



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Influencia de *Lysinibacillus sphaericus* en la autoreparación y resistencia del concreto $f'c=350\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Piura”

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

AUTOR:

Bautista Morales, Yuber Saúl (ORCID: 0000-0002-7180-6613)

ASESOR:

Mg. Cerna Vásquez, Marco Antonio Junior (ORCID: 0000-0002-8259-5444)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria:

A mi esposa e hijos que a pesar de la vida universitaria y el trabajo tuve que sacar el poco tiempo que me restaba para dedicarles; por sus constantes apoyos en que haga realidad mi sueño de adquirir conocimientos y concluir esta hermosa carrera de la ingeniería civil. A mis padres que Dios me los proteja, que a pesar de la distancia siempre me motivaron a seguir con la carrera a pesar de muchas dificultades que pude asumir como padre, esposo e hijo. A mis docentes que en cada sesión se esmeraban a que podamos ser mejores profesionales y encaminarnos al emprendimiento.

Agradecimiento:

A Dios por darme la oportunidad de realizar y compartir esta investigación.

A Mg. **Marco Antonio Junior Cerna Vásquez** de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo, compañeros (as) y amigos que me apoyaron para hacer realidad esta investigación.

El gran aporte del microbiólogo **Elmer Castillo Cueva** de **CASTILABS** y a su equipo técnico; asimismo a laboratorio **DIALESSAB MEDIC** y **BIOANALISIS** en la ciudad de Piura.

A Mg. **Clemente Luyo Caycho** del laboratorio de ciencias y al LEM de la UNI-Lima que contribuyeron a la realización de la investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria:	ii
Agradecimiento:	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras:.....	vi
Resumen:.....	viii
Abstract:	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de la investigación:.....	17
3.2. Variables y operacionalización:	17
3.3. Población, muestra y muestreo:	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimientos:.....	19
3.6. Método de análisis de datos:.....	34
3.7. Aspectos éticos:	34
IV. RESULTADOS	35
4.1. Propiedades físicas de los agregados.....	35
4.2. Aislamiento y determinación del medio de cultivo	37
4.3. Diseño de mezcla para concreto $f'c=350$ kg/cm ²	38
4.4. Análisis de autoreparación del concreto.....	39
4.5. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión.....	47
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES:.....	53
VII. RECOMENDACIONES:.....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS:	1

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de agregado fino	35
Tabla 2. Resultados de agregado grueso	36
Tabla 3. Dosificación en kg/m ³	38
Tabla 4. Dosificación por volumen en pie cubico	38
Tabla 5. Prueba de asentamiento del concreto f'c=350 kg/cm ²	39
Tabla 6. Resultados de análisis SEM de muestras prismáticas.....	46
Tabla 7. Resultados de ensayos a los 7 días.....	47
Tabla 8. Resultados de ensayos a los 14 días.....	48
Tabla 9. Resultados de ensayos a los 28 días.....	49

Índice de figuras:

Figura 1 Fisuras de contracción por secado en el concreto armado.	4
Figura 2 Formación de carbonatos de calcio en la pared celular bacteriana (Vijay, Murmu y Deo, 2017).....	12
Figura 3: Flujograma del proceso de ensayo de autoreparación y resistencia del concreto.....	19
Figura 4 Muestra de cultivo bacteriano para identificación.....	21
Figura 5 Preparación para medio de cultivo.	21
Figura 6 Inoculación de cepa en medio de cultivo.....	22
Figura 7 Caldo de cultivo.....	23
Figura 8 Recolección de bacterias para siembra en caldo de cultivo.....	23
Figura 9 Caldo de cultivo en Incubadora eléctrica.....	24
Figura 10 Verificación de <i>L. sphaericus</i> mediante microscopio electrónico.....	25
Figura 11 Verificación de la densidad de bacterias mediante el espectrofotómetro.	25
Figura 12 <i>L. sphaericus</i> captado mediante SEM a los 6 días de cultivo.....	27
Figura 13 Prueba de asentamiento de la mezcla	28
Figura 14 Elaboración de probetas cilíndricas de 4"x8".....	29
Figura 15 Dosificación de cultivo bacteriano en mezcla de concreto	29
Figura 16 Análisis SEM en laboratorio de ciencias UNI-LIMA.....	31
Figura 17 Muestras prismáticas para análisis con SEM.....	31
Figura 18 Colocación de muestra para cargar al microscopio.....	32
Figura 19 Ensayo a compresión Lab. Quality Pavements - Piura	32
Figura 20 Ensayo a compresión de probetas cilíndricas LEM-UNI	33
Figura 21 Curva granulométrica del agregado fino	35
Figura 22 Curva granulométrica de agregado grueso	36
Figura 23 Cepa liofilizada de <i>L. sphaericus</i>	37
Figura 24 Vista en microscopio electrónico-Coloración de <i>L. sphaericus</i>	38
Figura 25 Revisión de autoreparación en microgrietas de muestras de concreto	39
Figura 26 Muestra de control ABC00 a los 7 días de curado-SEM	40
Figura 27 Muestra de control ABC00 a los 14 días de curado-SEM	40
Figura 28 Microgrieta a los 7 días con ABC15-SEM	41

Figura 29 Microgrieta a los 14 días con ABC15-SEM	41
Figura 30 Microgrieta a los 7 días con ABC20-SEM	42
Figura 31 Microgrieta a los 14 días con ABC20-SEM	42
Figura 32 Microgrieta a los 7 días con ABC25-SEM	43
Figura 33 Microgrieta a los 14 días con ABC25-SEM	43
Figura 34 Morfología del hidróxido de calcio (CH) mediante SEM	44
Figura 35 Morfología del hidróxido de calcio (CH) y carbonato de calcio CaCO ₃ -SEM.....	44
Figura 36 Morfología del hidróxido de calcio (CH), hidrato de silicato de calcio (CSH) y carbonato de calcio CaCO ₃ -SEM	45
Figura 37 Morfología de carbonato de calcio CaCO ₃ y etringita-SEM.....	45
Figura 38. Comparación de autoreparación Vs, edad de curado de las muestras prismáticas	46
Figura 39 Gráfico resumen de resistencia a la compresión Vs edad de curado..	50

Resumen:

En la investigación se tuvo como objetivo determinar la influencia de la bacteria *Lysinibacillus sphaericus* en sus propiedades de resistencia a compresión y la autoreparación de las microgrietas en el concreto, utilizando las dosificaciones de 15, 20 y 25 ml/m³ del concreto, teniendo un diseño de mezclas patrón de relación a/c de 0.43, donde se obtuvo que la consistencia del concreto patrón es de 5" y el máximo valor obtenido fue adicionando 15 ml/m³ dando un valor de 5.5", así también la resistencia a compresión del concreto patrón a los 28 días fue de 105%, y la máxima resistencia se obtuvo adicionando 25 ml/m³ al concreto teniendo un valor de 121% a diferencia del concreto patrón de en un incremento de 16% a la edad de 28 días, por otro lado la autoreparación se observó mediante ensayos con SEM en laboratorio de ciencias y la mejora de la resistencia a compresión del concreto mediante los ensayos de rotura en laboratorio de concreto; el análisis de autoreparación se realizó a los 7 y 14 días, obteniendo los mejores resultados de la dosis de 25 ml/m³ en 13% y 69% respectivamente mediante el SEM.

Palabras clave:

Concreto bacteriano, precipitación de calcita, autoreparación del concreto, resistencia del concreto, *Lysinibacillus sphaericus*.

