. <https://ijbbku.com/assets/custom/journals/2022/4/Production%20and%20optimization%20of%20self-healing%20concrete%20by%20using%20indigenous%20bacteria.pdf>
- Cervantes, J., Orihuela, R. y Rutiaga, J.G. (2017). *On the Development and Control of Microorganisms in the Paper Manufacture*. Instituto Tecnológico de Aguascalientes. https://www.redalyc.org/journal/944/94454631001/html/#redalyc_9445463101_ref13
- Chetty, K., Garbe, U., Wang, Z., Zhang, S., McCarthy, T., Hai, F., y Jiang, G. (2022). *Bioconcrete based on sulfate-reducing bacteria granules: cultivation, mechanical properties, and self-healing performance*. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*. <https://doi.org/10.1080/21650373.2022.2153389>
- Daza, O.E. (2020). Revisión bibliográfica entre el concreto auto reparable y el concreto convencional [trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia].

Repositorio institucional UNAL.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6b74d9d4-63e9-4f27-98c1-7b6076ee87f6/content>

Díaz, I., Gonzales, E. y Sotomayor, C. (2018). Diagnóstico y Reparación de Estructuras de Concreto Armado Atacadas por Corrosión. Capítulo Peruano del American Concrete Institute

Diseño de mezclas de concreta práctica 9. (n.d.).
http://leias.fa.unam.mx/wpcontent/uploads/2018/05/180515_Practica9_W_LMSE.pdf

Edinsson, D. (2019). Influencia de la incorporación del aditivo bacteriano en la reparación del proceso de fisuración controlada del concreto. Unc.edu.pe.
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/3243>

García, J. E. (2020). Estudio experimental del comportamiento histerético de una junta viga-columna de concreto reforzado con fibra de acero adicionada. [Tesis de grado de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma De Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/25533/1/1080328877.pdf>

Huanca, S. (2006). Diseño de Mezclas de Concreto Puno -Perú. Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería Civil <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/Dise%C3%B1o-de-Mezclas-de-Concreto-Ing.-Samuel-Laura-Huanca.pdf>

Hernández, E., Castañeda, I., y Lizárraga, L. (2022). *Bioconcrete as repairing agent in concrete structures*. Pádi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI, 10(Especial2), 176-183.
<https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial2.8667>

Jakubovskis, R., Jankutė, A., Urbonavičius, J. y Gribniak, V. (2020). *Analysis of mechanical performance and durability of self-healing biological concrete. Construction and Building Materials*.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119822>

- Kashif, A., Bhutto, M. A., Ahmed, K., Umar, M. y Aamir, B. (2022). *Production and optimization of self-healing concrete by using indigenous bacteria*. *Ijbbku.com. International Journal of Biology and Biotechnology*.
<https://ijbbku.com/assets/custom/journals/2022/4/Production%20and%20optimization%20of%20self-healing%20concrete%20by%20using%20indigenous%20bacteria.pdf>
- Khan, F., Kachchhap, A., Kumar, P., Soan, K. y Sahu, N. (2022). *Self healing concrete or bio-concrete to repair cracks. Advances and Applications in Mathematical Sciences*.
https://www.mililink.com/upload/article/523298562aams_vol_219_july_2022_a52_p5397-5403_farhan_khan,_atul_kachchhap_and_pushpendra_kumar.pdf
- Mahmood, F., Kashif Ur Rehman, S., Jameel, M., Riaz, N., Javed, M. F., Salmi, A., y Awad, Y. A. (2022). *Self-healing bio-concrete using Bacillus subtilis encapsulated in iron oxide nanoparticles*. *Materials*, 15(21).
<https://doi.org/10.3390/ma15217731>
- Mendoza, R. H. (1 de Enero de 2018). Análisis de la permeabilidad del agua en el concreto mediante la aplicación de bacterias (bioconcreto). Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Recuperado el 12 de 05 de 2023, de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6765>
- Metwally, G. A.M., Mahdy, M. y Abd El-Raheem, A. E.-R. H. (2020). *Performance of bio concrete by using Bacillus pasteurii bacteria*. *Civil Engineering Journal*, 6(8). <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091559>
- Muñoz, S., Sanchez, J.C. y Peralta, M. (2023). *Influence of Bacteria on Self-Healing Concrete*. *Revista UIS Ingenierías*.
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/12859/12820>
- Nasser, A., Esmail, R., Abbas, R. y Sorour, N. (2022). *Effect of Bacillus megaterium bacteria and different calcium source on strength and permeation properties*

of concrete. *ERJ. Engineering Research Journal*, 45(3).
<https://doi.org/10.21608/erjm.2022.129257.1157>

Osorio, J.D. (2022, junio 9). Diseño de mezclas de concreto: conceptos básicos - 360 en concreto. 360 en concreto.
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/disen-o-mezclas-de-concreto-conceptosbasicos/#:~:text=Dicho%20sistema%20consiste%20en%20preparar,y%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n.>

Pacheco, F., Loeff, A., Muller, V., Zamis Ehrenbring, H., Christ, R., Modolo, R., De Oliveira, M. F. y Tutikian, B. (2022). Análise da autorregeneração de matrizes cimentícias através de diferentes métodos de inserção de soluções químicas e bacterianas. *ALCONPAT*, 12(1). <https://doi.org/10.21041/ra.v12i1.559>

Ramos, C., 2021. Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, vol. 10, no. 1, pp. 1. DOI <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>.

Rauf, M., Khaliq, W., Khushnood, R. A. y Ahmed, I. (2020). *Comparative performance of different bacteria immobilized in natural fibers for self-healing in concrete. Construction and Building Materials, Volume 258, 2020, 119578, ISSN 0950-0618.* <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119578>.

Rodrigues, D., Oliveira, T., Teles, A. C., Santos, E., De Paula, M. L., Otenio, M. H. y Mendonza, T. (2022). *Bacillus Subtilis Uma Adição Incomum Com Benefícios Inesperados Ao Concreto.* <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/20070/209209216691>

Roque, B.A.C.; Brasileiro, P.P.F.; Brandão, Y.B.; Casazza, A.A.; Converti, A.; Benachour, M.; Sarubbo, L.A. *Self-Healing Concrete: Concepts, Energy Saving and Sustainability. Energies* 2023, 16, 1650. <https://doi.org/10.3390/en16041650>

Sarkar, M., Maiti, M., Xu, S., y Mandal, S. (2023). *Bio-concrete: Unveiling self-healing properties beyond crack-sealing. Journal of Building Engineering.* <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106888>

SENCICO (2020). Norma E.060 Concreto Armado, Reglamento Nacional de Edificaciones.

<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informespublicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Sonali Sri Durga, C., Ruben, N., Sri Rama Chand, M. y Venkatesh, C. (2020). *Performance studies on rate of self-healing in bio concrete. Materials Today: Proceedings*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.15>

Udhaya, S., Vandhana, V., Philips, J., y Lija, R. L. (2023). *Experimental study on bio-concrete for sustainable construction. Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.676>.

Xu, J., Tang, Y., Wang, X., Wang, Z. y Yao, W. (2020). Application of ureolysis-based microbial CaCO₃ precipitation in self-healing of concrete and inhibition of reinforcement corrosion. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120364>

Zhang, J., Zhao, C., Zhou, A., Yang, C., Zhao, L. y Li, Z. (2019). Aragonite formation induced by open cultures of microbial consortia to heal cracks in concrete: Insights into healing mechanisms and crystal polymorphs. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.129>

ANEXOS

ANEXO 01

TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Bacteria <i>Bacillus Subtilis</i>	La bacteria <i>Bacillus Subtilis</i> , es de tipo Gram-positiva, la cual genera endosporas y es termorresistente, además tiene la capacidad de producir calcita, un material que se ha empleado en los últimos años para sellar grietas y fisuras en el concreto. (Calvo y Zuñiga 2010, como se citó en Nuñez, L. 2021)	Para lograr determinar el tipo de bacteria a utilizarse, se empleó la revisión de literatura y el análisis de la misma, lográndose identificar plenamente la cepa que se empleó en la investigación. Así mismo, se adecuó el ambiente idóneo para la correcta conservación de bacterias que nos permitió obtener un mayor tiempo de vida de las mismas.	Tipología de bacteria	Unidades Formadoras de Colonias (UFC).	ml de la muestra
			Adaptabilidad	Control ambiental. Control de seguridad.	pH CO2 % humedad Temperatura (°C)

<p>Variable Dependiente: Bioconcreto</p>	<p>El bioconcreto, es un material cementante con propiedades autorreparables producto de un proceso denominado MICP (Precipitación de Carbono Inducida microbianamente, por su traducción al español), cuyo objetivo es reducir los espacios entre las partículas del concreto y a su vez, reparar las fisuras generadas por diferentes patologías naturales y/o provocadas por esfuerzos de carga. (VIEIRA L. 2017).</p>	<p>Para lograr analizar esta variable, se realizaron ensayos en laboratorios, se empleó una guía de observación en las estructuras de concreto elaboradas a partir del bioconcreto, con la finalidad de describir sus propiedades físico-mecánicas y las posibles fallas visibles que esta pueda presentar. Ya sea la presencia de fisuras, conservación estructural y comportamiento final del concreto ante los ensayos correspondientes.</p>	<p>Propiedades físico mecánicas</p>	<p>Resistencia a la compresión. Resistencia a la flexión.</p>	<p>Kg/cm² % de vacíos</p>
--	---	---	-------------------------------------	---	--

			Estado de conservación de la estructura	Fallas visibles	Nominal Es una escala de clasificación la cual ubica a los objetos en clases que son mutuamente excluyentes
--	--	--	---	-----------------	--

ANEXO 2

RESULTADO DE REPORTE DE SIMILITUD DE TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: JARITZA JAZMIN FLORES ANCAJIMA
Título del ejercicio: Turnitin 02
Título de la entrega: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras d...
Nombre del archivo: TURNITIN-FLORES_ANCAJIMA_GARCÍA_CASTILLO_TESIS_PIUR...
Tamaño del archivo: 184.21K
Total páginas: 55
Total de palabras: 10,737
Total de caracteres: 55,784
Fecha de entrega: 23-nov.-2023 11:26p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2237238981

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia y en el mundo entero, el concreto ha sido uno de los materiales predominantes para las construcciones de edificaciones, ya sea por sus propiedades, por su fácil elaboración y lo económico que resulta, en comparación con otros materiales de similares características físico - mecánicas. Sin embargo, las fisuras, rajaduras o agrietamientos que se forman en este material, ponen en peligro su durabilidad y servicio, dejando que puedan penetrarse en la matriz gases y líquidos agresivos generando daños y haciendo que estas cada vez incrementen su tamaño.

En Estados Unidos, se estimó un aumento para el gasto de rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto en puentes de \$14 400 millones a \$22 700 millones anuales o en un 56%, mientras que en estructuras de diques la United States Army Corps of Engineers (USACE), estimó que se necesitaban \$21 mil millones para el mantenimiento de solo alrededor del 15% de los diques concretos. (American Society of Civil Engineers, 2021)

Sin embargo, en el año 2015, el investigador y microbiólogo Hendrik Marius Jonkers, de la Universidad Tecnológica de Delft ubicada en los Países Bajos, desarrolló un bioconcreto que tiene la capacidad de autorrepararse, para sanar las grietas producidas por los golpes, los sismos, cambios de temperatura, lluvia, humedad, etc. Sus propiedades se debieron a las bacterias incorporadas en el concreto tradicional, a esta mezcla se le añadió lactato de calcio que es su alimento y al estar expuestas con la humedad se despiertan los microorganismos que empiezan a alimentarse y secretan piedra caliza como producto final de su digestión, la cual repara las fisuras generadas en el bioconcreto en un tiempo de 3 semanas en la zona afectada.

En el Perú, actualmente no se tienen estadísticas consolidadas a nivel nacional que nos brinden información sobre el estado de las infraestructuras en buenas condiciones, que tengan riesgos de colapso o aquellas que necesitan ser intervenidas en su totalidad producidas por el desastre natural ocasionado por el fenómeno del Niño Costero dado en el año 2017. Sin embargo, se estima un monto

“Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura”

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

13%

★ **hdl.handle.net**

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

ANEXO 3

FICHAS TÉCNICAS DE LA MUESTRA DE BACTERIAS *BACILLUS SUBTILIS*

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO	Versión / Fecha: 01 / 12-03-2021	
	BACILLUS SUBTILIS GSP-E-401	Rev.: RCG	Aprob.: GSP

DESCRIPCIÓN Parámetros de Calidad del Bacillus subtilis	Producto elaborado por medio de un proceso de replicación por fermentación de azúcares, con aireación. Es una de las bacterias más estudiadas en el mundo por su actividad antifúngica debido a la síntesis de metabolitos peptídicos de acción antibiótica (gramicidina, surfactin, iturin, y fengycin). Su actividad antagonista se completa por su alta capacidad para colonizar la zona de la rizosfera (competencia espacial), su rápida asimilación de nutrientes y a la secreción de enzimas digestoras que degradan y matan por contacto directo a hongos y bacterias (quitinasas, celulasas, proteasas y glucanasas) los cuales les sirven de alimento. Bacillus subtilis ha demostrado ser capaz de controlar Fusarium spp, Pythium spp, Phytophthora spp, Rhizoctonia Solani, Sclerotinia spp, Verticillium dahliae, Botrytis cinérea, Alternaria, Erysiphe necator y Erwinia spp.
INGREDIENTES	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Melaza
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Color : Marrón oscuro • Olor : Agrio • Textura : Acuosa • pH : 3 - 6 • Ce : 5 – 6 dS/m
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Bacillus Subtilis y consorcio microbiano
ÁREA	Laboratorio y Seguimiento Nutricional

Con el respaldo de:



Elaborado por:	Revisado por:	Aceptado por:	Fecha:
Seguimiento Nutricional	Jefe de Área	Gerencia Servicios y proyectos	



CONFIRMACIÓN DE COMPATIBILIDAD USO DE INSUMOS EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA

Carta No. CU843162-EQ-P 200023-2023

Otorgado a:

ECOSAC AGRICOLA S.A.C.

Juan Carlos Díoses Ruiz
CASERIO CHAPIRA SN, CASTILLA-PIURA
PERÚ

Para el producto:

BACILLUS SUBTILIS

Control Union Services S.A.C., según su Programa de Equivalencias, confirma que el producto mencionado puede ser empleado en la producción agrícola orgánica según los estándares:

Estándar	Criterio	Uso	Condiciones de Uso
Reglamento (CE) N° 834/2007 y N° 889/2008	Capítulo 1 Artículo 3	Mejorador de suelo	Ninguna
Programa Nacional Orgánico del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (NOP-USDA)	205.203	Mejorador de suelo	Ninguna
Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos. DS N° 044-2006-AG	Anexo 1	Mejorador de suelo	Ninguna

Esta confirmación puede ser modificada, previa información a Control Union Services S.A.C., en base a algún cambio en la formulación del producto. En caso exista algún cambio que no fuera informado a Control Union Services S.A.C. este documento quedará automáticamente sin validez.

