



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable  
como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Cruz Adriano, Ruth Karina ([orcid.org/0000-0002-9975-6312](https://orcid.org/0000-0002-9975-6312))

**ASESOR:**

Sagastegui Plasencia, Fidel German ([orcid.org/0000-0003-0836-0062](https://orcid.org/0000-0003-0836-0062))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**PIURA — PERÚ**

2023

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme fuerzas de seguir adelante para lograr el desarrollo de mi tesis, a mi madre Elsy Janet Cruz Adriano por su constante apoyo en cada uno de mis objetivos, a mis hermanas y a mi papá por estar en cada momento motivándome.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por bendecirme y acompañarme siempre en cada uno de mis pasos para lograr mis metas, agradecer especialmente a mi madre a quien estaré eternamente agradecida por brindarme su apoyo emocional y económico y a los docentes que me ayudaron durante el transcurso de mi formación profesional y el desarrollo de mi tesis.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMAN, 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: "Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú", cuyo autor es CRUZ ADRIANO RUTH KARINA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, 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, 30 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMAN <b>DNI:</b> 18173778 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0836-0062	Firmado electrónicamente por: FSAGASTEGUIP el 30-12-2023 07:39:49

Código documento Trilce: TRI - 0712939



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, CRUZ ADRIANO RUTH KARINA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
RUTH KARINA CRUZ ADRIANO <b>DNI:</b> 76288178 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9975-6312	Firmado electrónicamente por: RCRUZAD el 30-12- 2023 10:13:50

Código documento Trilce: TRI - 0712940

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO. ....	4
III. METODOLOGÍA .....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	20
3.2. Variables y operacionalización:.....	20
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimiento. ....	24
3.6. Método de análisis de datos:.....	27
3.7. Aspectos éticos: .....	27
VI. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN .....	50
VI. CONCLUSIONES .....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Descripción de las propiedades físicas de los agregados grueso y fino. .....	16
<b>Tabla 2</b>	Clasificación de fisuras y grietas.....	18
<b>Tabla 3</b>	Probetas cilíndricas para ensayos a compresión, se le incorporó la bacteria y el material encapsulador arcilla expandida.....	21
<b>Tabla 4</b>	Probetas prismáticas para ensayos a flexión, se le incorporó la bacteria y el material encapsulador arcilla expandida.....	22
<b>Tabla 5</b>	Criterios para analizar los artículos de investigación .....	24
<b>Tabla 6</b>	Características de agregado grueso .....	29
<b>Tabla 7</b>	Características de agregado grueso .....	30
<b>Tabla 8</b>	Características de arcilla expandida .....	31
<b>Tabla 9</b>	Componentes que se adicionaran a la arcilla .....	32
<b>Tabla 10</b>	Proporciones en peso para diseño patrón por m <sup>3</sup> .....	33
<b>Tabla 11</b>	Proporciones en peso para un diseño con 5 % de concentración bacteriana por m <sup>3</sup> .....	34
<b>Tabla 12</b>	Proporciones en peso para un diseño con 10 % de concentración bacteriana por m <sup>3</sup> .....	34
<b>Tabla 13</b>	Proporciones en peso para un diseño con 15 % de concentración bacteriana por m <sup>3</sup> .....	34
<b>Tabla 14</b>	Resultados de ensayos a compresión los 7 días.....	35
<b>Tabla 15</b>	Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días. .....	37
<b>Tabla 16</b>	Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días. .....	38
<b>Tabla 17</b>	Resultados de los ensayos de fuerza a la compresión a los 7, 14 y 28 días. .....	40
<b>Tabla 18</b>	Resultados de ensayos a flexión a los 7 días. ....	42
<b>Tabla 19</b>	Resultados de ensayo a la flexión a los 14 días. ....	44

<b>Tabla 20</b> Resultados del ensayo a la flexión a los 28 días. ....	46
<b>Tabla 21</b> Resultados promedios de los ensayos a flexión a los 7,14 y 28 días. .	48

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura 1 Representación del proceso de esporulación en el género <i>Bacillus</i> . ....	11
Figura 2 Segregación de calcita en superficies de Microfisuras.....	12
Figura 3: Autorreparación de fisura con el método indirecto encapsulación a través de LECA (Arcilla expandida) más Lactato de calcio.....	14
Figura 4 Arcilla Expandida, un material ligero .....	15
Figura 5 Posición de viga prismática de prueba.....	19
Figura 6 Diagrama de flujo de procedimientos del proyecto .....	27
Figura 7 Porcentajes de bacterias incorporadas a través del modo indirecto .....	28
Figura 8 Curva granulometrica de agregado fino .....	29
Figura 9 Curva granulométrica de agregado grueso .....	30
Figura 10 Curva granulométrica de arcilla expandida .....	31
Figura 11 Resultados de ensayos a la comprensión a los 7 días.....	36
Figura 12 Resultados de ensayos a la comprensión a los 14 días.....	37
Figura 13 Resultados de ensayos a la comprensión a los 28 días.....	38
Figura 14 Resultados de ensayos a la comprensión a los 7, 14 y 28 días. ....	40
Figura 15 Resultados de los ensayos a flexión a los 7 días.....	43
Figura 16 Resultados de ensayos de flexión a los 14 días. ....	45
Figura 17 Resultados de ensayos a la flexión a los 28 días.....	47
Figura 18 Resultados de promedios de los ensayos a la flexión a los 7,14 y 28 días. .....	49



## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica, seleccionando la bacteria más utilizada y que produzcan carbonato de calcio incorporadas al concreto a través del método indirecto, caracterizando los agregados para la eficiente dosificación y analizando su comportamiento mecánico del concreto, realizando ensayos de resistencia a compresión y a flexión. La metodología fue tipo aplicada, tiene un diseño experimental (cuasi experimental), además es una investigación de enfoque mixta, la muestra para este estudio fue de 60 espécimen. Se utilizó la bacteria bacillus subtilis donde se encapsulo en arcilla expandida reemplazando un porcentaje del agregado grueso e impregnado la solución de la bacteria con porcentajes de solución bacteriana al 5,10 y 15% más su nutriente lactato de calcio, de la cual se determinó que la concentración al 15 % mejora en la resistencia a la compresión pues a los 28 días llevo a una resistencia de 248 kg/cm<sup>2</sup> , sin embargo en la resistencia a flexión disminuyó, ya que la del concreto convencional fue de 49.64 kg/cm<sup>2</sup> y la del concreto autorreparable con 15 % de concentración bacteriana fue de 47.64 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras Clave:** Concreto autorreparable, Arcilla expandida, método indirecto, Bacillus

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the mechanical efficiency of self-repairing concrete as a biotechnological alternative, selecting the most used bacteria that produce calcium carbonate incorporated into concrete through the indirect method, characterizing the aggregates for efficient dosage and analyzing the mechanical behavior of the concrete, performing compressive and flexural strength tests. The methodology was applied type, it has an experimental design (quasi-experimental), it is also a mixed approach research, the sample for this study was 60 specimens. The bacteria bacillus subtilis was used where it was encapsulated in expanded clay replacing a percentage of the coarse aggregate and impregnating the bacteria solution with percentages of bacterial solution at 5, 10 and 15% plus its nutrient calcium lactate, from which it was determined that the concentration at 15% improves in the resistance to compression because at 28 days it reached a resistance of 248 kg/cm<sup>2</sup> , however in the resistance to flexion it decreased, since that of the conventional concrete was of 49.64 kg/cm<sup>2</sup> and that of the self-repairing concrete with 15% bacterial concentration was 47.64 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Self-repairing concrete, Expanded clay, indirect method, Bacillus

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia a medida que avanza la tecnología el concreto va mejorando su desempeño. Existen muchas obras en todo el mundo que utilizan el concreto como elemento principal que constituye una edificación (Farfán et al, 2021). En la Universidad Tecnológica de Delft, se está estudiando el manejo de microorganismos como bacterias en el concreto para utilizar el proceso de precipitación microbiana inducida (MIP) para mejorar la capacidad de reparación.

Es importante conocer este tipo de alternativas biotecnológicas en el ambiente de la construcción, pues hace uso de los sistemas naturales como mezclarse entre procesos biológicos y tecnológicos dentro de un área de investigación. Se investiga el uso de microorganismos como bacterias, hongos y algas para mejorar las propiedades de materiales convencionales como el concreto, creando nuevos materiales de construcción con propiedades similares a los materiales existentes con la ventaja de que el proceso de producción es más sostenible, e incorporando algunos de estos microbios a nuevos sistemas de construcción que aporten componentes. La principal ventaja que ofrece el uso del concreto autorreparable en las estructuras y edificios actuales es la 'regeneración automática', pero también ofrece una resistencia a la compresión particularmente alta y una baja permeabilidad. Actualmente la mayoría de edificaciones en sus estructuras presentan patologías como las diferentes fisuras, grietas o fracturas clasificadas de acuerdo a su espesor esto se produce porque oxígeno, el agua, los cloruros y otras sustancias agresivas pueden atravesarlos y afectar negativamente a su estética, durabilidad y propiedades estructurales, consecuencia de errores de diseño o planeación, mala calidad de mano de obra, también uno de los factores son las vibraciones, ya que somos un país altamente sísmico porque estamos dentro del cinturón de fuego del océano Pacífico, reparar este tipo de problemas suele ser costoso por ende el concreto autorreparable puede resultar beneficioso y sostenible pues trabaja de la mano con el medio ambiente, convirtiéndose en una alternativa biotecnológica pues en su proceso de elaboración el cemento tradicional se mezcla con cepas bacterianas microscópicas y nutrientes que al combinarse con agua, estas bacterias se activan, se alimentan de calcio y sellan las grietas que se forman en su interior. La vida útil y la protección de los refuerzos internos se incrementan

significativamente, ahorrando costos y aumentando la rentabilidad de la construcción. Una vez expuesta la realidad problemática, nace el **problema general** ¿Cómo evaluar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como Alternativa Biotecnológica en el departamento de Piura, Perú?, así mismo se ha planteado los **problemas específicos** siguientes: ¿De qué manera seleccionar las bacterias más utilizadas y que producen carbonato de calcio en el concreto a través del método de incorporación indirecto?; ¿Cómo determinar las características de los agregados para la eficiente dosificación del concreto autorreparable ?; ¿de qué determinar la dosificación del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas a través del método indirecto ? y ¿Cómo analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas con el método indirecto, realizando ensayos de resistencia a compresión y a flexión? .

Como **justificación** del siguiente proyecto tenemos, hoy en día se busca estructuras de concreto resistentes que tengan mayor tiempo de calidad de vida útil, sin embargo con el pasar del tiempo el concreto suele fisurarse por diferentes factores como antes mencionados que requerirá trabajos de mantenimiento, pero estos mayormente son costosos pero existe una alternativa biotecnológica como la del concreto autorreparable, este es un material capaz de sellar o reparar las fisuras, ya que contiene bacterias de la especie Bacillus entre las más eficiente la Subtilis, Cohni, Cereus, etc. estas al ser adicionadas al concreto convencional realizan el proceso de precipitación de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) , entonces así las fisuras pueden ser reducidas y controladas cuando recién aparecen inicialmente pues la mínima gota de agua que ingresa a través de ellas las bacterias se activarán de tal manera evitando gastos de mantenimiento. Además, es importante conocer esta alternativa biotecnológica pues es un material innovador que va permitir la evolución de la construcción obteniendo estructuras seguras y de calidad para un mejor desarrollo de la sociedad y desde la perspectiva del medio ambiente al disminuir los trabajos de mantenimientos con mezcla de concreto en estructuras reducirá la producción de sus insumos que generan contaminación entre ellos el cemento a pesar que representa el 10-15% del peso de ese componente genera impacto ambiental porque su producción genera emisiones de dióxido de carbono (Mohammed A., Khalaf; Cheah Chee, Ban; Mahyuddin, Ramli, 2019). En general,

la prevención del agrietamiento prematuro es muy deseable y rentable para prolongar de forma sostenible la vida útil de las estructuras de concreto.

Este proyecto de investigación formuló como **objetivo general**, OG. Evaluar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú. Por otra parte, nace los objetivos específicos, entre ellos tenemos OE 1: Seleccionar las bacterias más utilizadas y que produzcan carbonato de calcio incorporadas al concreto a través del método indirecto; OE 2: Caracterizar los agregados para la eficiente dosificación de concreto autorreparable. OE 3: Determinar la dosificación del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas a través del método indirecto. OE 4: Analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas con el método indirecto, realizando ensayos de resistencia a compresión y a flexión. En base a la realidad problemática se formuló la siguiente **hipótesis general**: si se evalúa la eficiencia mecánica del concreto autorreparable será una alternativa Biotecnológica eficaz en el departamento de Piura, Perú, además tenemos las siguientes hipótesis específicas como si se realiza un análisis documental de diferentes artículos se seleccionara las bacteria más utilizada y precipitadora de carbonato de calcio incorporada al concreto a través del método indirecto, al caracterizar cada uno de los agregados se realizara una eficiente dosificación de concreto autorreparable; si se realiza pruebas de resistencia a la compresión , se determinará la mejora del comportamiento mecánico del concreto autorreparable, por ultimo al realizar ensayos a la flexión para analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable se determinó que esta aumenta.

## II. MARCO TEÓRICO.

El siguiente proyecto de investigación presenta un recorrido cronológico, tenemos como antecedentes nacionales a Estrada (2023) en su tesis de grado titulada **“Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas en la ciudad de Lima – 2019”**, cuyo objetivo general fue disminuir los impactos ambientales haciendo uso del concreto vivo. Su metodología de la investigación fue de campo y experimental. En sus resultados obtuvo que el concreto vivo logra mitigar un 90 % los impactos ambientales negativos, además su resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> es mayor que la resistencia de su diseño, reparar grietas que tienden a disminuir un ancho de 0.20 mm por mes y con referente a su costo por m<sup>3</sup> fue de S/. 1604.69 por ende el autor concluye que el concreto vivo es viable en el uso de las construcciones de gran envergadura en Lima. La siguiente investigación afirma que el concreto a base de bacterias, son las encargadas de rellenar las grietas con calcita sin usar aditivos químicos, de esta manera convirtiéndolo en un concreto sostenible, ya que busca reducir el impacto ambiental pues genera porcentajes mínimos de gases contaminantes. Por otra parte, el autor Tunque (2021) afirma en su tesis titulada **“Bacterias alcalófilas en la auto reparación de fisuras en concretos sostenibles”** de la universidad nacional del Centro de Perú, tuvo como objetivo general estudiar la bacteria Bacillus Choni que se caracteriza por desarrollarse en ambientes con valores de pH, comprendidos entre 8.5 y 11, por ende, tiende a auto curarse las grietas en el concreto. El método de su proyecto para obtener valores para analizar el concreto alterado por bacterias comprende determinar cada una de las características de los agregados, dosificación del concreto, pruebas en estado fresco y también en estado endurecido como fuerza a la compresión. Realizó diferentes muestras de cultivo para el crecimiento de la bacteria y determinó que el medio más productivo es MC02, después lo incorporo la bacteria a través del método indirecto es decir encapsularlas en perlita expandida reemplazando el 50 % del agregado fino. Por último, obtuvo como resultado que el concreto reparo anchos de grietas hasta de 0.30 mm y restaura la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 80.9%, manteniendo las propiedades de bombeabilidad.

Así mismo en cuanto a los antecedentes internacionales tenemos a Jonkers (2021), "***Bacteria-based self-healing concrete***". (Artículo Científico). Revista In-Genium). Según esta investigación la capacidad de curación de grietas de ciertos aditivos bioquímicos, que consisten en una mezcla de bacterias vivas pero inactivas y compuestos orgánicos encapsulados en partículas porosas de arcilla expandida (LWA), promueve la curación de grietas en el concreto bacteriano. Se produce mediante la conversión metabólica del lactato de calcio. Carbonato de calcio, sella grietas. Para realizar el proceso de encapsulado de  $5 \times 10^7$  esporas  $\text{dm}^{-3}$  donde reemplazó el 50 % del volumen total del agregado de las muestras que elaboró por partículas de arcilla expandida, obteniendo como resultados disminución en su resistencia a los 28 días, sin embargo el sellado de fisuras de los especímenes fue eficiente en las partículas de arcilla expandida que contenía alta carga de bacteria y su nutriente (lactato de calcio). Concluyó que en definitiva que la arcilla expandida, partícula porosa es como depósito o inmovilizador de bacteria desarrollando eficientemente la reparación al 100% de grietas; es una solución biológica en comparación con los químicos resulta ser una alternativa sostenible pues llega a partes concretas de una construcción que difícilmente no llegaron agentes curativos a base de cemento, pero antes de su aplicación a la práctica se debe optimizar con referente al costo y reducir las consecuencias en la resistencia. El siguiente autor antes mencionado es una de los primeros investigadores en descubrir el concreto autorreparable en el Centro de Materiales de Delft en la Universidad Tecnológica de Delft. Cabe recalcar que para lograr la eficiencia del concreto autorreparable es importante la viabilidad de las bacterias dentro del concreto, según los siguientes autores Han et al. (2019), en su investigación titulada "***Efficacy of expanded clay as a carrier of bacteria for self-healing concrete***". (Artículo Científico). Revista Applied Biological Chemistry, USA. Afirman que la Arcilla expandida (EC) como medio para proteger bacterias (*Lysinibacillus boronitolerans* YS11) de ambientes hostiles durante el proceso. En su estudio, los autores encontraron que las bacterias CD eran muy activas en la generación de  $\text{CaCO}_3$  dentro del GE. Finalmente, sus resultados experimentales sugieren que EC puede ser un portador bacteriano adecuado para el hormigón autorreparador además las bacterias fácilmente se acomodaron a la matriz de la arcilla expandida pues lo observo en el SEM (microscopia electrónica de barrido).

De la misma manera Parraguez (2018), en su tesis titulada “Estudio sobre el rendimiento de bacterias como agente de auto-reparación en el hormigón bajo diferentes condiciones de temperatura y tipo de cemento”, tiene como objetivo investigar acerca el efecto de la temperatura y tipo de cemento utilizado en la matriz de hormigón con la incorporación de la bacteria *Bacillus pseudofirmus* en una concentración de  $3.53 \times 10^8$  cel./ml para el proceso de sellado de fisuras. Utilizo un estudio aplicado y diseño experimental, realizo ensayos en muestras tipo cilíndricas y prismáticas para analizar el proceso de autosellado, de la cual obtuvo como resultados que la bacteria repara el 100% a los 23 °C de las fisuras hasta 0.38 mm de espesor. Referente a los ensayos a de resistencia a la compresión obtuvo una reducción de 0.49 % para el concreto a base de bacterias y las muestras que tenían concreto más lactato de calcio disminuyeron 3.31%. Por último, concluyo que la temperatura influye en la autocuración del concreto ya sea por el concreto a base de bacterias o una reparación autógena, además en cuanto a sus propiedades mecánicas el bioconcreto tiene buen desenvolvimiento pues si efectivamente se redujo, pero en poco porcentaje.

También Hongyin Xu et al. (2019). “**Self-Healing Concrete Using Rubber Particles to Immobilize Bacterial Spores**”. (Artículo Científico). Materials, Suiza. Los autores manifiestan la posibilidad de utilizar partículas de caucho como nuevos portadores bacterianos en concretos autorregenerable. Crearon dos tipos de concreto autorreparable a base de la bacteria de tipo aerolítico, *Sporosarcina pasteurii* ATCC11859 y partículas de caucho de diferentes tamaños y evaluaron su capacidad de curación. De acuerdo con sus resultados experimentales, el hormigón de caucho autorreparable con un tamaño de grano de 1 a 3 mm tiene una mejor capacidad de curado que el hormigón de caucho autorreparable con un tamaño de grano de 0,2 a 0,4 mm, y el ancho de fisura del hormigón completamente hormigón curado es de 0.86 mm. Zamba, D. D. et al., (2023): “**Experimental Investigation on Self-Healing Efficiency of Mortar with *Bacillus subtilis* and *Bacillus cereus***”. (Artículo Científico). *Advances in Materials Science and Engineering, USA*. Nos hablan acerca de la eficacia de autocuración de dos bacterias diferentes, en este artículo examinaron experimentalmente *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus* agregados al mortero. Se introdujeron grietas artificiales en el mortero para llevar a



cabo esta investigación. Los resultados de sus pruebas mostraron que el mortero que contenía bacterias era más fuerte y duradero que la mezcla de control. Las muestras de mortero que contenían las bacterias *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus* mostraron aumentos de 17,29% y 11,31% en la resistencia a la flexión, aumentos de 17,77% y 12,84% en la resistencia a la flexión y disminuciones de 34,48% en la resistencia a la compresión y absorción de agua en 26,43%, respectivamente, se observaron después de 28 días en muestras de mortero que contenían bacterias, *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus*.

Uddin, M.N et al. (2023): “**Smart self-healing bacterial concrete for sustainable goal. (Artículo Científico)**. Innov. Infrastruct”. Solut, Suiza. El objetivo principal de este artículo es centrarse en mejorar el rendimiento de la durabilidad mediante el uso de diferentes nutrientes y bacterias en el concreto autorreparable, de esta manera brindar una descripción general de las investigaciones actuales y mejorar los resultados para futuras investigaciones. Esta revisión se realizó para crear una base de datos extensa de bacterias que afectan la autocuración del concreto desde 2008 hasta el 2022. Después de realizar la revisión de varios artículos, los autores concluyeron que las capacidades de autorreparación de especies de *Bacillus* como *B. subtilis*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus Licheniformis*, *Bacillus megaterium* y *B. Pasturii* mejoran la durabilidad del concreto.

Yamasamit, et al. (2023): “**Effect of Bacillus subtilis on mechanical and self-healing properties in mortar with different crack widths and curing conditions**”. (Artículo Científico). Reino Unido, Sostiene como objetivo de este estudio investigar la eficacia de *Bacillus subtilis* en la autocuración de grietas en el concreto y mejorar la resistencia del concreto mediante la precipitación de carbonato de calcio inducida por microbios (MICP). En los resultados afirma que el concreto autorreparable obtuvo aumento de porcentajes en las diferentes propiedades mecánicas como 7 a 8.9% en la resistencia a la compresión, un 7,4 a 13.33% en la resistencia a la tracción por hendimiento, un 4.7 a 7 % en la resistencia a la flexión y en absorción una disminución de 75 %. El micro encapsulado tiene gran influencia en comparación con concreto convencional pues resulta ser eficiente y mejora sus propiedades además *B. subtilis* durante el proceso de precipitación de carbonato de calcio inducida por microbios (MICP) es capaz

reparar las grietas, pues el proceso de curado las grietas se rellenan con minerales de carbonato de calcio visibles. La auto curación de grietas según este estudio se realizó completa a los 28 días pues el ancho máximo que se reparó fue 1mm y también fisuras más pequeñas de 0.3 a 0.5 mm, realizó un análisis de la superficie de grieta con un proceso microscopio y en la precipitación indicada. Sarkar et al. (2023): “**Bio-concrete: Unveiling self-healing properties beyond crack-sealing**”. (Artículo de Investigación). Journal of Building Engineering, Países Bajos. La siguiente investigación concluyó que el concreto autorreparable a base de la bacteria *Bacillus cohnii*, en su producción de calcita influye principalmente en la resistencia, mientras que los hallazgos experimentales muestran que la producción de carbonato de calcio de 5,8 a 6,3 % en peso aumenta la resistencia a la compresión del concreto autorreparable en un 40 a 60 % en comparación con el concreto de referencia. El sellado completo al 60 % de grietas de 0,02 a 2 mm de ancho. El autor concluye que la bacteria *Bacillus cohnii* reduce la porosidad por lo tanto el sellado de grietas intensifica la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto validando la autocuración en lugar de solo sellar las grietas.

Khaliq y Basit. (2016): “**Crack healing in concrete using various bio influenced self-healing techniques**”. (Artículo Científico). Construction and Building Materials. Islamabad, Pakistán. Los investigadores desarrollaron el método de curación de grietas, donde utilizaron el microorganismo *Bacillus subtilis* en una concentración bacteriana al  $2,8 \times 10^8$  células/ml, la incorporaron al concreto de forma directa así como también indirectamente a través de portadores como agregados livianos (arcilla expandida) y nano-plaquetas de grafito, además como nutriente utilizaron el lactato de calcio como nutriente, elaboraron muestras para medir la curación de grietas y comparar los cambios en la resistencia a la compresión. Como resultado las bacterias que se introdujeron con un inmovilizador en nanoplacas de grafito fueron más efectivas en las muestras prefisuradas a 3 y 7 días y las bacterias inmovilizadas en agregado liviano (arcilla expandida) fueron más efectivas en muestras prefisuradas a los 14 y 28 días, además las pruebas de concreto con arcilla expandida mejoraron en 12 % en la resistencia a la compresión. Asi como tambien 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***". (Artículo Científico). Construction and Building Materials, Reino Unido. Evaluó el uso de fibras naturales como el coco, el lino y el yute que se utilizan especialmente como portadores de esporas bacterianas para la autorreparación. Para este propósito, se agregaron al concreto tres especies de bacterias precipitadores de calcita como *Bacillus subtilis* KCTC-3135 T, *Bacillus Cohnii* NCCP-666 y *Bacillus sphaericus* NCCP-313, como nutriente orgánico el lactato de calcio pentahidratado y urea en el concreto. Las fibras de lino brindan protección adicional contra las bacterias y promueven la curación y recuperación de grietas. Como resultados se obtuvo que las fibras de coco generan o incrementan la resistencia a la compresión. También, *B. sphaericus* NCCP-313 también segrega carbonato de calcio uniformemente a lo largo de toda la longitud de las grietas del hormigón como agente endurecedor. Como resultado, las bacterias inmovilizadas en fibra lograron tasas de curación de aproximadamente 75-85 % y 60-65 %, respectivamente. Resultados de muestras pre fisuradas después de 7 y 28 días. Según Gómez y Medina (2021), en su tesis de grado titulada "**Bases teóricas para la implementación del concreto autorreparable en laboratorios de enseñanza superior**", tiene como objetivo describir cada una de los parámetros para estudios que deseen poner en práctica la evaluación del concreto autorreparable en Colombia, realizaron una revisión de alrededor 35 artículos acerca de las bacterias más usualmente empleadas y el autor concluyo que la bacteria *Bacillus Subtilis* con un 23 % de todos los artículos es la más empleada en el concreto autorreparable, ya que destaca por su alta capacidad de autosellado y mejora la resistencia a la compresión.

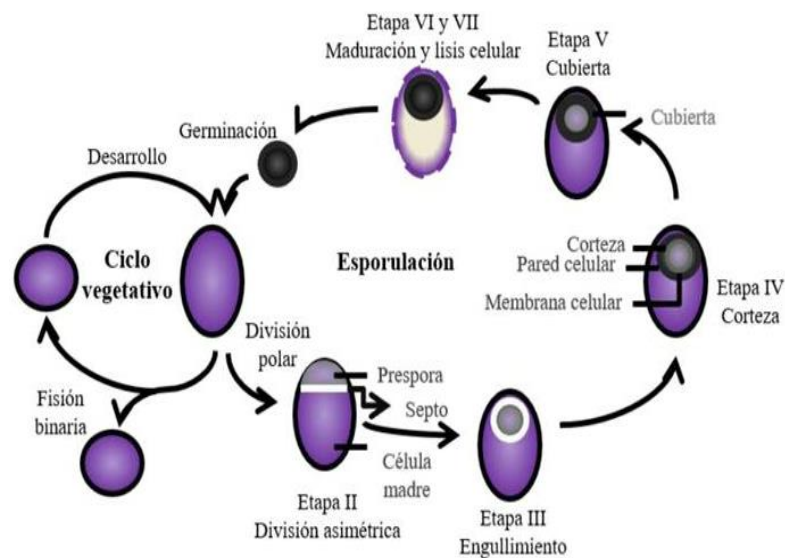
Como **bases conceptuales** referente a la importancia de la **biotecnología** pues es un amplio campo del conocimiento moderno que combina la biología y la ingeniería de maneras innovadoras, cuando se aplica a organismos vivos, sus tejidos, células o partes, otorga diferentes beneficios permite crear nuevos conocimientos y la mejora de materiales convencionales. En el área de la construcción las investigaciones referentes a la biotecnología son escasas por ende es fundamental promoverlas, esta es una rama que debe ser estudiada a fondo pues otorga diferentes beneficios al medio ambiente y generaría una construcción sostenible, entre las investigaciones recientes sobre la biotecnología, está el hormigón

procedente de Cuba, producido mediante un proceso de fermentación microbiana y que contiene aditivos biológicos con propiedades plastificantes, han comprobado que puede ser una alternativa viable en comparación con aditivos químicos además también tenemos el hormigón biotecnológico, este crea una sustancia que recubre superficies metálicas en forma de gel que incorpora varios microorganismos que pueden resistir a la corrosión; la biotecnología en vías, uno de los problemas en las ciudades es la falta de iluminación pero existen poblaciones de algas unicelulares y bacterias bioluminiscentes para estudiar prototipos que puedan emitir luz sin consumir electricidad. Por último en lo que se centra esta investigación es en el concreto autorreparable según Linzan, et al. (2021) nos dice que consiste en el uso de bacterias específicamente las del género *Bacillus* junto a diferentes nutrientes a base de calcio como el lactato de calcio más fósforo y nitrógeno, esta bacteria puede permanecer inerte hasta 200 años de tal manera cuando se produce una fisura, la humedad activa las esporas de las bacterias genéticamente modificadas, empiezan a alimentarse de lactato de calcio junto con nutrientes y agua, segregando piedra caliza insoluble y solidificando el en la superficie del grieta hasta que quede sellado, estas tienen la capacidad de sobrevivir en una atmósfera altamente alcalina.

Por **parte biológica** las bacterias del género *Bacillus* fue descubierta por primera vez por Cohn en 1872, esta bacteria es productora de endosporas capaces de resistir altas temperaturas, además son filo Firmicutes; Clase Bacillales y familia Bacillaceae, consta de 336 especies de acuerdo a su similitud genética y se caracterizan por ser aerobias, su tipo es Gram positivas, tienen estructura basilar, se desplazan a través de flagelos, su tamaño suele variar entre 0.5 y 10  $\mu\text{m}$ , desarrollan su crecimiento en temperaturas de 30 a 45  $^{\circ}\text{C}$  (Villareal Delgado, y otros, 2018). Según los resultados de diversos estudios, la inclusión de diversos grupos de bacterias del género *Bacillus*, como *B. subtilis*, *B. cohnii*, *B. pasturii*, *B. pseudofirmus* y *B. megaterium*, tiene un efecto significativo en la cicatrización de grietas pues fue mostrado en diferentes concentraciones de células/ml de tal manera mejorando las propiedades del concreto como la resistencia a la compresión, flexión y tracción, ya que pueden tolerar niveles de pH cercanos a 12 como el del concreto.