Abstract:

The objective of the research was to determine the influence of the bacteria *Lysinibacillus sphaericus* on its properties of resistance to compression and the self-repair of microcracks in by adding 25 ml / m³ to the concrete, having a value of 121%, unlike the concrete, using dosages of 15, 20 and 25 ml / m³ of concrete, having a design of standard mixtures with a w / c ratio of 0.43, where it was obtained that the consistency of the standard concrete is 5 "and the maximum value obtained was adding 15 ml / m³ giving a value of 5.5", as well as the compressive strength of the concrete pattern at 28 days was 105%, and the maximum resistance was obtained standard concrete in an increase of 16% at the age of 28 days, on the other hand On the other hand, self-repair was observed through tests with SEM in the science laboratory and the improvement of the compressive strength of the concrete through the breaking tests in the concrete laboratory; Self-repair analysis was performed at 7 and 14 days, obtaining the best results of the 25 ml / m³ dose in 13% and 69% respectively by means of the SEM.

Keywords:

Bacterial concrete, calcite precipitation, self-repair of concrete, concrete strength, *Lysinibacillus sphaericus*.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción es inevitable el uso del concreto y junto a él existe diversas anomalías que afectan su proceso y representa una gran amenaza a la vida útil de la estructura para el cual fue diseñada y al medio ambiente. Así también (Algaifi et al., 2018), indica que la aparición de microfisuras en el concreto es inevitable y es un reto para los ingenieros civiles a nivel mundial, es considerado muy perjudicial para la durabilidad de una estructura. Este desafío ha llamado la atención a los investigadores a buscar nuevas técnicas y procesos para elaborar concreto con biomateriales sostenibles.

El concreto en parte es una amenaza al medio ambiente ya que para su elaboración se requiere fuerte utilización de energía, emisión de CO₂ y la posible aparición de grietas y ello conlleva a disminuir su resistencia; debido a ello el concreto pasa a ser un material no sostenible. Las técnicas de aprovechamiento de bacterias por oxidación bacteriana del carbono orgánico tienen la capacidad de precipitar calcita en las fisuras de los materiales a base de cemento se vienen investigando ampliamente para la prevención y tratamiento de las microgrietas. Por otro lado (Chaerun, Syarif y Wattimena, 2020), en el estudio se investigó a una cepa de bacteria alcalifílica en Indonesia llamado *Lysinibacillus sphaericus* cepa SKC/VA1 adicionado con lactato de calcio pentahidratado por ser de menor costo a esto se fueron agregando distintas dosificaciones de inóculo bacteriano. La bacteria fue elegida por su buen desempeño y adaptabilidad al pH básico.

El estudio está basado en la utilización de una bacteria denominada *Lysinibacillus sphaericus* como agente que contribuye a la autoreparación de las fisura y grietas en el concreto producido por muchas causas dentro de ellos está el fenómeno de reacción exotérmica que se produce en la primera etapa de fraguado del concreto, así como también generados durante la funcionalidad de la estructura. Existe investigaciones recientes en Asia sobre el aprovechamiento de dicha bacteria para este fin aplicado al uso del concreto por ser un material de uso global donde se puede observar deterioros prematuros por exposición del acero de refuerzo e inclusive la degradación del propio concreto. Es ahí donde surge la necesidad de

poder reparar dichas fallas.

Sabemos que la técnica de empleo de epóxicos e inyecciones sobre estas fallas es un riesgo para quienes realizan esta labor ya que emanan vapores tóxicos que son contaminantes y la amenaza latente a nuestro entorno ambiental ya que si no son detectados a tiempo compromete la durabilidad de la estructura.

Mediante el estudio de esta novedosa técnica de utilizar un aditivo bacteriano se va contribuir en la industria de la construcción atendiendo a diferentes construcciones y contribuyendo con un desarrollo sostenible; esto significa realizar las actividades necesarias sin causar impactos negativos al entorno socio ambiental pensando en la preservación de los ecosistemas para la población futura.