La presente confirmación no es garantía para la calidad de los productos. Solamente confirma que pueden ser considerados sus usos en la producción orgánica según los requerimientos de los reglamentos arriba mencionados.

Se debe tomar en consideración que este documento no reemplaza el registro de los productos ante las autoridades de los países donde van a ser comercializados. Es obligación de la empresa responsable para la venta de los productos efectuar los respectivos trámites legales para el registro oficial de los mismos.

Fecha de Certificación: 23/03/2023

Fecha de Emisión: 24/03/2023

Válido Hasta: 22/03/2024

.....
Marcelo Vicente Villa Rodríguez
Certificador

CONTROL UNION SERVICES SAC



HOJA DE SEGURIDAD

Nombre Comercial del producto: **BACILUS SUBTILIS**

1.- Identificación del Producto:

Marca: ECOSAC

Fabricante - Distribuidor: Laboratorio y Seguimiento Nutricional / ECOSAC

2.- Composición / Información:

- Agua
- Melaza de caña
- Bacterias lácticas
- pH entre 3-6

3.- Resumen de Riesgos:

- Productos biológicos biodegradable
- No mezclar con desinfectantes
- No mezclar con agua sucia.
- No ingerir.

4.- Primeros Auxilios:

Contacto con los ojos: Lavar con agua.

Ingestión: No inducir el vómito.

Otros: En caso de infección estomacal, asistir al médico para receta de antibióticos.

5.- En caso de incendio:

Medios de Extinción adecuados: No aplica

Medios de extinción que no deben ser utilizados por razones de seguridad: No aplica

Riesgos Especiales en Particular: No aplica

6.- Medidas a tomar en caso de derrame accidental:

Precauciones Individuales: Aplicar abundante agua y jabón si es necesario.

Precaución para la protección del medio ambiente: No aplica

7.- Manipulación y Almacenamiento:

Almacenamiento:

- Usar recipientes que permitan hermeticidad.
- No exponer al sol, productos químicos o tóxicos.
- Duración 8 días.



HOJA DE SEGURIDAD

Manipulación:

- Utilizar mandil, guantes y lentes.

8.- Control de la Exposición/ Protección individual:

Control de la exposición:

Protección Personal – respiratoria: A discreción mascarilla de vapores orgánicos (alta exposición).

Protección Personal - en manos: Guantes

Protección Personal- ojos: Lentes

Protección personal- cutánea: Mandil

9.- Propiedades Físicas:

Aspecto : Oscuro

Color : Marrón

Olor Característico : Dulce

Estabilidad : Estable

Inflamable : No

Corrosivo : Bajo

10.- Estabilidad y reactividad:

Condiciones a evitar: Contacto con desinfectantes

Materias a evitar: Desinfectantes

Pruebas de descomposición

peligrosa: No aplica

11.- Propiedades toxicológicas:

Información sobre el producto:

Información sobre el componente:

12.- Información Ecológica:

Degradabilidad: Biodegradable

13.- Consideraciones relativas a su eliminación:

Modalidad: Aplicación de desinfectantes.

14.- Información relativa al transporte:

Por ejemplo: No se considera peligroso según la normativa del transporte

15.- Información Reglamentaria:

Por ejemplo: No requiere etiquetado durante su transporte y uso.

16.- Otras Informaciones:

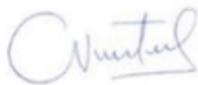
Por ejemplo: La información facilitada corresponde a nuestro conocimiento del producto en la fecha de publicación.

Nº de Referencia:	FT-23/00083	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (*):	ECOSAC AGRICOLA S.A.C.
Análisis:	FT-PR-0009	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (*):	CAR.CHAPAIRA NRD. 5-N CAS. CHAPAIRA (FRENTE AL CASERIO CHAPAIRA) PIURA- PIURA- CASTILLA
Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS LÍQUIDOS	Fecha Recepción:	16/01/2023	Contrato:	QMT-PE230100025
Fecha Inicio:	17/01/2023	Fecha Fin:	26/01/2023	Cliente 3(*):	----
Descripción(*):	BACILLUS SUBTILIS				

Fecha/Hora Muestreo:	12/01/2023	Muestreado por:	*Cliente (*)
Lugar de Muestreo:	ECOSAC / PLANTA ENTOMOPATOGENOS		
Punto de Muestreo:	BACILLUS SUBTILIS		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación



Cecilia Navarro Infantes
Responsable de Área AGRO

FECHA EMISIÓN: 27/01/2023

OBSERVACIONES (*):

Nº de Referencia:	FT-23/000083	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS LÍQUIDOS
Descripción[*]:	BACILLUS SUBTILIS	Fecha Fin:	26/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	OMA
Metales				
Arsénico Total	< 0,500	mg/kg	-	
Cadmio Total	< 0,2	mg/kg	-	
Cromo Total	< 0,3	mg/kg	-	
Mercurio Total	< 0,010	mg/kg	-	
Plomo Total	< 1,5	mg/kg	-	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(* Ensayo No cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

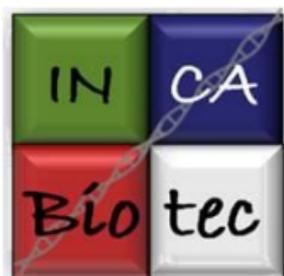
Nº de Referencia:	FT-23/000083	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS LÍQUIDOS
Descripción[*]:	BACILLUS SUBTILIS	Fecha Fin:	26/01/2023

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nº de Referencia:	FT-23/000083	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS LÍQUIDOS
Descripción[*]:	BACILLUS SUBTILIS	Fecha Fin:	26/01/2023

ANEXO TÉCNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Metales				
Arsénico Total	PP-281	Espect ICP-OES		0,500 mg/kg
Cadmio Total	PP-281	Espect ICP-OES		0,2 mg/kg
Cromo Total	PP-281	Espect ICP-OES		0,3 mg/kg
Mercurio Total	PP-257	Espect ICP-MS		0,010 mg/kg
Plomo Total	PP-281	Espect ICP-OES		1,5 mg/kg



TUMBES: Calle FILIPINAS N°212
RUC: 20409250581
Tel-945559753
e-mail: incabiotec@gmail.com

Tumbes, 29 de octubre del 2023.

PARA: Marcos Jesús García Castillo

**DE: Inca'biotec SAC
Responsable del Laboratorio: Yuriko Saavedra.**

INFORME DE ENSAYO IB N°001 NPM-2023
--

- Fecha de recepción de muestras: 23-10-2023 - Fecha de inicio de ensayo: 23-10-2023
- Fecha de finalización del ensayo: 26-10-2023 - Fecha de emisión de informe: 26-10-2023

I. METODOS:

1.1. OBTENCIÓN DE MUESTRAS:

Se obtuvieron un total de 03 muestras a partir de una solución de melaza inoculada con bacterias probióticas de uso agrícola.

Se repartió 200mL de solución de melaza con diferentes concentraciones de lactato de calcio (ver tabla a continuación) en matraces.

Los códigos de las muestras se detallan en el siguiente cuadro:

Codigo	Muestra
Control	Melaza
Solución 01	Melaza + 111g/L de lactato de calcio
Solución 02	Melaza + 430g/L de lactato de calcio

Estos matraces fueron mantenidos durante 24h con agitación a temperatura ambiente.

1.2. SIEMBRA.

Obtenido las 07 diluciones de cada muestra madre, cada dilución fue sembrada en medio de cultivo liquido (Luria-Bertani).

1.3. INCUBACION.

Las muestras fueron incubadas a 37°C por 24 horas.

1.4. CÁLCULO.

Para determinar el N.M.P., considerar la dilución más alta en la que los tres tubos presentaron crecimiento y las dos diluciones superiores más próximas. Con ese número obtenido ir a la tabla para determinar el N.M.P. Para calcular el NMP de diluciones mayores que las que figuran en la Tabla (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}), multiplicar el NMP por el factor adecuado: 10, 100, 1000, etc. Por ejemplo, si los tubos seleccionados corresponden a las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} , multiplicar por 10; si las diluciones son 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , multiplicar por 100.

Las muestras fueron analizadas en triplicados, y se seleccionó el valor promedio lo más cercano según la tabla de MAN (1975).

II. RESULTADOS.

MUESTRA	NMP/mL
Control	200,000
Solución 01	400,000
Solución 02	2,100,000

Atentamente,



Ph.D. Benoit Mathieu Diringer
Representante legal de INCA' BIOTEC S.A.C.
E-mail: diringerb@yahoo.fr

ANEXO 4

FICHA TÉCNICA DEL LACTATO DE CALCIO



HENAN JINDAN LACTIC ACID TECHNOLOGY CO., LTD

19C, Lianmeng International Business Tower,
No. 125 Huanghe Road, Zhengzhou, Henan, China
Tel: +86 371-60136136 Fax: +86 371-60136138
E-mail: jindanla@jindanlactic.com Website: www.jindanlactic.com

Calcium Lactate Food Grade

Revised Date: 24-04-2022

Product Code	JD-CL02
Chemical name	Calcium lactate, Calcium-2-hydroxypropanoate, 2-hydroxy propanoic acid, calcium salt
CAS Number	28305-25-1, 814-80-2 (general number)
EU food additive number	E327
Description	It is a white high-flow granular powder
Molecular formula	(CH ₃ CHOHCOO) ₂ Ca·5H ₂ O
Molecular weight	218.22(anhydrous)
pH of 5% solution	6.0 - 8.0
Mesh Size	30 mesh, passing rate > 90%
Assay	98.0-101.0%
Loss on Drying	22.0-27.0%
Magnesium & Alkali Salts	Max 1.0%
Acidity	Max 0.45% of the dry matter expressed as lactic acid
Iron	Max 50ppm
Heavy Metals	Max 10ppm
Arsenic	Max 2ppm
Lead	Max 2ppm
Mercury	Max 1ppm
Fluoride	Max 15ppm
Reducing Substances	Passes test

Remark:

1ppm = 1mg/kg = 0.0001%

Packaging:

720 x 25kg bags = 18mts in one 20'FCL and palletized, totally 20 pallets, 20 pallets of 900kg each.

Storage Condition:

Keep well closed in its original packing in a cool & dry place.

Shelf time: 2 years

Applications:

Calcium lactate is always used in milk, beverage (such as sport and health drinks, juices)

Factory Add: No. 08 Jindan Avenue, Dancheng, Henan, China

Tel: +86 394-3195398 Fax: +86 394-3195766

ANEXO 5

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS EMPLEADOS



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0228-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	0205	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	
Marca	FORNEY	
Número de Serie	BS8F912083	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Identificación	No indica	
Procedencia	U.S.A.	
Abertura Nominal	75 µm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Designación alternativa	#200	
5. Fecha de Calibración	2023-08-09	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-08-16

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Obra de CONSULTGEOPAV S.A.C. ubicado en Av. Miguel Grau N° 323 - San Jacinto - Tumbes

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28,8 °C	30 °C
Humedad Relativa	60 %	60 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 µm a 1,5 µm	LLA-029-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.
- A solicitud del cliente la calibración del instrumento se realizó en sus instalaciones.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0228-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
77,4	83,0	3,19	3,6

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11 -22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estándar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
71,3	78,7	101,00	8,04

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
44,7	3,7	43,0	58,0

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0230-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	0205	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo calibrado	MOLDE DE CONCRETO	
Marca	No indica	
Número de Serie	No indica	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	No indica	
Procedencia	No indica	
Identificación	002 (*)	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2023-08-10	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-08-16

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0230-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas del molde de concreto con patrones calibrados

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Obra de CONSULTGEOPAV S.A.C. ubicado en Av. Miguel Grau N° 323 - San Jacinto - Tumbes

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	31 °C	31,5 °C
Humedad Relativa	53 %	54 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	Pie de rey con una incertidumbre de 29 µm	DM23-C-0131
METROIL	Cinta métrica con una incertidumbre de 0,5 mm	1AD-0829-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
 - Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al equipo.

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0230-2023

Página 3 de 3

11. Resultados

Diámetro mm	Altura mm	Volumen cm ³
151.65	305.25	5513,5

Incertidumbre expandida : 0,8 mm

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0205	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CONSULTGEOPAV SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	CAL. AREQUIPA NRO. 308 - CERCADO URBANO - PIURA - SULLANA - BELLAVISTA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	
Marca	OHAUS	
Modelo	R21PE30ZH	
N° de serie	8356390750	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Identificación	No indica	
Procedencia	China	
Capacidad máxima:	30000 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Capacidad mínima	200 g	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Clase de exactitud	III	
5. Fecha de calibración	2023-08-21	

Fecha de Emisión

2023-08-28

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Obra de CONSULTGEOPAV S.A.C. ubicado en Av. Miguel Grau N° 323 - San Jacinto - Tumbes

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28,8 °C	29,1 °C
Humedad relativa	70 %	70 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0870-002-23
ELICROM	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	CCP-1029-002-23
PESATEC	Pesa de 10 kg de clase M1	0933-MPES-C-2023
PESATEC	Pesa de 20 kg de clase M1	0944-MPES-C-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 29989 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 14 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	Tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	29,0 °C	29,2 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	69,0 %

Carga L1		
15 000,1 g		
I	ΔL	E
g	g	g
15 000	0,7	-0,3
15 000	0,4	0,0
15 001	0,5	0,9
15 000	0,3	0,1
15 001	0,8	0,6
15 000	0,5	-0,1
15 000	0,3	0,1
15 001	0,4	1,0
15 000	0,8	-0,4
15 000	0,5	-0,1
Dif Máx. Encontrada		1,4
EMP		20

Carga L2		
30 000,2 g		
I	ΔL	E
g	g	g
30 000	0,4	-0,1
29 999	0,5	-1,2
30 000	0,8	-0,5
30 000	0,7	-0,4
30 000	0,4	-0,1
30 000	0,5	-0,2
30 000	0,3	0,0
30 001	0,5	0,8
29 999	0,8	-1,5
30 000	0,4	-0,1
Dif Máx. Encontrada		2,3
EMP		30

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

3	4
2	5

	Inicial	Final
Temperatura	29,2 °C	29,2 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	69,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E _c g
1		101	0,4	1,1	10 000	10 000	0,4	0,0	-1,1
2		100	0,7	-0,2	10 000	10 000	0,7	-0,3	-0,1
3	100,0	100	0,8	-0,3	10 000,1	10 001	0,5	0,9	1,2
4		100	0,3	0,2	10 000	10 000	0,8	-0,4	-0,6
5		100	0,5	0,0	10 001	10 001	0,6	0,8	0,8
Error máximo permitido (±)									20