Las bacterias del género *Bacillus* poseen el proceso biológico fundamental, la **formación de endospora** como se puede apreciar en la (Figura 1) en el ciclo vegetativo es decir la primera etapa, la célula está en crecimiento de forma exponencial mediante la fisión binaria esta etapa no se reconoce como tal, ya que la duplicación del cromosoma lo llevan a cabo tanto las células vegetativas como las que inician la esporulación después, en la etapa 2 la bacteria percibe diferentes cambios drásticos como altos Ph , temperatura, salinidad o escasez de nutrientes entre otros, esto causa la formación de endosporas que desarrollan divisiones celulares asimétricas creando dos comportamientos; la célula madre y la prespora que realiza el proceso de engullimiento, sufriendo cambios ocasionando su madurez. Durante la etapa de madurez la prespora crea una corteza y una cubierta adicional de la cual contiene componente proteico, peptidoglicano y una pared subyacente, formada por células germinales. Finalmente, la célula muere por lisis y se libera la espora (Montilla, 2023).

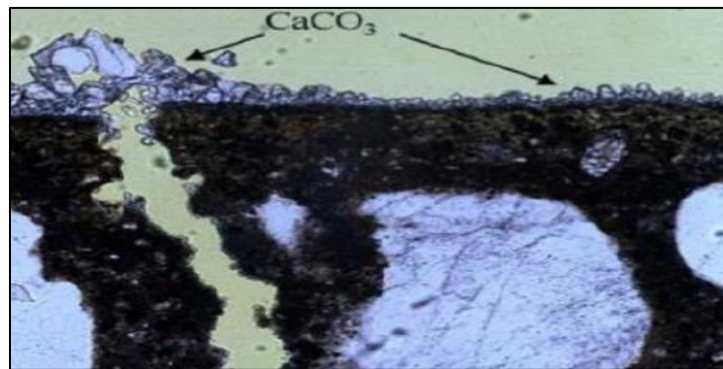
**Figura 1** Representación del proceso de esporulación en el género *Bacillus*.



**Fuente:** *Bacillus* spp. en aplicaciones agrícolas (Montilla, 2023).

Además estas bacterias realizan el **proceso de biomineralización** bacteriana para sellar grietas en el concreto, según (Cuadros Portales, y otros, 2019), pues tienen la capacidad de precipitar carbonatos mediante la formación de ácidos orgánicos los cuales se forman al interactuar con moléculas de agua al momento de entrar al contacto con fuentes de nutrientes que contengan calcio para la formación de  $\text{CaCO}_3$  (Carbonato de calcio), en esta investigación se usó como fuente de nutrición el **lactato de calcio**, pues es una sal que produce al combinar ácido láctico y  $\text{CaCO}_3$ , su producción es de forma natural (Parraguez, 2018). Así como también afirman (Vijay y Meena, 2020) que el lactato de calcio al agregarlo externamente como fuente adicional de calcio en el concreto bacteriana mejora la resistencia a la compresión y la capacidad de autocuración de las fisuras.

**Figura 2** Segregación de calcita en superficies de Microfisuras.



**Fuente:** Parraguez Macaya, 2018.

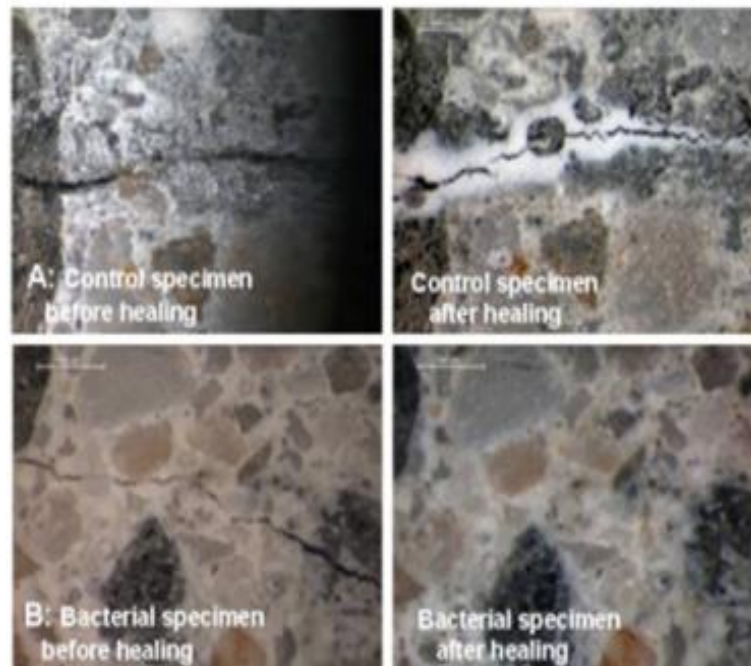
Existen diferentes **sistemas de reparación** de grietas, como por ejemplo el mortero de concreto que es colocado en la superficie dañada, pero a veces no es suficiente, ya que necesita de pasadores de metal para asegurar que no se caiga, la mayoría de reparaciones tradicionales suele tener desventajas como diferente coeficiente de expansión térmica en comparación con el concreto, también requieren de tiempo y son costosas, pero gracias al proceso de precipitación de calcita de base biológica se convierte en una alternativa biotecnológica y sostenible (Rohini y Dr. R. Padmapriya, 2018). Por otro lado, hay que destacar como parte de la microbiología el **crecimiento bacteriano** es un sistema biológico que cuando las células de microorganismos se multiplican por fisión binaria, es decir la bacteria se divide, la célula madre cuando alcanza su volumen máximo se divide en dos células

hijas. El proceso de fisión binaria corresponde a la autorreplicación del material genético, de modo que este, se distribuye en dos células hijas separadas por la obstrucción de la membrana celular y la pared celular. Pero también hay que tener en cuenta de que forma la bacteria desarrolla su crecimiento por medio del **aislamiento e identificación de microorganismos de la bacteria**, Se realiza a través de cultivo microbiano, en el cual se realiza la siembra y luego se incuba para desarrollar su crecimiento, muchas veces utilizando diferentes métodos de cultivo microbiano, tanto en forma líquida como en caldo y solidificado con gelatina, estos tienen una gran influencia, porque permiten la implementación de auto- Materiales curativos, mejorando o reduciendo la eficiencia del proceso de reparación automática.(Gómez Nova, y otros, 2021). El recuento en placas, es un método que permite determinar el número de células microbianas en crecimiento, presentes en el cultivo bacteriano. Cuando la concentración bacteriana es mínima, la muestra se filtra a través de una membrana y se entrega al medio en una placa de Petri. Los microorganismos retenidos dentro de la membrana forman colonias y pueden cuantificarse. Para concentraciones más altas, realice diluciones en serie del orden de 1:10 para lograr una dilución de  $10^{-7}$  o superior. Cuando se siembran pequeñas alícuotas de estas diluciones en un medio de cultivo, las bacterias se desarrollan y forman colonias (Sanchez, Vergara y Polo, 2017).

Referente a los **métodos de incorporación de la bacteria al concreto** existen dos métodos, el **directo** que consiste en aplicar la bacteria sin ningún agente inmovilizador, pero si con alguna fuente de calcio para que realice el proceso de precipitación de calcita como lactato de calcio, acetato de calcio, etc. Por otra parte, el método **indirecto** es la encapsulación, es decir la bacteria se incorporará al concreto mediante cápsulas y de esta forma proteger a la bacteria del aplastamiento durante el proceso del mezclado, además del ambiente hostil del concreto. Según (Pacheco et al, 2022) la **encapsulación de soluciones bacterianas** corresponde a la impregnación en agregados ligeros y porosos como arcilla expandida, perlita expandida entre otros, de tal manera se liberan los agentes bacterianos cicatrizantes por rotura de cápsulas y se penetran en las fisuras por capilaridad. En el siguiente proyecto se usó el método indirecto donde se encapsulo la solución bacteriana más nutriente lactato de calcio en la **arcilla expandida** de

4-8 mm, esto incrementa la vida útil de la bacteria dentro del concreto permitiendo su recuperación y mayor durabilidad de estructuras que tengan presentes fisuras como se observa en la imagen.

**Figura 3:** Autorreparación de fisura con el método indirecto encapsulación a través de LECA (Arcilla expandida) más Lactato de calcio.

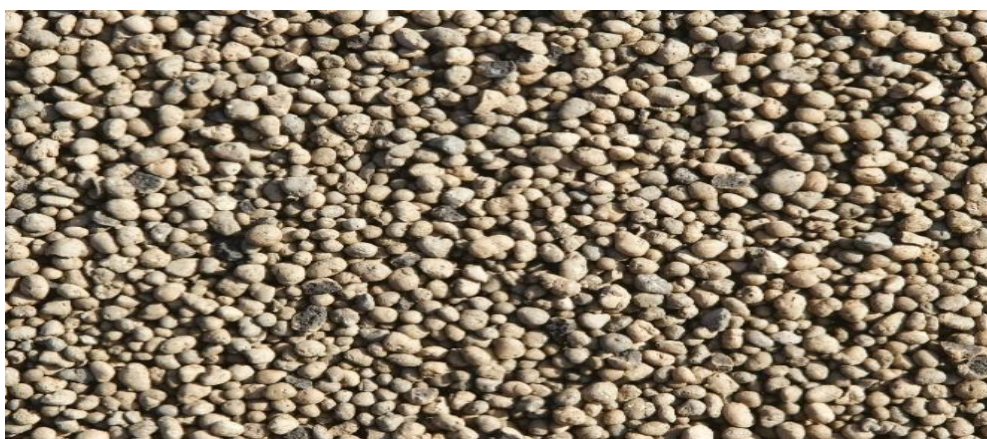


**Fuente:** JONKERS, 2021

La **arcilla expandida como agregado grueso** es un material de origen artificial producido industrialmente con propiedades aislantes, la producción de este producto es arcilla pura obtenida de canteras al aire libre, después de ser procesada se obtienen áridos duros y redondos y de alta porosidad. Su alta resistencia lo hace apto para su uso tanto en morteros aislantes ultraligeros como concretos ligeros de altas prestaciones. La expansión de la arcilla se produce por choque térmico a 1200 °C en un horno rotatorio (Cohanqui, 2019). Según la norma ASTM C567, un agregado liviano en el concreto tiene una densidad de equilibrio entre 1440 y 1840 Kg/m<sup>3</sup>. Las arcillas expandidas térmicamente (AET) se caracterizan por ser partículas esféricas o irregulares con un recubrimiento externo sinterizado, a veces con una superficie externa brillante, cerrada, ligeramente porosa, preferiblemente vidriada, en la parte interior del árido es de color negro calcinado.



**Figura 4** Arcilla Expandida, un material ligero



**Fuente:** Laterlite (<https://www.laterlite.es/el-grupo/que-es-la-arcilla-expandida/propiedades/>)

El **concreto** en el ámbito de la construcción es el material con mucha demanda alrededor del mundo, resulta de una mezcla compuesta por cemento, agregados y aditivos de ser necesario. A continuación, se describe. El **cemento**, es un material cohesivo y adhesivo que permite que los fragmentos minerales se unan para formar cuerpos compactados. Hay dos tipos de cemento: arcilla y puzolana. El ácido puzolánico se forma a partir de puzolana (silicato de aluminio) y se usa más comúnmente en arquitectura. El **agua**, es uno de los materiales que al adherirse al cemento permite que el concreto fragüe y manejabilidad de la mezcla, para obtener un componente altamente resistente en conjunto con los áridos. Los **aditivos** se utilizan para estabilizar la hidratación tiene una tecnología que tiene como fin, mantener la hidratación en el cemento, permitiendo que el cemento permanezca en estado plastificante durante mayor cantidad de tiempo. Los **agregados** como fino y grueso, ocupan un 70-75% del concreto. Las **propiedades físicas de los agregados**, las cuales se detallan en la Tabla 2. Influyen de manera radical en las propiedades del concreto, ya que si el concreto responde eficientemente confieren a la durabilidad, resistencia y estabilidad. Además, aportan el mayor porcentaje en la mezcla del concreto por ende previo a realizar el diseño de mezcla, se debe realizar conjunto de pruebas para determinar sus características apropiadas para un eficiente desempeño en el concreto.

**Tabla 1** Descripción de las propiedades físicas de los agregados grueso y fino.

---

Peso Unitario	Relación entre el peso de las partículas de los agregados y el volumen total, incluidos los vacíos.
Peso Específico	Resulta de la división del peso correspondiente °a peso de su volumen absoluto.
Porcentaje de Vacíos	Es la medida del volumen expresado en porcentajes de espacios entre partículas del agregado, También depende de la disposición entre partículas, por lo que su valor es relativo, como ocurre con los pesos unitarios.
Absorción:	Es el aumento de la masa del agregado por consecuencia de la impregnación de agua en los poros de las partículas.
Porosidad	Fracción de huecos o vacíos de las partículas de los agregados.
Condiciones de saturación	Los áridos pueden pasar por estados de seco, parcialmente saturado, saturado, superficialmente seco o húmedo, dependiendo del nivel de absorción de las partículas. Para los áridos pétreos, el nivel de absorción oscila aproximadamente entre el 0% y el 5% del normal peso corporal.
Humedad	Es el agua presente de manera superficial en los fragmentos de los agregados que además aumenta su peso en un momento dado.
Granulometría	Es la distribución del tamaño de las partículas que forman un aglomerado.

---

**Fuente:** Arévalo y López, 2020.

La influencia de las bacterias del género Bacillus en las propiedades físicas del concreto en estado fresco presenta alteraciones en los porcentajes de absorción y en estado endurecido la incorporación de estos microorganismos beneficia al concreto durante su funcionamiento, ya que cuando hay precipitaciones los compuestos químicos de la lluvia, no afecta a las bacterias por lo tanto el concreto no tiene intrusión de agua, cuando se da la permeabilidad en el concreto la bacteria va autorreparando las fisuras (Alvarado y Alejandra,2023). El **Diseño de mezcla por el método ACI 211.1**, es un procedimiento desarrollado por el comité 211 del ACI (American Concrete Institute), para calcular las cantidades relativas de material a utilizar en la mezcla de concreto eficiente en una unidad cúbica basándose en diferentes tablas definidas, esta se elaborará en base a los ensayos previamente realizados. El procedimiento de manera simplificada es la siguiente en primer lugar se define la resistencia requerida, después se define el TMN(tamaño máximo nominal) del agregado , luego la selección del Slump, de acuerdo a TMN se selecciona el contenido de aire atrapado de acuerdo si es concreto con aire incorporado o no, luego se prosigue a determinar el volumen de agua con el Slump seleccionado anteriormente y el TMN, con ese dato se define la relación A/C, con el agua que determine anteriormente se calcula la cantidad de cemento, la cantidad de agregado grueso y fino de ahí se corrige por ajustes por humedad el peso de los agregados

Las **fisuras** en el concreto son uno de los indicadores patológicos más importantes del desempeño en servicio de las estructuras de concreto. No son más que fisuras que aparecen en el concreto por la aparición de fuerzas que superan la resistencia del material. Existen dos tipos de fisuración según el tiempo de aparición como fisuración en estado plástico, se presenta por dos características: por contracción plástica que puede presentarse en dos ámbitos contracción hidráulica (previas al fraguado final) y las de mapeo superficial, estas fisuras son comunes en losas y pisos; por deficiencias o descuidos en las construcciones esto produce asentamiento plástico, contracción por secado y contracción por carbonatación. Las fisuras en estado sólido pueden ser causadas por movimientos repentinos que provocan contracción térmica, endurecimiento del acero de refuerzo y reacción alcalosis-árido. Debido a influencias mecánicas como compresión, tensión, flexión,

cizallamiento o rayado entre otros factores que llegan a causar fisuras en los edificios incluyen defectos de diseño e interiores y métodos de construcción deficientes.

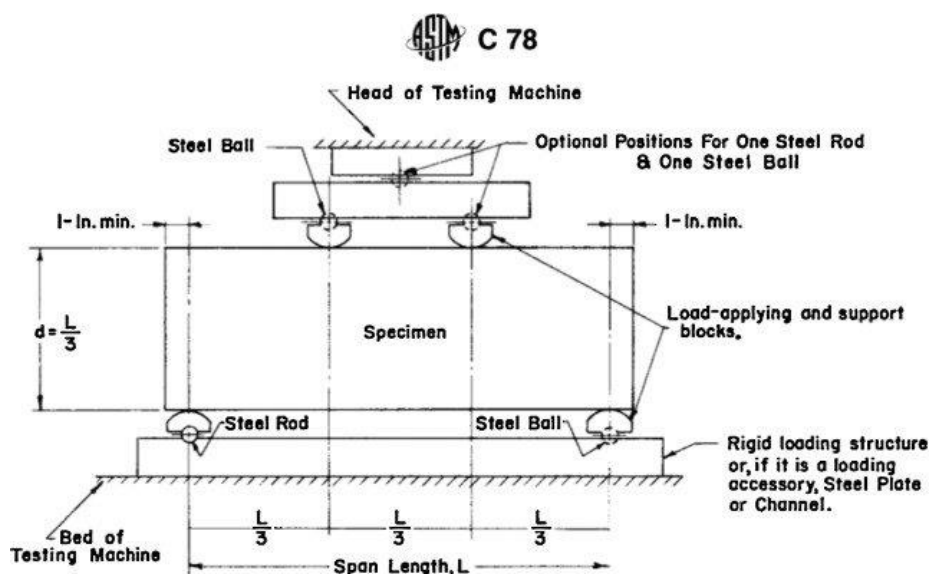
**Tabla 2** Clasificación de fisuras y grietas.

Clasificación por ancho (e)		Nivel de repercusión en la estructura
Microfisuras	$e < 0.005 \text{ mm}$	Nivel muy bajo
Fisuras	$0.1 < e < 0.2 \text{ mm}$	Nivel Bajo.
Macrofisura	$0.2 < e < 0.4 \text{ mm}$	Nivel moderado
Grietas	$0.4 < e < 1.0 \text{ mm}$	Nivel alto
	$e > 1.0 \text{ mm}$	Nivel muy alto

**Fuente:** Sotomayor, (2020)

Los **ensayos** para determinar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable son la resistencia a la comprensión, se realizan según la NTP 339.034:2008, ASTM C39, es la capacidad de carga por unidad de área y se expresa en términos de tensión interna (esfuerzo) Kg/cm<sup>2</sup>, Mpa o Psi. Los factores que afectan la resistencia a la comprensión del concreto por lo general son la relación a/c, tipo de cemento, agregado y el incumplimiento de los tiempos de curado, por otra parte, la resistencia a la flexión, en comparación con la resistencia a la comprensión, esta suele ser mucho más baja (Arévalo y Lopes, 2020). La resistencia a la flexión se realiza según la norma ASTM C78 y NTP 339.078, en espécimen prismáticos (vigas) colocados en la máquina de manera, que la carga sea aplicada sobre los medios de la misma asegurando las fuerzas aplicadas sean perpendiculares a la cara del espécimen obteniendo el módulo de rotura.

**Figura 5** Posición de viga prismática de prueba.



**Fuente:** Norma ASTM C78

Para calcular el módulo de rotura, se debe tener en cuenta:

-Si la fractura está dentro del tercio medio de la longitud entre apoyos se calcula así:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

-Si la fractura sobrepasa en más de 5% del tercio medio de la viga se calcula así:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

- 
- R: Módulo de rotura Mpa (psi)
  - P: Máxima carga aplicada N (bf.)
  - b Luz (Largo de viga expresada en mm)
  - b Ancho promedio de espécimen, en (mm) en la fractura.
  - d: Profundidad promedio del espécimen, en (mm) en la fractura.
  - a: Distancia promedio entre la fractura y el soporte más cercano medido en la superficie de tensión de la viga en (mm).
-

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación aplicada tiene como objetivo producir conocimiento que sea directamente aplicable a los problemas sociales (Lozada, 2014, p. 47). Por ende, el siguiente proyecto es de tipo aplicada, ya que busca resolver problemas en las propiedades mecánicas del concreto a través del él usó nuevas tecnologías asociadas a sistemas naturales como el concreto autorreparable a base de microorganismos bacterianos. Este estudio es diseño experimental (cuasi experimental), debido a que la variable independiente de concreto autorreparable a base de la bacteria, se manipula premeditadamente para evaluar los efectos sobre la variable dependiente eficiencia mecánica, además los grupos permanecen intactos, esto quiere decir que se formaron antes del experimento.

Esta investigación es de enfoque mixta, pues consiste en analizar, recopilar y acoplar investigación cuantitativa y cualitativa acorde a los objetivos, infiriendo en los resultados.

#### 3.2. Variables y operacionalización:

**Variable Independiente:** Concreto Autorreparable a base de bacterias al 5 %, 10% y al 15 %

- **Definición conceptual:** El concreto autorreparable resulta de la adición de microorganismos a la mezcla del concreto convencional que cuando este tenga alguna fisura la bacteria segrega carbonato de calcio por inducción microbiana en consecuencia se reparara (Zamba et al.2023)

- **Definición operacional:** Este procedimiento biotecnológico se evaluó el desarrollo del concreto autorreparable incorporando las bacterias Subtilis al 5 %, 10% y al 15 % obteniendo características de autocuración.

**Variable Dependiente:** Evaluación de la Eficiencia Mecánica

- **Definición conceptual:** La principal propiedad mecánica del concreto es su resistencia, se expresa en términos de tensión y se define como la capacidad de

tolerar una carga superficial.

- **Definición operacional:** Se evaluó la eficiencia cuándo se realizó el proceso de incorporación de porcentajes de bacteria B. Subtilis a la mezcla de concreto (Ossa y Gomez, 2014)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Una población es un conjunto de elementos que contienen rasgos distintivos y específicos que se estudiarán. (Ventura, 2017). La población de este proyecto es 60 espécimen usó probetas cilíndricas y prismáticas.

#### 3.3.2. Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia se tomó ensayos de compresión y flexión en total 60 probetas de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, para el ensayo a compresión se utilizó 36 de las cuales fueron 9 para el concreto patrón, 27 donde se le incorporó la bacteria y 24 probetas prismáticas para el ensayo a flexión de las cuales fueron 6 para el concreto patrón y 18 donde se le incorporó la bacteria.

**Tabla 3** Probetas cilíndricas para ensayos a compresión, se le incorporó la bacteria y el material encapsulador arcilla expandida.

Tipo de molde	Material Indirecto	# De muestras	% de bacteria	Días de rotura	Parcial	Total
Probetas cilíndricas (4"x8")	A través de Arcilla expandida (10 % del A.G.)	3	15%	7	9	
				14		
				28		
		3	10 %	7	9	
				14		
				28		
	3	5%	7	9	27	
			14			
			28			
	3	0%	3	7	9	9
				14		
				28		
			36			

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 4** Probetas prismáticas para ensayos a flexión, se le incorporó la bacteria y el material encapsulador arcilla expandida.

Tipo de molde	Método indirecto	# De espécimen	% de bacteria	Días de rotura	Parcial	Total		
Vigas (0.50x0.15x0.15) m	Arcilla expandida (10 % del A.G.)	2	15%	7	6			
				14				
				28				
		2	10 %	2	10 %	7	6	
						14		
						28		
		2	5%	2	5%	7	6	18
						14		
						28		
		2	0%	2	0%	7	6	6
						14		
						28		
			24					

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.3. Unidad de análisis:

Es el objeto de estudio principal donde se obtiene información para realizar una investigación (Sanches, 2009). Por ende, en el siguiente proyecto la unidad de análisis fue las probetas de concreto de dimensiones de diámetro 4" y altura 8" y las vigas de concreto de dimensiones de 15 cm de ancho x 15 cm de altura x 50cm de largo, de las cuales se le realizó las roturas a los 7, 14,28 días por la prensa hidráulica y se determinó la fuerza a compresión y a flexión donde permitió evaluar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas

Según ARIAS (2012), "Técnica es un método o medio para recopilar ciertos datos y el instrumento es un medio tangible para recopilar y preservar datos de investigación"(p.67).Fundamentalmente se utilizó la técnica de la observación directa, pues a través de la vista se observó, los diferentes procesos durante la elaboración del concreto autorreparable en el laboratorio de suelos y en los ensayos que se llevaron a cabo de acuerdo a la NTP (Norma Técnica Peruana)



y ASTM (;American Society for Testing and Materials); también se hizo uso de la observación indirecta, pues a través de los equipos de los laboratorios de microbiología se observó cada una de las características de la bacteria. Se utilizó la técnica del análisis documental para la selección de la bacteria de acuerdo a sus características y se recolectó los datos en base de fuentes de tesis, estándares, revistas indexadas y artículos académicos.

Las normas en que se basó la siguiente investigación para caracterizar los agregados previos al diseño de mezcla fueron:

- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012:2013)
- Contenido de humedad (NTP 339.185:2013)
- Peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017:2011): (ASTM C-29)
- Peso específico y absorción (400.022:2013) (NTP 400.021:2013)
- Diseño de mezcla (ACI 211.1)

Para la elaboración de mezcla previo se realiza el ensayo de asentamiento (NTP 339.035:2015)

En estado endurecido del concreto se evalúa la eficiencia mecánica con el ensayo de resistencia a la compresión y flexión según las normas:

- Ensayo a la compresión (NTP 339.034:2001, ASTM C39)
- Ensayo a la flexión (ASTM C78 y NTP 339.078)

### **3.3.2. Instrumentos**

- Ficha técnica para ensayos a la compresión
- Ficha técnica para ensayos a la flexión
- Formato de Excel para cálculo muestras cilíndricas y vigas.
- Formato Excel para análisis documental para selección de bacterias.

Los equipos del laboratorio deben estar correctamente calibrados

-Certificados de equipos de prensa hidráulica, equipo para realizar los ensayos a compresión y a flexión.

### **3.5. Procedimiento.**

#### **1. Selección de la bacteria**

Para realizar el proceso de selección de la bacteria se realizó un análisis documental de 20 artículos de los últimos 7 años, acerca de las bacterias más eficientes y precipitadores de carbonato de calcio, además se analizó artículos que solo incorporaron la bacteria al concreto indirectamente, se definió los criterios para analizar cada artículo según la tabla.

**Tabla 5** Criterios para analizar los artículos de investigación

---

-Título del artículo
-Nombre de bacteria
-Precipita carbonato de calcio SI/NO
-Método de encapsulación
-Nutriente
-Recuento bacteriano
- Resultados
-Ancho de fisura reparado
-Referencia

---

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### **2. Definición de suspensión bacteriana y nutriente.**

-Para realizar este proceso previamente se obtuvo la solución bacteriana, después se realizó el aislamiento y crecimiento de la bacteria en el laboratorio de microbiología mediante caldos nutritivos como TSA (Agar Soya Tripteina) y TSB (Caldo Soya Tripteina) como medios para las siembras en las placas Petri.

-Para identificación la bacteria se realizó de acuerdo a su morfología del género Bacillus se caracteriza por tener la forma de bacilos y de acuerdo al color se puede determinar si es una bacteria Gram positivas o Gram negativas se realizó a través de la tinción Gram, luego se evaluó y definió la cantidad de suspensión bacteriana a través del recuento de UFC/mL por disoluciones hasta la sexta dilución  $10^{-6}$ .

-Después de haber definido la suspensión adecuada se seleccionó como nutriente el lactato de calcio, este se diluyó con la solución bacteriana en proporciones de acuerdo a los porcentajes 5%,10% y 15%.

### **3. Recolección de materiales**

-Los materiales necesarios se recolectaron para la preparación de muestras de concreto como probetas cilíndricas y vigas, para el análisis de concreto patrón versus el concreto autorreparable, de acuerdo a las concentraciones bacterianas y la cantidad del material encapsulador (arcilla expandida).

Los materiales como cemento, se compraron en una ferretería, los agregados en de canteras, la arcilla expandida a proveedores que se encargan de vender insumos para jardines, la suspensión bacteria se obtuvo del laboratorio de microbiología, después de haber obtenido la solución madre en plantas que producen y exportan de frutas y el lactado de calcio en tiendas de salud natural.

### **3. Definición de características de los materiales**

-Cemento Portland tipo MS

-Se caracterizó los agregados grueso y fino como también la arcilla expandida a través de ensayos de granulometría, peso unitario, contenido de humedad, absorción y peso específico, para que cumpla con los estándares de calidad para la dosificación de la mezcla.

### **4. Realización del encapsulado de bacteria.**

El proceso de encapsulado es uno de los métodos indirectos que se realiza a través de la arcilla expandida o LWA, siendo uno de los más eficientes (Jonkers ,2021). Una vez obtenido cada una de las características de la arcilla expandida se procede a la impregnación de la solución bacteriana más el nutriente disuelto, en este procedimiento consistió en obtener las proporciones de arcilla expandida y de nutriente, de acuerdo a los diseños, luego se extendió para rociar la solución bacteriana más nutriente, continuamente se guardó en bolsas herméticas para evitar la activación de la bacteria y se deja reposar durante 24 horas.

### **5. Cálculo de diseño de mezcla**

Este se realizó de acuerdo a la Norma ACI211.1 para un diseño de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, en formatos del programa Excel.

## **6. Elaboración y curación de especímenes cilíndricos y prismáticos de acuerdo a la NTP.**

Este procedimiento se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.033 y la ASTM C3/31M, se elaboró los especímenes del concreto patrón y del concreto autorreparable.

Par la elaboración de la mezcla se pesa los materiales de acuerdo a la proporción del diseño, después se revuelve el cemento con el agregado fino, una vez bien mezclado uniformemente se procedió a agregar el agregado grueso y en el centro se vierte el agua y se mezclan en conjunto con una pala durante, finalmente se le añadió el agregado liviano (arcilla expandida) con la bacteria ya impregnada y su respectivo nutriente y se prosiguió revolviendo con pala, durante 3 minutos hasta obtener una mezcla homogénea, para el concreto patrón si no se utilizó ni arcilla, ni bacteria.