Frente a esta **realidad problemática** se vienen buscando alternativas que buscan mejorar la resistencia y durabilidad del concreto que a la vez se comporte en armonía con el entorno y los ecosistemas naturales mediante la incorporación de bacterias al concreto que van ayudar a disminuir las grietas que principalmente son causantes del deterioro prematuro de la estructura de concreto por acción de agentes químicos y sales naturales; ya que es una puerta de ingreso para el agua, aire, suspensión de partículas y minerales que afectan al concreto llegando a producir filtraciones o emanación de contaminantes. Dichas anomalías en el concreto en su mayoría no se detectan a tiempo causando daños a futuro en las estructuras, produciendo la interrupción del servicio para su mantenimiento e inclusive su reemplazo. Este problema es de competencia multidisciplinaria sobre todo para los que investigamos e innovamos en el campo de la ingeniería civil de la mano con la microbiología y demás ciencias apoyados de la tecnología moderna para poder dar alternativas de solución a las necesidades de la sociedad y despertar expectativas para la continuidad de investigaciones futuras sobre el aporte que pueda tener la microbiología hacia un campo de la ingeniería.

Otro de los problemas en la construcción son las fisuras en los hormigones siempre se van a producir ya que trabaja a tracción y con la participación de varios factores con carga y sola soportando su propio peso. Las grietas responden a diversas fuentes como son la contracción plástica, contracción por secado, por tensiones térmicas, esfuerzos por cargas externas y corrosión del acero estructural. Debido a

estas causas del agrietamiento, la estructura queda expuesta para agentes nocivos como es la humedad, agua contaminada con productos químicos de reducen la vida útil del concreto provocando su degradación por la acción química de elementos.

Este problema es mayor cuando la estructura está expuesta al agua; las grietas identificadas visualmente pueden ser reparadas con intervención antropogénica teniendo varias dificultades como es la accesibilidad, costo, mayor costo de implementos de seguridad, daños a la salud y sobre todo los daños que causan al entorno ambiental debido a la utilización de productos químicos. El uso del cemento representa el 7% de la contaminación por emisión del CO antropogénico global. Debido a esta problemática es necesario encontrar una solución sostenible donde se pueda reducir los costos y la intervención de la mano de obra para el resane de dichas anomalías en el concreto.

El alcance de la investigación fue determinar la capacidad del *L. sphaericus* WH para el precipitado de carbonato de calcio empleando distintas fuentes de calcio para lograr analizar el tamaño y estructura del carbonato de calcio inducido. Para el cual se implementó un algoritmo que utilizó las redes neuronales artificiales para analizar las estructuras de los cristales de carbonato de calcio; también se experimentó en mezcla con el cemento portland con adición y sin adición de *L. sphaericus* WH (Ekprasert et al., 2020).

Las microfisuras en el concreto es inevitable y perjudicial ya que puede crear flujos interconectados debido a la acción de la carga externa; esta anomalía es fuente de ingreso de sustancias contaminantes que facilitarán la corrosión del acero de refuerzo comprometiendo la durabilidad de la estructura. Las recientes investigaciones se enfocan al concreto bacteriano que pueden reparar grietas (Algaifi et al., 2018).

Todo esto debido a la corrosión ocasionado por este fenómeno que fácilmente no se detecta y repara dentro del tiempo adecuado perjudicando la funcionalidad de la estructura, en el peor de los casos llegando a colapsar (Shanmuga Priya et al., 2019).



Figura 1 Fisuras de contracción por secado en el concreto armado.

Frente a las necesidades, se propone el planteamiento del **problema de investigación**: ¿Cuál es la influencia del *Lysinibacillus sphaericus* en la autoreparación y resistencia del concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$?

El estudio de las variables **justifica** a la gran contribución que necesita este campo de la ingeniería, con la búsqueda de mayores conocimientos para encontrar mejores soluciones sostenibles y sustentables para la reparación de las grietas y fisuras de diversos orígenes, que son difíciles de encontrar a simple vista y que significa un gran perjuicio para la estructura ya que mediante ello puede ingresar el aire, agua y agentes externos causando una amenaza con la disminución de la resistencia del diseño y capacidad por ende es una amenaza en la durabilidad del concreto.