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0151-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	29,2 °C	29,3 °C	Humedad	69,0 %	69,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 100,0	100	0,5	0,0						
200,0	200	0,4	0,1	0,1	201	0,3	1,2	1,2	10
3 000,0	3 001	0,9	0,6	0,6	3 000	0,7	-0,2	-0,2	10
6 000,0	6 000	0,4	0,1	0,1	6 001	0,8	0,7	0,7	20
9 000,0	9 001	0,8	0,7	0,7	9 000	0,5	0,0	0,0	20
12 000,1	12 000	0,7	-0,3	-0,3	11 999	0,3	-0,9	-0,9	20
15 000,1	15 000	0,4	0,0	0,0	15 001	0,6	0,8	0,8	20
17 000,1	17 000	0,3	0,1	0,1	16 999	0,8	-1,4	-1,4	20
20 000,1	20 001	0,6	0,8	0,8	20 000	0,3	0,1	0,1	20
25 000,1	25 000	0,4	0,0	0,0	25 000	0,5	-0,1	-0,1	30
30 000,2	30 000	0,7	-0,4	-0,4	30 000	0,7	-0,4	-0,4	30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,77 \text{ g}^2 + 0,0000000068 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000099 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC



Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 069 - 2023

Página 1 de 2

Expediente : T 057-2023
Fecha de emisión : 2023-02-01

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : GEM INDUSTRIAL
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 190608
Capacidad de Prensa : 2000 kN

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

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
29 - ENERO - 2023

4. Método de Calibración

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

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 128-2022	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	HIGH WEIGHT		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	33.9	33.8
Humedad %	39	39

7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

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



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

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

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

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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 069 - 2023

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100,718	100,228	-0,72	-0,23	100,5	-0,47	0,49
200	201,338	201,632	-0,67	-0,82	201,5	-0,74	-0,15
300	301,173	301,467	-0,39	-0,49	301,3	-0,44	-0,10
400	400,812	400,224	-0,20	-0,06	400,5	-0,13	0,15
500	499,520	499,569	0,10	0,09	499,5	0,09	-0,01
600	599,600	599,404	0,07	0,10	599,5	0,08	0,03
700	698,160	698,258	0,26	0,25	698,2	0,26	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

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

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

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

Ecuación de ajuste : $y = 1,0045x - 1,9457$

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

GRÁFICO N° 1

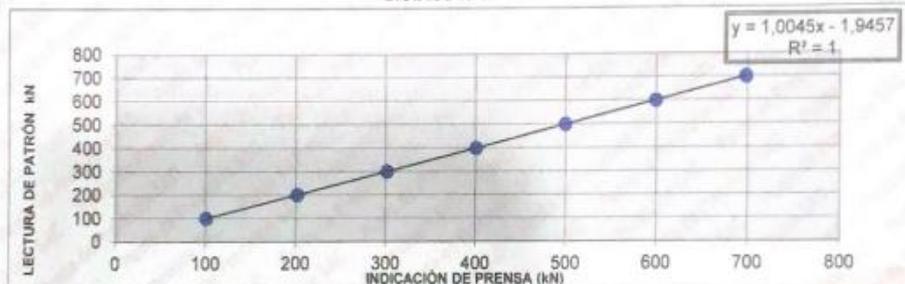
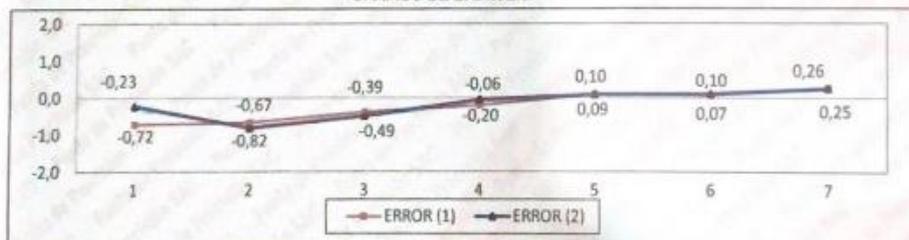


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



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

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

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

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

ANEXO 6

ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FISICA DE LOS AGREGADOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

TESIS : Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura.

MATERIAL : Arena zarandeada M-1

FECHA : Oct-23

CANTERA : Puente los Serranos

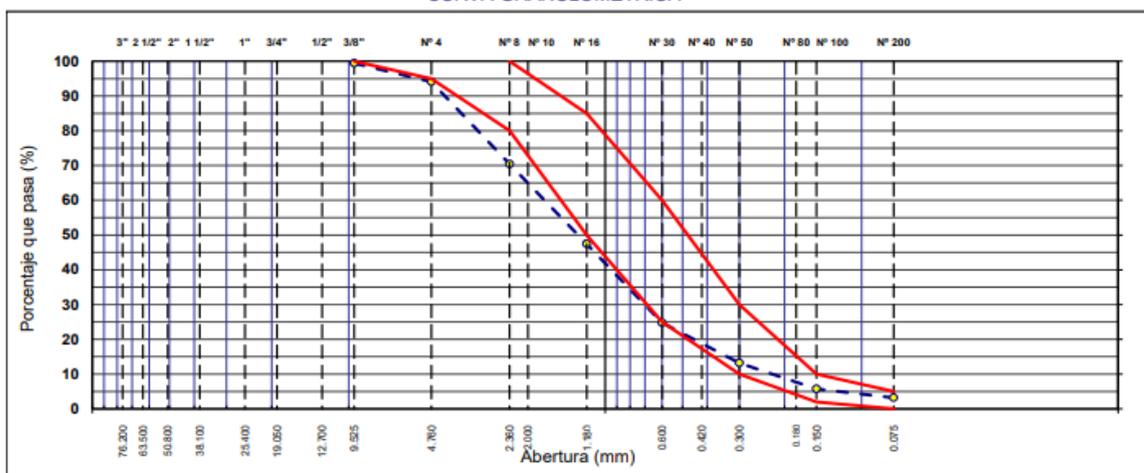
HECHO POR : M.J.Z.

SOLICITA : Bch. Marcos García y Bch. Jaritza Flores

muestra : 1

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
7"	177.800						PESO TOTAL = 484.4 gr			
6"	152.400						PESO LAVADO = 469.0 gr			
5"	127.000						PESO FINO = 455.8 gr			
4"	101.600						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
3"	76.200							500.0	492.0	1.6%
2 1/2"	63.500						Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	200%
2"	50.800							484.4	469.0	3.18
1 1/2"	38.100						% Grava	=	5.9	%
1"	25.400						% Arena	=	90.9	%
3/4"	19.050						% Fino	=	3.2	%
1/2"	12.700						MÓDULO DE FINURA	=	3.45	%
3/8"	9.525	2.9	0.6	0.6	99.4	100	EQUIV. DE ARENA	=	82.0	%
# 4	4.760	25.7	5.3	5.9	94.1	95 - 100	GRAVEDAD ESPECÍFICA:			
# 8	2.360	114.6	23.7	29.6	70.4	80 - 100	P.E. Bulk (Base Seca)	=		gr/cm ³
# 10	2.000						P.E. Bulk (Base Saturada)	=		gr/cm ³
# 16	1.180	111.5	23.0	52.6	47.4	50 - 85	P.E. Aparente (Base Seca)	=		gr/cm ³
# 30	0.600	109.7	22.6	75.2	24.8	25 - 60	Absorción	=		%
# 40	0.420						OBSERVACIONES:			
# 50	0.300	56.1	11.6	86.8	13.2	10 - 30				
# 80	0.180									
# 100	0.150	36.1	7.5	94.3	5.7	2 - 10				
# 200	0.075	12.4	2.6	96.8	3.2	0 - 5				
< # 200	FONDO	15.4	3.2	100.0						
FINO		455.8								
TOTAL		484.4								

CURVA GRANULOMÉTRICA



Roberto Elías Castro Aguilar
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 5507

ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUILAR
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 5507



CONSULTGEOPAV

S.A.C

"Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos"

RUC: 20602407021

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

OBRA	: Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura.	REGISTRO No	:
MATERIAL	:	TÉCNICO	: M.J.Z.
CANTERA	: Puente los Serranos	ING° RESP.	:
UBICACIÓN	: Bch. Marcos García y Bch. Jaritza Flores	HECHO POR	: -
		LUGAR	: -
		FECHA	: Oct-23

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN			
	1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	10:00	10:02	10:04	
Hora de salida de saturación (más 10')	10:10	10:12	10:14	
Hora de entrada a decantación	10:12	10:14	10:16	
Hora de salida de decantación (más 20')	10:32	10:34	10:36	
Altura máxima de material fino (cm)	3.80	3.76	3.74	
Altura máxima de la arena (cm)	3.10	3.10	3.00	
Equivalente de arena (%)	82	83	81	
Equivalente de arena promedio (%)	82.0			
Resultado equivalente de arena (%)	82			

Observaciones	


 Marco Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 CENSADO CODIGO
 21-0000-05


 ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 5907
 CONSULTGEOPAV S.A.C.

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19

OBRA	: Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura.	N° REGISTRO	:
MATERIAL	: DEL DISTRITO DE AMOTAPE PAITA PIURA	TÉCNICO	: M.J.Z.
MUESTRA	: 0	ING° RESP.	:
CANTERA	: Puente los Serranos	FECHA	: Oct-23
UBICACIÓN	: Bch. Marcos García y Bch. Jaritza Flores	HECHO POR	: M.J.Z.
		HORA	:

**AGREGADO FINO
PESO UNITARIO SUELTO**

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	9405	9355	9388	
Peso del recipiente	(gr)	6280	6280	6280	
Peso de la muestra	(gr)	3125	3075	3108	
Volumen	(cm ³)	2114	2114	2114	
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1478	1455	1470	
Peso unitario suelto promedio	(kg/m ³)	1468			

PESO UNITARIO VARILLADO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	9612	9597	9610	
Peso del recipiente	(gr)	6280	6280	6280	
Peso de la muestra	(gr)	3332	3317	3330	
Volumen	(cm ³)	2115	2115	2115	
Peso unitario compactado	(kg/m ³)	1575	1568	1574	
Peso unitario compactado promedio	(kg/m ³)	1573			

OBSERVACIONES	


Marmel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
CENSOGE C001001
11-000000


ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUILAR
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 8407

GRAVEDAD ESPECÍFICA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA :	Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura.	N° REGISTRO :	
MATERIAL :		TÉCNICO :	M.C.G.
CALICATA :		ING° RESP. :	R.C.A.
MUESTRA :		FECHA :	Oct-23
PROFUND. :	-	HECHO POR :	M.J.Z.
CANTERA :	Puente los Serranos	DEL KM :	-
UBICACIÓN :	Bch. Marcos García y Bch. Jaritza Flores	AL KM :	-
		CARRIL :	1

DATOS DE LA MUESTRA

A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)			
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)			
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)			
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)			
E	Volumen de masa = C - (A - D) (cm ³)			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C			
	Pe bulk (Base saturada) = A/C			
	Pe aparente (Base Seca) = D/E			
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)			

GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	150.0	150.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	340.1	340.5		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	490.1	490.5		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	432.8	433		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	57.3	57.5		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	148.1	148		
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	55.4	55.5		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.585	2.574		2.579
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.618	2.609		2.613
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.673	2.667		2.670
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.28	1.35		1.32

OBSERVACIONES:



Marco Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SSNIGCO COB1001
21-0000-05



ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUILAR
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5817

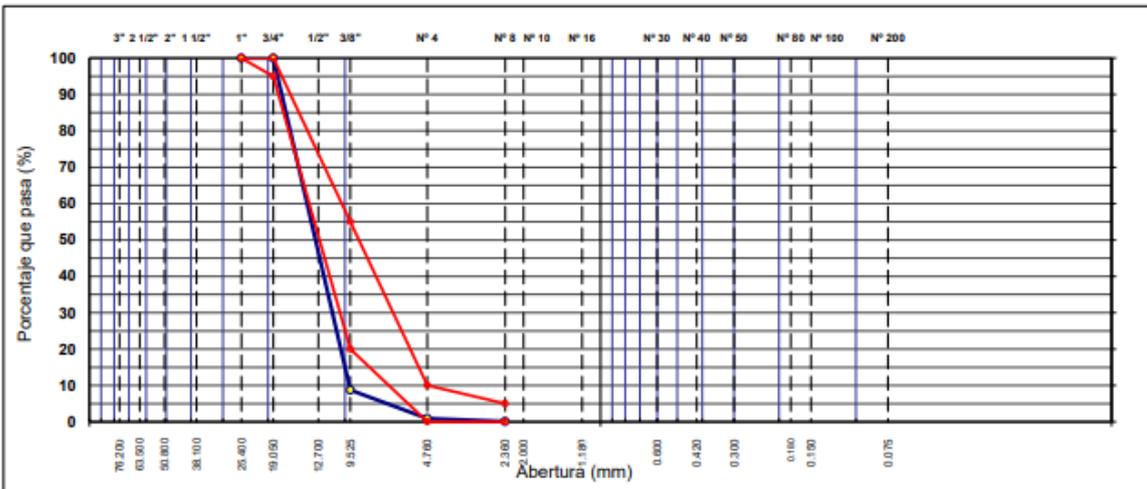
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

TESIS : Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura. MATERIAL : PIEDRA CHANCADA CANTERA : KM 9 - ARMANDO ZAPATA MUESTRA : M-1 UBICACIÓN : SOJO SOLICITA : Bch. Marcos García y Bch. Jaritza Flores	TÉCNICO : M.C.G ING° RESP. : R.C.A FECHA : Oct-23 HECHO POR : M.J.Z. DEL KM : - AL KM : - CARRIL : -
--	--

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q PASA	HUSO AG-2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
7"	177.800						PESO TOTAL = 9.436.0 gr			
6"	152.400						PESO LAVADO = 9436.0 gr			
5"	127.000						PESO FINO = 59.0 gr			
4"	101.600						% HUMEDAD			
3"	76.200							P.S.H.	P.S.S	% Humedad
2 1/2"	63.500							1000.0	977.0	2.4%
2"	50.800						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200%			
1 1/2"	38.100				100.0			9436.0	9436.0	0.00
1"	25.400		0.0	0.0	100.0	100 - 100	% Grava = 99.1 %			
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	95 - 100	% Arena = 0.9 %			
1/2"	12.700	7.338.0	77.8	77.8	22.2		% Fino = 0.0 %			
3/8"	9.525	1.275.0	13.5	91.3	8.7	20 - 55	MÓDULO DE FINURA = 6.90 %			
# 4	4.760	734.0	7.8	99.1	0.9	0 - 10	EQUIV. DE ARENA = %			
# 8	2.360	53.5	0.9	99.9	0.1	0 - 5	GRAVEDAD ESPECÍFICA:			
# 10	2.000						P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³			
# 16	1.180	3.5	0.1	100.0	0.0		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³			
# 30	0.600	2.0	0.0	100.0	0.0		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³			
# 40	0.420						Absorción = %			
# 50	0.300						OBSERVACIONES:			
# 80	0.180									
# 100	0.150									
# 200	0.075									
< # 200	FONDO									
FINO		59.0								
TOTAL		9.436.0								