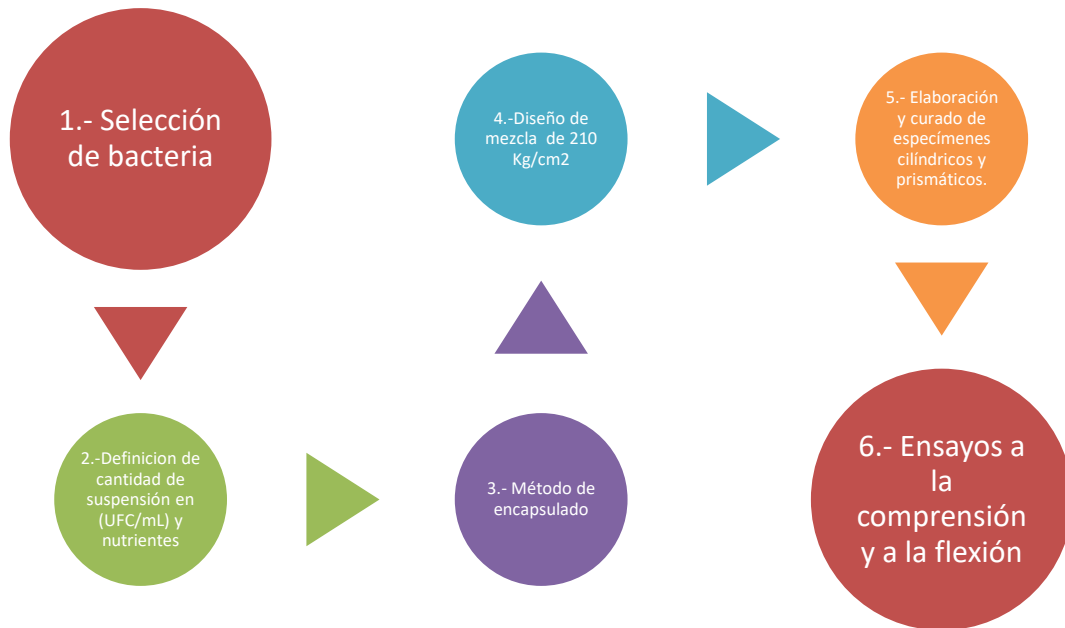
Durante el proceso de elaboración de especímenes, se realizó el ensayo de asentamiento según la NTP 339.035 y el ensayo de temperatura de la mezcla según la NTP339.184.

Después del control de calidad se vació moldes cilíndricos de plástico de 4" x 8" y moldes de viga de 15x15x50 cm, según la norma NTP 339.033

## **7. Realización de ensayos**

Estos ensayos a la comprensión y a la flexión, se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C39 y ASTM C78. Una vez curados el espécimen en el tiempo establecido, se selecciona 3 para el concreto patrón y de acuerdo a los diseños con diferentes porcentajes de bacteria más nutriente, tal cual la norma lo indica para la realización de roturas a los 7,14 y 28 días para su evaluación de la resistencia del concreto en la prensa, registrando cada uno de los datos en la ficha técnica para luego realizar los cálculos correspondientes. Para las vigas se aplicó el mismo procedimiento.

**Figura 6** Diagrama de flujo de procedimientos del proyecto



**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Hablamos de la selección de métodos de desarrollo de investigación. La guía analizará la información y obtendrá mejores resultados (MUÑOZ, 1998, p.45).

Los resultados de los ensayos del laboratorio se analizaron a través de las hojas de cálculo del programa Microsoft Excel 2021, con gráficos como diagramas de barras y tablas comparativas para procesar correctamente los datos. También se utilizó para la elaboración de las fichas técnicas, además también para el cálculo de diseño de mezcla para el concreto patrón y concreto reparable por probeta. Es importante tener en cuenta las Normas para el correcto análisis de los datos durante el proceso de elaboración del concreto autorreparable.

### **3.7. Aspectos éticos:**

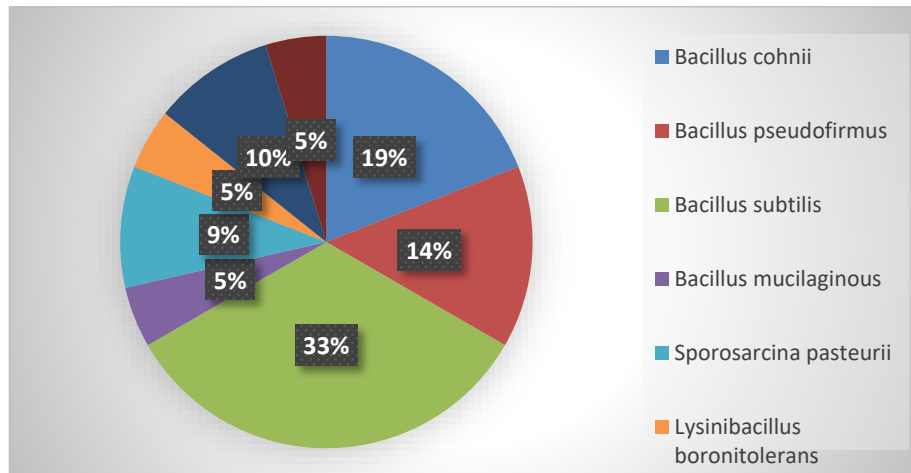
El presente proyecto parte de principios éticos pues se ha respetado la información obtenida de la investigación de autores que proviene de revistas indexadas, citadas correctamente haciendo uso de la Norma ISO 690. Además, se respetó los parámetros establecidos tanto por la NTP (Norma Técnica Peruana) y la norma ASTM (American Society for Testing and Materials), para la elaboración de

ensayos. También este proyecto fue procesado por el programa turnitin lo cual permitió verificar la veracidad del proyecto

## VI. RESULTADOS

### 4.1. Seleccionar las bacterias más utilizadas y que produzcan carbonato de calcio incorporadas al concreto a través del método indirecto.

**Figura 7** Porcentajes de bacterias incorporadas a través del método indirecto



**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la siguiente figura se observa que la bacteria Bacillus Subtilis, es la bacteria más utilizada con el método de incorporación indirecta, pues representa un 33 % de los artículos revisados, se analizaron 20 artículos los más actualizados de acuerdo a los criterios establecidos previamente, además se concluye que través del análisis documental, esta bacteria otorga beneficios a las propiedades del concreto autorreparable y es una de las precipitadora de carbonato de calcio, por ende de acuerdo a esta revisión se seleccionó la bacteria bacillus Subtilis. Algunas del género Bacillus son poco mencionada como Bacillus Lentus como se muestra en la figura solo conforma el 5% de los artículos revisados.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis que infiere que si se realiza un análisis documental de diferentes artículos se seleccionara la bacteria más utilizada y precipitadora de carbonato de calcio incorporada al concreto a través del método indirecto.

#### 4.2. Caracterizar los agregados para la eficiente dosificación de concreto autorreparable.

Para caracterizar los agregados, se realizó de acuerdo a las normas como análisis granulométrico (NTP 400.012), para determinar el tamaño nominal y módulo de fineza, para el peso unitario suelto y compactado se realizó de acuerdo a la NTP 400.017, para el peso específico y absorción la NTP 400.022) y para el contenido de humedad se utilizó la NTP 339.185:2013: ASTM C 566-19, obteniendo los siguientes resultados.

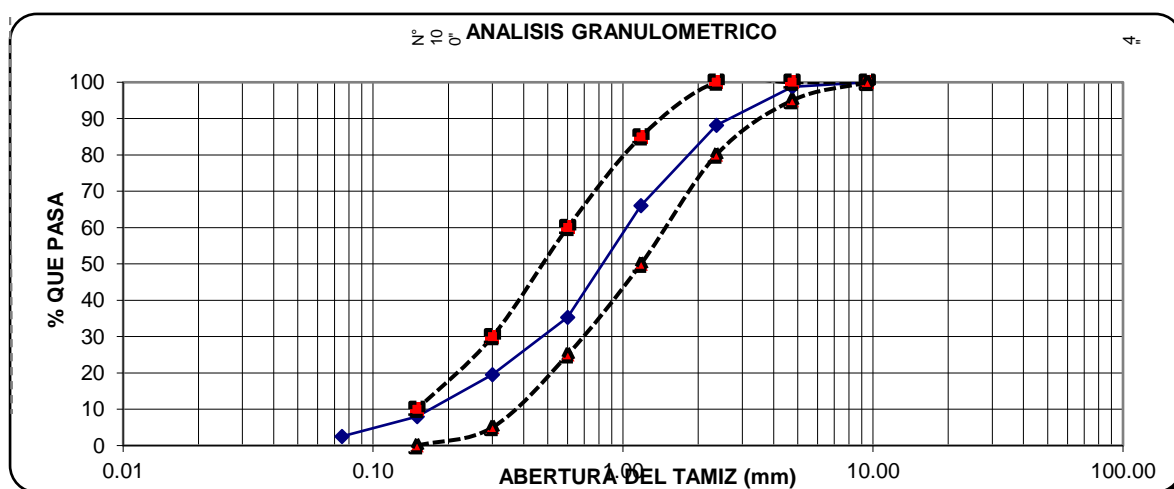
✓ **Agregado fino:** Se determinó cada una de las características del agregado fino arena zarandeada de la cantera del Cerro Mocho (Sullana-Piura).

**Tabla 6** Características de agregado grueso

Módulo de fineza	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
2.84	2.68	0.50	0.8	1511	1642

Fuente: Elaboración propia

**Figura 8** Curva granulometrica de agregado fino



**Interpretación:** En la siguiente imagen se puede observar que el agregado fino cumple con los parámetros de calidad de acuerdo a la norma ASTM C33.

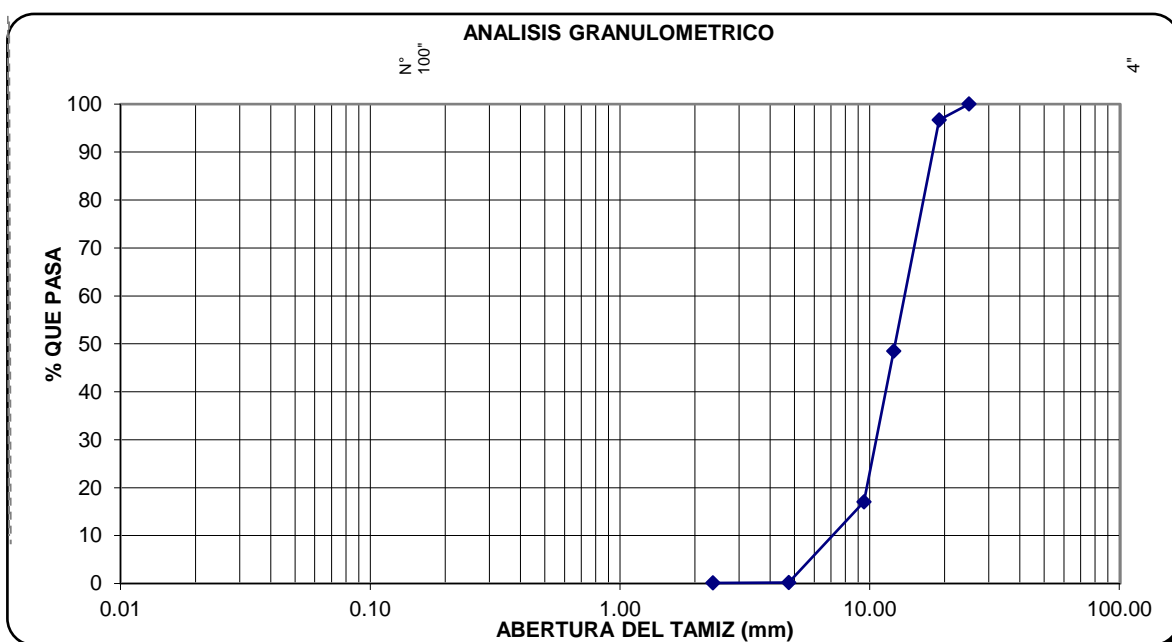
- ✓ **Agregado grueso:** Se determinó cada una de las características del agregado grueso piedra chancada de la cantera de Sojo (Sullana-Piura).

**Tabla 7** Características de agregado grueso

Tamaño Nominal Máximo	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
3/4"	2.74	0.15	0.9	1368	1532

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 9** Curva granulométrica de agregado grueso



**Interpretación:** El agregado grueso cumple con los parámetros de calidad deseables del proyecto.

- ✓ **Arcilla expandida:** Es un agregado liviano que se caracteriza por ser un material aislante, este árido no se obtuvo de cantera se compró directamente a la empresa Agriplant. Algunas características fueron consideradas de acuerdo a su ficha técnica como su peso específico y su porcentaje de absorción. En otros países según la revisión que se realizó la conocen como LECA o LWA, siglas en inglés.



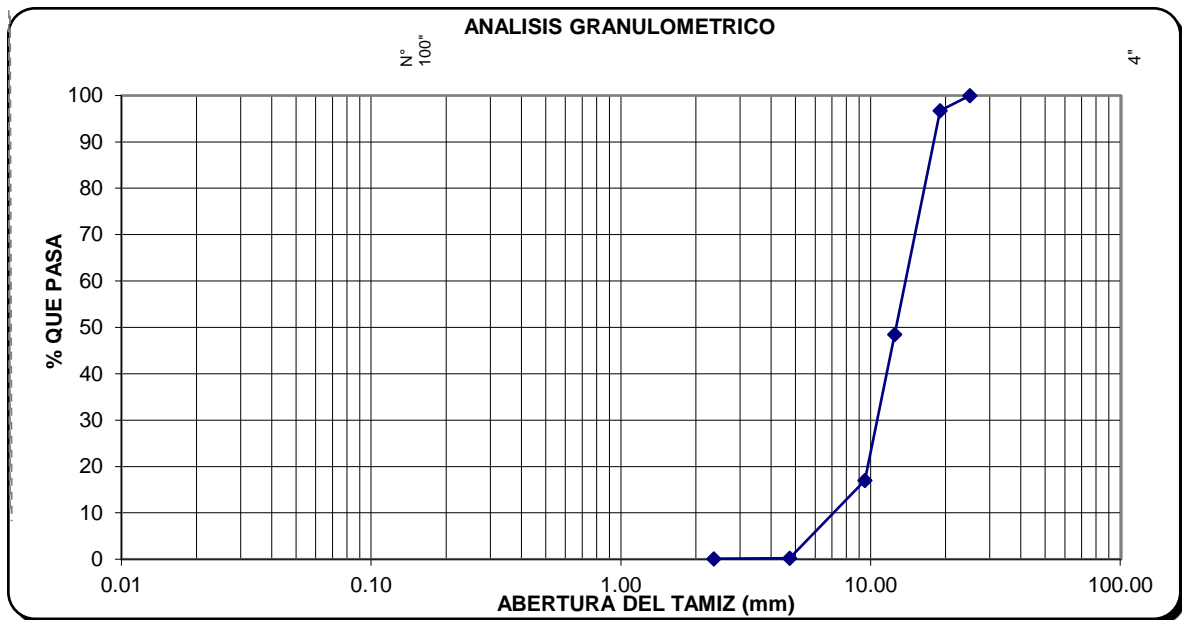
**Tabla 8** Características de arcilla expandida

Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
0.358	3.74	26.2	314	329

**Fuente:** Elaboración propia.

Referente al contenido de humedad se calculó con la solución bacteriana.

**Figura 10** Curva granulométrica de arcilla expandida



**Interpretación:** En el gráfico se observa que la arcilla expandida, cumple de acuerdo a los datos de la ficha técnica.

Al determinar cada una de las características de los agregados se determinó que estos se encuentran acorde a los parámetros de calidad de la norma para un eficiente diseño de mezcla. Por lo tanto, se acepta la hipótesis que define que al caracterizar cada uno de los agregados se realizara una eficiente dosificación de concreto autorreparable.

#### 4.3. Elaborar el concreto autorreparable incorporando diferentes porcentajes de bacteria a través del método indirecto.

##### ✓ Aislamiento y recuento de la bacteria *Bacillus Subtilis*

Antes de realizar el aislamiento se obtuvo la solución bacteriana en la empresa Ecosac., después en el laboratorio de microbiología se prepararon los medios como TSA (Agar Soya Tripteina) y TSB (Caldo Soya Tripteina) en conjunto con los reactivos, regulando el Ph (7). Para el aislamiento y crecimiento de Cepa bacteriana se realizaron las siembras en medio TSA de la solución madre (solución obtenida en Ecosac), se agregó 1 ml en la placa Petri conteniendo el Agar TSA, he incubadas a 37°C durante 24 horas (Brown y Smith, 2017).

Posteriormente se seleccionó las colonias crecidas en las placas y mediante la Tinción gran se observó la morfología de la cepa. Las diluciones que se realizaron fueron hasta la sexta 10(-6).

**Tabla 9** Componentes que se adicionaran a la arcilla

Suspensión bacteriana en UFC/mL	3.2 x10 <sup>6</sup> UFC/mL		
Lactato de calcio	200 g/L		
Solución bacteriana o solución madre	5%	10%	15%

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la siguiente tabla presenta los componentes que se impregnaron en la arcilla expandida, se seleccionó 3.2 x10<sup>6</sup> UFC/MI, ya que se realizó las diluciones las cuales a partir de la cuarta (10-4) se puede realizar el conteo y como nutriente el carbonato de calcio, se definió 3 porcentajes al 5,10 y 15 % que fueron las proporciones que se incorporaran al concreto convencional.

##### ✓ Incorporación de la bacteria a través del método indirecto

Para la incorporación al concreto de la bacteria *Bacillus Subtilis*, se utilizó el método indirecto, encapsulándolas en arcilla expandida en diferentes porcentajes 5,10 y 15 %, de solución bacteria con la suspensión 3.2x10<sup>6</sup> UFC/MI, más el nutriente Lactato de calcio, una vez preparado se procede a

rosear en la arcilla expandida y almacenar por 24 horas dentro de bolsas herméticas para evitar que la bacteria se active con el oxígeno, tal y como lo aplico (Jonkers ,2021).

Para el suministro en el concreto se remplazó el 10 % del agregado grueso , en base a Jonkers ,2021, quien remplazo la bacterias en el 50 % del total del agregado , pero no obtuvo buenos resultados en eficiencia mecánica pero si en reparación ya que la bacteria se adaptó fácilmente a la arcilla expandida y la protege de aplastamientos como también del Ph del concreto , en el siguiente proyecto se evaluó un menos porcentaje , para no tener problemas con la eficiencia mecánica del concreto ya que la arcilla expandida en mucha investigaciones disminuye la resistencia por porcentajes elevados de remplazo ya sea el agregado grueso o fino.

✓ **Proporciones de concreto patrón y concreto autorreparable**

Las siguientes proporciones se obtuvieron de acuerdo a la Norma ACI 211 para un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**-Proporciones en volumen para el concreto patrón. 1:2.4:2.7 /24.7 L/Bls de cemento**

**Tabla 10** Proporciones en peso para diseño patrón por m<sup>3</sup>

Materiales		PESO SECO	PESO HUMEDO
Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS	Kg	367.10	367.10
Agua	Lt.	205	214.3
Agregado Fino	Kg	875.91	880.29
Agregado Grueso	Kg	894.11	896.11
		2342.78kg/cm <sup>3</sup>	2357.80 kg/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**-Proporciones en volumen para concreto con solución bacteriana al 5%:  
1:2.4:2.4:0.14 / 23.9 L/Bls de cemento.**

**Tabla 11** Proporciones en peso para un diseño con 5 % de concentración bacteriana por m3

<b>Materiales</b>		<b>PESO SECO</b>	<b>PESO HUMEDO</b>
Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS	Kg	367.10	367.10
Agua	Lt.	205	207.39
Agregado Fino	Kg	875.9	880.29
Agregado Grueso	Kg	805.30	806.50
Arcilla Expandida + 5% de solución bacteriana	Kg	11.68	12.26
		2253.30 kg/cm3	2274.13 kg/cm3

**Fuente:** Elaboración Propia

**-Proporciones en volumen para concreto con solución bacteriana al 10%:  
1:2.4:2.4 :0.14 / 24 L/Bls de cemento**

**Tabla 12** Proporciones en peso para un diseño con 10 % de concentración bacteriana por m3

<b>Materiales</b>		<b>PESO SECO</b>	<b>PESO HUMEDO</b>
Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS	Kg	367.10	367.10
Agua	Lt.	205	207.39
Agregado Fino	Kg	875.9	880.29
Agregado Grueso	Kg	805.30	806.50
Arcilla Expandida + 10% de solución bacteriana	Kg	11.68	12.85
		2253.30kg/cm3	2274.13 kg/cm3

**Fuente:** Elaboración Propia

**-Proporciones en volumen para concreto con solución bacteriana al 15%:  
1:2.4:2.4:0.15 / 24 L/Bls de cemento**

**Tabla 13** Proporciones en peso para un diseño con 15 % de concentración

bacteriana por m<sup>3</sup>

Materiales		PESO SECO	PESO HUMEDO
Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS	Kg	367.10	367.10
Agua	Lt.	205	206.81
Agregado Fino	Kg	875.9	880.29
Agregado Grueso	Kg	805.30	806.50
Arcilla Expandida + 15% de solución bacteriana	Kg	11.68	13.43
		2253.30kg/cm <sup>3</sup>	2274.13 kg/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración Propia

**4.4. Analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable, realizando ensayos para medir sus resistencias a compresión y a flexión.**

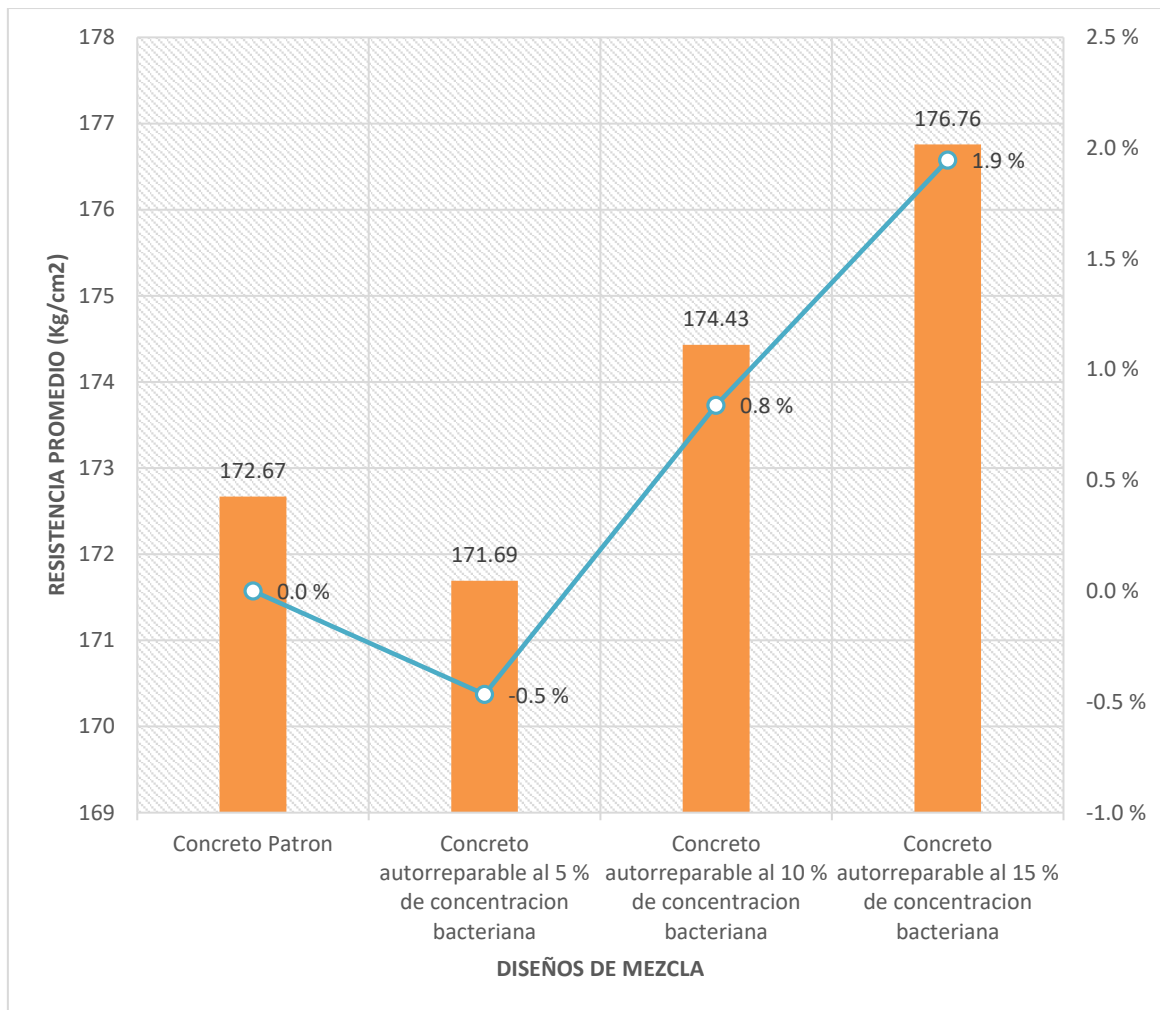
✓ **Resultados de ensayos de resistencia a la compresión**

**Tabla 14** Resultados de ensayos a compresión los 7 días.

Características de la probeta cilíndrica				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
N	FECHA MUESTREO	Diseño	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD	LECT (KN)	f'ce	F'c (prom.)	%
1	28/10/2023	Concreto Patrón	78.5	7	128.04	166.322	172.669	82.223
2			78.5		130.46	169.465		
3			78.5		140.28	182.221		
4	28/10/2023	Concreto autorreparable al 5 % de concentración bacteriana	78.5	7	124.16	161.281	171.691	81.757
5			78.5		132.79	172.492		
6			78.5		139.57	181.299		
7	28/10/2023	Concreto autorreparable al 10 % de concentración bacteriana	78.5	7	139.91	181.74	174.431	83.063
8			78.5		128.81	167.322		
9			78.5		134.13	174.232		
10	28/10/2023	Concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana	78.5	7	136.87	177.792	176.757	84.17
11			78.5		136.04	176.713		
12			78.5		135.31	175.765		

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 11** Resultados de ensayos a la compresión a los 7 días.



**Fuente:** Elaboración propia

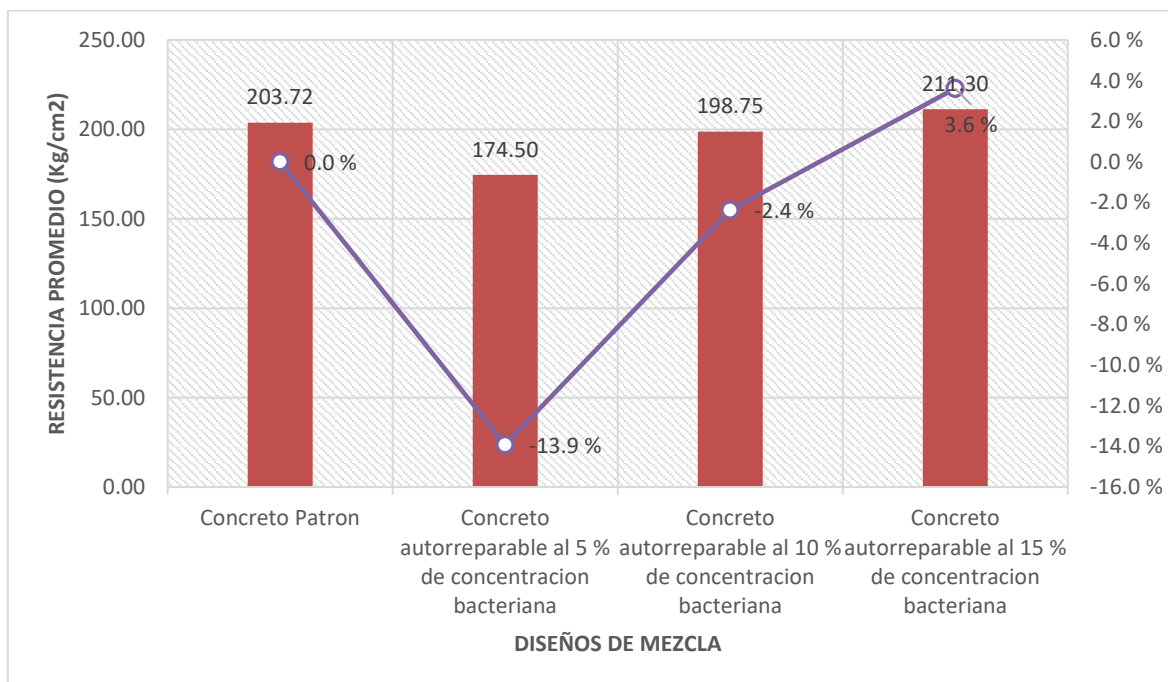
**Interpretación:** En el siguiente gráfico se observa los resultados de los ensayos a la compresión a los 7 días de curado, donde la resistencia a la compresión es baja en el concreto autorreparable al 5% de concentración bacteriana, disminuye un 0.5% y al 10 % de concentración bacteriana va aumentando un 0.8 %, pero en el concreto autorreparable al 15% de concentración bacteriana, aumento un 1.9% con un valor de resistencia de 176.76 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto patrón con 172.67 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 15** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días.

Características de la probeta cilíndrica				RESISTENCIA A LA COMPRESION					
N	FECHA MUESTREO	Diseño	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD	LECT (KN)	f'ce	F'c (prom.)	%	
13	28/10/2023	Concreto Patrón	78.5	14	159.40	207.06	203.72	97.01	
14			78.5		158.99				206.52
15			78.5		152.10				197.57
16	28/10/2023	Concreto autorreparable al 5 % de concentración bacteriana	78.5	14	129.55	168.28	174.50	83.09	
17			78.5		129.45				168.15
18			78.5		144.00				187.05
19	28/10/2023	Concreto autorreparable al 10 % de concentración bacteriana	78.5	14	153.31	199.15	198.75	94.64	
20			78.5		152.27				197.80
21			78.5		153.43				199.30
22	28/10/2023	Concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana	78.5	14	165.60	215.11	211.30	100.62	
23			78.5		146.80				190.69
24			78.5		175.60				228.10

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12** Resultados de ensayos a la compresión a los 14 días.



Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En los resultados de los ensayos de fuerza a la compresión a los

14 días de curado, se observa que el concreto autorreparable con 15 % de bacteria, su eficiencia mecánica está respondiendo bien, ya que continúa aumentando el porcentaje de 3.6% mejor que el concreto patrón y los demás diseños con 5 % de concentración bacteriana está en desventaja con el concreto patrón pues disminuye en 13.9% debido a que la concentración es menos y el concreto autorreparable con 10 % de concentración bacteriana disminuye en menor porcentaje de 2.4%, se describe que el concreto autorreparable con 15 % de concentración bacteriana, va aumentando la resistencia a los 14 días con un valor de 211.30 kg/cm<sup>2</sup> versus el valor de resistencia del concreto patrón de 203.72 Kg/cm<sup>2</sup> .

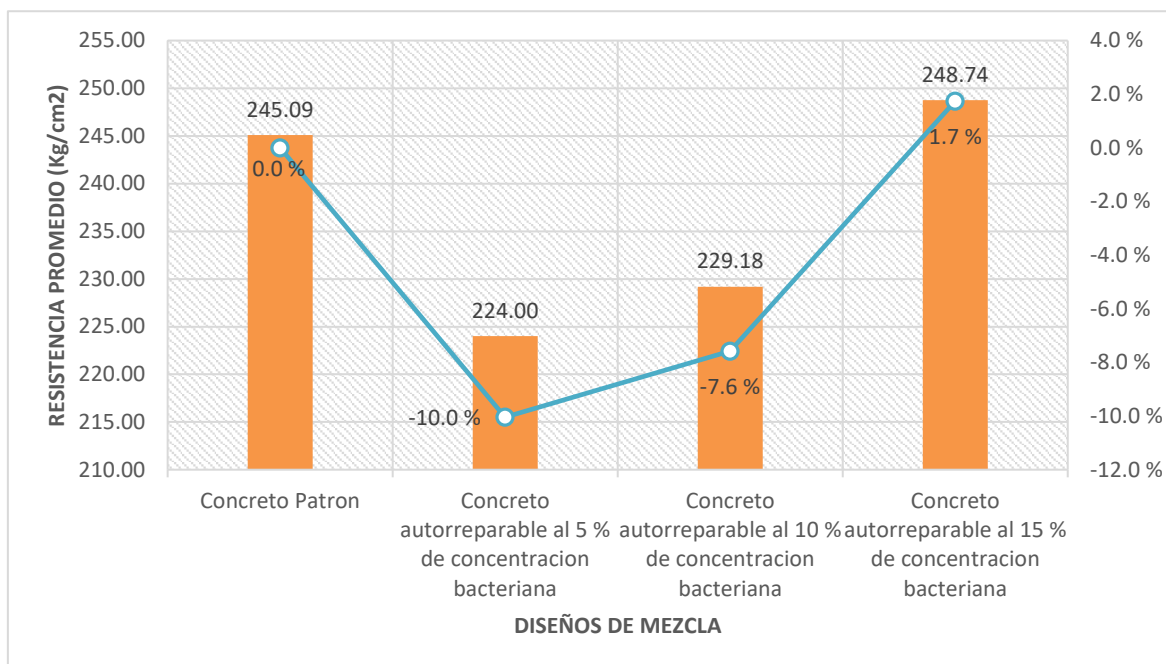
**Tabla 16** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días.

Características de la probeta cilíndrica			RESISTENCIA A LA COMPRESION				
Nº	FECHA MUESTREO	DOSIFICACION	EDAD	LECT (KN)	f'ce	F'c (prom.)	%
25	28/10/2023	Concreto Patrón	28	197.80	256.94	245.09	116.71
26				184.92	240.21		
27				183.31	238.12		
28	28/10/2023	Concreto autorreparable al 5 % de concentración bacteriana	28	171.23	222.42	224.00	106.67
29				169.45	220.11		
30				176.65	229.46		
31	28/10/2023	Concreto autorreparable al 10 % de concentración bacteriana	28	183.02	237.74	229.18	109.13
32				173.86	225.84		
33				172.41	223.96		
34	28/10/2023	Concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana	28	197.59	256.67	248.74	118.45
35				183.86	238.83		
36				193.02	250.73		

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 13** Resultados de ensayos a la compresión a los 28 días



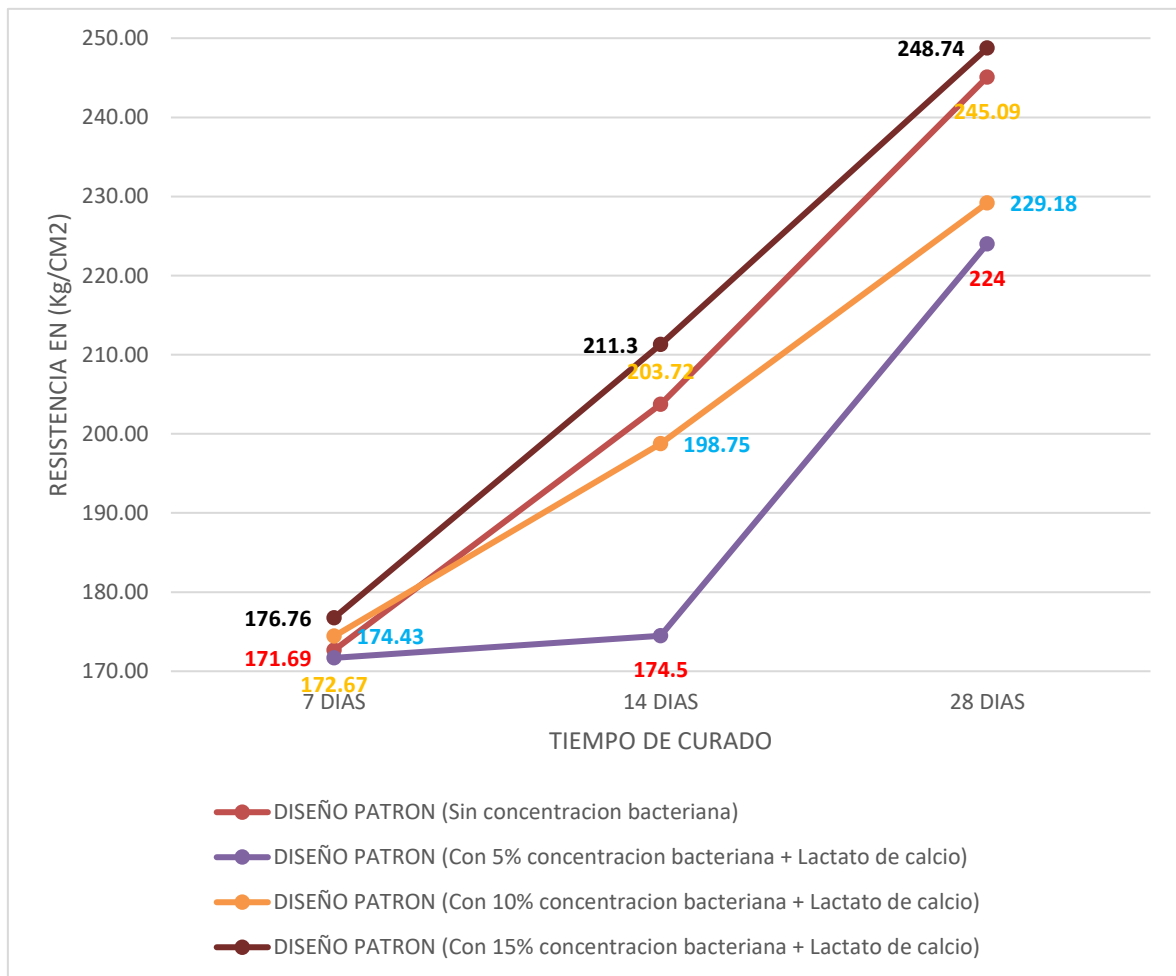
**Interpretación:** La resistencia a la compresión a los 28 días de curado del concreto autorreparable con 15 % de concentración bacteriana sobrepasa el diseño 210 kg/cm<sup>2</sup> con un valor de 248.74 Kg/cm<sup>2</sup>, donde aumento 1.7% más que el concreto patrón pues este llevo a 245.09 Kg/cm<sup>2</sup>, también cumple con el porcentaje la resistencia, pero en un menor valor. Los demás diseños como la del concreto con 5 % de concentración bacteriana también sobrepasa el diseño 210 Kg/cm<sup>2</sup> con un valor de 224 Kg/cm<sup>2</sup>, pero no el del concreto patrón ya que la resistencia se reduce en un 10 % y el concreto autorreparable con 10 % de concentración bacteriana también cumple con el diseño 210 Kg/cm<sup>2</sup>, pero no sobrepasa el concreto patrón ya que se reduce en un 7.6 % con un valor de resistencia de 229 Kg/cm<sup>2</sup>. Según estos resultados se interpreta que la reducción de resistencia del concreto en los diseños a los 5 y 10 % de concentración es mayor debido a que las concentraciones de bacteria son menos, pero al final la concentración del 15% logra superar la resistencia del concreto patrón.

**Tabla 17** Resultados de los ensayos de fuerza a la comprensión a los 7, 14 y 28 días.

DESCRIPCION	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )
DISEÑO PATRON (Sin concentración bacteriana)	172.67	203.72	245.09
DISEÑO PATRON (Con 5% concentración bacteriana + Lactato de calcio)	171.69	174.5	224
DISEÑO PATRON (Con 10% concentración bacteriana + Lactato de calcio)	174.43	198.75	229.18
DISEÑO PATRON (Con 15% concentración bacteriana + Lactato de calcio)	176.76	211.3	248.74

Fuente: Elaboración propia

**Figura 14** Resultados de ensayos a la comprensión a los 7, 14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En el siguiente grafico se observa los valores de las resistencias de fuerza a la compresión promedio y su desenvolvimiento a los 7 ,14 y 28 días de curado, el concreto autorreparable más el 15%de concentración bacteriana es eficiente puesto que a pesar que posee el 10 % de arcilla expandida en remplazo del agregado grueso en su dosificación para un diseño de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, aumento su resistencia a un valor de 248.74 kg/cm<sup>2</sup> versus a la del concreto patrón que tiene una resistencia de 245.09 kg/cm<sup>2</sup>, el valor del porcentaje que aumenta el concreto autorreparable es de 1.7%, no es mayor debido a que su composición fue alterada por la arcilla expandida pero logro superar el diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> y la del concreto patrón debido a que la bacteria encapsulada más nutriente carbonato de calcio se desarrolló mucho mejor a los 28 días , además se interpreta que a mayor porcentaje esta aumenta, de acuerdo a los valores de resistencia que se puede observar en el grafico las concentraciones como al 5 y 10 % no aumentan y son mucho menores que las del concreto patrón a los 7 días de curado , se mantiene en un rango de 171 a 177 Kg/cm<sup>2</sup> a diferencia de los valores de resistencia del concreto autorreparable a los 14 días de curado, el aumento es mayor puesto que el concreto que posee el 10 % de concentración bacteriana alcanza un valor de resistencia de 198.75 Kg/cm<sup>2</sup> pero la del 5% de concentración bacteriana se sigue manteniendo en el rango , además aun no superan a la del concreto patrón. El concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana desde los 7 a los 28 días de curado se evidencio aumento en su resistencia.

Por ende, se acepta la hipótesis de acuerdo a los resultados donde se realizó pruebas de resistencia a la compresión y se determinó la mejora del comportamiento mecánico del concreto autorreparable.

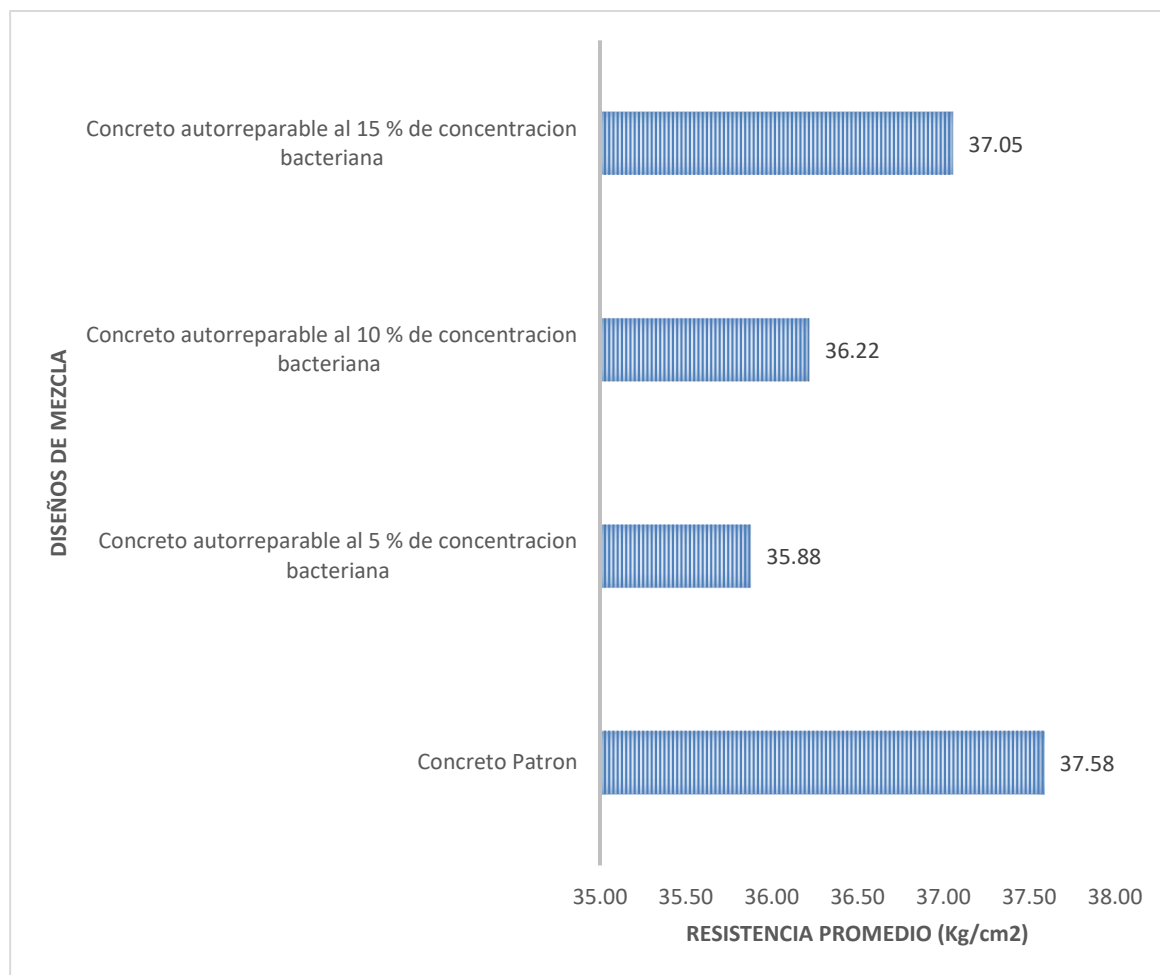
✓ **Resultados de ensayo a la flexión.**

**Tabla 18** Resultados de ensayos a flexión a los 7 días.

Características de la viga prismática							RESISTENCIA A LA FLEXION						
N	FECHA MUESTREO	Diseño	Long. (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	LUZ LIBRE (cm)	FECHA DE ROTURA	EDAD	LECT. (KN)	Kgs.	f'ce	f'cr (prom.)	UBICACIÓN DE FALLA
1	21/10/2023	Concreto Patrón	50.74	15.2	15.22	45	28/10/2023	7	29.92	3051.24	39.00	37.58	TERCIO CENTRAL
2	21/10/2023		50.74	15.21	15.2	45	28/10/2023		27.70	2824.85	36.17		
3	21/10/2023	Concreto autorreparable al 5 % de concentración bacteriana	50.74	15.22	15.21	45	28/10/2023	7	28.57	2913.57	37.24	35.88	TERCIO CENTRAL
4	21/10/2023		50.73	15.22	15.2	45	28/10/2023		26.45	2697.37	34.52		
5	21/10/2023	Concreto autorreparable al 10 % de concentración bacteriana	50.74	15.21	15.2	45	28/10/2023	7	26.84	2737.14	35.05	36.22	TERCIO CENTRAL
6	21/10/2023		50.75	15.22	15.23	45	28/10/2023		28.76	2932.94	37.39		
7	21/10/2023	Concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana	50.73	15.23	15.22	45	28/10/2023	7	28.91	2948.24	37.61	37.05	TERCIO CENTRAL
8	21/10/2023		50.74	15.2	15.21	45	28/10/2023		27.97	2852.38	36.50		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 15** Resultados de los ensayos a flexión a los 7 días.



**Fuente:** Elaboración propia

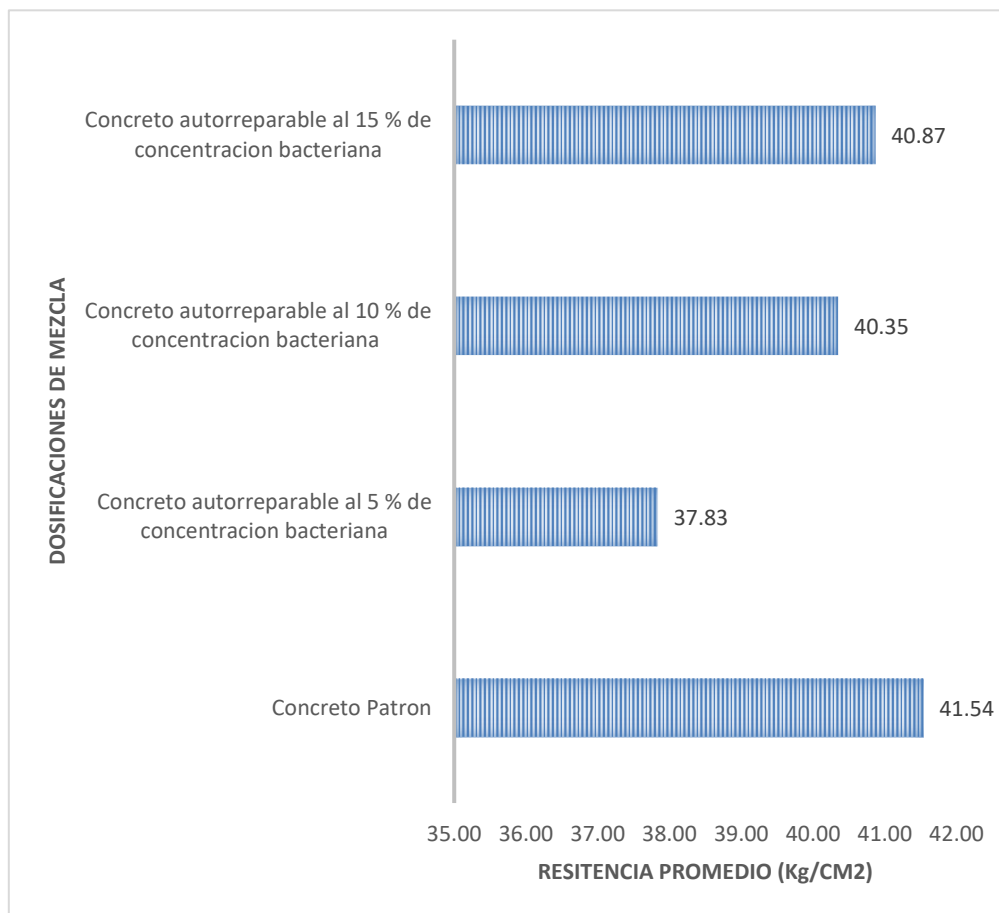
**Interpretación:** En el siguiente grafico muestra los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión a los 7 días de curado, donde se calculó el módulo de rotura, de la cual se observa que el concreto patrón trabaja mejor que el concreto autorreparable puesto que a los 7 días ha llegado a obtener un valor de 37.58 Kg/cm<sup>2</sup> en cambio el concreto autorreparable con 15 % de concentración bacteriana tiene un módulo de rotura de 37.05 Kg/cm<sup>2</sup> , pero la variación entre los valores del módulo de rotura es mínima con un valor de 0.53 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 19** Resultados de ensayo a la flexión a los 14 días.

Características de la viga prismática					RESISTENCIA A LA FLEXION						
N	FECHA MUESTREO	Diseño	Ancho (cm)	LUZ LIBRE (cm)	FECHA DE ROTURA	EDAD	LECT. (KN)	Kgs.	f'ce	f'cr (prom.)	UBICACIÓN DE FALLA
9	21/10/2023	Concreto Patrón	15.2	45	04/11/2023	14	32.74	3338.83	42.67	41.54	TERCIO CENTRAL
10	21/10/2023		15.21	45	04/11/2023		30.94	3155.26	40.40		
11	21/10/2023	Concreto autorreparable al 5 % de concentración bacteriana	15.22	45	04/11/2023	14	29.12	2969.66	37.95	37.83	TERCIO CENTRAL
12	21/10/2023		15.22	45	04/11/2023		28.90	2947.22	37.72		
13	21/10/2023	Concreto autorreparable al 10 % de concentración bacteriana	15.21	45	04/11/2023	14	30.52	3112.43	39.86	40.35	TERCIO CENTRAL
14	21/10/2023		15.22	45	04/11/2023		31.42	3204.21	40.84		
15	21/10/2023	Concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana	15.23	45	04/11/2023	14	30.33	3093.05	39.45	40.87	TERCIO CENTRAL
16	21/10/2023		15.2	45	04/11/2023		32.40	3304.15	42.28		

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 16** Resultados de ensayos de flexión a los 14 días.



**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En los resultados de los ensayos a la flexión a los 14 días de curado, el concreto Patrón continúa mejorando con un valor de 41.54 kg/cm<sup>2</sup> de módulo de rotura versus el concreto autorreparable con 15 % de concentración bacteriana con un valor de 40.87 Kg/cm<sup>2</sup>, teniendo valores mínimos de diferencia. El diseño con concreto autorreparable con concentración bacteriana del 10 %, tiene un módulo de rotura no muy lejano al que tiene 15 % de concentración bacteriana con un valor de 40.35 kg/cm<sup>2</sup>.

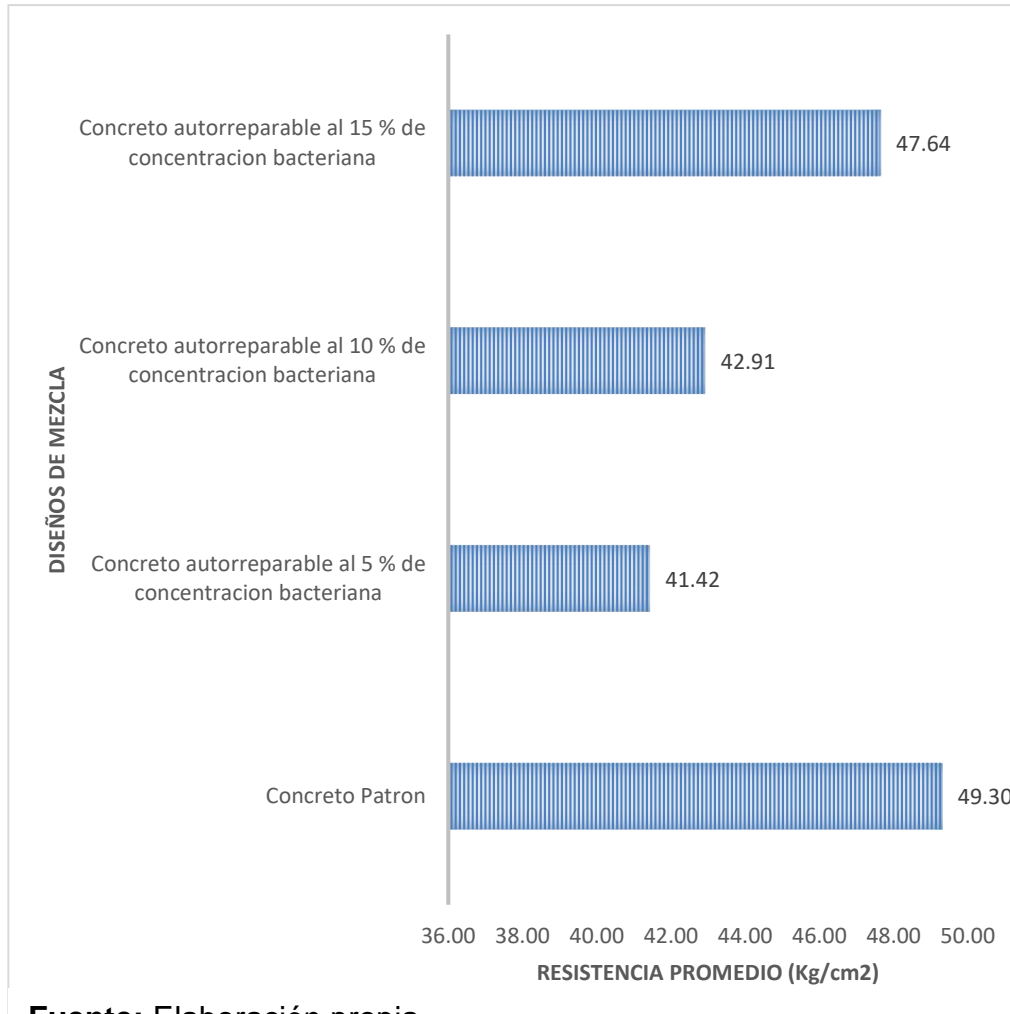
**Tabla 20** Resultados del ensayo a la flexión a los 28 días.

Características de la viga prismática				RESISTENCIA A LA FLEXION						
N	FECHA MUESTREO	DOSIFICACION	LUZ LIBRE (cm)	FECHA DE ROTURA	EDAD	LECT (KN)	Kgs.	f'ce	F'c (prom.)	UBICACIÓN DE FALLA
17	21/10/2023	Concreto Patrón	45	18/11/2023	28	40.54	4134.27	52.84	49.30	TERCIO CENTRAL
18	21/10/2023		45	18/11/2023		35.04	3573.38	45.76		
19	21/10/2023	Concreto autorreparable al 5 % de concentración bacteriana	45	18/11/2023	28	32.44	3308.23	42.28	41.42	TERCIO CENTRAL
20	21/10/2023		45	18/11/2023		31.08	3169.54	40.56		
21	21/10/2023	Concreto autorreparable al 10 % de concentración bacteriana	45	18/11/2023	28	32.15	3278.66	41.98	42.91	TERCIO CENTRAL
22	21/10/2023		45	18/11/2023		33.72	3438.77	43.83		
23	21/10/2023	Concreto autorreparable al 15 % de concentración bacteriana	45	18/11/2023	28	38.17	3892.58	49.65	47.64	TERCIO CENTRAL
24	21/10/2023		45	18/11/2023		34.96	3565.22	45.62		

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 17** Resultados de ensayos a la flexión a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

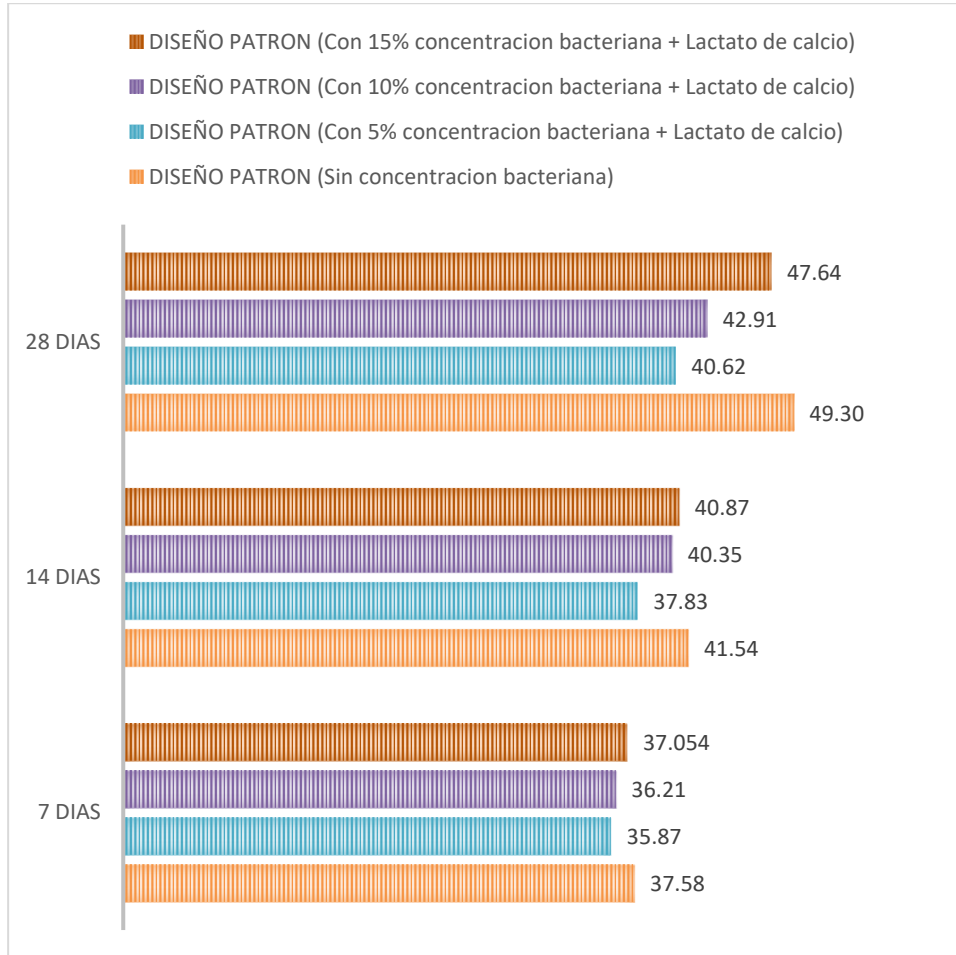
**Interpretación:** Los resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días de curado nos muestran que el concreto patrón supero su módulo de rotura a la del concreto autorreparable con un valor de 49.64 Kg/cm2. El diseño más alto en el concreto autorreparable con el 15 % de concentración bacteriana fue un valor de 47.64 kg/cm2. Por ende, se determina que a los 28 días de curado el concreto patrón tiene un mejor comportamiento mecánico en cuanto a la resistencia a la flexión, pero el concreto autorreparable no, debido a su composición con arcilla expandida donde va encapsulada la bacteria, pero de acuerdo a los resultados los valores son mínimos de diferencia.

**Tabla 21** Resultados promedios de los ensayos a flexión a los 7,14 y 28 días.

DESCRIPCION	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )
DISEÑO PATRON (Sin concentración bacteriana)	37.58	41.54	49.30
DISEÑO PATRON (Con 5% concentración bacteriana + Lactato de calcio)	35.87	37.83	40.62
DISEÑO PATRON (Con 10% concentración bacteriana + Lactato de calcio)	36.21	40.35	42.91
DISEÑO PATRON (Con 15% concentración bacteriana + Lactato de calcio)	37.054	40.87	47.64

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 18** Resultados de promedios de los ensayos a la flexión a los 7,14 y 28 días.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Interpretación:** Según los resultados de los ensayos de la resistencia a la flexión, muestra que el comportamiento mecánico durante los 7,14 y 28 días de curado del concreto patrón fue mayor a los diseños del concreto autorreparable, pero la del 15 % de concentración no guarda mucha diferencia esto quiere decir que a pesar que no logro aumentar los valores de resistencia a la flexión esta fue aumento mucha más que las concentraciones del 5 y 10 % de bacteria, en base a los resultados obtenidos la hipótesis se rechaza debido a que el concreto autorreparable no aumento su resistencia a la flexión.