CURVA GRANULOMÉTRICA



Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
TÉCNICO EN SUELOS
CENCOS 2000000

Roberto Elias Castro Aguirre
ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 557

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19

TESIS : Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura. MATERIAL : PIEDRA CHANCADA MUESTRA : CANTERA : KM 9 - ARMANDO ZAPATA UBICACIÓN : SOJO SOLICITA : Bch. Marcos García y Bch. Jaritza Flores	TÉCNICO : M.C.G ING° RESP. : R.C.A LUGAR : - FECHA : Oct-23 HORA : -
--	---

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	21590	21477	21609	
Peso del recipiente	(gr)	7002	7002	7002	
Peso de la muestra	(gr)	14588	14475	14607	
Volumen	(cm ³)	9457	9457	9457	
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1543	1531	1545	
Peso unitario suelto promedio	(kg/m ³)	1539			

PESO UNITARIO VARILLADO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	22600	22787	22794	
Peso del recipiente	(gr)	7002	7002	7002	
Peso de la muestra	(gr)	15598	15785	15792	
Volumen	(cm ³)	9457	9457	9457	
Peso unitario compactado	(kg/m ³)	1649	1669	1670	
Peso unitario compactado promedio	(kg/m ³)	1663			

OBSERVACIONES


 Marcos Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENEGE COO1001
 2007-05


 ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 957



GRAVEDAD ESPECÍFICA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
TESIS : Análisis del bioconcreto en la reparación de microfisuras del concreto tradicional, para la región Piura. MATERIAL : PIEDRA CHANCADA MUESTRA : 1 PROFUND. : CANTERA : KM 9 - ARMANDO ZAPATA UBICACIÓN : SOJO	N° REGISTRO : TÉCNICO : M.C.G ING° RESP. : R.C.A FECHA : Oct-23 HECHO POR : J.C.C. DEL KM : - AL KM : - CARRIL : -

DATOS DE LA MUESTRA

GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	343.0	349.0	
B	Peso frasco + agua (gr)	652.4	653.4	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	995.4	1002.4	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	887.1	870	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	128.3	132.4	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	340.2	345.4	
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	125.5	128.8	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.652	2.609	2.630
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.673	2.636	2.655
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.711	2.682	2.696
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.823	1.042	0.93%
OBSERVACIONES:				

CONTRATISTA: <div style="text-align: center;">  <small>Marlon Castro Gallo TÉCNICO EN SUELOS SANCHEZ COORCO 21-000000</small> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> _____ TEC. RESPONSABLE _____ ING. RESPONSABLE </div>	SUPERVISIÓN: <div style="text-align: center;">  <small>ROBERTO ELÍAS CASTRO AEDO INGENIERO EN CIVIL REGISTRO CIVIL MORAYCANA Reg. CP N° 907</small> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> _____ TEC. RESPONSABLE _____ ING. RESPONSABLE </div>
---	---

MÉTODO DE FULLER PARA LOS AGREGADOS



GRANULOMETRIAS TOTALES PARA CONCRETO

Realizado por: J.C.C.
 Revisado por: MANUEL CASTRO
 Fecha: Set-23
 Tamaño Máximo del Arido: 20 mm.

Relación entre Áridos: Arenas = 50 Pte. Los Serranos 100
 Relación entre Arenas: GRAVA = 50 SOJO AA = 0
 Relación entre Gravas: Grava Ø 9.5 mm = 0
 Grava Ø 25 mm = 100

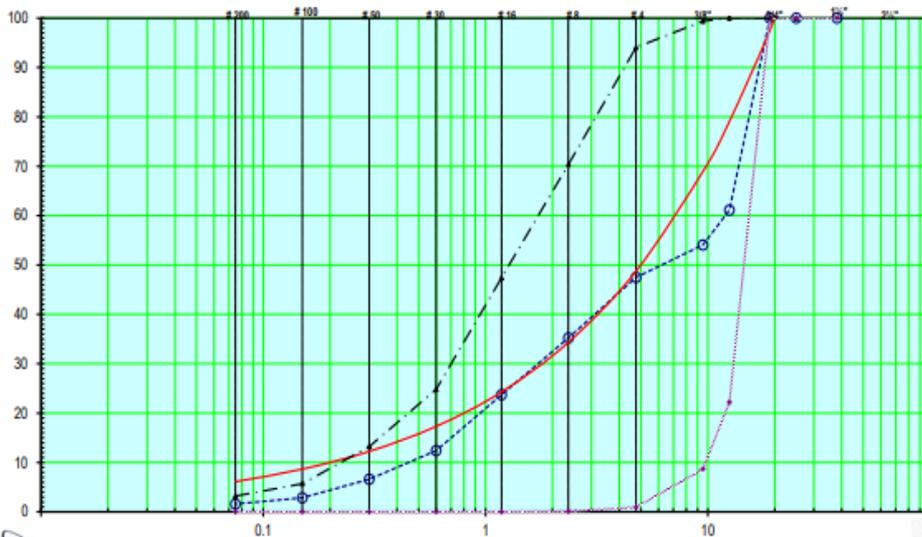
Ensayos de Granulometrias Parciales de los Materiales

MATERIAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES															MF
	3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	
Arena PUENTE SERRANOS	100	100	100	100	100	100	100	99	94	70	47	25	13	6	3	3.45
Grava SOJO Ø 4.75 - 25 mm.	100	100	100	100	100	100	22	9	1	0	0	0	0	0	0	6.90

Mezcla en porcentajes en base a la granulometría de los materiales

MATERIAL	%	3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	MFH
Arena PUENTE SERRANOS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	47	35	24	12	7	3	2	
Grava SOJO Ø 4.75 - 25 mm.	50	50	50	50	50	50	50	11	4	0	0	0	0	0	0	0	
TOTALES	100	100	100	100	100	100	100	61	54	48	35	24	12	7	3	2	5.18

CURVA GRANULOMETRICA HORMIGON BOMBEABLE



Manuel Castro Castro
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 DIRECTOR GENERAL

--- Granulometría de la Mezcla
 --- Mezcla Óptima entre Arenas
 --- Tamices ASTM
 --- Mezcla Óptima entre Gravas
 --- Curva Ideal ACI

Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 5017

ANEXO 7

DISEÑO DE CONCRETO CON 5%, 10%, 15% DE BACTERIAS *BACILLUS SUBTILIS* Y LACTATO DE CALCIO

 CONSULTGEOPAV S.A.C "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos" RUC: 20602407021				LABORATORIO DE HORMIGONES ENSAYO DE MATERIALES				DISEÑO DE HORMIGÓN +5% BACILUS SUBTILIS & LACTATO DE CALCIO CALCULO, CORRECCIÓN POR HUMEDADES Y AJUSTES																																																																																																																																														
DOSIFICACIÓN : B.S. REG-001-006 TIPO : DOSIS 02 MEZCLA : 210 KG/CM2 Fecha de Ensayo : 20-October-2023 Marca de cilindro : B.S.-001				Cantidad de cemento en pasta : 376 Kg Cantidad de agua en pasta : 175 Lts Aire Incluido : 1.5 % Arena : 50.0 % Gravas : 50.0 % Volumen de pasta : 0.309 m³ Volumen de agregados : 0.691 m³ Relación a/(c+ad) (SSS) : 0.465 Relación a/(c+ad) (Corregida) : 0.442				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MATERIALES</th> <th>% Participación</th> <th>% de Diseño</th> <th>PROCEDENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Material Cementante</td> <td>Cemento Tipo I</td> <td>100.00</td> <td>50.00</td> </tr> <tr> <td>Arido Fino</td> <td>Arena zarandeada</td> <td>100.00</td> <td>50.00</td> </tr> <tr> <td>Arido Grueso</td> <td>Piedra Triturada</td> <td>100.00</td> <td>50.00</td> </tr> <tr> <td>Aditivos</td> <td>Agua</td> <td>95.00</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Bacteria</td> <td>5.00</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		MATERIALES	% Participación	% de Diseño	PROCEDENCIA	Material Cementante	Cemento Tipo I	100.00	50.00	Arido Fino	Arena zarandeada	100.00	50.00	Arido Grueso	Piedra Triturada	100.00	50.00	Aditivos	Agua	95.00	95		Bacteria	5.00	5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Masa para Ensayo</th> <th rowspan="2">Adiciones (Kg.)</th> <th rowspan="2">Masa de Dosificación Corregida (Kg/m³)</th> </tr> <tr> <th>Corregida (Kg.)</th> <th>Mortero (Kg.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>376</td> <td>175</td> <td></td> <td>385</td> </tr> <tr> <td>40.436</td> <td></td> <td></td> <td>924</td> </tr> <tr> <td>40.619</td> <td>-</td> <td></td> <td>934</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.054</td> <td></td> <td></td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>1.220</td> <td></td> <td></td> <td>27.772</td> </tr> </tbody> </table>		Masa para Ensayo		Adiciones (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m³)	Corregida (Kg.)	Mortero (Kg.)	376	175		385	40.436			924	40.619	-		934		-			8.054			170	1.220			27.772																																																																																					
MATERIALES	% Participación	% de Diseño	PROCEDENCIA																																																																																																																																																			
Material Cementante	Cemento Tipo I	100.00	50.00																																																																																																																																																			
Arido Fino	Arena zarandeada	100.00	50.00																																																																																																																																																			
Arido Grueso	Piedra Triturada	100.00	50.00																																																																																																																																																			
Aditivos	Agua	95.00	95																																																																																																																																																			
	Bacteria	5.00	5																																																																																																																																																			
Masa para Ensayo		Adiciones (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m³)																																																																																																																																																			
Corregida (Kg.)	Mortero (Kg.)																																																																																																																																																					
376	175		385																																																																																																																																																			
40.436			924																																																																																																																																																			
40.619	-		934																																																																																																																																																			
	-																																																																																																																																																					
8.054			170																																																																																																																																																			
1.220			27.772																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MATERIALES</th> <th>MF.</th> <th>UNIDAD</th> <th>Masa de Dosificación SSS (Kg/m³)</th> <th>Masa para Ensayo (Kg)</th> <th>Gravedad Especifica (Kg/m³)</th> <th>% de Humedad Natural (+)</th> <th>% de Absorción (-)</th> <th>% de Humedad Libre</th> <th>Agua en Agregados (Lts)</th> <th>Corregida (Kg.)</th> <th>Mortero (Kg.)</th> <th>Adiciones (Kg.)</th> <th>Masa de Dosificación Corregida (Kg/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Tipo I</td> <td>1</td> <td>Kg.</td> <td>376</td> <td>16.920</td> <td>3150</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>16.920</td> <td></td> <td></td> <td>385</td> </tr> <tr> <td>PLASTICO</td> <td>1</td> <td>Kg.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arena zarandeada</td> <td>3.45</td> <td>Kg.</td> <td>902</td> <td>40.604</td> <td>2613</td> <td>0.90</td> <td>1.32</td> <td>0.42</td> <td>0.17</td> <td>40.436</td> <td></td> <td></td> <td>924</td> </tr> <tr> <td>Piedra Triturada</td> <td>6.90</td> <td>Kg.</td> <td>912</td> <td>41.024</td> <td>2640</td> <td>0.40</td> <td>1.40</td> <td>1.00</td> <td>0.40</td> <td>40.619</td> <td>-</td> <td></td> <td>934</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Kg.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1</td> <td>Kg.</td> <td>175</td> <td>7.481</td> <td>1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8.054</td> <td></td> <td></td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>Bacteria</td> <td>1</td> <td>Kg.</td> <td>27.550</td> <td>1.220</td> <td>89</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.220</td> <td></td> <td></td> <td>27.772</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>Kg.</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>Kg.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Especifica (Kg/m³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Corregida (Kg.)	Mortero (Kg.)	Adiciones (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m³)	Cemento Tipo I	1	Kg.	376	16.920	3150					16.920			385	PLASTICO	1	Kg.												Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436			924	Piedra Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	-		934			Kg.									-			Agua	1	Kg.	175	7.481	1000					8.054			170	Bacteria	1	Kg.	27.550	1.220	89					1.220			27.772		1	Kg.													1	Kg.												<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Masa Unitaria</td> <td style="width: 20%;">Kg/m³</td> <td style="width: 50%;">2365</td> </tr> </table>				Masa Unitaria	Kg/m³	2365
MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Especifica (Kg/m³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Corregida (Kg.)	Mortero (Kg.)	Adiciones (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m³)																																																																																																																																									
Cemento Tipo I	1	Kg.	376	16.920	3150					16.920			385																																																																																																																																									
PLASTICO	1	Kg.																																																																																																																																																				
Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436			924																																																																																																																																									
Piedra Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	-		934																																																																																																																																									
		Kg.									-																																																																																																																																											
Agua	1	Kg.	175	7.481	1000					8.054			170																																																																																																																																									
Bacteria	1	Kg.	27.550	1.220	89					1.220			27.772																																																																																																																																									
	1	Kg.																																																																																																																																																				
	1	Kg.																																																																																																																																																				
Masa Unitaria	Kg/m³	2365																																																																																																																																																				
Observaciones : Hora : 15H10				RESULTADOS				Diseño Unitario																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Pérdida de Revenimiento</th> <th>TIEMPO</th> <th>Rev. cm</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>5 min</td> <td>8.5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15min</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>30 min</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Pérdida de Revenimiento	TIEMPO	Rev. cm	Resultado		5 min	8.5	-		15min				30 min			Revenimiento : Temperatura del hormigón : % de Aire medido en el Hormigón : Peso volumétrico de la mezcla : Volumen de la Mezcla de Hormigón (Ensayo) : 43.93 dm³ Volumen corregido de la Mezcla de Hormigón (Ensayo) : 43.93 dm³ Factor de corrección de la mezcla : 22.76				1 : m : a/c 1 : An : Ar : G1 : G2 : G3 : a/c 1 : 0 : 2.412 : 2.412 : 0 : 0 : 0.47 m = 4.824 k = 0.586 H = 7.991 a = 2.412 (MF = 3.45)																																																																																																																														
Pérdida de Revenimiento	TIEMPO	Rev. cm	Resultado																																																																																																																																																			
	5 min	8.5	-																																																																																																																																																			
	15min																																																																																																																																																					
	30 min																																																																																																																																																					

DOSIFICACIÓN : B.S. REG-002-006
TIPO : DOSIS 03
MEZCLA : 210 KG/CM2
Fecha de Ensayo : 20-October-2023
Marca de cilindro : B.S.-002

Cantidad de cemento en pasta : 376 Kg
Cantidad de agua en pasta : 175 Lts
Aire Incluido : 1.5 %
Arena : 50.0 %
Gravas : 50.0 %
Volumen de pasta : 0.309 m³
Volumen de agregados : 0.691 m³
Relación a/(c+adc) (SSS) : 0.465
Relación a/(c+adc) (Corregida) : 0.419

MATERIALES	% Participación	% de Diseño	PROCEDENCIA
Material Cementante	Cemento Tipo I	100.00	
Arido Fino	Arena zarandeada	100.00	Pte. Los Serranos
Arido Grueso	Piedra Triturada	100.00	SOJO
	Agua	90.00	Potable Sullana
Aditivos	Bacteria	10.00	

MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m ³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Especifica (Kg/m ³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Masa para Ensayo		Adiciones (Kg)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m ³)
										Corregida (Kg.)	Mortero (Kg.)		
Cemento Tipo I		Kg.	376	16.920	3150					16.920			389
PLASTICO		Kg.											
Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436			933
Piedra Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	-		942
		Kg.			2730						-		
Agua		Kg.	175	7.088	1000					7.660			163
Bacteria		Kg.	55.100	2.401	89					2.401			55.142
		Kg.											
		Kg.											