## V. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica, el 33% de los artículos analizados representa la bacteria *Bacillus subtilis*, siendo la más utilizada en diferentes artículos netamente científicos y es precipitadora de carbonato de calcio, incorporada al concreto de manera indirecta gracias a sus características de supervivencia al adaptarse al pH y mejorando sus propiedades mecánicas del concreto, además se seleccionó para la siguiente investigación. Así mismo según Gómez y Medina (2021), en su tesis, realizó una revisión de diferentes artículos acerca de las bacterias más usualmente empleadas y el autor concluyó que la bacteria *Bacillus Subtilis* con un 23 % de todos los artículos es la más empleada en el concreto autorreparable, ya que destaca por su alta capacidad de autosellado y mejora la resistencia a la compresión.

Para caracterizar los agregados para la dosificación del concreto autorreparable se realizó de acuerdo a las normas establecidas como, para la granulometría la NTP 400.012 , permitió hallar el tamaño nominal máximo y módulo de fineza, para determinar el peso unitario suelto y compactado se determinó con la NTP 400.017, para hallar el contenido de humedad, se rigió en base a la NTP 339, por ultimo para realizar el ensayo para encontrar el peso específico y porcentaje de absorción se utilizó la NTP 400.021. El material que se utilizó fue de dos canteras diferentes, el agregado grueso (piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ ), fue de la cantera Sojo-Sullana, el agregado fino (arena zarandeada) de la cantera Cerro Mocho-Sullana y la arcilla expandida de Agriplant, empresa que vende insumos para la agricultura. Los ensayos realizados mostraron que los agregados cumplen con los parámetros establecidos en las normas y con las características para el diseño de mezcla.

Para la dosificación de un concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas por el método indirecto se realizó bajo los parámetros de la norma ACI 211, para un diseño de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, se realizaron 3 diseños en base a la solución bacteriana al 5,10 y 15 %, con una suspensión  $3.2 \times 10^6$  UFC/mL, la cual se incorporó al concreto a través de arcilla expandida, reemplazando un porcentaje del agregado grueso , de la misma manera Ruiz y Valverde (2020), dosifico un concreto autorreparable, con 2 diseños uno con  $1 \times 10^9$  cel/ml ,  $1 \times 10^{12}$  cel/ml, adicionando la arcilla expandida reemplazando un porcentaje del agregado fino como también Jonkers (2020) adiciona bacterias al concreto a través del método

indirecto encapsulándolas en arcilla expandida, remplazando el 50 % del total de los agregados.

Para analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas con el método indirecto, se realizó ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión de los cuales según los resultados el concreto autorreparable mejora un 1.7 % los esfuerzos a compresión con un valor de 248.74 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y por parte la flexión disminuyó el valor del módulo de rotura, ya que se obtuvo que el concreto convencional tiene un valor de 49.30 Kg/cm<sup>2</sup> versus el del concreto autorreparable con un valor de 47.64 Kg/cm<sup>2</sup>, en cambio Jonkers. (2020), en su investigación obtuvo disminución en su resistencia al 50% a los 28 días, consecuencia de incorporar bacterias con el método indirecto con elevado porcentaje de remplazo de los agregados por arcilla expandida sin embargo el sellado de fisuras de los especímenes fue eficiente en las partículas de arcilla expandida que contenía alta carga de bacteria y su nutriente (lactato de calcio) reparo las fisuras al 100 %. En cambio, Parraguez (2018) en los resultados de su tesis obtuvo un porcentaje mínimo de 0.49 % disminución de fuerza a la compresión quien también incorporo bacterias de acuerdo a la condición de temperatura e impregnándolas en arcilla expandida. Por otra parte, Khaliq y Basit. (2016) encapsulo bacterias utilizando el agregado liviano (arcilla expandida) obteniendo como resultados que fueron más efectivas en muestras prefisuradas a los 14 y 28 días, además las pruebas de concreto con arcilla expandida mejoraron el 12 % en la resistencia a la compresión. Así mismo, DEMBOVSKA, L et al (2019) determinó que la muestra con nutrientes bacterianos impregnados en LECA (Arcilla expandida) mostró un aumento del 22% en la resistencia a la compresión en comparación con la muestra de referencia.

## VI. CONCLUSIONES

1. Gracias a la revisión bibliográfica que se realizó en los diferentes artículos de acuerdo a los parámetros definidos en base a la investigación como tipo de bacteria, método de encapsulado, concentración bacteriana , aportes de resultados y ancho de fisura reparada, se logró seleccionar la bacteria más utilizada y con mejores resultados en otras investigaciones en cuanto a las propiedades mecánicas del concreto pero incorporadas con el método indirecto es decir bacterias encapsuladas en diferentes inmovilizadoras como arcilla expandida, perlita expandida, incluso fibras naturales, etc. En el presente proyecto en base a los resultados del análisis documental que se realizó se seleccionó la bacteria *Bacillus Subtilis*, ya que representa el 33 % de los artículos investigados.
2. La caracterización de los agregados es importante para el diseño de mezcla pues nos permite conocer las propiedades físicas que radican principalmente en la durabilidad del concreto, ser realizado acorde a las normas estandarizadas como ASTM (American Society for Testing and Materials) y NTP (Norma técnica peruana). Los agregados fueron de dos canteras diferentes siendo así el agregado grueso de la cantera Sojo-Sullana, según los resultados se obtuvo sus siguientes características para el agregado grueso tiene un tamaño nominal de  $\frac{3}{4}$ " , un peso específico de 2.74 g/cm<sup>3</sup>, su contenido de humedad fue de 0.15 %, su absorción es de 0.9 %, peso unitario 1368 Kg/m<sup>3</sup> y su peso unitario compactado fue de 1532 Kg/m<sup>3</sup>, para el agregado fino que fue de la cantera cerro Mocho- Sullana, se obtuvo las siguientes características módulo de fineza de 2.84, peso específico 2.68 gr/cm<sup>3</sup> , su contenido de humedad fue de 0.50 %, su absorción fue de 0.8 %, su peso unitario suelto fue de 1511 Kg/m<sup>3</sup> y su peso unitario seco compactado 1642 Kg/m<sup>3</sup>, el agregado que fue utilizado para el método de incorporación indirecto de la bacteria al concreto fue la arcilla expandida caracterizado por ser un eficaz aislante térmico se obtuvo de la empresa Agriplant teniendo las siguientes características peso específico 0.358 gr/cm<sup>3</sup> y absorción de 26.2 % esta se tomó en cuenta a su ficha técnica, pero las características que se determinó en base a las muestras ensayadas fue, el contenido de humedad, este es un material que por si como es

preparado a altas temperaturas su porcentaje de contenido de humedad fue de 0% pero después se le realizó el ensayo con la solución bacteriana y se obtuvo un contenido de humedad de 3.74 %, su peso unitario suelto fue de 314 Kg/m<sup>3</sup> y su peso seco compactado fue de 329 kg/m<sup>3</sup>.

3. Se determinó la dosificación del concreto autorreparable con la norma ACI 211 para un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>3</sup>, se realizaron 3 diseños de concreto autorreparable de acuerdo a los porcentajes de solución bacteriana más su suspensión bacteriana de  $3.2 \times 10^6$  respectiva, impregnada en la arcilla expandida , el primero con solución bacteriana al 5% su proporción en volumen fue 1:2.4:2.4:0.14 el segundo con el 10% de solución bacteriana fue de 1:2.4:2.4:0.14 y por último con solución bacteriana al 15% fue de 1:2.4:2.40:0.15.
4. Se analizó que el comportamiento mecánico del concreto autorreparable realizando ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión se determinó que el concreto autorreparable aumenta la resistencia a la compresión en un 1.7%, con una resistencia a los 28 días de 248.74 Kg/cm<sup>2</sup>, mayor a la del diseño , obteniendo según los resultados que el concreto autorreparable se comporta un mejor que el concreto convencional pero en lo que demanda su resistencia a la flexión disminuye por consecuencia de la incorporación de arcilla pues es más bajo, pero la diferencia no es mucha porque se le incorporo un porcentaje menos a las diferentes investigaciones pues tenían porcentajes altos de reducción de resistencia , su módulo de rotura con el 15 % de solución bacteriana a los 28 días fue de 47.64 Kg/cm<sup>2</sup> y del concreto convencional fue de 49.30 Kg/cm<sup>2</sup>.
5. Finalmente, el concreto autorreparable será una alternativa biotecnológica, ya que se obtuvo resultados positivos en su eficiencia mecánica pues es un material que al ser correctamente dosificado cumple con las especificaciones técnicas al igual que el concreto convencional, a diferencia que este está elaborado a base de bacterias.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para la elaboración de revisión bibliográfica se realice con artículos en base a la experimentación, para evaluar los mejores resultados de concreto autorreparable y que al definir los parámetros para la revisión que sea específicamente de lo que se desea investigar y realizar con más cantidad de artículos para ampliar la revisión.
- Para la elaboración de ensayos se recomienda realizarlo cuidadosamente y que los equipos estén correctamente calibrados para minimizar los errores, en caso de que los materiales no cumplan con las especificaciones de la norma, se cambiara de cantera o combinar con otros materiales para mejorar sus características.
- Para la dosificación de concreto autorreparable en diferentes concentraciones a base de bacterias incorporadas indirectamente es importante que se realice respetando las norma ACI 211, además en esta dosificación se reemplazó parte del agregado por arcillas expandida pero se reemplazó en menos cantidades ya que es un árido ligero, de lo que dosificaban en otras investigaciones ya que la mayoría reemplazaba el 50 % de los agregados provocando menores resistencias, por ende se recomienda que cuando se haga uso de este material se haga en menores porcentajes.
- Par aumentar en mayor porcentaje de resistencia a la compresión y evitar la reducción a la resistencia a la flexión del concreto se recomienda que en el método indirecto como el encapsulado de bacterias en arcilla expandida sea con arcillas menores a 4 mm para que el porcentaje de vacíos sea menor.
- Se recomienda que se promueva realizar más investigaciones con el uso de la biotecnología, ya que esta otorga diferentes beneficios a los materiales convencionales mejorando sus propiedades.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OSSA GIRALDO, Ana Claudia; GÓMEZ GALLEGO, Diana Maryory; ESPINAL CORREA, Claudia Elena. Asbesto en Colombia: un enemigo silencioso. *Iatreia*, 2014, vol. 27, no 1, p. 53-62.
- ANAND, Kamal, Shweta GOYAL y M. Sudhakara REDDY. Long-term viable SF immobilized bacterial cells as sustainable solution for crack healing in concrete. *Structures* [en línea]. 2022, 43, 1342–1355 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1016/j.istruc.2022.07.056 ISSN 2352-0124.
- BAKR, Mohd Abu; SINGH, Birendra Kumar. Effect of biomineralized *Bacillus subtilis* on recycled aggregate concrete containing blended hydrated lime and brick powder. *Case Studies in Construction Materials*, 2023, vol. 18, p. e02137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02137>
- Cuadros et L. 2019. OBTENCIÓN DE CaCO<sub>3</sub> CON BACILLUS SUBTILIS PARA LA FABRICACION DE CONCRETO AUTORREPARABLE. [En línea] 03 de Marzo de 2019. ISSN 2594-018X
- ESPITIA NERY, Martín Eduardo et al. Mechanisms of encapsulation of bacteria in self-healing concrete: review. *DYNA* [en línea]. 2019, 86(210), 17–22 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.15446/dyna.v86n210.75343 ISSN 2346-2183.
- ESTRADA Santos, Junior Arnold. Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas en la ciudad de Lima-2019. TESIS (Magíster en: Gestión del Sistema Ambiental). Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2023.101 pp. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3192>
- FARFAN, Jhon et al. Desarrollo de una mezcla de concreto con capacidades autorreparadoras por medio de microorganismos bacterianos. En *Investigación Formativa en Ingeniería*. Instituto Antioqueño de Investigación (IAI) [en línea]., 2020. p. 126-131. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8716518>  
ISBN 9789585233355

- GONZÁLEZ, A., et al. Hormigón autorreparable con bacterias para la infraestructura vial. En *Investigación de posgrado. 13 congreso Internacional PROVIAL*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/328135440\\_Titulo\\_HORMIGON\\_AUTORREPARABLE\\_CON\\_BACTERIAS\\_PARA\\_LA\\_INFRAESTRUCTURA\\_VIAL\\_Autores](https://www.researchgate.net/publication/328135440_Titulo_HORMIGON_AUTORREPARABLE_CON_BACTERIAS_PARA_LA_INFRAESTRUCTURA_VIAL_Autores). 2018.
- H. M, Jonkers. Bacteria-based self-healing concrete. *In-Genium* [en línea]. 2021, 84–93. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/119709> ISSN 2796-7042.
- HAN, Sanghyun et al. Effectiveness of expanded clay as a bacteria carrier for self-healing concrete. *Applied Biological Chemistry* [en línea]. 2019, 62(1) [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1186/s13765-019-0426-4 ISSN 2468-0842.
- HERNÁNDEZ-PIEDRAZUL, Edith, Iván E. CASTAÑEDA-ROBLES y Liliana LIZÁRRAGA-MENDIOLA. El bioconcreto como agente reparante en estructuras de concreto. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* [en línea]. 2022, 10(Especial2), 176–183 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.29057/icbi.v10iespecial2.8667 ISSN 2007-6363.
- KOVÁCS, Ákos T. *Bacillus subtilis*. *Trends in microbiology* [en línea]. 2019, vol. 27, no 8, p. 724-725. Disponible en: DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.03.008>
- LOZADA, José. Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 2014, vol. 3, no 1, p. 47-50. ISSN-e 1390-95927
- MERCHÁN-RUBIANO, Juan y PÉREZ-RUBIANO, María. Evaluación de las propiedades mecánicas en el concreto autoreparable a base de bacterias *Bacillus Subtilis* y en el concreto convencional. [en línea] Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2022 131 pp. [Fecha consulta: 13 de octubre 2023].
- NEZAFAT TABALVANDANI, Motahhareh et al. Investigation of self-healing properties in concrete with *Bacillus licheniformis* isolated from agricultural soil. *Journal of Building Engineering* [en línea]. 2023, 67, 106057 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1016/j.job.2023.106057

ISSN 2352-7102.

- ORMAECHE CELESTINO, Antony Abel. Influencia de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia mecánica del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, Ate, Lima. 2020.
- Pacheco, F., Loeff, A., Müller, V., Ehrenbring, H. Z., Christ, R., Modolo, R. C. E., Oliveira, M. F., Tutikian, B. F. (2022), "Análisis de la autorregeneración de matrices cementicias mediante diferentes métodos de inserción de soluciones químicas y bacterianas", *Revista ALCONPAT*, 12 (1), pp. 32 – 46, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v12i1.559>
- PARIONA TUNQUE, Jhon Fissher Kennedy. Bacterias alcalófilas en la autorreparación de fisuras en concretos sostenibles. 2021. [ Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2021. 239 pp. Disponible en: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6905/T010\\_76405449\\_T.pdf?sequence=1&isAllow](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6905/T010_76405449_T.pdf?sequence=1&isAllow).
- Parraguez, A. (2018). Estudio sobre el rendimiento de bacterias como agente de autorreparación en el hormigón bajo diferentes condiciones de temperatura y tipo de cemento [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso, Chile]
- REYAD, Amany M. y Gehad MOKHTAR. Impact of the immobilized *Bacillus cereus* MG708176 on the characteristics of the bio-based self-healing concrete. *Scientific Reports* [en línea]. 2023, 13(1) [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1038/s41598-023-27640-1 ISSN 2045-2322.
- ROHINI, I.; PADMAPRIYA, R. P. Effect of bacteria subtilis on concrete substituted fully and partially with demolition wastes. *Int J Civ Eng*, 2018, vol. 9, p. 230-243.
- SARKAR, Manas et al. Bio-concrete: Unveiling self-healing properties beyond crack-sealing. *Journal of Building Engineering* [en línea]. 2023, [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1016/j.jobee.2023.106888 ISSN 2352-7102.
- SHIVANSHI, S. et al. A study on bacterial self-healing concrete encapsulated in

- lightweight expanded clay aggregates. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2023 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1016/j.matpr.2023.03.541 ISSN 2214-7853.
- SOTOMAYOR, Cristian. Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto [en línea]. *Artículo técnico*, 2020, no 6. Disponible en: <http://www.consultcreto.com/pdf/entendiendo.pdf>
  - UDDIN, Md Nasir et al. Smart self-healing bacterial concrete for sustainable goal. *Innovative Infrastructure Solutions* [en línea]. 2022, 8(1) [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1007/s41062-022-01020-6 ISSN 2364-4184.
  - VIGNESWARAN, G. et al. Performance of Bacteria-Based Non-encapsulated Self-healing Concrete. En: *Lecture Notes in Civil Engineering* [en línea]. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022, pp. 565–581 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1007/978-981-19-1862-9\_36 ISBN 9789811918612.
  - YAMASAMIT, Nattapong et al. Effect of Bacillus subtilis on mechanical and self-healing properties in mortar with different crack widths and curing conditions. *Scientific Reports* [en línea]. 2023, 13(1) [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1038/s41598-023-34837-x ISSN 2045-2322
  - ARÉVALO TORRES, Andy Fabian; LOPEZ DEL AGUILA, Luis. Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín. 2020.
  - BENINTENDE, Silvia; SANCHEZ, Cecilia; STERREN, M. Crecimiento bacteriano. Consultado el, 2002, vol. 3.
  - Coanqui Apaza, F. Y. (2019). Optimización de la dosificación del concreto estructural liviano con arcilla expandida como agregado grueso.
  - Gómez y Patiño. Bases teóricas para la implementación del concreto autorreparable en laboratorios de. [En línea] 2021. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5774>.
  - K. Vijay,M. Murmu, “Effect of calcium lactate and Bacillus subtilis bacteria on properties of concrete and self-healing of cracks,”Int. J. Structural

- Engineering, vol. 10, no. 3, pp. 217-231, 2020.
- Mohammed A., Khalaf; Cheah Chee, Ban; Mahyuddin, Ramli. 2019. *The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review*. s.l. : Construction and Building Materials, 2019. Vol. Volume 215. 09500618.
  - Montilla. *Bacillus spp. en aplicaciones agrícolas*. [En línea] 2023. <https://hdl.handle.net/10953.1/20139>
  - MUÑOZ-PÉREZ, Sócrates, Jorge CARLOS-SÁNCHEZ y Miguel PERALTA-SÁNCHEZ. Influencia de las bacterias en la autocuración del concreto. *Revista UIS Ingenierías* [en línea]. 2023, 22(1) [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.18273/revuin.v22n1-2023007 ISSN 2145-8456.
  - RAUF, Momina et al. Comparative performance of different bacteria immobilized in natural fibers for self-healing in concrete. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2020, 258, 119578 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.119578 ISSN 0950-0618.
  - VENTURA-LEÓN, José Luis. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista cubana de salud pública*, 2017, vol. 43, no 4, p. 0-0. ISSN 1561-3127
  - VIJAY, Kunamineni; MURMU, Meena; DEO, Shirish V. Bacteria based self healing concrete—A review. *Construction and building materials*, 2017, vol. 152, p. 1008-1014.
  - Villareal et al. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. [En línea] 2018. ISSN 2007-8080.-
  - YAMASAMIT, Nattapong et al. Effect of *Bacillus subtilis* on mechanical and self-healing properties in mortar with different crack widths and curing conditions. *Scientific Reports* [en línea]. 2023, 13(1) [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1038/s41598-023-34837-x ISSN 2045-2322.
  - ZAMBA, Duresa Dubale et al. Experimental Investigation on Self-Healing Efficiency of Mortar with *Bacillus subtilis* and *Bacillus cereus*. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. 2023, 2023, 1–11 [consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi:10.1155/2023/9399101 ISSN 1687-84

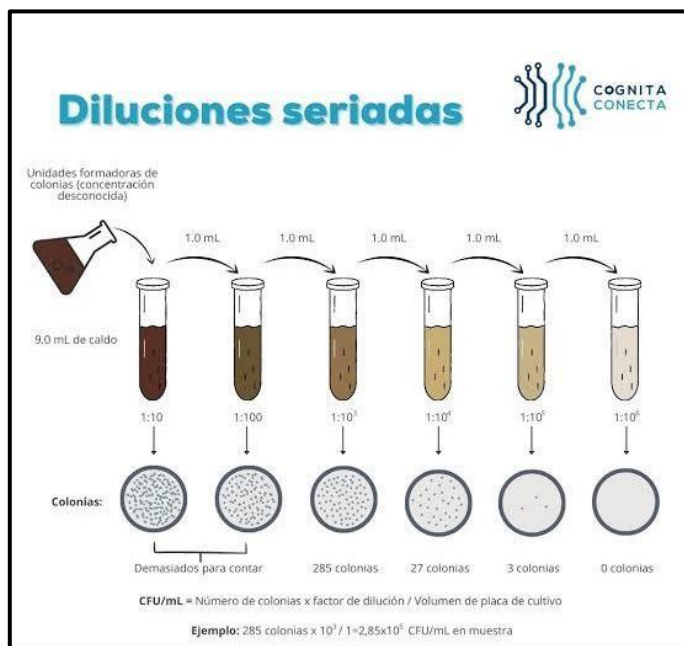
## ANEXOS

### TABLA DE ANEXOS

Anexo 01	Figuras y tablas complementaria
Anexo 02	Matriz de consistencia de variables
Anexo 03	Instrumento de recolección de datos.
Anexo 04	Resultado de similitud del programa Turnitin.
Anexo 05	Cálculo de volumen de concreto por probeta cilíndrica y viga prismática
Anexo 06	Costo del concreto convencional y del concreto autorreparable
Anexo 07	Análisis documental de artículos
Anexo 08	Ficha técnica de la solución bacteriana Bacillus subtilis.
Anexo 09	Ficha técnica del Lactato de calcio
Anexo 10	Ficha técnica de la arcilla expandida Agriplant.
Anexo 11	Certificado de calibración de prensa hidráulica para concreto
Anexo 12	Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de ensayos para caracterización de agregados.
Anexo 13	Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de los 4 diseños de mezcla.
Anexo 14	Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de ensayos de fuerza a la compresión.
Anexo 15	Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de ensayos de fuerza a la flexión
Anexo 16	Panel fotográfico

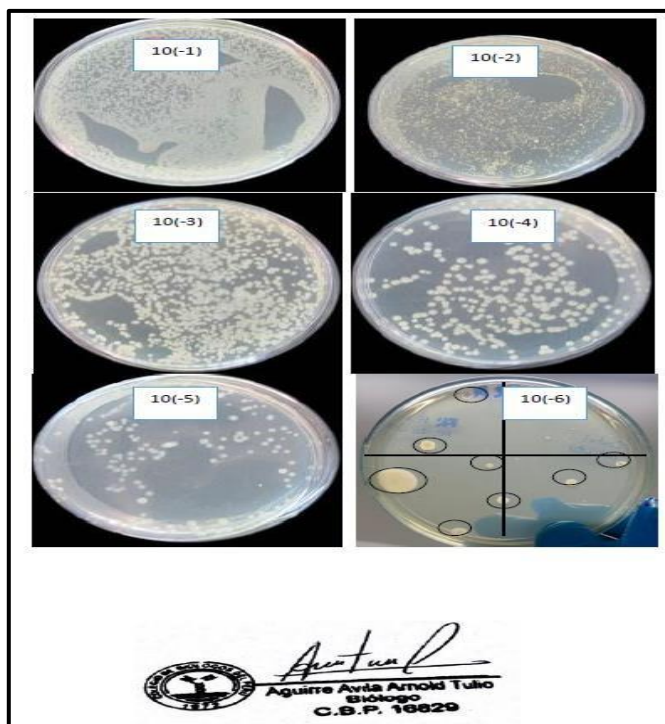
## **Anexo 01:** Figuras y tablas complementaria

Figura N° 1: Método de Diluciones Seriadas



Fuente: [www.cognitaconecta.com](http://www.cognitaconecta.com)

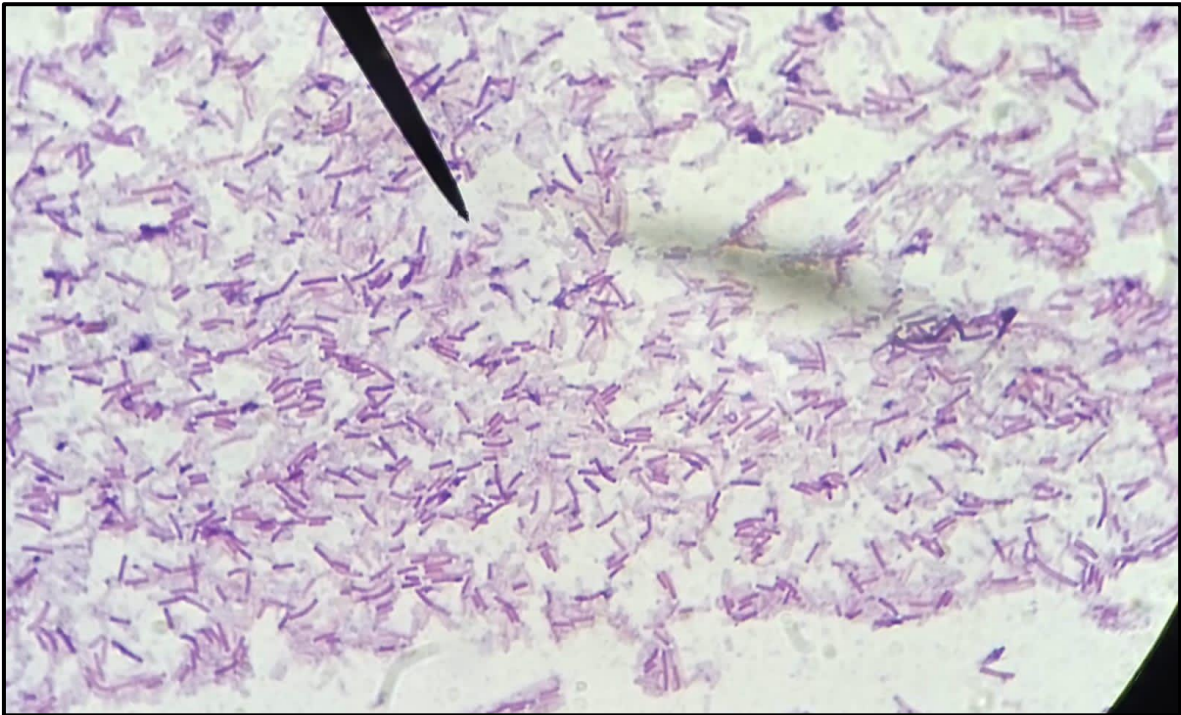
Figura N° 2: Conteo de colonia de acuerdo a las diluciones.



Fuente: Laboratorio de microbiología



Figura N° 3: Observación microscópica a objetivo 1000 x de la bacteria Bacillus Subtilis.




Fuente: Laboratorio de microbiología

Figura N° 4: Resultados de laboratorio de Microbiología de Conteo de UFC/mL

II. RESULTADOS  
2.1. Conteo de Colonias UFC/mL por muestra

Cepa	Dilución					
	10(-1)	10(-2)	10(-3)	10(-4)	10(-5)	10(-6)
<i>Bacillus subtilis</i>	No se pudo contar	No se pudo contar	No se pudo contar	320	120	8
UFC/mL	*	*	*	$3.2 \times 10^{-6}$ UFC/mL	$1.2 \times 10^{-7}$ UFC/mL	$0.8 \times 10^{-8}$ UFC/mL

Atentamente,



*Aguirre Avila*  
Aguirre Avila Arnold Tullio  
Biólogo  
C.B.P. 16629

**Anexo 02:** Tabla de operacionalización de variables y Matriz de consistencia de variables

Tabla de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V. I. Concreto Autorreparable a base de bacterias al 5 %, 10% y al 15 %	"El concreto autorreparable es la incorporación de bacterias en la mezcla que pueden producir piedra caliza (carbonato de calcio), la cual es capaz de rellenar la grieta" (González et al., 2018).	Este procedimiento biotecnológico se evaluará el desarrollo del concreto autorreparable incorporándole las bacterias al 5 %, 10% y al 15 % obteniendo características de autocuración.	<b>Selección de bacteria</b>	<b>-Genero -Nutriente</b> <b>-Método de incorporación indirecta</b> <b>-Concentración Bacteriana</b>	Razón
			Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla.	Contenido de humedad <b>Granulometría</b> Peso Unitario Peso específico y Absorción	Razón
			Dosificación del concreto Autorreparable por M3	Conteo de colonias de bacterias (UFC/ML)	Razón
			Nutriente de la bacteria	Lactato de calcio (g/L)	Razón
			Material encapsulador de bacteria	10 % de Arcilla Expandida	Razón
			Porcentajes de solución de bacterias	-Ficha de incorporación al 5 % - Ficha de incorporación al 10% -Ficha de incorporación al 15 %	Razón
			V.D. Evaluación de la Eficiencia Mecánica	"La eficiencia mecánica del concreto corresponde a la evaluación de las propiedades mecánicas como la resistencia, donde se mide con pruebas mecánicas destructivas y ensayos donde una carga axial sobre cilindros con medidas conocidas" (Flores y Aguila, 2018).	Se evaluará la eficiencia cuándo se realice el proceso de incorporación de porcentajes de bacterias a la mezcla de concreto.

Título: "Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú"

Autora: Cruz Adriano, Ruth Karina.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE				
¿Cómo evaluar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como Alternativa Biotecnológica en el departamento de Piura, Perú?,	Evaluar la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú. Por otra parte, nace los objetivos específicos, entre ellos tenemos	Si se evalúa la eficiencia mecánica del concreto autorreparable será una alternativa Biotecnológica eficaz en el departamento de Piura, Perú	Concreto Autorreparable a base de bacterias al 5 %, 10% y al 15 %	Selección de bacteria	.-Genero -Nutriente -Metodo de incorporacion indirecta -Concentración Bacteriana	Razón	TIPO DE ESTUDIO:
				Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla.	Contenido de humedad Granulometría Peso Unitario Peso específico y Absorción		Aplicada
				Dosificación del concreto Autorreparable por M3	.Conteo de colonias de bacterias (UFC/ML)		DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:
				.Nutriente de la bacteria	.Lactato de calcio (g/L)		.Experimental (Cuasi experimntal)
				Material encapsulador de bacteria	.-10 % de Arcilla Expandida		MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:
				.Porcentajes de solución de bacterias	.-Ficha de incorporación al 5 % - Ficha de incorporación al 10% -Ficha de incorporación al 15 %		Científico

PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	DEPENDIENTE				POBLACIÓN
¿De qué manera seleccionar las bacterias más utilizadas y que producen carbonato de calcio en el concreto a través del método de incorporación indirecto?	Seleccionar las bacterias más utilizadas y que produzcan carbonato de calcio incorporadas al concreto a través del método indirecto	Como si se realiza un análisis documental de diferentes artículos se seleccionara la bacteria más utilizada y precipitadora de carbonato de calcio incorporada al concreto a través del método indirecto	Evaluación de la Eficiencia Mecánica	Tiempo en llegar a la máxima resistencia			Diseños de concreto autorreparable
							MUESTRA:
							60 especímenes
							MUESTREO:
¿Cómo determinar las características de los agregados para la eficiente dosificación del concreto autorreparable?	Caracterizar los agregados para la eficiente dosificación de concreto autorreparable	Al caracterizar cada uno de los agregados se realizará una eficiente dosificación de concreto autorreparable					No Probabilístico
¿De qué determinar la dosificación del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas a través del método indirecto ?	Determinar la dosificación del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas a través del método indirecto	Si se realiza pruebas de resistencia a la compresión , se determinará la mejora del comportamiento mecánico del concreto autorreparable					TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
¿Cómo analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas con el método indirecto, realizando ensayos de resistencia a compresión y a flexión?	Analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable a base de bacterias incorporadas con el método indirecto, realizando ensayos de resistencia a compresión y a flexión.	Al realizar ensayos a la flexión para analizar el comportamiento mecánico del concreto autorreparable se determinó que esta aumenta.					Técnica de observación e instrumentos Ficha de recolección de datos, fichas de resultados de laboratorio.

**Anexo 03:** Instrumento de recolección de datos.

Proyecto:		."EVALUACION DE LA EFICIENCIA MECANICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLOGICA DEL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERU"						
Autora:		CRUZ ADRIANO RUTH KARINA						
FICHA TECNICA PARA RECOLECCION DE DATOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESION								
Características de la probeta cilíndrica				RESISTENCIA A LA COMPRESION				
N	FECHA MUESTREO	DOCIFICACION	AREA (cm2)	EDAD	LECT (KN)	f'ce	f'cr (prom.)	%
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								





**Anexo 04:** Resultado de similitud del programa Turnitin.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE PREGRADO DE INGENIERÍA DE CIVIL

"Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERÍA CIVIL

AUTOR (ES):

Cruz Adriano, Ruth Karina ([Orcid.org/0000-0002-5975-6312](https://orcid.org/0000-0002-5975-6312))

ASESOR(A)(ES):

Sagastegui Plasencia, Fidel German ([Orcid.org/0000-0003-0836-0062](https://orcid.org/0000-0003-0836-0062))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ingeniería Sísmica y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

CIUDAD DE PIURA — PERÚ

2023

Match Overview

18%

Currently viewing standard sources

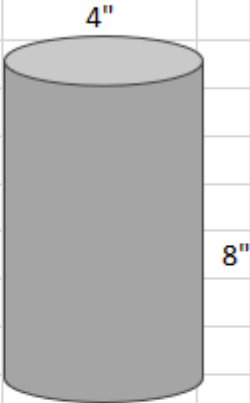
View English Sources

Matches

1	repositorio.ucv.edu.pe	3%
2	Submitted to Universidad...	2%
3	hdl.handle.net	2%
4	Submitted to Universidad...	1%
5	repositorio.unh.edu...	1%
6	Submitted to Universidad...	<1%
7	repositorio.upn.edu.pe	<1%
8	repositorio.undac.edu.pe	<1%
9	lido.pub	<1%
10	www.dspace.uoc.edu.ec	<1%
11	www.sildshare.net	<1%
12	Submitted to Universidad...	<1%
13	docplayer.es	<1%
14	Submitted to Universidad...	<1%

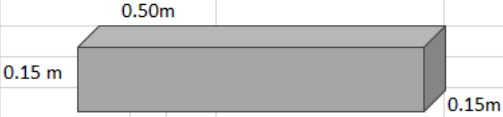
**Anexo 05:** Cálculo de volumen de concreto por probeta  
cilíndrica y viga prismática

Diseño de Concreto patrón $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	
a) Cálculo en 01 probeta cilíndrica	
Diametro:	10.00 cm
Altura:	20.00 cm
Area:	78.50 cm <sup>2</sup>
Volumen (cm <sup>3</sup> )	1570.00 cm <sup>3</sup>
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.0015700 m <sup>3</sup>
Desperdicio	5%
Desperdicio	1.05



INSUMOS	Para 01 probeta
Cemento	605.164 gr.
Agua	0.353 L
A. Fino	1451.158 gr.
A. Grueso	1477.237 gr.
<b>TOTAL</b>	<b>3533.912</b>

b) Cálculo en 01 Viga	
Altura:	15.00 cm
Area:	750.00 cm <sup>2</sup>
Volumen (cm <sup>3</sup> )	11250.00 cm <sup>3</sup>
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.011250 m <sup>3</sup>
Desperdicio	5%
Desperdicio	1.10



0.15 m      0.15m

Sin desperdicio	
INSUMOS	Para 01 viga
Cemento	4542.863 gr.
Agua	2.648 L
A. Fino	10893.589 gr.
A. Grueso	11089.361 gr.
<b>TOTAL</b>	<b>26528.461</b>

**Anexo 06:** Costo del concreto convencional y del concreto autorreparable

Costo de la obtención para 1 m3 de concreto tradicional, con rendimiento de 21 m3/día					
Descripción	Und	Cuadrilla	Cant.	PU.	Precio parcial
<b>MATERIALES</b>					S/ 280.74
Piedra chancada	m3		0.3262	S/ 80.00	S/ 26.10
Arena gruesa	m3		0.3264	S/ 60.00	S/ 19.58
Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS (42.5 kg)	Kg		8.63	S/ 27.00	S/ 233.01
Agua puesta en obra	m3		0.205	S/ 10.00	S/ 2.05
<b>MANO DE OBRA</b>					78.08
Operario	Hh	1	0.3810	27.41	10.44
Oficial	Hh	1	0.3810	21.55	8.21
Peón	Hh	8	3.0476	19.5	59.43
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					11.45
Herramientas manuales	% MO		3%	78.080	2.34
Vibrador de concreto 4 hp	hm	1	0.3810	5.76	2.19
Mezcladora de concreto	hm	1	0.3810	18.14	6.91
<b>TOTAL</b>					S/ 370.27

**Costo de la obtención para 1 m3 de concreto autorreparable con el 15 % de concentración bacteriana con rendimiento de 21 m3/día.**

Descripción	Und	Cuadrilla	Cant.	PU.	Precio parcial
<b>MATERIALES</b>					S/ 908.01
Piedra chancada	m3		0.2936	S/ 80.00	S/ 23.49
Arena gruesa	m3		0.3264	S/ 60.00	S/ 19.58
Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS (42.5 kg)	Bls.		8.63	S/ 27.00	S/ 233.01
Agua puesta en obra	m3		0.205	S/ 10.00	S/ 2.05
Arcilla Expandida + 15% de solución bacteriana	kg		15	S/ 10.00	S/ 150.00
Suspensión bacteriana	UFC		3.2 x10 <sup>6</sup>	S/ 370.00	S/ 370.00
Lactato de calcio	Bls.		1.06	S/ 30.00	S/ 31.80
<b>MANO DE OBRA</b>					78.08
Operario	Hh	1	0.3810	27.41	10.44
Oficial	Hh	1	0.3810	21.55	8.21
Peón	Hh	8	3.0476	19.5	59.43
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					11.45
Herramientas manuales	% MO		3%	78.080	2.34
Vibrador de concreto 4 hp	hm	1	0.3810	5.76	2.19
Mezcladora de concreto	hm	1	0.3810	18.14	6.91
<b>TOTAL</b>					S/ 997.54

## **Anexo 03: Análisis documental de artículos**





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**PROYECTO:** "Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú"

**AUTORA:** Cruz Adriano, Ruth Karina

ITEM	Titulo de articulo	Nombre de la Bacteria	Metodo de encapsulacion.	Nutriente	Recuento bacteriano	Resultados	Ancho de fisura reparado	Referencia
1	Immobilizing bacteria in expanded perlite for the crack self-healing in concrete	Bacillus cohnii	Perlita expandida recubierta con una capa de geopolímero	Lactato de calcio y extracto de levadura	5,2x10 <sup>8</sup> cels/cm <sup>3</sup>	Los resultados experimentales mostraron que las muestras incorporadas con bacterias inmovilizadas con EP mostraron la curación de grietas más eficiente después de cada tiempo de curación.	A los 28 días 0.79 mm	Zhang et al. (2017)
2	Application of expanded perlite encapsulated bacteria and growth media for self-healing concrete	Bacillus pseudofirmus	Perlita expandida recubierto con doble capa de silicato de sodio solución y polvo de cemento	Acetato de calcio	4.1x10 <sup>9</sup> spores/g	Los resultados indicaron que se podía lograr la curación cuando se usaba perlita expandida recubierta que contenía agentes autocurativos como reemplazo del 20% del agregado fino y si se proporcionaba una proporción adecuada de esporas a acetato de calcio.	A los 28 días, 500 um	Alazhari et al. (2018)
3	Crack healing in concrete using various bio influenced self-healing techniques	Bacillus subtilis	Arcilla expandida	Lactato de calcio	2.8x 10 <sup>8</sup> cells/ml	La compresion incremento en 12%	A los 28 días, 0	Khaliq y Basit (2016)
4	Self-healing cementitious materials based on bacteria and nutrients immobilized respectively	Bacillus mucilaginous L3	ceramsita	Sacarosa, extracto de levadura y nitrato de calcio	108 ~ 10 <sup>9</sup> células / ml.	Aumento del 56% al 72% la resistencia a la flexion.	A los 28 días se reparo un 87,5%.	Chen, Qian y Huang (2016)


5	Effect of Bacillus subtilis on mechanical and self-healing properties in mortar with different crack widths and curing conditions	Bacillus Subtilis	Alginato de sodio al 2%	Agua de peptona y cloruro de sodio	10 8 UFC/ml	Aumento del 7 al 8,9 % en la resistencia a la compresión, el 7,4 al 13,33 % en la resistencia a la tracción, el 4,7 al 7 % en la resistencia a la flexión y una disminución. del 75% en absorción de agua.	A los 28 dias reparo fisuras entre 0,3, 0,5 y 1 mm.	Yasami et al. (2023)
6	Efficacy of expanded clay as a carrier of bacteria for self-healing concrete.	Lysinibacillus boronitolera ns	Arcilla expandida	0,4 % de extracto de levadura	1,0 × 10 a la 9	Todos los resultados experimentales sugieren que la CE puede ser un portador de bacterias adecuado para el hormigón autorreparable.	*	Han et al. (2019)
7	Self-Healing Concrete Using Rubber Particles to Immobilize Bacterial Spores	Sporosarcina pasteurii ATCC11859	Particulas de caucho DE 1~3 mm	Caldos nutritivos	2.5E9 spores/mL	Los resultados experimentales muestran que el hormigón de caucho autorreparable con un tamaño de partícula de 1~3 mm tiene una mejor capacidad de curación que el hormigón de caucho autorreparable con un tamaño de partícula de 0,2~0,4 mm,	A los 28 dias ,	Hongyin Xu (2019)
8	Effect of carbonation on bacteria-based self-healing of cementitious composites	Bacillus cohnii DSM 6307	Gránulos livianos de concreto aireado (ACG)	nitrate de calcio y extracto de levadura	12,5 x 10 10 ufc	El ACG recubierto es un medio eficaz para encapsular esporas y transgénicos en compuestos cementosos autorreparables a base de bacterias. Sobrevive intacto al proceso de mezcla y endurecimiento, no causa retrasos ni fracturas cuando se forman grietas.	A los 84 dias reparao, 0.49 mm	Tan et al. (2020)
9	Air-entraining admixtures as a protection method for bacterial spores in self-healing cementitious composites: Healing evaluation of early and later-age cracks	Bacillus cohnii DSM 6307	Aditivo aireante	nitrate de calcio	2,1 × 10 7 esporas/g	Disminución de la resistencia a la compresión del 3,19% -Disminución de la resistencia a la compresión del 3,19%	A los 56 dias, 0.50 mm	Justo et al (2022)

10	The effect of soil incubation on bio self-healing of cementitious mortar	Bacillus subtilis	Alginato de calcio	0,5 g de extracto de levadura, 7,8 g de clorhidrato	6,1 × 10 <sup>6</sup> UFC mL <sup>-1</sup>	la resistencia a la compresión de 34,4 MPa para las muestras de 28 días	A los 7 días 400 um	Hamza.Mohamed ,Eliott, Souid (2020)
11	Bacteria-based self-healing concrete to increase liquid tightness of cracks	Bacillus spp (Sin especificar)	Arcilla expandida	Lactato de calcio	10 <sup>8</sup> esporas/L	la resistencia a la flexión y compresión de los prismas B a una edad temprana (3 días) fue 54% y 63% respectivamente, menor en comparación con las muestras CTRL.	A los 56 días 5 mm	Tziviloglu et al. (2016)
12	Comparative performance of different bacteria immobilized in natural fibers for self-healing in concrete	Bacillus sphaericus , Bacillus subtilis y Bacillus cohnii	Fibras naturales	TSA Y TSB	6 × 10 <sup>8</sup> células/ml	Para las especies de bacterias, el aumento máximo en la resistencia entre las muestras microbianas reforzadas con fibra que contienen B. subtilis KCTC-3135 T y B. cohnii NCCP-666 fue del 36 y 33% respectivamente, mientras que B. sphaericus NCCP-313 resultó en el mayor aumento ( 42%) en resistencia a la compresión entre todas las formulaciones.	0,8 mm y 0,5 mm en muestras prefisuradas de 56 días.	Raufa Momina , et al. (2020)
13	Bacteria encapsulation using synthesized polyurea for self-healing of cement paste	Bacillus pseudofirmus	Poliurea	Lactato de calcio	DO 600	Al romperse la cápsula, las esporas bacterianas protegidas pueden germinar (cambiar de inactivas a activas) y consumir la nutrición disponible para precipitar el carbonato de calcio necesario para la curación de las grietas.	Solo realizaron analisis con el microscopio SEM, la produccion de calcita.	Mohammadhossein Zamani et. Al,(2020)
14	Bio-mineralized self-healing recycled aggregate concrete for sustainable infrastructure	Bacillus subtilis	Agregado grueso reciclado,Agregado fino de óxido de hierro, nano/micro óxido de hierro	Cultivo bacteriano	1,9 x 10 <sup>7</sup> células/cm <sup>3</sup>	RCA es un medio portador viable recuperación de resistencia del 76 %, mientras que la inducción directa poseía un ancho de curación de grietas a corto plazo de 0,6 mm con un índice de recuperación del 69 %.	A los 28 días, 0.7 mm	KHUSHNOOD, et al. (2020)

15	Effect of self-healing on strength and durability of zeolite-immobilized bacterial cementitious mortar composites	Sporosarcina ureae y Sporosarcina pasturii	Zeolita	Lactato de calcio	106 células/ml.	La resistencia a la compresión aumentó significativamente tanto para el mortero normal como para los cubos de mortero FR que contienen células microbianas, independientemente del tipo, en comparación con la de la muestra de control. Dos especies bacterianas mostraron diferentes resistencias a la compresión, siendo Sporosarcina pasturii + zeolita la que tuvo la máxima resistencia a la compresión a largo plazo.	A los 4 meses	Bhaskar et al., (2017)
16	Self-healing concrete with bacteria and reinforced with natural fibers: principles and applications in Ecuador	Bacillus Cohnii	Arcilla expandida	Lactato de calcio	1.7 x 10 <sup>5</sup> g <sup>-1</sup> Esporas	Seis meses después del colado de este hormigón, durante una inspección en el sitio, no se registró ninguna evidencia de deterioro o agrietamiento. Para poder evaluar la capacidad de autorreparación es necesario esperar a que haya algún agrietamiento. En el laboratorio, muestras de este tipo de hormigón fueron agrietadas y luego de seis semanas expuestas al agua, las grietas se sellaron con depósitos con base de calcio.	A los 6 meses	Sierra, Mera y Jokers (2015)
17	Análisis de la autorregeneración de matrices cementicias mediante diferentes métodos de inserción de soluciones químicas y bacterianas	B.subtilis	Arcilla expandida	Lactato de calcio	*	La prueba de resistencia mecánica mostró que la mezcla con mejor comportamiento mecánico fue la mezcla BAC.AE (Con arcilla expandida), con 53.1 MPa a los 35 días frente a 42.5 MPa y 40.4 MPa para las mezclas BAC.PE (Perlita expandida) y SS (Concreto patron), respectivamente.	A los 28 días, 0.57 mm	Pacheco et. Al, (2022)

18	HORMIGÓN AUTORREPARABLE CON BACTERIAS PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL	Bacillus Pseudeudofir mus	Arcilla expandida	Lactatto de calcio	200g/l de solución con bacterias	Los resultados en la cromatografía realizada al agua muestran una disminución de los cationes de Calcio y Magnesio, y un aumento del Sodio y Potasio. Parte de los cationes de Calcio encontrados en el agua serían los responsables de la en las grietas, mientras que el Magnesio también pudo haber contribuido con la formación de formación de Carbonato de Calcio algún cristal.	A los 28 dias , 0.3 mm	GONZÁLEZ, A., et al. (2018)
19	Investigación preliminar sobre el efecto autocurativo duradero del hormigón a base de bacterias con agregados ligeros	Bacillus Lentus	Arcilla expandida (LECA)	Lactatto de calcio	2x10 <sup>8</sup> Spores	De los resultados obtenidos se puede concluir que las dos muestras de hormigón con reactivos autocurantes mostraron mejores resultados de resistencia a la compresión en comparación con la muestra de referencia. La muestra con nutrientes bacterianos impregnados en LECA (Arcilla expandida) mostró un aumento del 22% en la resistencia a la compresión en comparación con la muestra de referencia muestra de referencia.	A los 28 dias 0.3 mm	DEMBOVSKA, L et al (2019)
20	Evaluation of Microencapsulation Techniques for MICP Bacterial Spores Applied in Self-Healing Concrete	Bacillus sphaericu	Microencapsulacion	Medios de culivos	10 <sup>6</sup> células/ml	Los resultados revelaron que las esporas liofilizadas también mostraron el nivel más alto de descomposición de urea (ensayo de actividad metabólica utilizado como marcador sustituto de la germinación de las esporas y la viabilidad de las células vegetativas).	A los 28 dias, 0.2 mm	Wiboonluk P. et al,2019.

**Anexo 08:** Ficha técnica de la solución bacteriana *Bacillus subtilis*.

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

<b>DESCRIPCIÓN</b> 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 cinerea, Alternaria, Erysiphe necator y Erwinia spp.
<b>INGREDIENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Melaza</li> </ul>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color : Marrón oscuro</li> <li>• Olor : Agrio</li> <li>• Textura : Acuosa</li> <li>• pH : 3 - 6</li> <li>• Ce : 5 – 6 dS/m</li> </ul>
<b>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacillus Subtillis y consorcio microbiano</li> </ul>
<b>ÁREA</b>	Laboratorio y Seguimiento Nutricional

Con el respaldo de:



<b>Elaborado por:</b> Seguimiento Nutricional	<b>Revisado por:</b> Jefe de Área	<b>Aceptado por:</b> Gerencia Servicios y proyectos	<b>Fecha:</b>
--	--------------------------------------	--	---------------

**Anexo 09:** 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](mailto:jindanla@jindanlactic.com) Website: [www.jindanlactic.com](http://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 <sub>3</sub> CHOHCOO) <sub>2</sub> Ca·5H <sub>2</sub> 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 10:** Ficha técnica de la arcilla expandida Agriplant.

## FICHA TÉCNICA

**ARCITEK**  
Arcilla expandida

Revisado: 15/04/2019

### IMPORTANCIA

La **ARCITEK** es un agregado de arcilla de peso ligero, tiene una forma redondeada con poros muy pequeños que permite una buena absorción de agua y de excelente durabilidad. Ideal para plantas ornamentales, así como la horticultura e hidropónica de alto rendimiento.

### DESCRIPCIÓN

Este material aislante derivada de una expansión en un horno rotatorio a 1200 °C es un producto natural, ligero, incombustible, no inflamable e inalterable con el tiempo. Posee una estructura interna formada por una espuma cerámica con micro poros. Es de baja densidad y alta resistencia superficial y rígida. No acumula sales, por lo tanto, su conductividad eléctrica es de baja y pH neutro.

### APLICACIONES

Excelente en geotecnia, agricultura y paisajismo, en particular drenaje, vertederos, florerías y cubiertas ajardinadas.

CARACTERÍSTICAS		DETALLES		
Procedencia		PORTUGAL		
Composición		Agregado de arcilla.		
Apariencia		Redondeada		
Granulometría	mm	FINA 4,0 - 8,0	MINI 8.0- 12.5	PLUS 8.0-16.0
Densidad aparente seca	(± 15%) kg/m <sup>3</sup>	358	287	274
Superficies aplastadas y salidas*	(% masa)	NA	7	12
Resistencia al aplastamiento (± 10%)	MPa	4.8	1.8	1.3
Conductividad térmica	(W/m° C)	0.11	0.11	0.10
Absorción de agua	(% masa seca)	26.2	22.7	22.8
Resistencia al fuego		Incombustible Euro Clase A1		
Presentación		Bolsa de 50L		

\*Porcentaje de partículas machacadas de un total del 100%

Recomendaciones: Al añadir agua, la superficie del sustrato tiene que permanecer granulosa y estable, pero sin compactación. Las recomendaciones de uso se han de entender como indicativas y se deben adecuar a las condiciones "in situ". Esta información se suministra de buena fe, es precisa y confiable según mejor conocimiento, pero debe considerarse solo como una guía en la selección del producto no como garantía de funcionamiento. Declina toda responsabilidad por resultados obtenidos mediante el uso de esta información.

**Anexo 11:** Certificado de calibración de prensa hidráulica para concreto



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LFP-097-2023

Página 1 de 3

**Fecha de emisión** 2023/08/23

**Solicitante** JIMENEZ INGENIERIA Y LABORATORIOS DEL NORTE S.A.C.

**Dirección** MZ. K2 LOTE 14 URB. MICAELA BASTIDAS PIURA - PIURA - 26 DE OCTUBRE

**Instrumento de medición** PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

**Identificación** NO INDICA

**Marcá** ARSOU

**Modelo** STYE-2000

**Serie** 220221

**Capacidad** 2000 KN

**Indicador** DIGITAL

**Serie** NO INDICA

**Bomba** ELECTRICA

**Procedencia** CHINA

**Ubicación** LABORATORIO DE CONCRETO

**Lugar de calibración** MZ. K2 LOTE 14 URB. MICAELA BASTIDAS PIURA - PIURA - 26 DE OCTUBRE

**Fecha de calibración** 2023/08/23

**Método/Procedimiento de calibración**  
El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025:2017, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, al mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
*Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica*  
METROLOGÍA

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	FORCE TRANSDUCER	INF-LE N° 039-23

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental	Inicial: 29,6 °C	Final: 29,1 °C
Humedad Relativa	Inicial: 43 %hr	Final: 45 %hr

**Resultados**

**TABLA N° 01**

**CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kN	SERIE (2) kN	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100.05	100.09	0.05	0.09	100.1	0.07	0.03
200	200.09	200.08	0.05	0.04	200.1	0.04	0.00
300	300.05	300.05	0.02	0.02	300.1	0.02	0.00
400	400.11	400.15	0.03	0.04	400.1	0.03	0.01
500	500.10	500.12	0.02	0.02	500.1	0.02	0.00
600	600.71	600.75	0.12	0.13	600.7	0.12	0.00
700	700.79	700.82	0.11	0.12	700.8	0.12	0.00
800	800.89	800.9	0.11	0.11	800.9	0.11	0.00

**NOTAS SOBRE CALIBRACION**

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$E_p = ((A-B) / B) * 100 \quad R_p = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



**ARSOU GROUP S.A.C**

Ing. Hugo Luis Arevalo Carrico  
METROLOGIA

**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com



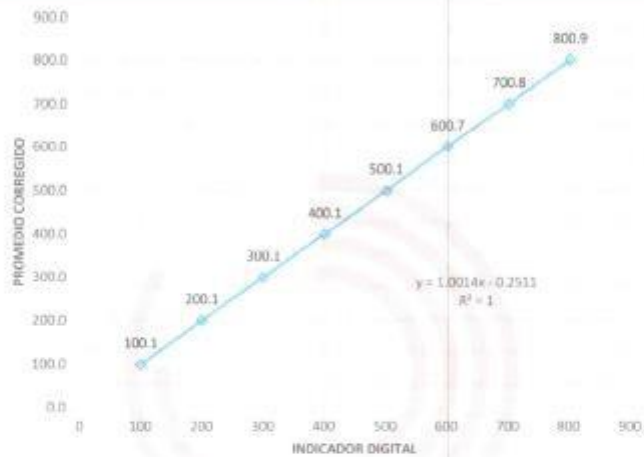
**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LFP-097-2023

Página 3 de 3

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 1,0014x - 0,2511$

Coefficiente de correlación  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kN)

Y : fuerza promedio (kN)



**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura  $k=2$ .
4. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

ARSOU GROUP S.A.C

*Hugo Luis Arevalo Carnica*  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Anexo 12:** Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de ensayos para caracterización de agregados.

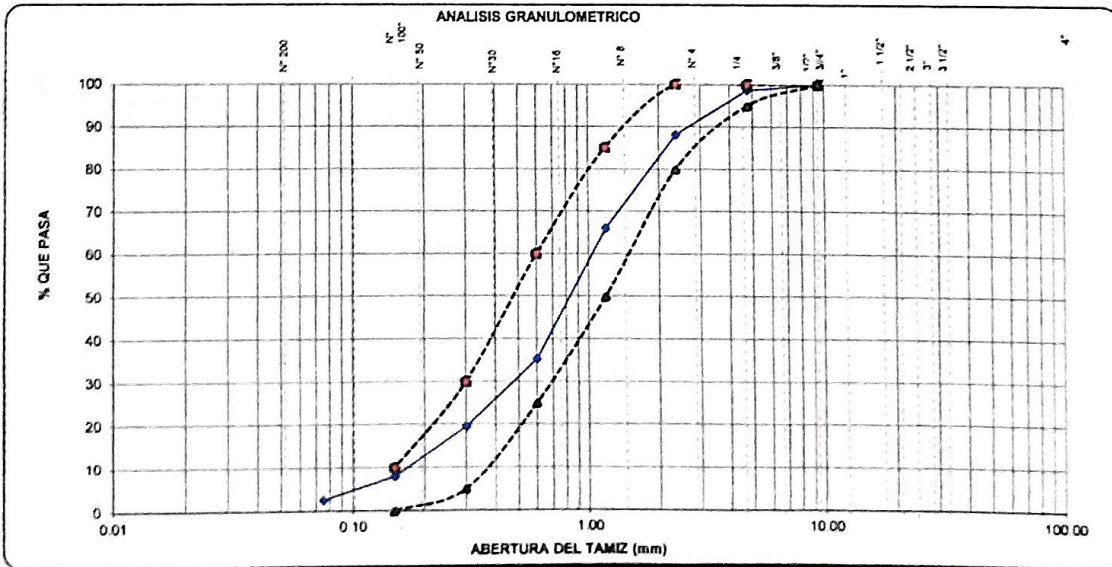


TESIS :	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ"		
AUTORA :	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA		
UBICACION :	PIURA	Fecha	OCTUBRE - 2023

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**  
(NTP 400.012)

Ubicación  
centra: CERRO MOCHO  
Material: ARENA ZARANDEADA

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	
4"	100							PESO INICIAL (gr) 285.30
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.5
3"	75							TAMAÑO MÁXIMO (") -
2 1/2"	63							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 1.3
2"	50							ARENA ( Pasa N°4, retiene N°200) (%) 96.2
1 1/2"	37.5							PASANTE N° 200 (%) 2.5
1"	25.0							LÍMITE LÍQUIDO -
3/4"	19.0							LÍMITE PLÁSTICO -
1/2"	12.5							ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD -
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0	95	100	MODULO DE FINEZA 2.84
N° 4	4.75	3.60	1.3	1.3	98.7	95	100	OBSERVACIONES
N° 8	2.36	30.20	10.6	11.8	88.2	80	100	
N° 16	1.18	63.10	22.1	34.0	66.0	50.0	85.0	
N° 30	0.600	87.70	30.7	64.7	35.3	25.0	60.0	
N° 50	0.300	45.00	15.8	80.5	19.5	5.0	30.0	
N° 100	0.150	33.00	11.6	92.0	8.0	0.0	10.0	
N° 200	0.075	15.50	5.4	97.5	2.5			
BANDEJA		7.20	2.5	100.0	0.0			



NOTA:  
MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



*Juan Carlos*  
PERCY ROBERT FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geologo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

Proyecto : "EVALUACION DE LA EFICIENCIA MECANICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA DEL DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU"

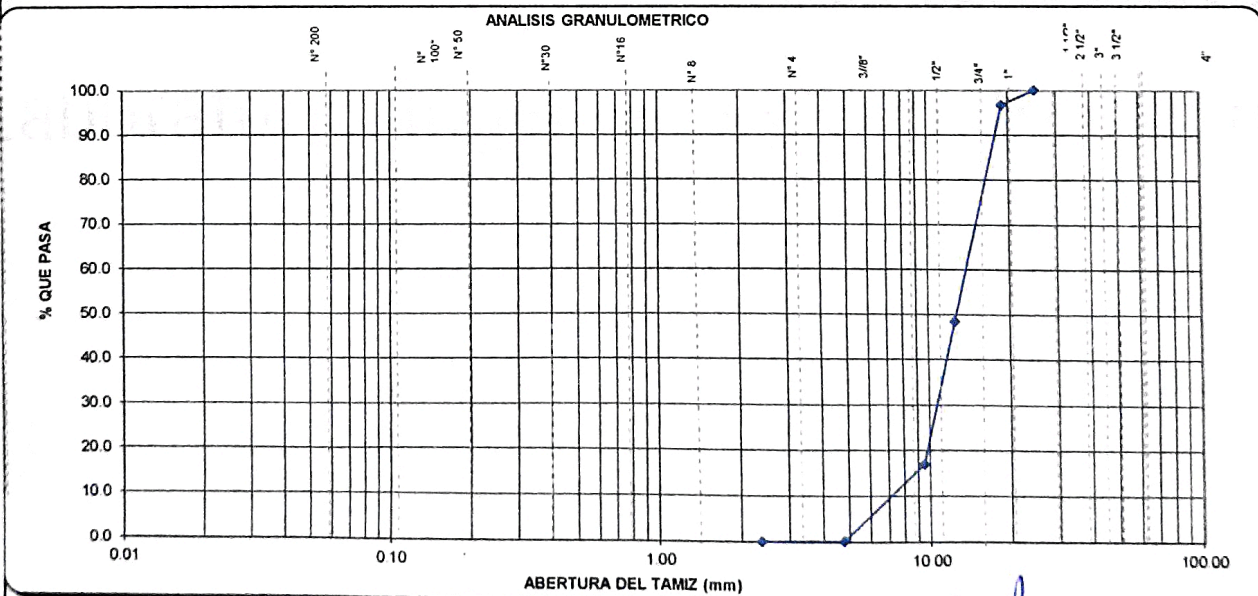
Solicitante : CRUZ ADRIANO RUTH KARINA

Ubicación : PIURA Fecha : OCTUBRE- 2023

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO**  
(NTP 400.012)

Ubicación : SULLANA  
cantera : SOJO  
Material : PIEDRA CHANCADA 1/2"

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MINIMO (%)	MAXIMO (%)	
4"	100							PESO INICIAL (gr) 3.500.00
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.15
3"	75							TAMAÑO MAXIMO (") 1"
2 1/2"	63							TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (") 3/4"
2"	50							MODULO DE FINEZA (%) 7.34
1 1/2"	37.5							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 99.8
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0			ARENA ( Pasa N°4, retiene N°200) (%) 0.1
3/4"	19.0	115.0	3.3	3.3	96.7			PASANTE N° 200 (%) 0.1
1/2"	12.5	1687.0	48.2	51.5	48.5			OBSERVACIONES:
3/8"	9.5	1103.0	31.5	83.0	17.0			
N° 4	4.75	587.0	16.8	99.8	0.2			
N° 8	2.36	4.0	0.1	99.9	0.1			
N° 16	1.18							
N° 30	0.600							
N° 50	0.300							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	0.0	0.0	99.9	0.1			
BANDEJA		4.0	0.1	100.0	0.0			



NOTA

WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
TEC. DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C.