Masa Unitaria	Kg/m ³ 2365
---------------	---------------------------

Observaciones :				Hora : 15H10		RESULTADOS		Diseño Unitario	
Pérdida de Revenimiento	TIEMPO	Rev. cm	Resultado			Revenimiento :		1 : m : a/c	
	5 min	8.5	-			Temperatura del hormigón :		1 : An : Ar : G1 : G2 : G3 : a/c	
	15min					% de Aire medido en el Hormigón :		1 : 0 : 2.412 : 2.412 : 0 : 0 : 0.47	
	30 min					Peso volumétrico de la mezcla :		m = 4.824	
						Volumen de la Mezcla de Hormigón (Ensayo) :		k = 0.586	
						Volumen corregido de la Mezcla de Hormigón (Ensayo) :		H = 7.991	
						Factor de corrección de la mezcla :		a = 2.412 (MF = 3.45)	

DOSIFICACIÓN : B.S. REG-003-006
TIPO : DOSIS 03
MEZCLA : 210 KG/CM2
Fecha de Ensayo : 20-October-2023
Marca de cilindro : B.S.-002

Cantidad de cemento en pasta : 376 Kg
Cantidad de agua en pasta : 175 Lts
Aire Incluido : 1.5 %
Arena : 50.0 %
Gravas : 50.0 %
Volumen de pasta : 0.309 m³
Volumen de agregados : 0.691 m³
Relación a/(c+adc) (SSS) : 0.465
Relación a/(c+adc) (Corregida) : 0.396

MATERIALES		% Participación	% de Diseño	PROCEDENCIA
Material Cementante	Cemento Tipo I	100.00	50.00	
Arido Fino	Arena zarandeada	100.00	50.00	Pte. Los Serranos
Arido Grueso	Piedra Triturada	100.00	50.00	SOJO
Agua		85.00	85	Potable Sullana
Aditivos		Bacteria	15.00	15

MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m ³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Especifica (Kg/m ³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Masa para Ensayo		Adiciones (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m ³)
										Corregida (Kg.)	Mortero (Kg.)		
Cemento Tipo I	MF	Kg.	376	16.920	3150	0.90	1.32	0.42	0.17	16.920			392
PLASTICO	MF	Kg.				0.40	1.40	1.00	0.40	40.619			
Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436			941
Piedra Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	-		951
		Kg.			2730						-		
Agua	MF	Kg.	175	6.694	1000	0.90	1.32	0.42	0.17	7.267			155
Bacteria	MF	Kg.	82.650	3.542	89	0.40	1.40	1.00	0.40	3.542			82.099
	MF	Kg.											
	MF	Kg.											

Masa Unitaria	Kg/m ³ 2365	
---------------	---------------------------	--

Observaciones :	Hora : 15H10			RESULTADOS				Diseño Unitario			
<i>Pérdida de Revenimiento</i>	<i>TIEMPO</i>	<i>Rev. cm</i>	<i>Resultado</i>	<i>Revenimiento :</i> <i>Temperatura del hormigón :</i> <i>% de Aire medido en el Hormigón :</i> <i>Peso volumétrico de la mezcla :</i> <i>Volumen de la Mezcla de Hormigón (Ensayo) :</i> 43.14 dm ³ <i>Volumen corregido de la Mezcla de Hormigón (Ensayo) :</i> 43.14 dm ³ <i>Factor de corrección de la mezcla :</i> 23.18				<i>1 : m : a/c</i> <i>1 : An : Ar : G1 : G2 : G3 : a/c</i> <i>1 : 0 : 2.412 : 2.412 : 0 : 0 : 0.47</i> <i>m = 4.824</i> <i>k = 0.586</i> <i>H = 7.991</i> <i>a = 2.412 (MF = 3.45)</i>			
	5 min	8.5	-								
	15min										
	30 min										

ANEXO 8

RESUMEN DE DISEÑOS DE CONCRETO



TESIS: “ANÁLISIS DEL BIOCONCRETO EN LA REPARACIÓN DE MICROFISURAS DEL CONCRETO TRADICIONAL, PARA LA REGIÓN PIURA.”

SOLICITA: Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

En el siguiente cuadro se muestran los diseños de concretos empleados en dicha investigación desde el diseño patrón hasta el diseño:

CANTIDADES POR DISEÑO F'c= 210 Kg/cm ² – ASSOCIATION CONCRETE INSTITUTE (ACI)								
CEMENTO	AGUA	AIRE INCLUIDO	ARENA	GRAVA	V. EN PASTA	V. AGREGADOS	RELACIÓN a/(c+ads) (SSS)	RELACIÓN a/(c+adc) (corregida)
375 kg	210 Lts	1.5 %	50.00 %	50.00%	0.370 m ³	0.630 m ³	0.560	0.569

Tabla No. 01. Cantidades según tablas Association Concrete Institute. Elaboración. CONSULTGEOPAV S.A.C.

PORCENTAJE Y CANTIDADES DE AGREGADOS – DISEÑO PATRÓN (F'c= 210 Kg/cm ²)				
Materiales		% Participación	% de Diseño	Procedencia
Material cementante	Cemento Tipo I	100		Pacasmayo
Árido Fino	Arena Zarandeada	100	50	Cantera Puente los Serranos
Árido Grueso	Grava Triturada	100	50	Cantera Sojo Armando Zapata Km 9
Agua		100	100	Potable Sullana

Tabla No. 02. Porcentajes y cantidades de agregados – Diseño Patrón. Elaboración. CONSULTGEOPAV S.A.C.

MASA DE LOS AGREGADOS SEGÚN PORCENTAJE ESTABLECIDO PARA UNA TANDA DE 30 LITROS – DISEÑO PATRÓN											
MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m ³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Específica (Kg/m ³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Corregida (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m ³)
Cemento Tipo I		Kg.	375	11.250	3050					11.250	381
Arena zarandeada	3.45	Kg.	867	26.017	2660	0.40	2.80	2.40	0.59	25.409	880
Grava Triturada	6.90	Kg.	887	26.604	2720	0.90	0.90			26.604	900
Agua		Kg.	210	6.300	1000					6.907	213

Tabla No. 03. Pesos de los agregados para una tanda de 30 Lts – Diseño patrón. Elaboración. CONSULTGEOPAV S.A.C.

PORCENTAJE Y CANTIDADES DE AGREGADOS – DISEÑO 5% B.S. + Lactato de Calcio (F'c= 210 Kg/cm ²)				
Materiales		% Participación	% de Diseño	Procedencia
Material cementante	Cemento Tipo I	100		Pacasmayo
Árido Fino	Arena Zarandeada	100	50	Cantera Puente los Serranos
Árido Grueso	Grava Triturada	100	50	Cantera Sojo Armando Zapata Km 9
Agua		95	95	Potable Sullana
Bacilus Subtilis + Lactato de Calcio		5	5	Laboratorio de química

Tabla No. 04. Porcentajes y cantidades de agregados – Diseño 5% B.S. + Lactato de Calcio. Elaboración. CONSULTGEOPAV S.A.C.

MASA DE LOS AGREGADOS SEGÚN PORCENTAJE ESTABLECIDO PARA UNA TANDA DE 45 LITROS – DISEÑO 5% B.S. + Lactato de Calcio											
MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m ³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Específica (Kg/m ³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Corregida (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m ³)
Cemento Tipo I		Kg.	376	16.920	3150					16.920	385
Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436	924
Grava Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	934
Agua		Kg.	175	7.481	1000					8.054	170
B.S. + Lactato de Calcio		Kg	27.550	1.220	89					1.220	27.772

Tabla No. 5. Pesos de los agregados para una tanda de 45 Lts – Diseño 5% B.S. + Lactato de Calcio. CONSULTGEOPAV S.A.C.

PORCENTAJE Y CANTIDADES DE AGREGADOS – DISEÑO 10% B.S. + Lactato de Calcio (F'c= 210 Kg/cm ²)				
Materiales		% Participación	% de Diseño	Procedencia
Material cementante	Cemento Tipo I	100	50	Pacasmayo
Árido Fino	Arena Zarandeada	100	50	Cantera Puento los Serranos
Árido Grueso	Grava Triturada	100	50	Cantera Sojo Armando Zapata Km 9
Agua		90	90	Potable Sullana
Bacilus Subtilis + Lactato de Calcio		10	10	Laboratorio de química

Tabla No. 06. Porcentajes y cantidades de agregados – Diseño 10% B.S. + Lactato de Calcio. Elaboración. CONSULTGEOPAV S.A.C.

MASA DE LOS AGREGADOS SEGÚN PORCENTAJE ESTABLECIDO PARA UNA TANDA DE 45 LITROS – DISEÑO 10% B.S. + Lactato de Calcio											
MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m ³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Específica (Kg/m ³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Corregida (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m ³)
Cemento Tipo I	3.45	Kg.	376	16.920	3150	0.90	1.32	0.42	0.17	16.920	389
Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436	933
Grava Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	942
Agua	175	Kg.	175	7.088	1000	0.40	1.40	1.00	0.40	7.660	163
B.S. + Lactato de Calcio	55.100	Kg	55.100	2.401	89	0.40	1.40	1.00	0.40	2.401	55.142

Tabla No. 07. Pesos de los agregados para una tanda de 45 Lts – Diseño 10% B.S. + Lactato de Calcio. CONSULTGEOPAV S.A.C.

PORCENTAJE Y CANTIDADES DE AGREGADOS – DISEÑO 15% B.S. + Lactato de Calcio (F'c= 210 Kg/cm ²)				
Materiales		% Participación	% de Diseño	Procedencia
Material cementante	Cemento Tipo I	100	50	Pacasmayo
Árido Fino	Arena Zarandeada	100	50	Cantera Puento los Serranos
Árido Grueso	Grava Triturada	100	50	Cantera Sojo Armando Zapata Km 9
Agua		85	85	Potable Sullana
Bacilus Subtilis + Lactato de Calcio		15	15	Laboratorio de química

Tabla No. 08. Porcentajes y cantidades de agregados – Diseño 15% B.S. + Lactato de Calcio. Elaboración. CONSULTGEOPAV S.A.C.

MASA DE LOS AGREGADOS SEGÚN PORCENTAJE ESTABLECIDO PARA UNA TANDA DE 45 LITROS – DISEÑO 15% B.S. + Lactato de Calcio											
MATERIALES	MF.	UNIDAD	Masa de Dosificación SSS (Kg/m ³)	Masa para Ensayo (Kg)	Gravedad Específica (Kg/m ³)	% de Humedad Natural (+)	% de Absorción (-)	% de Humedad Libre	Agua en Agregados (Lts)	Corregida (Kg.)	Masa de Dosificación Corregida (Kg/m ³)
Cemento Tipo I	3.45	Kg.	376	16.920	3150	0.90	1.32	0.42	0.17	16.920	389
Arena zarandeada	3.45	Kg.	902	40.604	2613	0.90	1.32	0.42	0.17	40.436	941
Grava Triturada	6.90	Kg.	912	41.024	2640	0.40	1.40	1.00	0.40	40.619	951
Agua	175	Kg.	175	6.694	1000	0.40	1.40	1.00	0.40	7.267	155
B.S. + Lactato de Calcio	82.650	Kg	82.650	3.542	89	0.40	1.40	1.00	0.40	3.542	82.099

Tabla No. 09. Pesos de los agregados para una tanda de 45 Lts – Diseño 15% B.S. + Lactato de Calcio. CONSULTGEOPAV S.A.C.

ANEXO 9

RESULTADOS DE LAS ROTURAS DE PROBETAS A COMPRESIÓN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

 ING. RESP. : R.C.A.
 TÉCNICO : M.C.G.
 HECHO POR : E.C.G.
 FECHA : Octubre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = **7** Dias
 $f'c = 210$ kg/cm²

TIPO CEMENTO I

TIPOS DE ROTURA

A

B

C

D

E

Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	PAT-001	PATRON	19-Oct	26-Oct	15717	10.00	78.5	200	3.0"	210	95	C	93	70
2	PAT-002	PATRON	19-Oct	26-Oct	14966	10.01	78.7	190	3.0"	210	91	C		
3	PAT-003	PATRON	19-Oct	26-Oct	15137	10.02	78.9	192	3.0"	210	91	B		
4	PAT-004	PATRON	19-Oct	26-Oct	15432	10.01	78.7	196	3.0"	210	93	A		
5	PAT-005	PATRON	19-Oct	26-Oct	15534	10.00	78.5	198	3.0"	210	94	B		

ELABORADO POR:

Firma:

Nombre: Manuel Castro Gallo

Cargo: Técnico de Laboratorio

Fecha:

REVISADO POR:

Firma:

Nombre: Roberto Castro Aguirre

Cargo: Especialista en Suelos y Pavimentos

Fecha:

CONTROL EXTERNO:

Firma:

Nombre:

Cargo:

Fecha:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

 ING. RESP. : R.C.A.
 TÉCNICO : M.C.G.
 HECHO POR : E.C.G.
 FECHA : Octubre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = **14** Dias
 $f'c = 210$ kg/cm²

TIPO CEMENTO I

TIPOS DE ROTURA

A

B

C

D

E

Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	PAT-001	PATRON	19-Oct	02-Nov	17188	10.00	78.5	219	3.0"	210	104	B	105	90
2	PAT-002	PATRON	19-Oct	02-Nov	17585	10.00	78.5	224	3.0"	210	107	B		
3	PAT-003	PATRON	19-Oct	02-Nov	16849	10.00	78.5	215	3.0"	210	102	B		
4	PAT-004	PATRON	19-Oct	02-Nov	17398	10.01	78.7	221	3.0"	210	105	B		
5	PAT-005	PATRON	19-Oct	02-Nov	17893	10.00	78.5	228	3.0"	210	108	B		

ELABORADO POR:

Firma:

Nombre: Manuel Castro Gallo

Cargo: Técnico de Laboratorio

Fecha:

REVISADO POR:

Firma:

Nombre: Roberto Castro Aguirre

Cargo: Especialista en Suelos y Pavimentos

Fecha:

CONTROL EXTERNO:

Firma:

Nombre:

Cargo:

Fecha:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

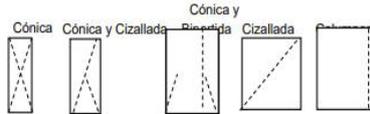
TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : R.C.A.
 TÉCNICO : M.C.G.
 HECHO POR : E.C.G.
 FECHA : Noviembre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = 28 Días
 f'c = 210 kg/cm²

TIPOS DE ROTURA



TIPO CEMENTO I

Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	PAT-001	PATRON	19-Oct	16-Nov	19249	10.01	78.7	245	3.0"	210	116	C	117	100
2	PAT-002	PATRON	19-Oct	16-Nov	18762	10.00	78.5	239	3.0"	210	114	B		
3	PAT-003	PATRON	19-Oct	16-Nov	18861	10.00	78.5	240	3.0"	210	114	B		
4	PAT-004	PATRON	19-Oct	16-Nov	20360	10.00	78.5	259	3.0"	210	123	C		
5	PAT-005	PATRON	19-Oct	16-Nov	19126	10.00	78.5	244	3.0"	210	116	B		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

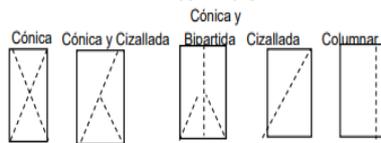
TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Octubre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = 7 Días
 f'c = 210 kg/cm²

TIPOS DE ROTURA



TIPO CEMENTO I

Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS-5%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	27-Oct	22945	10.00	78.5	292	3.4"	210	139	C	145	70
2	BS-5%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	27-Oct	23698	10.00	78.5	302	3.4"	210	144	C		
3	BS-5%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	27-Oct	26074	10.00	78.5	332	3.4"	210	158	B		
4	BS-5%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	27-Oct	23171	10.02	78.9	294	3.4"	210	140	B		
5	BS-5%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	27-Oct	23841	10.01	78.7	303	3.4"	210	144	A		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

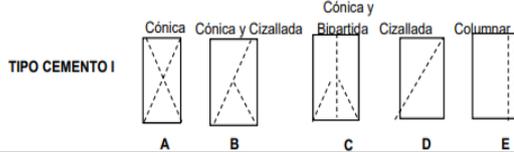
TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Noviembre del 2023

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRAULICO
 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**

EDAD = 14 Días
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TIPOS DE ROTURA



Prueba Nº	Registro Nº	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-5%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	03-Nov	33903	10.01	78.7	431	3.4"	210	205	C	205	90
2	BS.-5%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	03-Nov	33459	10.00	78.5	426	3.4"	210	203	C		
3	BS.-5%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	03-Nov	34312	10.00	78.5	437	3.4"	210	208	B		
4	BS.-5%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	03-Nov	33148	10.00	78.5	422	3.4"	210	201	B		
5	BS.-5%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	03-Nov	33968	10.01	78.7	432	3.4"	210	206	A		

ELABORADO POR:			REVISADO POR:			CONTROL EXTERNO:		
Firma:			Firma:			Firma:		
Nombre:	Manuel Castro Gallo		Nombre:	Roberto Castro Aguirre		Nombre:		
Cargo:	Técnico de Laboratorio		Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos		Cargo:		
Fecha:			Fecha:			Fecha:		

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

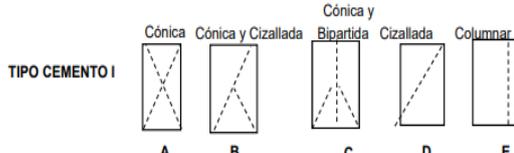
TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Octubre del 2023

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRAULICO
 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**

EDAD = 28 Días
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TIPOS DE ROTURA



Prueba Nº	Registro Nº	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-5%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	17-Nov	33854	10.00	78.5	431	3.4"	210	205	C	200	70
2	BS.-5%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	17-Nov	34262	10.00	78.5	436	3.4"	210	208	C		
3	BS.-5%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	17-Nov	33123	10.00	78.5	422	3.4"	210	201	B		
4	BS.-5%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	17-Nov	31521	10.02	78.9	400	3.4"	210	190	B		
5	BS.-5%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	20-Oct	17-Nov	32617	10.01	78.7	414	3.4"	210	197	A		

ELABORADO POR:			REVISADO POR:			CONTROL EXTERNO:		
Firma:			Firma:			Firma:		
Nombre:	Manuel Castro Gallo		Nombre:	Roberto Castro Aguirre		Nombre:		
Cargo:	Técnico de Laboratorio		Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos		Cargo:		
Fecha:			Fecha:			Fecha:		

CONSULTGEOPAV S.A.C
 "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos"
 RUC: 20602407021

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

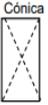
TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura" ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Octubre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = **7** Días
 $f'c = 210$ kg/cm²

TIPO CEMENTO I

TIPOS DE ROTURA
 Cónica y Cizallada


A


B


C


D


E

Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-10%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	27-Oct	0	10.01	78.7	0	5.5"	210		A	9	70
2	BS.-10%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	27-Oct	0	10.00	78.5	0	5.5"	210		C		
3	BS.-10%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	27-Oct	1449	10.02	78.9	18	5.5"	210	9	A		
4	BS.-10%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	27-Oct	0	10.01	78.7	0	5.5"	210		C		
5	BS.-10%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	27-Oct	1383	10.01	78.7	18	5.5"	210	8	C		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

CONSULTGEOPAV S.A.C
 "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos"
 RUC: 20602407021

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura" ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Noviembre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = **14** Días
 $f'c = 210$ kg/cm²

TIPO CEMENTO I

TIPOS DE ROTURA
 Cónica y Cizallada


A


B


C


D


E

Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-10%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	03-Nov	20907	10.01	78.7	266	5.5"	210	127	B	126	70
2	BS.-10%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	03-Nov	21222	10.00	78.5	270	5.5"	210	129	C		
3	BS.-10%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	03-Nov	20436	10.02	78.9	259	5.5"	210	123	B		
4	BS.-10%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	03-Nov	21202	10.01	78.7	269	5.5"	210	128	B		
5	BS.-10%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	03-Nov	20364	10.01	78.7	259	5.5"	210	123	C		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

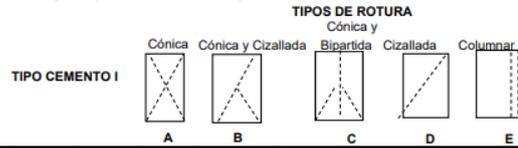
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Noviembre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRAULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = **28** Dias
 $f'c = 210$ kg/cm²



Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-10%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	17-Nov	28059	10.01	78.7	357	5.5"	210	170	B	175	100
2	BS.-10%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	17-Nov	30509	10.00	78.5	388	5.5"	210	185	C		
3	BS.-10%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	17-Nov	27051	10.02	78.9	343	5.5"	210	163	B		
4	BS.-10%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	17-Nov	28993	10.01	78.7	368	5.5"	210	175	C		
5	BS.-10%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 10%	20-Oct	17-Nov	30315	10.01	78.7	385	5.5"	210	183	B		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

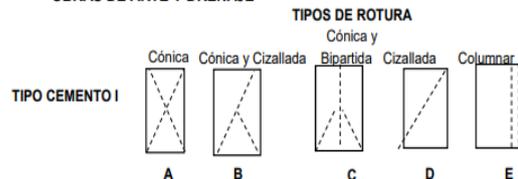
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

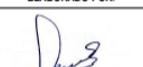
ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre
 TÉCNICO : M.C.G.
 FECHA : Octubre del 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRAULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

EDAD = **7** Dias
 $f'c = 210$ kg/cm²



Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	31-Oct	2010	10.00	78.5	26	8.2"	210	12	B	12	90
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	31-Oct	0	10.00	78.5	0	8.2"	210		B		
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	31-Oct	2458	10.00	78.5	31	8.2"	210	15	B		
4	BS.-15%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	31-Oct	0	10.00	78.5	0	8.2"	210		B		
5	BS.-15%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	31-Oct	1347	10.00	78.5	17	8.2"	210	8	B		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre

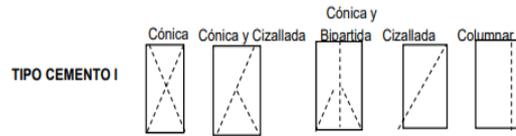
TÉCNICO : M.C.G.

FECHA : Noviembre del 2023

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**

EDAD = 14 Días
f'c = 210 kg/cm²

TIPOS DE ROTURA



Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	07-Nov	20953	10.00	78.5	267	8.2"	210	127	B	123	90
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	07-Nov	19821	10.00	78.5	252	8.2"	210	120	B		
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	07-Nov	20191	10.02	78.9	256	8.2"	210	122	B		
4	BS.-15%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	07-Nov	20705	10.00	78.5	264	8.2"	210	126	C		
5	BS.-15%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	07-Nov	19458	10.00	78.5	248	8.2"	210	118	C		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

ING. RESP. : Roberto Castro Aguirre

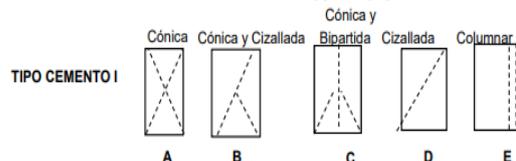
TÉCNICO : M.C.G.

FECHA : Noviembre del 2023

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**

EDAD = 28 Días
f'c = 210 kg/cm²

TIPOS DE ROTURA



Prueba N°	Registro N°	DISEÑO DE CONCRETO	Fecha		Lectura dial (kg)	Diámetro testigo (cm)	Área testigo (cm ²)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia Obtenido	Tipo de Rotura	Promedio 5 testigos %	Resistencia Esperada %
			Moldeo	Rotura										
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	21-Nov	28613	10.00	78.5	364	8.2"	210	173	B	166	100
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	21-Nov	27848	10.00	78.5	355	8.2"	210	169	D		
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	21-Nov	26132	10.02	78.9	331	8.2"	210	158	A		
4	BS.-15%-004	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	21-Nov	27203	10.00	78.5	346	8.2"	210	165	D		
5	BS.-15%-005	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	24-Oct	21-Nov	27562	10.00	78.5	351	8.2"	210	167	B		

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		CONTROL EXTERNO:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:	Manuel Castro Gallo	Nombre:	Roberto Castro Aguirre	Nombre:	
Cargo:	Técnico de Laboratorio	Cargo:	Especialista en Suelos y Pavimentos	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

ANEXO 10

RESULTADOS DE LAS ROTURAS DE VIGAS A FLEXIÓN

 "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos" RUC: 20602407021															
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS															
DATOS DEL PROYECTO															
TESIS :		"Análisis del biocemento en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"													
SOLICITA :		Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima													
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709															
N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Días	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)	
												Mr (Kg/cm2)	%		
1	PAT-001	PATRÓN	3.00	24/10/23	31/10/23	7	15.00	15.10	45.00	29.45	3003	39.5	88	45	
2	PAT-002	PATRÓN	3.00	24/10/23	31/10/23	7	15.10	15.20	45.00	30.12	3071	39.6	88		
3	PAT-003	PATRÓN	3.00	24/10/23	31/10/23	7	15.20	15.10	45.00	30.89	3150	40.9	91		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Marcos Castro Gallo TÉCNICO DE SUELOS CENCICO CÓDIGO: 11000000 </div> <div style="text-align: center;">  ROBERTO ELÍAS CASTRO AQUINO JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 5517 </div> </div>															

 "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos" RUC: 20602407021															
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS															
DATOS DEL PROYECTO															
TESIS :		"Análisis del biocemento en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"													
SOLICITA :		Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima													
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709															
N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Días	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)	
												Mr (Kg/cm2)	%		
1	PAT-001	PATRÓN	3.00	24/10/23	07/11/23	14	15.00	15.10	45.00	34.55	3523	46.4	103	45	
2	PAT-002	PATRÓN	3.00	24/10/23	07/11/23	14	15.10	15.20	45.00	33.86	3453	44.5	99		
3	PAT-003	PATRÓN	3.00	24/10/23	07/11/23	14	15.20	15.10	45.00	33.99	3466	45.0	100		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Marcos Castro Gallo TÉCNICO DE SUELOS CENCICO CÓDIGO: 11000000 </div> <div style="text-align: center;">  ROBERTO ELÍAS CASTRO AQUINO JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 5517 </div> </div>															

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709**

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	PAT-001	PATRÓN	3.00	24/10/23	21/11/23	28	15.00	15.10	45.00	39.42	4020	52.9	118	45
2	PAT-002	PATRÓN	3.00	24/10/23	21/11/23	28	15.10	15.20	45.00	37.68	3842	49.6	110	
3	PAT-003	PATRÓN	3.00	24/10/23	21/11/23	28	15.20	15.10	45.00	40.21	4100	53.2	118	


Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
CENICCO CODIGO 11000000


ROBERTO ELÍAS CASTRO ADUCCI
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 597

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709**

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-5%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	31/10/23	7	15.00	15.10	45.00	18.98	1935	25.5	57	45
2	BS.-5%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	31/10/23	7	15.00	15.10	45.00	19.36	1974	26.0	58	
3	BS.-5%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	31/10/23	7	15.20	15.10	45.00	18.01	1836	23.8	53	


Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
CENICCO CODIGO 11000000


ROBERTO ELÍAS CASTRO ADUCCI
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 597

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bloconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-5%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	07/11/23	14	15.00	15.10	45.00	25.82	2633	34.6	77	45
2	BS.-5%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	07/11/23	14	15.10	15.20	45.00	26.01	2652	34.2	76	
3	BS.-5%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	07/11/23	14	15.20	15.10	45.00	22.49	2293	29.8	66	


Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
ENGENERO CIVIL
21000005


ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Pag. CIP N° 5917

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bloconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-5%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	21/11/23	28	15.00	15.10	45.00	34.65	3533	46.5	103	45
2	BS.-5%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	21/11/23	28	15.10	15.20	45.00	37.22	3795	49.0	109	
3	BS.-5%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 5%	3.40	24/10/23	21/11/23	28	15.20	15.10	45.00	35.98	3669	47.6	106	


Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
ENGENERO CIVIL
21000005


ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Pag. CIP N° 5917


CONSULTGEOPAV
S.A.C
 "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos"
 RUC: 20602407021

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
 NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	31/10/23	7	15.00	15.10	45.00	18.64	1891	24.9	55	45
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	31/10/23	7	15.10	15.20	45.00	17.45	1779	23.0	51	
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	31/10/23	7	15.20	15.10	45.00	19.02	1939	25.2	56	