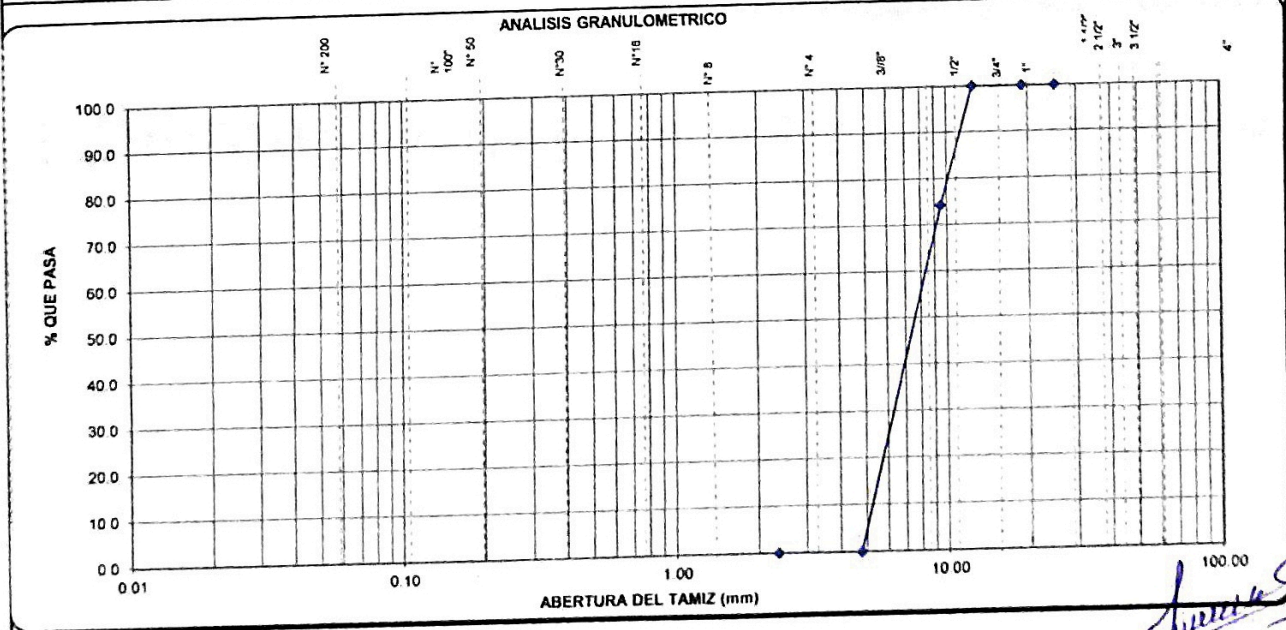
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

TESIS	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ"		
AUTORA	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA		
UBICACION	PIURA	Fecha	OCTUBRE - 2023

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO  
(NTP 400.012)

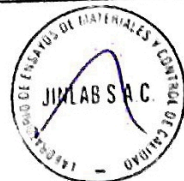
Marca: **AGRIPLANT**  
Muestra: **M-1**  
Material: **ARCILLA EXPANDIDA**

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MINIMO (%)	MAXIMO (%)	
4"	100							PESO INICIAL (gr) 122.00
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.00
3"	75							TAMAÑO MAXIMO (") 1/2"
2 1/2"	63							TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (") 3/8"
2"	50							MODULO DE FINEZA (%) -
1 1/2"	37.5							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 100.0
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0			ARENA (Pasa N°4, retiene N°200) (%) 0.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0			PASANTE N° 200 (%) 0.0
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100.0			OBSERVACIONES
3/8"	9.5	31.4	25.7	25.7	74.3			
N° 4	4.75	90.6	74.3	100.0	0.0			
N° 8	2.36	0.0	0.0	100.0	0.0			
N° 16	1.18							
N° 30	0.600							
N° 50	0.300							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0			
BANDEJA		0.0	0.0	100.0	0.0			



NOTA:  
MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*[Signature]*  
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

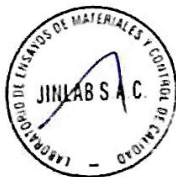



TESIS	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ						
AUTORA	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA					Fecha	OCTUBRE- 2023
UBICACIÓN	PIURA						
MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS (NTP 400.017)							
Ubicación cantera Material	CERRO MOCHO CERRO MOCHO ARENA ZARANDEADA						
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO SUELTO							
IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Arena Zarandeada	-	-	4217	4291	4207	2805	1511
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO VARILLADO							
IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Arena Zarandeada	-	-	4604	4612	4601	2805	1642



*[Signature]*  
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

TESIS	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ"						
AUTORA	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA					Fecha	OCT - 2023
UBICACIÓN	PIURA						
<b>MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS (NTP 400.017)</b>							
Ubicación	SULLANA						
cantera	SOJO						
Material	PIEDRA CHANCADA 1/2"						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO SUELTO</b>							
IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Piedra chancada 1/2"	-	-	3839	3845	3830	2805	1368
IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Piedra chancada 1/2"	-	-	4294	4300	4299	2805	1532



  
 -----  
**PÉRCY ROBERT FERNÁNDEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Geólogo  
 Reg. CIP N° 184090  
 JINLAB S.A.C.

Proyecto	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ" +			
Solicitante	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA		Fecha	OCTUBRE-2023
Ubicación	PIURA			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS</b>				
<b>ASTM C566-19</b>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del recipiente	g	245.6	SOJO-SULLANA
2	Masa del recipiente + muestra humeda	g	2594.1	
3	Masa del recipientes+masa seca	g	2590.5	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.15	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del recipiente	g	109.9	CERRO MOCHO
2	Masa del recipiente + muestra humeda	g	538.1	
3	Masa del recipientes+masa seca	g	536	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.49	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ARCILLA EXPANDIDA</b>				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del recipiente	g	125	AGRIPLANT
2	Masa del recipiente + muestra humeda	g	458	
3	Masa del recipientes+masa seca	g	446	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.74	

WJP  
 WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
 T.C. DE ENSAYOS DE MATERIALES



PERCY ROBERT  
 FERNANDEZ ORDINOLA  
 Ingeniero Geólogo  
 Reg. CIP N° 184090  
 JINLAB S.A.C.



Laboratorio, Ingeniería y Construcción  
REGISTRO INDECOPI -00151345

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES,  
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
CONTROL DE CALIDAD.  
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.  
SERVICIOS DE INGENIERÍA.

TESIS	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ						
AUTORA	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA					Fecha	OCTUBRE- 2023
UBICACIÓN	PIURA						
MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS (NTP 400.017)							
Marca	AGRIPLANT						
Muestra	M-1						
Material	ARCILLA EXPANDIDA						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO SUELTO</b>							
IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Arena Zarandeada	-	-	882	881	883	2805	314
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO VARILLADO</b>							
IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Arena Zarandeada	-	-	923	923	921	2805	329



*[Signature]*  
PERCY ROBERT  
FERNÁNDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

ONC

☎ 050735627

✉ jinlabsac.2021@gmail.com

📍 AAHH Los Angeles - MZ Q Loto 03 - Piura - Piura

🌐 Jinlab SAC

📄 RUC: 20607512478

TESIS	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ			
AUTORA	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA		Fecha	Oct-23
UBICACIÓN	PIURA			
<b>MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZANDO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO</b>				
Ubicación	CERRO MOCHO			
Cantera	CERRO MOCHO			
Material	ARENA ZARANDEADA			
<b>AGREGADO FINO (NTP 400.022)</b>				
DETERMINACION N°			1	2
A	Peso del frasco mas agua aforado (gr)		644.40	644.50
B	Peso de la muestra seca la horno (gr)		148.80	148.70
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)		150.00	150.00
D	Peso del frasco mas agua mas muestra aforado (gr)		738.60	738.50
Pem	Peso especifico de masa seca	$B/(C-(D-A))$ gr/cm <sup>3</sup>	2.67	2.66
PeSSS	Peso especifico de masa saturada superficialmente seca	$C/(C-(D-A))$ gr/cm <sup>3</sup>	2.69	2.68
Pea	Peso especifico aparente	$B/(B-(D-A))$ gr/cm <sup>3</sup>	2.73	2.72
Ab	absorción de agua	$((C-B)*100)/B$ %	0.8	0.9
Observaciones				
Ubicación	SULLANA			
Cantera	SOJO			
Material	PIEDRA CHANCADA 1/2"			
<b>AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)</b>				
DETERMINACION N°			1	2
A	Peso de la muestra seca en el horno (gr)		2575.00	2451.00
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire (gr)		2597.00	2472.00
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca sumergido (gr)		1651.00	1570.00
Pem	Peso especifico de masa seca	$A/(B-C)$ gr/cm <sup>3</sup>	2.72	2.72
PeSSS	Peso especifico de masa saturada superficialmente seca	$B/(B-C)$ gr/cm <sup>3</sup>	2.75	2.74
Pea	Peso especifico aparente	$A/(A-C)$ gr/cm <sup>3</sup>	2.79	2.78
Ab	absorción de agua	$((B-A)*100)/A$ %	0.85	0.86
Observaciones				



*[Signature]*  
 PERCY ROBERT  
 FERNANDEZ ORDINOLA  
 Ingeniero Geologo  
 Reg. CIP N° 184090  
 JINLAB S.A.C.



**Anexo 13:** Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de los 4 diseños de mezcla.

Proyecto	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERU"		
Subviente	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA		
Ubicación	PIURA	Fecha	OCTUBRE- 2023
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO</b> (Metodo ACI 211)			
Tipo de cemento	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS	$f_c =$	210 kg/cm <sup>2</sup>
Agua	POTABLE		
Aditivo			
Slump	3"-4"		
<b>DISEÑO DE CONCRETO</b>		<b>210</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>I) MATERIALES:</b>			
a. CEMENTO	Peso específico del cemento	3.0	gr/cm <sup>3</sup>
b. AGREGADOS			
b.1 Prociencia		b.2 Ensayos	Ag Fino Ag Grueso
Agregado fino	Arena Natural Zarandeada CANTERA CERRO MOCHE	P E "BULK" Modulo de fineza	2.68 2.74 gr/cm <sup>3</sup> 2.84
Agregado grueso	Piedra chancada 1/2" CANTERA SOJO	Peso unitario suelto Peso unitario compactado Contenido de humedad Absorción Tamaño Maximo Nominal	1511 1368 Kg/m <sup>3</sup> 1642 1532 Kg/m <sup>3</sup> 0.50 0.15 % 0.8 0.9 % 3/4 "
<b>II) MATERIALES POR M3 EN ESTADO SECO</b>			
Cemento	: 367.10	Kg	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS
Agua	: 205.00	L	POTABLE
Agregado fino	: 875.91	Kg	CANTERA CERRO MOCHE
Agregado grueso	: 894.77	Kg	CANTERA SOJO
Aditivo	:	L	-
Peso Unitario del Concreto	2342.78 kg/m <sup>3</sup>		
<b>III) MATERIALES POR M3 EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)</b>			
Cemento	: 367.10	Kg	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS
Agua	: 214.29	L	POTABLE
Agregado fino	: 880.29	Kg	CANTERA CERRO MOCHE
Agregado grueso	: 896.11	Kg	CANTERA SOJO
Aditivo	:		
Peso Unitario del Concreto en estado humedo (corregido por humedad de los agregados):	2357.80 kg/m <sup>3</sup>		
<b>IV) RESULTADOS DEL DISEÑO</b>			
Asentamiento	: 3"-4"		
Factor cemento	: 8.6	bolsas	
Relacion a/c de diseño	: 0.56		
Proporcion en peso	1.0	: 2.4	: 2.4 / 24.7 L/ bolsa de cemento
Proporcion en volumen	1.0	: 2.4	: 2.7 / 24.7 L/ bolsa de cemento

WJP  
WILLIAN JIMENEZ DROZCO  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.



Proyecto	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ"		
Solicitante	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA		
Ubicación	PIURA	Fecha	OCTUBRE - 2023
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO</b> (Metodo ACI 211)			
Tipo de cemento	: Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS	$f_c =$	210 kg/cm <sup>2</sup>
Agua	: POTABLE		
Aditivo	: -		
Slump	: 3"-4"		
<b>DISEÑO DE CONCRETO</b>		210	kg/cm <sup>2</sup>
<b>I) MATERIALES:</b>			
a CEMENTO	Peso específico del cemento	: 3.0	gr/cm <sup>3</sup>
b. AGREGADOS			
b.1 <u>Procedencia</u>		b.2 <u>Ensayos</u>	Arcilla expandida Ag. Fino Ag. Grueso
Agregado fino	Arena Natural Zarandeada CANTERA CERRO MOCHO	P.E "BULK" Modulo de fineza Peso unitario suelto	0.358 2.68 2.74 gr/cm <sup>3</sup> 6.26 2.84 314 1511 1368 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	Piedra chancada CANTERA SOJO	Peso unitario compactado Contenido de humedad Absorción Tamaño Maximo Nominal	329 1642 1532 Kg/m <sup>3</sup> 5% 0.50 0.15 % 26.2 0.8 0.9 % 3/8" 3/4"
<b>II) MATERIALES POR M3 EN ESTADO SECO</b>			
Cemento	: 367.10	Kg	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS
Agua	: 205.00	L	POTABLE
Agregado fino	: 875.91	Kg	CANTERA CERRO MOCHO
Agregado grueso	: 805.30	Kg	CANTERA SOJO
Arcilla +5% de concentración bacteriana	: 11.68	Kg	AGRIPLANT
Aditivo	: -	L	-
Peso Unitario del Concreto			: 2253.30 kg/m <sup>3</sup>
<b>III) MATERIALES POR M3 EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)</b>			
Cemento	: 367.10	Kg	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS
Agua	: 207.39	L	POTABLE
Agregado fino	: 880.29	Kg	CANTERA CERRO MOCHO
Agregado grueso	: 806.50	Kg	CANTERA SOJO
Arcilla +5% de concentración bacteriana	: 12.85	Kg	AGRIPLANT
Aditivo			
Aditivo			
Peso Unitario del Concreto en estado humedo (corregido por humedad de los agregados):			: 2274.13 kg/m <sup>3</sup>
<b>IV) RESULTADOS DEL DISEÑO</b>			
Asentamiento	: 3"-4"		
Factor cemento	: 8.6	bolsas	
Relacion a/c de diseño	: 0.56		
Proporcion en peso	1.0	: 2.4 : 2.2	/ 0.03 23.9 L/ bolsa de cemento
Proporcion en volumen	1.0	: 2.4 : 2.4	/ 0.14 23.9 L/ bolsa de cemento

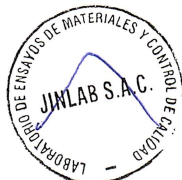
WPP  
WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
INGENIERO EN CONSTRUCCION



PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.



Proyecto	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ"					
Solicitante	CRUZ ADRIANO RUTH KARINA					
Ubicación	PIURA				Fecha : OCTUBRE- 2023	
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO</b> ( Metodo ACI 211)						
Tipo de cemento	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS				f'c = 210 kg/cm2	
Agua	POTABLE					
Aditivo	-					
Slump	3"-4"					
<b>DISEÑO DE CONCRETO</b>						
<b>210 kg/cm2</b>						
<b>I) MATERIALES:</b>						
a. CEMENTO	Peso específico del cemento					3.0 gr/cm3
b. AGREGADOS						
b.1 Procedencia :			b.2 Ensayos			
Agregado fino	Arena Natural Zarandeada	P.E "BULK"	Arcilla expandida	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	CANTERA CERRO MOCHO	Modulo de fineza	6.26	2.68	2.74	gr/cm3
		Peso unitario suelto	314	1511	1368	Kg/m3
Agregado grueso	Piedra chancada	Peso unitario compactado	329	1642	1532	Kg/m3
	CANTERA SOJO	Contenido de humedad	5%	0.50	0.15	%
		Absorción	26.2	0.8	0.9	%
		Tamaño Maximo Nominal	3/8"		3/4 "	
<b>II) MATERIALES POR M3 EN ESTADO SECO</b>						
Cemento	: 367.10	Kg	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS			
Agua	: 205.00	L	POTABLE			
Agregado fino	: 875.91	Kg	CANTERA CERRO MOCHO			
Agregado grueso	: 805.30	Kg	CANTERA SOJO			
Arcilla +10% de concentracion bacteriana	: 11.68	Kg	AGRIPLANT			
Aditivo	:	L	-			
Peso Unitario del Concreto						2253.30 kg/m3
<b>III) MATERIALES POR M3 EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)</b>						
Cemento	: 367.10	Kg	Cemento Mochica Anti salitre Tipo MS			
Agua	: 207.39	L	POTABLE			
Agregado fino	: 880.29	Kg	CANTERA CERRO MOCHO			
Agregado grueso	: 806.50	Kg	CANTERA SOJO			
Arcilla +10% de concentracion bacteriana	: 12.85	Kg	AGRIPLANT			
Aditivo						
Aditivo						
Peso Unitario del Concreto en estado humedo (corregido por humedad de los agregados):						2274.13 kg/m3
<b>IV) RESULTADOS DEL DISEÑO</b>						
Asentamiento	: 3"-4"					
Factor cemento	: 8.6	bolsas				
Relacion a/c de diseño	: 0.56					
Proporcion en peso	1.0	: 2.4	: 2.2	/	0.03	24 L/ bolsa de cemento
Proporcion en volumen	1.0	: 2.4	: 2.4	/	0.14	24 L/ bolsa de cemento

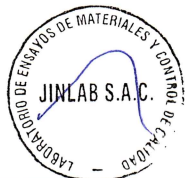


*WJP*  
**WILLIAN JIMENEZ OROZCO**  
 TEC. DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 JINLAB S.A.C.

*Percy*  
 -----  
**PERCY ROBERT FERNANDEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Geólogo  
 Reg. CIP N° 184090  
 JINLAB S.A.C.



Proyecto	"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ"				
Solicitante	PIURA				
Ubicación	PIURA			Fecha : OCTUBRE - 2023	
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO</b> ( Metodo ACI 211 )					
Tipo de cemento	CEMENTO PACASMAYO MS				f'c = 210 kg/cm2
Agua	POTABLE				
Aditivo	-				
Slump	3"-4"				
<b>DISEÑO DE CONCRETO</b>					<b>210 kg/cm2</b>
<b>I) MATERIALES:</b>					
a. CEMENTO	Peso específico del cemento	3.0			gr/cm3
<b>b. AGREGADOS</b>					
<b>b.1 Procedencia :</b>		<b>b.2 Ensayos</b>		Arcilla expandida	Ag. Fino Ag. Grueso
Agregado fino	Arena Natural Zarandeada CANTERA CERRO MOCHO	P.E "BULK" Modulo de fineza	0.358 6.26	2.88 2.84	2.74 gr/cm3
Agregado grueso	Piedra chancada CANTERA SOJO	Peso unitario suelto Peso unitario compactado	314 329	1511 1642	1368 Kg/m3 1532 Kg/m3
		Contenido de humedad	5%	0.50	0.15 %
		Absorción	26.2	0.8	0.9 %
		Tamaño Maximo Nominal	3/8"		3/4 "
<b>II) MATERIALES POR M3 EN ESTADO SECO</b>					
Cemento	367.10	Kg	CEMENTO PACASMAYO MS		
Agua	205.00	L	POTABLE		
Agregado fino	875.91	Kg	CANTERA CERRO MOCHO		
Agregado grueso	805.30	Kg	CANTERA SOJO		
Arcilla +15% de concentracion bacteriana	11.68	Kg	AGRIPLANT		
Aditivo		L	-		
Peso Unitario del Concreto					2253.30 kg/m3
<b>III) MATERIALES POR M3 EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)</b>					
Cemento	367.10	Kg	CEMENTO PACASMAYO MS		
Agua	206.81	L	POTABLE		
Agregado fino	880.29	Kg	CANTERA CERRO MOCHO		
Agregado grueso	806.50	Kg	CANTERA SOJO		
Arcilla +15% de concentracion bacteriana	13.43	Kg	AGRIPLANT		
Aditivo					
Aditivo					
Peso Unitario del Concreto en estado humedo (corregido por humedad de los agregados):					2274.13 kg/m3
<b>IV) RESULTADOS DEL DISEÑO</b>					
Asentamiento	3"-4"				
Factor cemento	8.6	bolsas			
Relacion a/c de diseño	0.56				
Proporcion en peso	1.0	2.4	2.2	0.04	24 L/ bolsa de cemento
Proporcion en volumen	1.0	2.4	2.4	0.15	24 L/ bolsa de cemento



*WJP*  
WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
TEC. DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C.

*Percy Robert Fernandez Ordinola*  
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP Nº 184090  
JINLAB S.A.C.

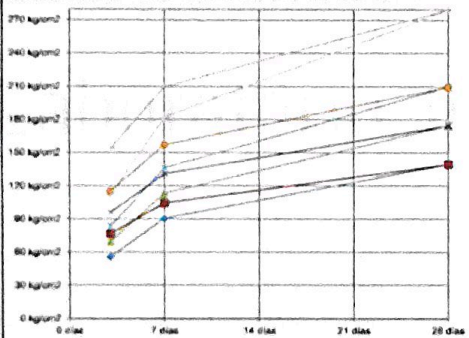
**Anexo 14:** Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de ensayos de fuerza a la comprensión.

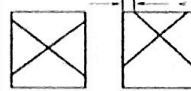
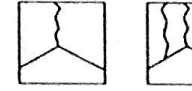
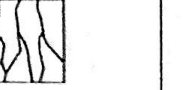
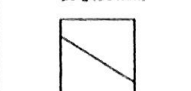




EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ													
AUTORA		CRUZ ADRIANO RUTH KARINA						FECHA DE INFORME: NOVIEMBRE-2023					
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.034 / ASTM C39													
Nº PROBETA	DESCRIPCION	$f_c$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD [días]	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	TIPO DE FALLA	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA [Kg]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN [Kg/cm <sup>2</sup> ]	PORCENTAJE (%)	CUMPLE NO CUMPLE
1	CONCRETO PATRON	210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	5	128.04	13050.24	166.24	79.2%	CUMPLE
2		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	6	130.46	13303.01	169.38	80.7%	CUMPLE
3		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	0	140.28	14304.35	182.13	86.7%	CUMPLE
4	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 5% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	6	124.16	12600.60	161.20	76.8%	CUMPLE
5		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	3	132.70	13540.60	172.40	82.1%	CUMPLE
6		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	3	139.57	14231.95	181.21	86.3%	CUMPLE
7	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 10% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	0	139.01	14266.62	181.65	86.5%	CUMPLE
8		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	3	128.01	13134.78	167.24	79.6%	CUMPLE
9		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	3	134.13	13677.24	174.14	82.9%	CUMPLE
10	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 15% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	0	130.87	13356.03	177.70	84.6%	CUMPLE
11		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	3	136.04	13872.00	176.62	84.1%	CUMPLE
12		210	27/10/2023	03/11/2023	7	10.00	78.5	3	135.31	13707.50	175.68	83.7%	CUMPLE

CEMENTO PORTLAND NORMAL (N)						
EDAD	RESIST.	140	175	210	280	350
7 días	65%	91 kg/cm <sup>2</sup>	114 kg/cm <sup>2</sup>	137 kg/cm <sup>2</sup>	182 kg/cm <sup>2</sup>	226 kg/cm <sup>2</sup>
14 días	80%	112 kg/cm <sup>2</sup>	140 kg/cm <sup>2</sup>	168 kg/cm <sup>2</sup>	224 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
28 días	100%	140 kg/cm <sup>2</sup>	175 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

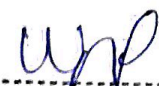
ESQUEMA DE LOS MODELOS DE FRACTURA TÍPICOS			
			
			

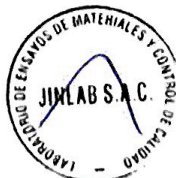
  


1. Los ensayos son realizados en una prensa hidráulica marca ARSOU, modelo STYE-2000, de 2000 kn de capacidad con certificado de calibración trazable LFP -097- 2023, aplicado a una velocidad de 150-200 Kn/s en conformidad con la norma ASTM C39.

2. Como elementos de distribución de cargas en los extremos de los testigos se usan pads de neopreno conforme a la norma ASTM C1231.

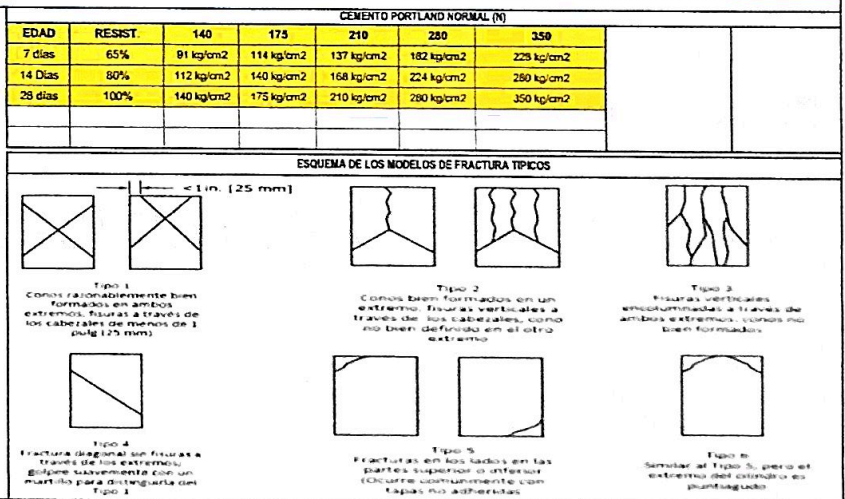
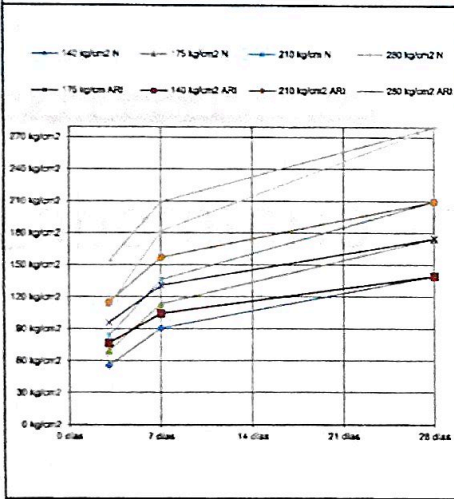
CERTIFICADO N°JR-145-23	TÉCNICO RESPONSABLE: W.J.O.	ING. RESPONSABLE: P.F.O	Observaciones:
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	----------------

  
WILLIAM JIMÉNEZ OROZCO  
TEC. DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C



  
PERCY ROBERT  
FERNÁNDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

TESS		EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ												
AUTORA		CRUZ ADRIANO RUTH KARINA							FECHA DE INFORME: NOVIEMBRE-2023					
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.034 / ASTM C39														
Nº PROBETA	DESCRIPCIÓN	F <sub>c</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD [días]	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	TIPO DE FALLA	CARGA MÁXIMA [KN]	CARGA MÁXIMA [Kg]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN [kg/cm <sup>2</sup> ]	PORCENTAJE (%)	CUMPLE NO CUMPLE	
1	CONCRETO PATRON	210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	159.40	16254.02	206.95	98.5%	CUMPLE	
2		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	158.99	16212.21	206.42	98.3%	CUMPLE	
3		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	6	152.10	15509.64	197.47	94.0%	CUMPLE	
4	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 5% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	5	129.55	13210.21	168.20	80.1%	CUMPLE	
5		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	6	129.45	13200.02	168.07	80.0%	CUMPLE	
6		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	144.00	14683.68	186.96	89.0%	CUMPLE	
7	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 10% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	6	153.31	15633.02	199.05	94.8%	CUMPLE	
8		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	152.27	15526.97	197.70	94.1%	CUMPLE	
9		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	153.43	15645.26	199.20	94.9%	CUMPLE	
10	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 15% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	6	165.60	16886.23	215.00	102.4%	CUMPLE	
11		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	146.80	14969.20	190.59	90.8%	CUMPLE	
12		210	27/10/2023	10/11/2023	14	10.00	78.5	3	175.60	17905.93	227.98	108.6%	CUMPLE	

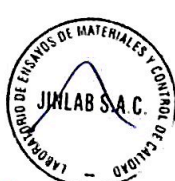


1. Los ensayos son realizados en una prensa hidráulica marca ARSOU, modelo STYE-2000, de 2000 kn de capacidad con certificado de calibración trazable LFP-097-2023, aplicado a una velocidad de 150-200 Kn/s en conformidad con la norma ASTM C39.