 Marcos Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SANCAGO CODIGO 01
 01-00000000


 ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUILAR
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 5907


CONSULTGEOPAV
S.A.C
 "Sistema Integral de geotecnia, suelos y pavimentos"
 RUC: 20602407021

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"

SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
 NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	07/11/23	14	15.00	15.10	45.00	14.77	1506	19.8	44	45
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	07/11/23	14	15.10	15.20	45.00	19.65	2004	25.8	57	
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	07/11/23	14	15.20	15.10	45.00	18.72	1909	24.8	55	


 Marcos Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SANCAGO CODIGO 01
 01-00000000


 ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUILAR
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 5907

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	21/11/23	28	15.00	15.10	45.00	32.14	3277	43.1	96	45
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	21/11/23	28	15.10	15.20	45.00	36.54	3726	48.1	107	
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	5.50	24/10/23	21/11/23	28	15.20	15.10	45.00	34.91	3560	46.2	103	



Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
CENCO CODIGO 21-00000-02



ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5517

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Dias	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	8.20	24/10/23	31/10/23	7	15.00	15.10	45.00	18.82	1919	25.2	56	45
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	8.20	24/10/23	31/10/23	7	15.10	15.20	45.00	18.00	1835	23.7	53	
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	8.20	24/10/23	31/10/23	7	15.20	15.10	45.00	19.14	1952	25.3	56	



Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
CENCO CODIGO 21-00000-02



ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5517

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Días	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	3.20	24/10/23	07/11/23	14	15.00	15.10	45.00	21.18	2160	28.4	63	45
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	3.20	24/10/23	07/11/23	14	15.10	15.20	45.00	21.76	2219	28.6	64	
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	3.20	24/10/23	07/11/23	14	15.20	15.10	45.00	20.08	2048	26.6	59	



Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
CÓDIGO PROFESIONAL 21000000



ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5507

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS

DATOS DEL PROYECTO

TESIS : "Análisis del bioconcreto en la reparación de micro fisuras del concreto tradicional, para la región Piura"
SOLICITA : Bch. Marcos García Castillo y Bch. Jaritza Flores Ancajima

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ
NORMA TECNICA ASTM C-78, AASHTO T-97, NTP 339.078, MTC E-709

N° Ensayo	CÓDIGO	TIPO DE DISEÑO	Slump (pul)	Fecha moldeo	Fecha rotura	Días	Ancho b (cm)	Peralte d (cm)	Luz libre l (cm)	Carga Rotura (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia Obtenida		Resistencia a Diseño (MR)
												Mr (Kg/cm2)	%	
1	BS.-15%-001	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	3.20	24/10/23	21/11/23	28	15.00	15.10	45.00	33.11	3376	44.4	99	45
2	BS.-15%-002	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	3.20	24/10/23	21/11/23	28	15.10	15.20	45.00	35.41	3611	46.6	103	
3	BS.-15%-003	BACILUS SUBTILIS + LACTATO 15%	3.20	24/10/23	21/11/23	28	15.20	15.10	45.00	31.22	3184	41.3	92	



Marcos García Castillo
TECNICO DE SUELOS
CÓDIGO PROFESIONAL 21000000



ROBERTO ELÍAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5507

ANEXO 11

PANEL FOTOGRÁFICO

ENSAYOS PARA BACTERIAS *BACILLUS SUBTILIS*

PRUEBAS DE TINCIÓN GRAM PARA MUESTRAS, REALIZADOS LOS DÍAS
22/09/2023 Y 11/10/2023

Figura 9

Materiales para la elaboración de la Prueba de Tinción Gram.



Nota: La figura muestra los materiales: a). Kit de tinción de Gram, b). Piceta, c). Aceite de inmersión y d). Muestra de *Bacillus Subtilis*. Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

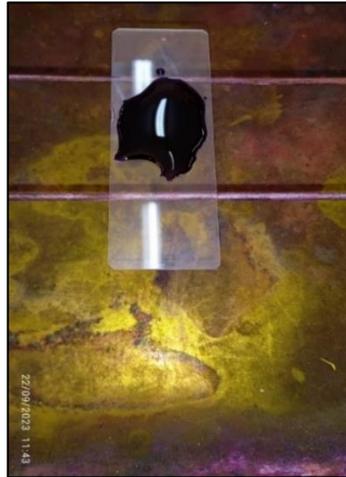
Muestra de la solución en lámina



Nota: Colocación de la muestra en una lámina y se procede a extenderla, luego se deja secar. Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

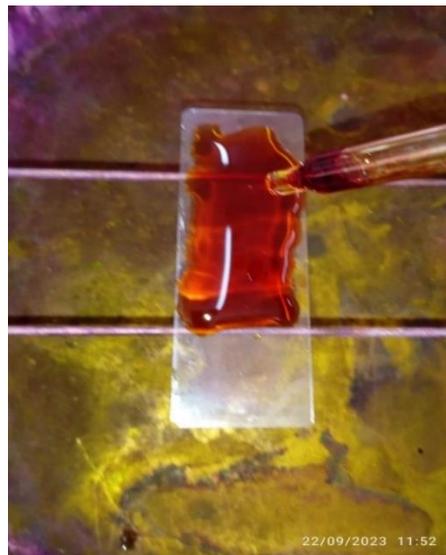
Colocación de cristal de violeta en la muestra seca



Nota: Después de la colocación, se deja reposar por 1 minuto, con la ayuda de una piceta con agua destilada se lavan los excedentes del reactivo y nuevamente se deja secar. Se agrega lugol y se deja reposar por 1 minuto, otra vez se lavan los excedentes y se agrega acetona, se lava con agua destilada los excedentes y no se deja reposar. Fuente: Elaboración propia.

Figura 12

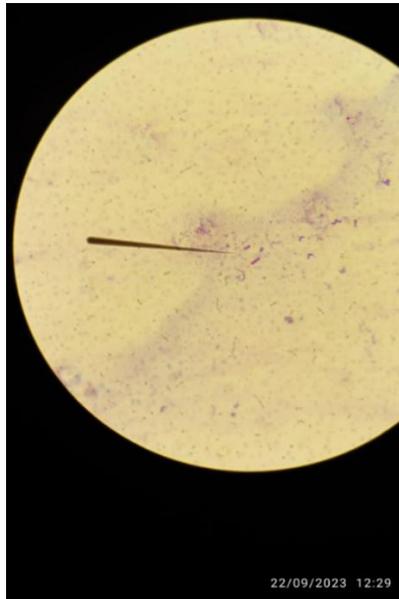
Adición de safranina



Nota: Se le agrega safranina, se deja reposar por 1 min y se lava con agua destilada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 13

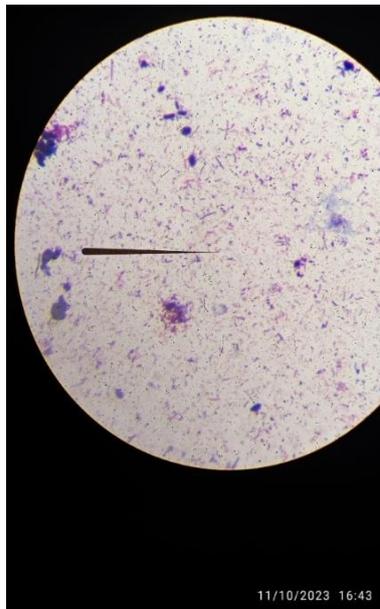
Bacterias en el microscopio



Nota: Se observan las bacterias en el microscopio con el objetivo de 100x, realizada el 22/09/2023. Fuente: Elaboración propia.

Figura 14

Bacterias en el microscopio



Nota: Se observan las bacterias en el microscopio con el objetivo de 100x, realizada el 11/09/2023. Fuente: Elaboración propia.

MEDICIÓN DE PH A LA MUESTRA DE BACTERIAS *BACILLUS SUBTILIS*

Figura 15

Materiales empleados para medir el PH



Nota: Los instrumentos utilizados fueron: a). Waterproof Tester, b). Temperature Sensor, c). Vaso de Precipitado, d). Conectores de sensores, e). VinciLab, registrador gráfico de datos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 16

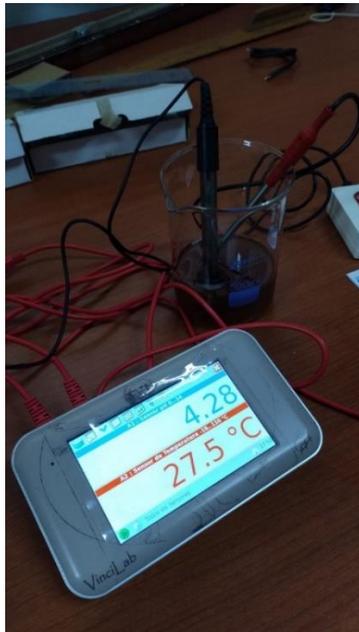
Instrumento Waterproof Tester, muestra fresca



Nota: Se utilizó el instrumento de Waterproof Tester, dando como resultado un valor de 4.22 ph y una temperatura de 27.8 °C, en la solución de bacterias. Fuente: Elaboración propia.

Figura 17

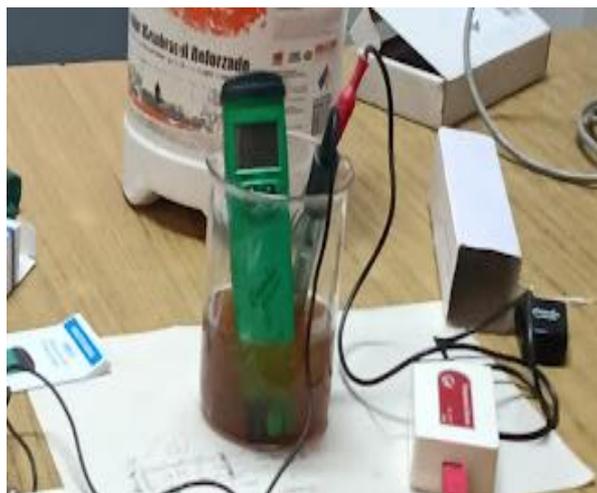
Instrumento VinciLab con muestra fresca



Nota: Se empleó el instrumento de VinciLab, registrador gráfico de datos, dando como resultado un valor de 4.28 ph y una temperatura de 27.5 °C, en la solución de bacterias. Fuente: Elaboración propia.

Figura 18

Instrumento Waterproof Tester, 7 días después



Nota: Después de 7 días de realizada la medición nos arrojaron los siguientes resultados: un valor de 3.91 ph y una temperatura de 26.8 °C, en la solución de bacterias. Fuente: Elaboración propia.

Figura 19

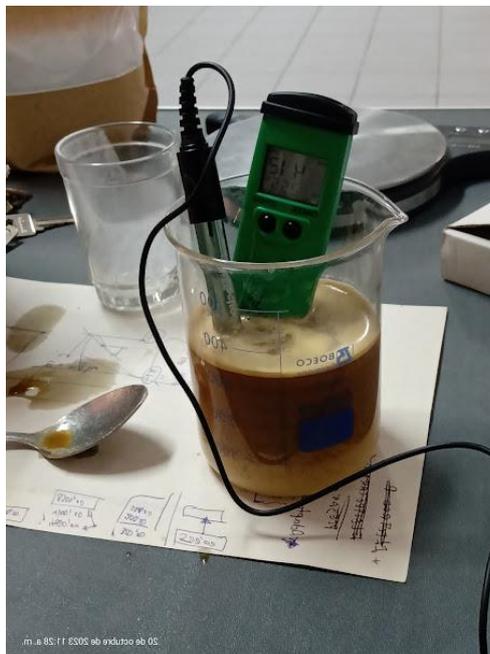
Instrumento VinciLab, 7 días después



Nota: Después de 7 días de realizada la medición nos arrojaron los siguientes resultados: un valor de 3.96 ph y una temperatura de 27.3 °C, en la solución de bacterias. Fuente: Elaboración propia.

Figura 20

Instrumento Waterproof Tester, 250ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio



Nota: Se realizó una mezcla con 250ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio, el valor de ph fue de 4.12 y una temperatura de 25.5 °C, Fuente: Elaboración propia.

Figura 21

Instrumento VinciLab, 250ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio



Nota: Se realizó una mezcla con 250ml muestra + 107.5 gr lactato de calcio, el valor de ph fue de 3.99 y una temperatura de 26.8 °C, Fuente: Elaboración propia.

ENSAYOS DE SOLUCIÓN DE BACTERIAS ADICIONANDO LACTATO DE CALCIO

Figura 22

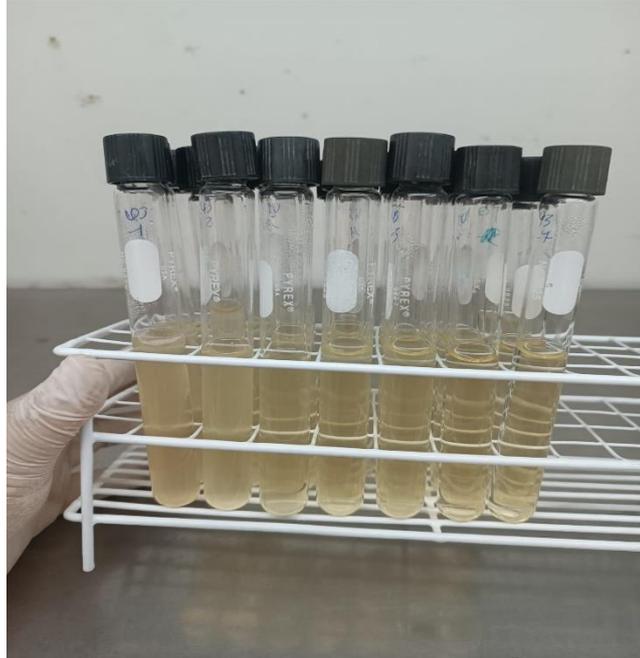
Diluciones de muestras



Nota: Se obtuvieron 7 diluciones de cada muestra madre, sembrada en medio de cultivo liquido (Luria-Bertani). Fuente: Laboratorio Inca'biotec SAC.

Figura 23

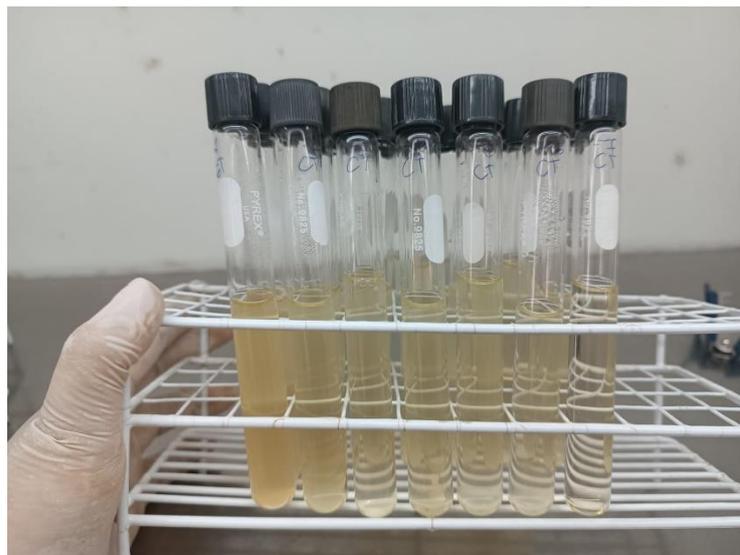
Dilución solo melaza



Nota: Se realizaron 7 diluciones solo con la muestra de melaza. Fuente: Laboratorio Inca´biotec SAC.

Figura 24

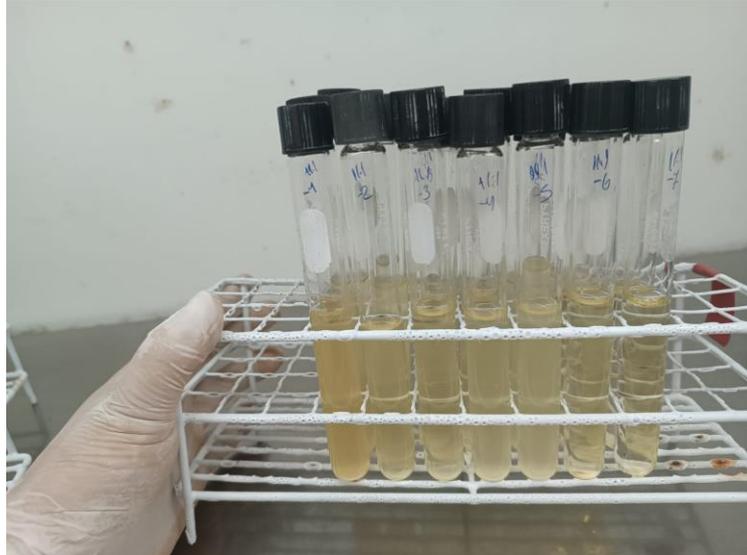
Melaza y 111gr de lactato de calcio



Nota: Se realizaron 7 diluciones con la muestra de melaza y la adición de 111gr de lactato de calcio. Fuente: Laboratorio Inca´biotec SAC.

Figura 25

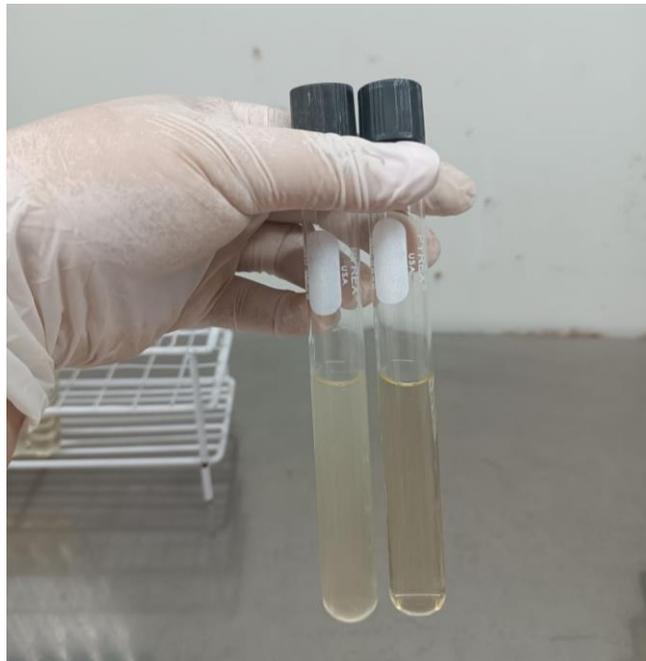
Melaza y 430gr de lactato de calcio



Nota: Se obtuvieron 7 diluciones con la muestra de melaza y adicionando 430 gr de lactato de calcio. Fuente: Laboratorio Inca´biotec SAC.

Figura 26

Tubos con crecimiento y control de proceso



Nota: Se obtuvieron tubos con crecimiento (izquierda) y tubo control de proceso y medio (sin crecimiento). Fuente: Laboratorio Inca´biotec SAC.

Figura 27

Incubación de soluciones



Nota: Las muestras fueron incubadas a 37°C por 24 horas. Fuente: Laboratorio Inca´biotec SAC.

Figura 28

Soluciones post-incubación



Nota: Se muestran las soluciones preparadas y recuperadas post-incubación. Fuente: Laboratorio Inca´biotec SAC.

ELABORACIÓN DE PROBETAS Y VIGAS DE CONCRETO

Figura 29

Recolección agregado fino



Nota: Se recolecto el agregado fino (arena zarandeada) de la Cantera Puente los Serranos para la elaboración del bioconcreto. Fuente: Elaboración propia.

Figura 30

Recolección de agregado grueso



Nota: Se recolecto el agregado grueso (piedra chancada) de la Cantera Sojo Armando Zapata KM-9 para la elaboración del bioconcreto. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31

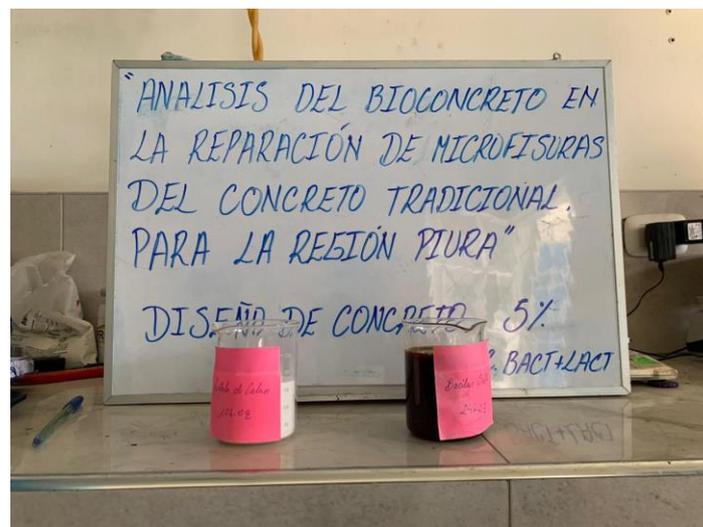
Peso de solución y lactato de calcio según diseño



Nota: Se midió la cantidad de solución de bacterias *Bacillus Subtilis* para la elaboración de probetas con el 5% de la misma. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 32

Solución de bacterias y lactato de calcio según diseño



Nota: Se prepararon 106gr de lactato de calcio y 246.2 gr de solución de bacterias *Bacillus Subtilis*, estos varían según el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 33

Elaboración de mezcla para bioconcreto según diseño



Nota: Se realizó la mezcla de bioconcreto con cemento Portland Tipo I - Mochica, arena zarandeada, piedra chancada, agua y con la mezcla de la solución de bacterias con lactato de calcio. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34

Elaboración de bioconcreto 5%



Nota: Se realizó la mezcla del bioconcreto incorporando el 5% de solución de bacterias *bacillus subtilis* y lactato de calcio. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 35

Prueba de slump bioconcreto 5%



Nota: Se realizó la prueba de slump para la mezcla de bioconcreto 5%, dándonos como resultado un valor de 3.4". Fuente: Elaboración Propia.

Figura 36

Elaboración de bioconcreto con 10%



Nota: Se realizó la mezcla del bioconcreto incorporando el 5% de solución de bacterias *bacillus subtilis* y lactato de calcio. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 37

Prueba de slump bioconcreto 10%



Nota: Se realizó la prueba de slump para la mezcla de bioconcreto 5%, dándonos como resultado un valor de 5.5". Fuente: Elaboración Propia.

Figura 38

Prueba de slump bioconcreto 15%



Nota: Se realizó la prueba de slump para la mezcla de bioconcreto 5%, dándonos como resultado un valor de 8.2". Fuente: Elaboración Propia.

Figura 39

Curado de testigos de bioconcreto



Nota: Las probetas de bioconcreto elaboradas según su diseño, pasadas las 24 horas de ser vaciadas, se colocaron en agua, para su respectivo curado, debiendo sacarse de acuerdo al tiempo propuesto para su respectiva rotura. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 40

Rotura de concreto patrón a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas del concreto patrón a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 41

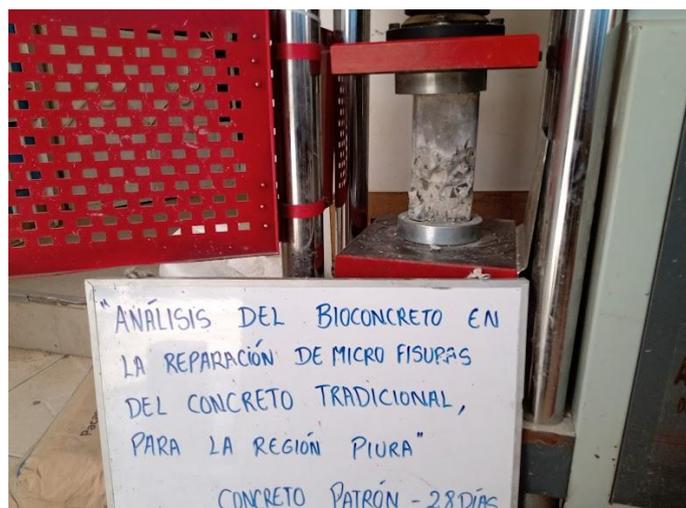
Rotura de concreto patrón a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas del concreto patrón a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 42

Rotura de concreto patrón a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas del concreto patrón a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 43

Rotura de probetas 5% a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 44

Rotura de probetas 5% a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 45

Rotura de probetas 5% a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 46

Rotura de probetas 10% a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 47

Rotura de probetas 10% a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 48

Rotura de probetas al 15% a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 07 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 49

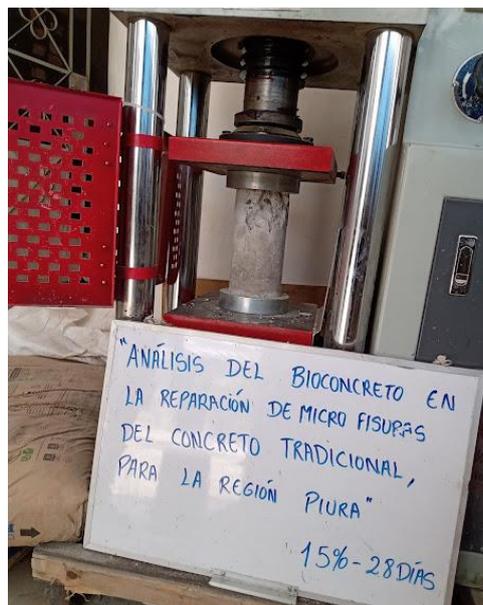
Rotura de probetas al 15% a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 50

Rotura de probetas al 15% a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las probetas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 51

Elaboración de vigas según el diseño de mezcla



Nota: Se elaboraron las vigas cuyas dimensiones fueron de 0.15 x 0.15 x 0.50 cm, según el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 52

Curado de vigas



Nota: Las vigas de bioconcreto elaboradas según su diseño, pasadas las 24 horas de ser vaciadas, se colocaron en agua, para su respectivo curado, debiendo sacarse de acuerdo al tiempo propuesto para su respectiva rotura. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 53

Rotura de vigas concreto patrón a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 54

Rotura de vigas concreto patrón a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 55

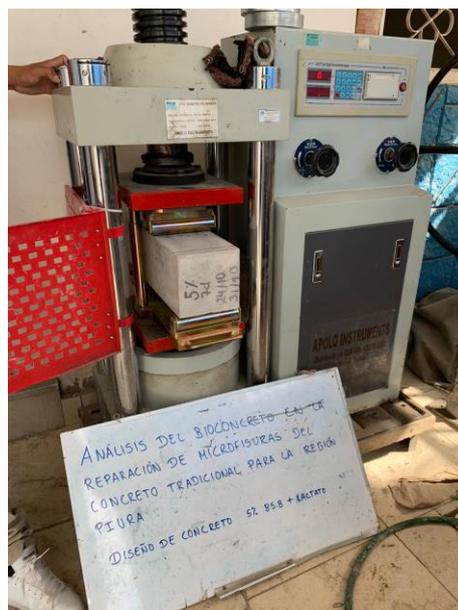
Rotura de vigas concreto patrón a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 56

Rotura de vigas 5% a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 57

Rotura vigas 5% a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 58

Rotura vigas 5% a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 59

Rotura de vigas 10% a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 07 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 60

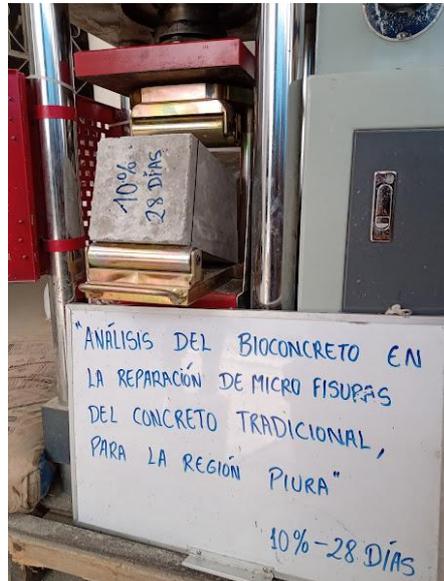
Rotura de vigas 10% a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 61

Rotura de vigas 10% a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 62

Rotura de vigas 15% a los 7 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 63

Rotura de vigas 15% a los 14 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 64

Rotura de vigas 15% a los 28 días



Nota: Se realizó la rotura de las vigas a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 65

Secreción de calcita en probetas con 5%



Nota: En las probetas de bioconcreto con 5% de bacterias y lactato de calcio, se midieron el ancho de las grietas que fueron selladas con calcita producida por las bacterias. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 66

Secreción de calcita en probetas con 10%



Nota: En las probetas de bioconcreto con 10% de bacterias y lactato de calcio, se midieron el ancho de las grietas que fueron selladas con calcita producida por las bacterias. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 67

Secreción de calcita en probetas con 15%



Nota: En las probetas de bioconcreto con 10% de bacterias y lactato de calcio, se midieron el ancho de las grietas que fueron selladas con calcita producida por las bacterias. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 68

Producción de calcita en vigas de bioconcreto 5%



Nota: En las vigas de bioconcreto con 5% de bacterias y lactato de calcio, se observa la producción de calcita. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 69

Producción de calcita en vigas de bioconcreto 10%



Nota: En las vigas de bioconcreto 10% de bacterias y lactato de calcio, se observa la producción de calcita en mayor cantidad que del 5%. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 70

Producción de calcita en vigas de bioconcreto 15%



Nota: En las vigas de bioconcreto 15% de bacterias y lactato de calcio, se observa la producción de calcita en mayor cantidad que del 10%. Fuente: Elaboración Propia.