2. Como elementos de distribución de cargas en los extremos de los testigos se usan pads de neopreno conforme a la norma ASTM C1231.

CERTIFICADO N°JR-146-23	TÉCNICO RESPONSABLE: W.J.O.	ING. RESPONSABLE: P.F.O.	Observaciones:
-------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------

*WJP*  
WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
TEC DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C.



*Percy Robert*  
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

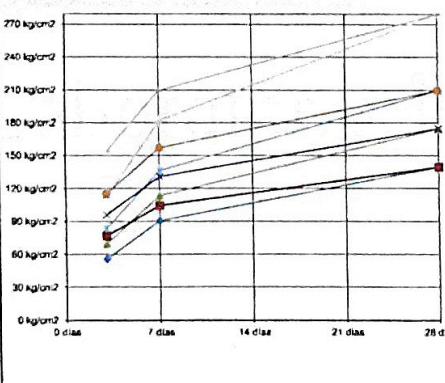




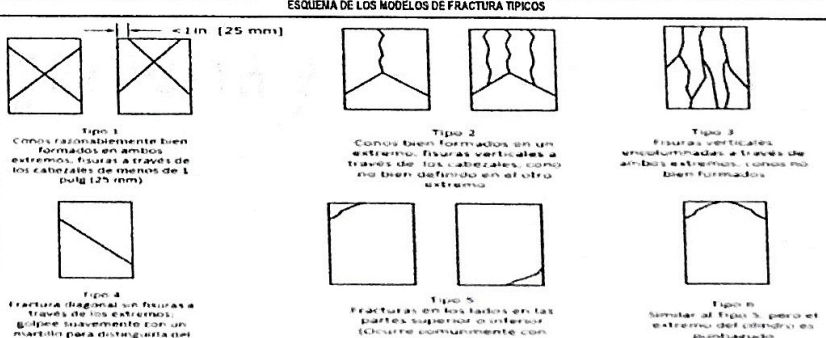
TESIS		EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ											
AUTORA		CRUZ ADRIANO RUTH KARINA						FECHA DE INFORME: NOVIEMBRE-2023					
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.034 / ASTM C39													
N° PROBETA	DESCRIPCION	f <sub>c</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD [días]	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	TIPO DE FALLA	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA [Kg]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN [Kg/cm <sup>2</sup> ]	PORCENTAJE (%)	CUMPLE NO CUMPLE
1	CONCRETO PATRON	210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	3	197.80	20169.67	256.81	122.3%	CUMPLE
2		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	184.92	18856.29	240.09	114.3%	CUMPLE
3		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	183.31	18692.12	237.99	113.3%	CUMPLE
4	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 5% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	3	171.23	17400.32	222.31	105.9%	CUMPLE
5		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	169.45	17278.82	220.00	104.8%	CUMPLE
6		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	3	176.65	18013.00	229.35	109.2%	CUMPLE
7	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 10% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	183.02	18662.55	237.62	113.2%	CUMPLE
8		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	173.88	17728.50	225.73	107.5%	CUMPLE
9		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	172.41	17580.65	223.84	106.6%	CUMPLE
10	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 15% DE CONCENTRACION BACTERIANA	210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	3	197.69	20148.25	256.53	122.2%	CUMPLE
11		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	183.86	18748.20	238.71	113.7%	CUMPLE
12		210	27/10/2023	24/11/2023	28	10.00	78.5	6	183.02	18682.25	250.60	119.3%	CUMPLE

CEMENTO PORTLAND NORMAL (N)						
EDAD	RESIST.	140	175	210	280	350
7 días	65%	81 kg/cm <sup>2</sup>	114 kg/cm <sup>2</sup>	137 kg/cm <sup>2</sup>	182 kg/cm <sup>2</sup>	228 kg/cm <sup>2</sup>
14 días	80%	112 kg/cm <sup>2</sup>	140 kg/cm <sup>2</sup>	168 kg/cm <sup>2</sup>	224 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
28 días	100%	140 kg/cm <sup>2</sup>	175 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

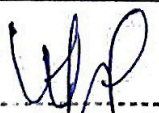
ESQUEMA DE LOS MODELOS DE FRACTURA TÍPICOS

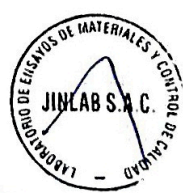



1 Los ensayos son realizados en una prensa hidráulica marca ARSOU, modelo STYE-2000, de 2000 kn de capacidad con certificado de calibración trazable LFP-097-2023, aplicado a una velocidad de 150-200 Kns en conformidad con la norma ASTM C39.

2 Como elementos de distribución de cargas en los extremos de los testigos se usan pads de neopreno conforme a la norma ASTM C1231.

CERTIFICADO N°JR-147-23      TÉCNICO RESPONSABLE W.J.O.      ING. RESPONSABLE P.F.O.      Observaciones

  
WILLIAM JIMENEZ OROZCO  
TEC. DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C.



  
PERCY ROBERT FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

**Anexo 15:** Resultados del laboratorio JINLAB S.A.C de ensayos de fuerza a la flexión.

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

TESIS : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERU

FECHA: Nov-23

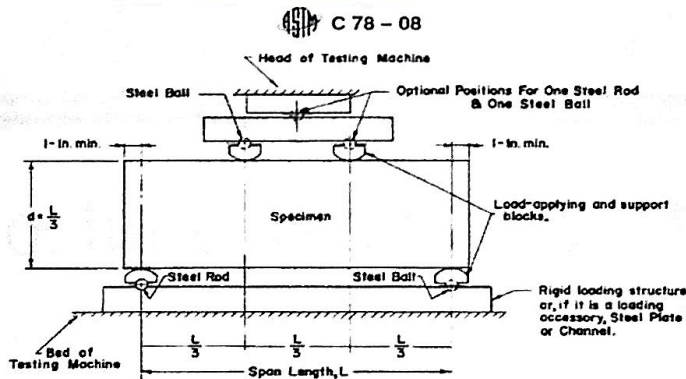
AUTORA : CRUZ ADRIANO RUTH KARINA

REALIZADO POR : willian j

F'c de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

N° PROBE	IDENTIFICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	LONGITUD cm	ALTURA cm	ANCHO cm	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	CARGA MAXIMA (KN)	MÓDULO DE ROTURA	PROMEDIO [%]
1	CONCRETO PATRON	27/10/2023	3/11/2023	7	50.74	15.20	15.20	TERCIO CENTRAL	45	29.92	39.09	37.6
2		27/10/2023	3/11/2023	7	50.74	15.21	15.21	TERCIO CENTRAL	45	27.7	38.12	
3	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 5% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	3/11/2023	7	50.73	15.22	15.22	TERCIO CENTRAL	45	28.57	37.18	35.9
4		27/10/2023	3/11/2023	7	50.72	15.20	15.20	TERCIO CENTRAL	45	26.45	34.56	
5	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 10% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	3/11/2023	7	50.74	15.20	15.23	TERCIO CENTRAL	45	26.84	35.00	36.2
6		27/10/2023	3/11/2023	7	50.72	15.22	15.23	TERCIO CENTRAL	45	28.76	37.41	
7	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 15% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	3/11/2023	7	50.73	15.21	15.22	TERCIO CENTRAL	45	28.91	37.68	37.1
8		27/10/2023	3/11/2023	7	50.71	15.20	15.21	TERCIO CENTRAL	45	27.97	36.52	

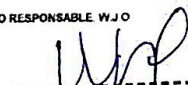


Fuente ASTM C78

OBSERVACIONES:


- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Los ensayos son realizados en una prensa hidraulica marca ARSOU , modelo STYE-2000, de 2000 kn de capacidad con certificado de calibración trazable LFP -097- 2023, aplicado a una velocidad e 150-200 Kn/s en conformidad con la norma ASTM C39.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JINLAB S.A.C

TÉCNICO RESPONSABLE WJO

  
WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
TEC DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C.

ING RESPONSABLE P.F.O



  
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

TESIS : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ

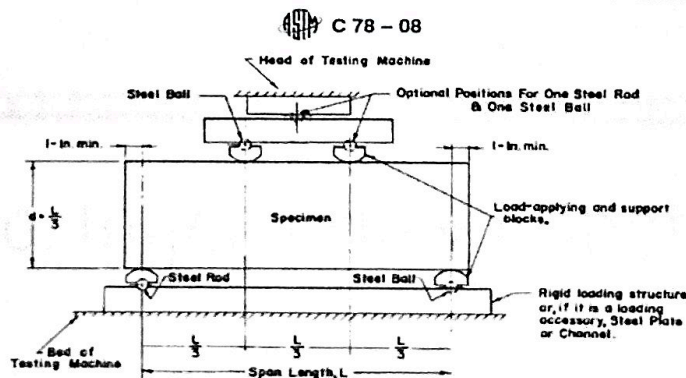
FECHA: Nov-23

AUTORA : CRUZ ADRIANO RUTH KARINA  
Fic de diseñ. 210 kg/cm<sup>2</sup>

REALIZADO POR : willian j

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

N° PROBE	IDENTIFICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	LONGITUD cm	ALTURA cm	ANCHO cm	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	CARGA MAXIMA (KN)	MÓDULO DE ROTURA	PROMEDIO [%]
1	CONCRETO PATRON	27/10/2023	10/11/2023	14	50.73	15.20	15.22	TERCIO CENTRAL	45	32.74	42.7	41.5
2		27/10/2023	10/11/2023	14	50.74	15.20	15.22	TERCIO CENTRAL	45	30.94	40.4	
3	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 5% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	10/11/2023	14	50.71	15.22	15.22	TERCIO CENTRAL	45	29.12	37.9	37.8
4		27/10/2023	10/11/2023	14	50.72	15.20	15.22	TERCIO CENTRAL	45	28.9	37.7	
5	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 10% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	10/11/2023	14	50.71	15.20	15.22	TERCIO CENTRAL	45	30.52	39.8	40.3
6		27/10/2023	10/11/2023	14	50.74	15.23	15.22	TERCIO CENTRAL	45	31.42	40.8	
7	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 15% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	10/11/2023	14	50.71	15.20	15.22	TERCIO CENTRAL	45	30.33	39.6	40.8
8		27/10/2023	10/11/2023	14	50.70	15.23	15.22	TERCIO CENTRAL	45	32.4	42.1	



OBSERVACIONES:

- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Los ensayos son realizados en una prensa hidraulica marca ARSOU modelo STYE 2000, de 2000 kn de capacidad con certificado de calibración trazable LFP -097- 2023, aplicado a una velocidad e 150-200 Kn/s en conformidad con la norma ASTM C39
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JINLAB S A C

TÉCNICO RESPONSABLE: W.J.O

ING RESPONSABLE: P.F.O

WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
TEC DE ENSAYOS DE MATERIALES



PERCY ROBERT FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geologo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

TESIS : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTORREPARABLE COMO ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERÚ

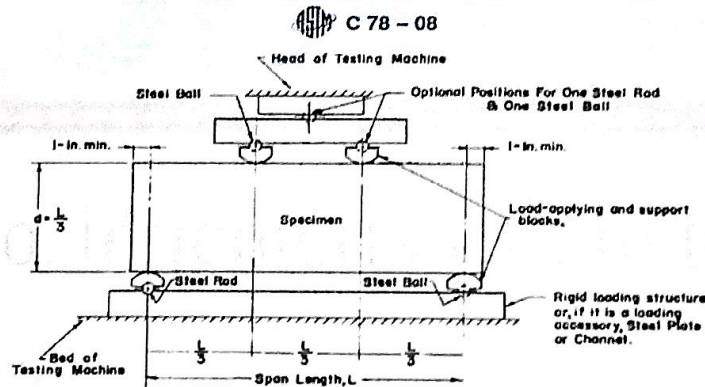
FECHA: Nov-23

AUTORA : CRUZ ADRIANO RUTH KARINA  
F.c de diseñ: 210 kg/cm2

REALIZADO POR : willian j

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

N° PROBE	IDENTIFICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD cm	ALTURA cm	ANCHO cm	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	CARGA MAXIMA (KN)	MÓDULO DE ROTURA	PROMEDIO [%]
1	CONCRETO PATRON	27/10/2023	24/11/2023	28	60.73	16.20	15.22	TERCIO CENTRAL	46	40.64	52.90	49.3
2		27/10/2023	24/11/2023	28	60.70	16.20	15.23	TERCIO CENTRAL	46	36.04	45.69	
3	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 5% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	24/11/2023	28	60.74	16.20	15.22	TERCIO CENTRAL	46	32.44	42.33	41.4
4		27/10/2023	24/11/2023	28	60.71	16.22	16.21	TERCIO CENTRAL	46	31.08	40.48	
5	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 10% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	24/11/2023	28	60.72	16.20	16.22	TERCIO CENTRAL	46	32.15	41.95	43.0
6		27/10/2023	24/11/2023	28	60.71	16.20	16.21	TERCIO CENTRAL	46	33.72	44.03	
7	CONCRETO AUTORREPARABLE AL 15% DE CONCENTRACION BACTERIANA	27/10/2023	24/11/2023	28	60.72	16.21	15.22	TERCIO CENTRAL	46	38.17	49.74	47.7
8		27/10/2023	24/11/2023	28	60.70	16.20	16.21	TERCIO CENTRAL	46	34.96	45.65	



Fuente: ASTM C78

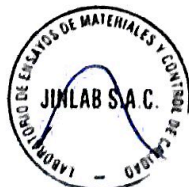
OBSERVACIONES:

- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Los ensayos son realizados en una prensa hidraulica marca ARSOU, modelo STYE-2000, de 2000 kn de capacidad con certificado de calibración trazable LFP-097-2023, aplicado a una velocidad e 150-200 Kn/s en conformidad con la norma ASTM C39.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JINLAB S.A.C

TÉCNICO RESPONSABLE WJO

ING RESPONSABLE PFO

WJO  
WILLIAN JIMENEZ OROZCO  
TEC. DE ENSAYOS DE MATERIALES  
JINLAB S.A.C.



PFO  
PERCY ROBERT  
FERNANDEZ ORDINOLA  
Ingeniero Geólogo  
Reg. CIP N° 184090  
JINLAB S.A.C.

## **Anexo 16:** Panel Fotografico



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

AUTORA:

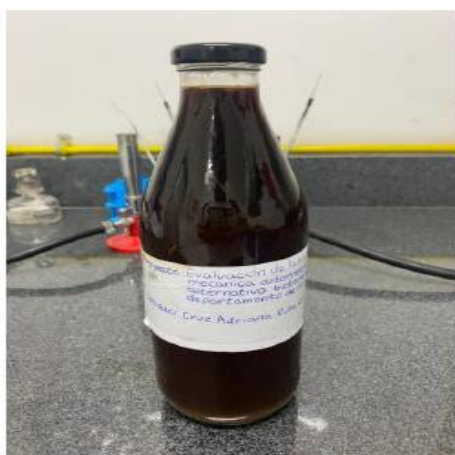
Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Recolección de materiales



Solución madre con suspensión bacteriana Bacillus Subtilis en laboratorio de Microbiología.

Lactato de calcio: Nutriente de bacteria.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

AUTORA:

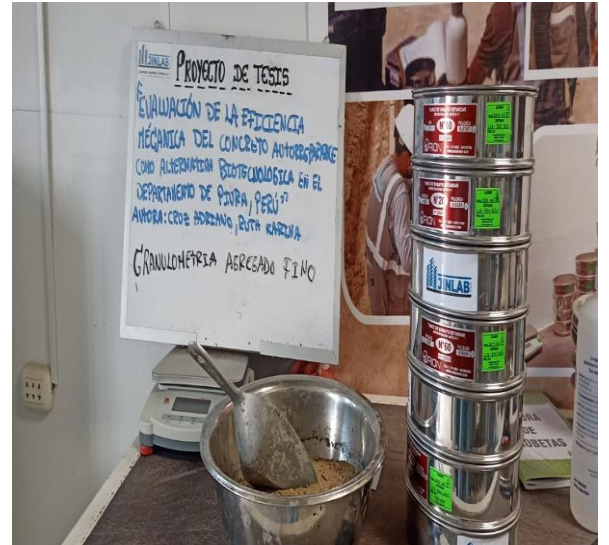
Cruz Adriano, Ruth Karina

**Procedimiento:** Definición de las características de los agregados, a través NTP 400.012:2013, para la granulometría en el laboratorio JINLAB SAC.

Granulometría de agregado grueso



Granulometría de agregado fino







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

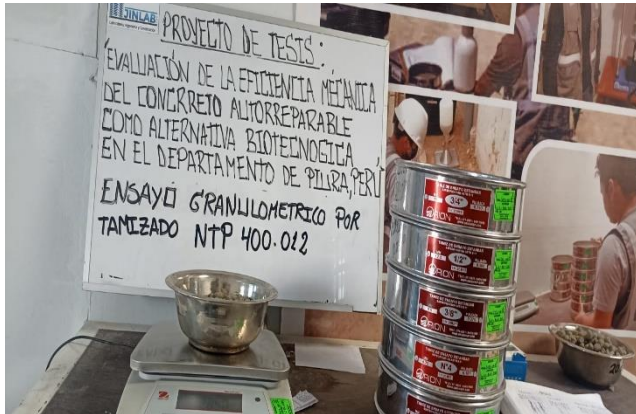
“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

**Procedimiento:** Definición de las características de los agregados, a través NTP 400.012:2013 para la granulometría, en el laboratorio JINLAB SAC.

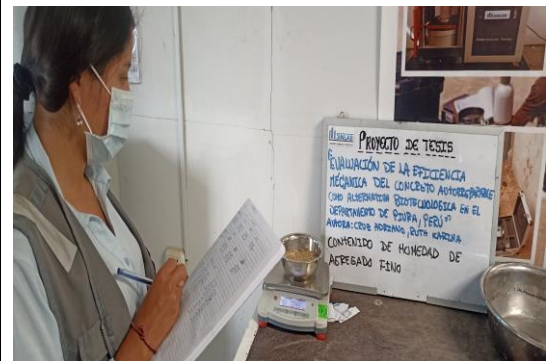
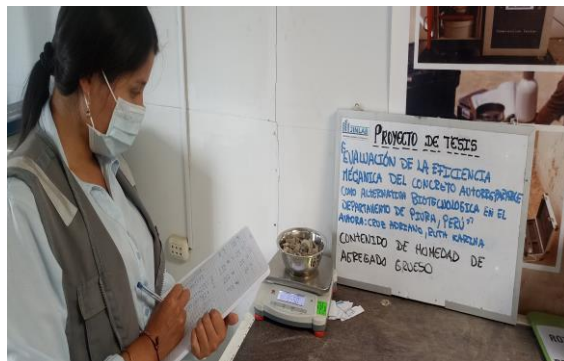
Granulometría de arcilla expandida



**Procedimiento:** Definición de las características de los agregados, a través NTP 339.185:2013, para el contenido de humedad en el laboratorio JINLAB SAC.

Contenido de humedad del agregado grueso

Contenido de humedad del agregado fino





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

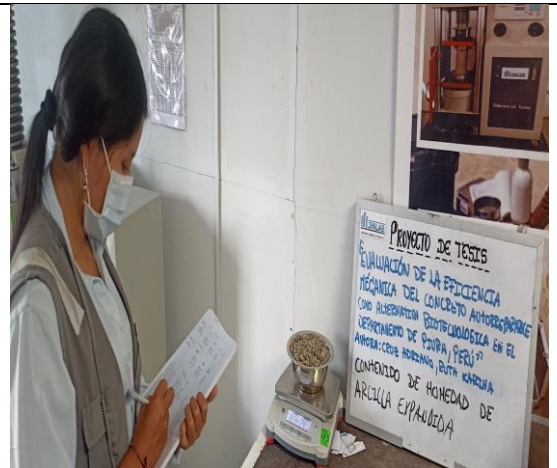
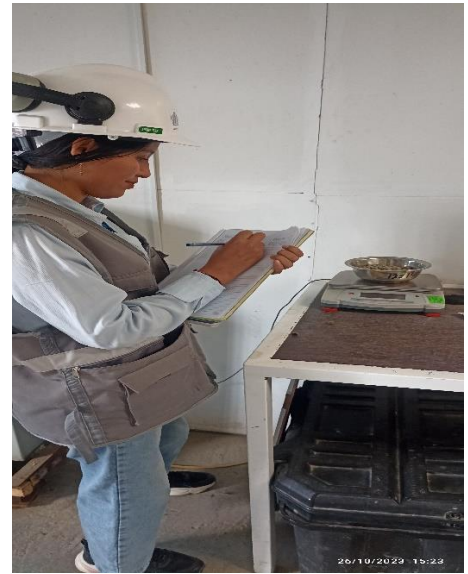
TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Ensayo de contenido de humedad de la arcilla expandida





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Ensayo del Peso unitario suelto y compactado





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

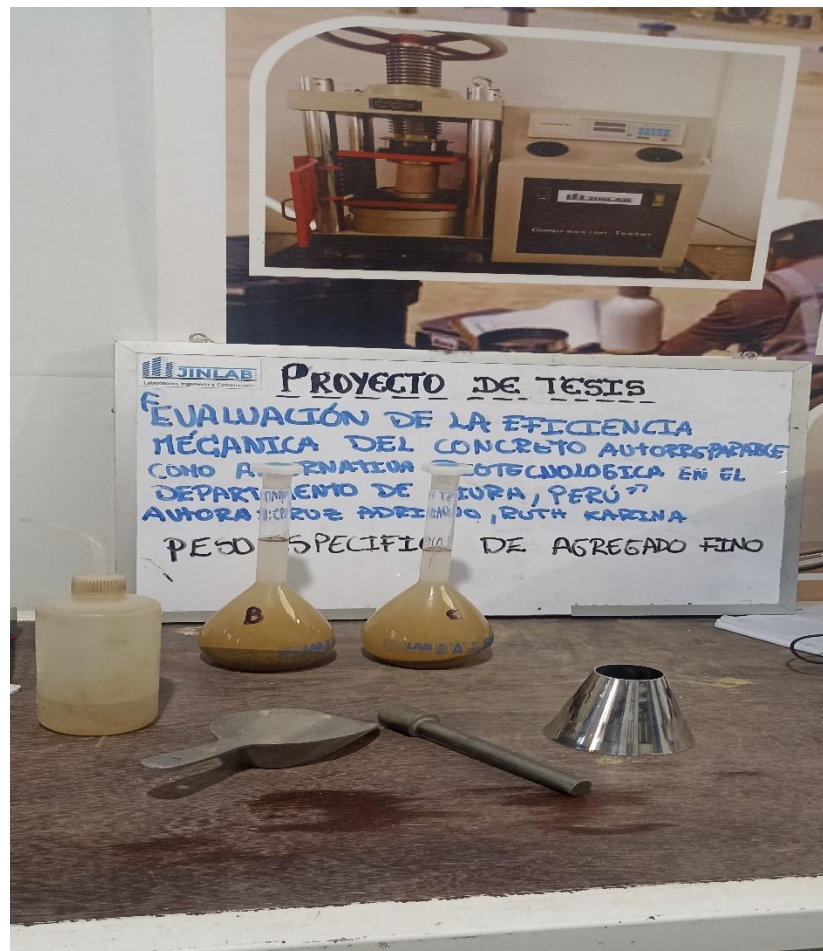
TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de Piura,  
Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Ensayo del Peso específico y absorción







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

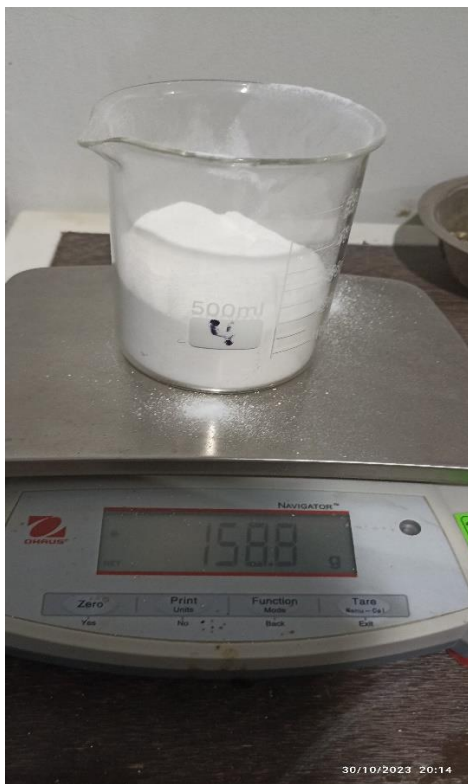
**TESIS:**

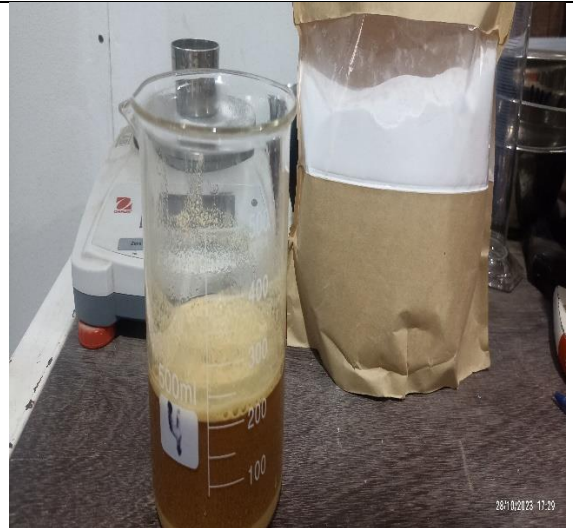
“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

**AUTORA:**

Cruz Adriano, Ruth Karina

**Procedimiento: Midiendo proporciones de nutriente carbonato de calcio**







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de Piura,  
Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Encapsulado solución bacteriana en la arcilla expandida







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de Piura,  
Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

**Procedimiento: Elaboración de muestras de probetas cilíndricas**





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

**TESIS:**

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de Piura,  
Perú”

**AUTORA:**

Cruz Adriano, Ruth Karina

**Procedimiento: Elaboración de muestras de cilíndricas**





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

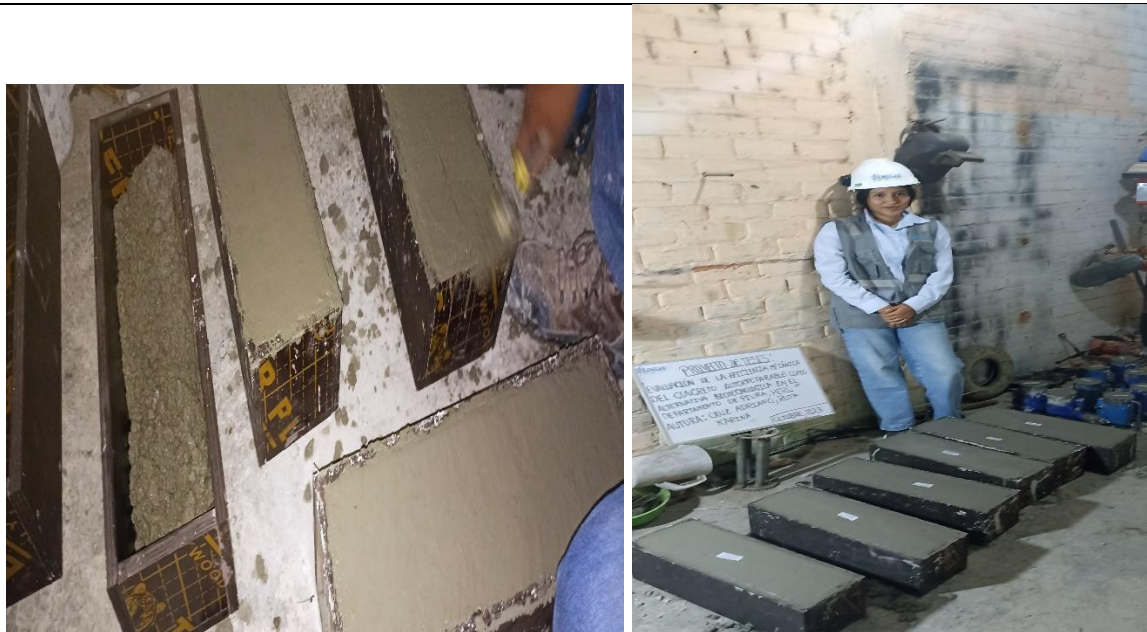
TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del concreto autorreparable como alternativa biotecnológica en el departamento de Piura, Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Elaboración de muestras de vigas





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

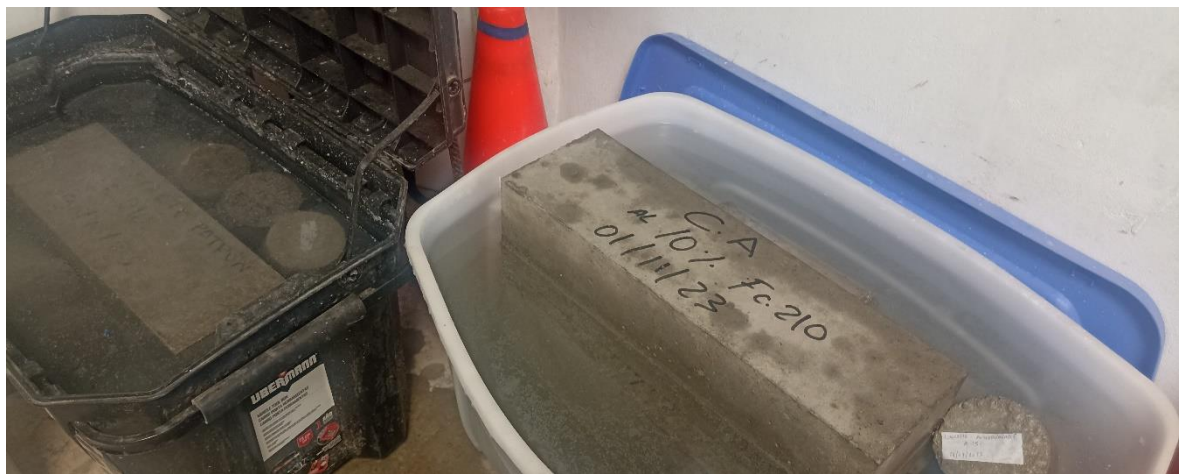
TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de Piura,  
Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

**Procedimiento: Curado de vigas prismáticas y cilíndricas.**





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de Piura,  
Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Ensayo de fuerza a la compresión a los





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA  
CIVIL

TESIS:

“Evaluación de la eficiencia mecánica del  
concreto autorreparable como alternativa  
biotecnológica en el departamento de  
Piura, Perú”

AUTORA:

Cruz Adriano, Ruth Karina

Procedimiento: Ensayo de fuerza a la flexión.