El **objetivo general** que busca la investigación es: Determinar la influencia del *Lysinibacillus sphaericus* en la resistencia a compresión y autoreparación del hormigón $f'c=350\text{kg/cm}^2$.

Los **objetivos específicos** son: (1) Determinar las propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezcla, (2) Determinar el medio de cultivo para *Lysinibacillus sphaericus*, (3) Elaborar el diseño de mezcla para el concreto patrón y con incorporación del *Lysinibacillus sphaericus*, (4) Determinar el efecto del

Lysinibacillus sphaericus en la autoreparación del hormigón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, (5)
Determinar el efecto del Lysinibacillus sphaericus en la resistencia a compresión del hormigón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis: Influye la incorporación de la bacteria Lysinibacillus sphaericus en la autoreparación y resistencia a compresión del concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$.

II. MARCO TEORICO

El aprovechamiento de distintas bacterias incorporadas al concreto es posible gracias a los distintos métodos y ensayos en laboratorio sobre el comportamiento físico químico del concreto.

Existe investigaciones relacionadas de los cuales podemos rescatar en la tesis de pregrado titulado: **“Influencia de la incorporación del aditivo bacteriano en la reparación del proceso de fisuración controlada del concreto”** (Alarcón, 2019), obteniendo los siguientes consideraciones y resultados:

Como propósito se tuvieron 2 consideraciones:(1) Determinar de qué manera influye la adición de bacterias al concreto y su proceso de reparación de la fisuración controlada, (2) Aislar e identificar bacterias que productoras de carbonato de calcio (CaCO_3), determinar la resistencia a compresión de los testigos del hormigón bacteriano, Calcular el progreso en el resane de las grietas del hormigón. Tuvo un tipo de investigación básica o pura con un enfoque cuantitativo y con diseño experimental transversal. Como resultado del trabajo se tuvo que existe relación con la hipótesis planteada. Al adicionar las bacterias se evidencia que el concreto se autorepara y mejora sus propiedades mecánicas como es el incremento de la resistencia a compresión. Se investigó el comportamiento de 17 cepas bacterianas, tuvo mejores respuestas 2 cepas debido a que indujeron la producción de carbonato de calcio (CaCO_3); dichas cepas son *Paenibacillus lactis* con similaridad de 80.2% y similaridad de 83.4% para *Bacillus firmus* según

modelamiento con el software ABIS. La reparación de las fisuras es como sigue: En la fisura 1 el *Paenibacillus lactis* reparó un 70%, en la fisura 2 alcanzó reparar un 80.6% y en la fisura 3 es trabajado con el *Bacillus firmus* que alcanzó una reparación de 68.3%. Se analizó en cuanto a la resistencia a la compresión se sometieron a muestras adicionadas cepas de *Paenibacillus lactis* el cual tuvo un incremento en 35.68% y 14.08% a favor de la cepa de *Bacillus firmus*; ambos resultados son comparados en base a muestras convencionales. La dosis utilizada de bacterias por ml fue de 3×10^8 aproximadamente para muestras incorporados tanto en la mezcla e inoculados superficialmente. Las probetas prismáticas que fueron vertidas la bacteria sobre su superficie y adicionado en la mezcla precipitaron CaCO_3 en cantidades parecidas. Se concluye que las fisuras inducidas fueron hasta 3mm los cuales sellaron con buen porcentaje (Alarcón, 2019).

El desarrollo tecnológico se viene acrecentando a pasos gigantescos debido a la gran demanda en el desarrollo sostenible. La innovación e investigación sobre el uso masivo del concreto viene teniendo buenos resultados sobre todo en la utilización de agentes biológicos que reducen la amenaza a nuestro medio ambiente y que se están dando un producto o resultado satisfactorio adicionando bacterias al concreto para luego autorepararse; tal como demuestra en su investigación (Shanmuga Priya et al., 2019) en su artículo científico de la revista Construction and building titulado: ***Strength and durability characteristics of concrete made by micronized biomass silica and Bacteria-Bacillus sphaericus***", en el cual tiene como propósito la evaluación en cuanto a las propiedades mecánicas y durabilidad en concretos altamente resistentes y se tuvo las siguientes conclusiones:

El ensayo de actividad de la ureasa determinó el uso adecuado de la bacteria *Bacillus sphaericus* en concretos para la autoreparación microbiológica de grietas, mediante la prueba se evidenció que la bacteria tuvo una máxima actividad de ureasa alcanzando un valor más alto que fue de 570 U/ml alcanzado a las 120 horas. Mediante la incorporación de bacterias en el concreto MBS se obtuvo buenos resultados en cuanto a sus propiedades

mecánicas y de durabilidad; se obtuvo mejores resultados con una dosis de bacterias de 20ml y MBS en un 8%. La dosificación que anteceden alcanzó una resistencia a la compresión de 13.53%, 16.38% y 13,32% sobrepasando los resultados y conservando su resistencia a la tracción y flexión comparado con el concreto de control a los 28 días; esto debido a la formación de hidrato de sílice de calcio en las porosidades del concreto. Se determina que la bacteria y MBS reduce la absorción de agua por la formación gel CSH el cual influye enormemente con la durabilidad de la estructura. A través de ensayos con rayos X (DRX) se evidencia intensidades variables en los picos de los espectros XRD de la mezcla bacteriana es más elevado comparando con la mezcla de control, además se evidencia mayor formación de calcita en la mezcla bacteriana con relación a la mezcla de control; razón por la cual se reduce la absorción del agua en la mezcla. Se comprobó la eficacia de autoreparación del concreto mediante la visualización, provocando fisuras en vigas y haciendo seguimiento durante los 7 días en depósito de curado de las muestras que dieron resultado que es posible prolongar la vida útil del concreto debido a la buena actividad de la ureasa y la buena resistencia de la bacteria para sobrevivir mucho más tiempo que otras.

La identificación de bacterias capaces de sobrevivir dentro del concreto y la capacidad de autocuración del concreto debido a la acción de ellas es un gran avance y puertas a la investigación, así lo demuestra en el artículo de revisión (Erşan et al., 2015) “**Screening of bacteria and concrete compatible protection materials**”, Donde su objetivo principal es evaluar el efecto de materiales y métodos de protección a emplearse en la elaboración del concreto bacteriano; teniendo las siguientes conclusiones:

Los métodos para protección de las bacterias comprobadas para cultivos axénicos, el arrastre de aire y zeolita disminuyó la resistencia a la compresión del mortero. Tiene mucha importancia la encapsulación de las bacterias ureolíticas para que no disminuya su resistencia a compresión. Esto principalmente se debe a la presencia de levadura. Como alternativa se debe utilizar desnitrificadores ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{HCOO})$) que no alteran la resistencia y son accesibles. Se concluye que el uso de materiales de

encapsulación porosos como la arcilla expandida y el carbón activado es de gran ventaja para el uso con agentes bacterianos en un concreto autocurativo. Para el uso de cultivos no axénicos que se autoprotegen a conocer son CERUP y ACDC son agentes para la autocuración que se basan en bacterias con más ventajas para este tipo de uso ya que se pueden utilizar sin encapsulación y teniendo buenos resultados sin causar variaciones en contra de la resistencia del mortero. Debido a estas propiedades es materia de estudio para conseguir mejores conocimientos.

El empleo de alta tecnología como es el uso de rayos X mediante una tomografía y la porosimetría para obtener resultados sobre la autoreparación del concreto es de mucha importancia ya que nos permite saber la efectividad del método. Esta investigación fue publicado en el artículo titulado “***High-efficiency techniques and micro-structural parameters to evaluate concrete self-healing using X-ray tomography and Mercury Intrusion Porosimetry***” (Sidiq et al., 2020). Que tuvo como objetivo:

Identificar potencialmente la alta eficiencia en el análisis como es el MIP y tomografía de rayos X; llegando a las siguientes conclusiones: presentó 2 métodos para el ensayo microestructural muy eficientes para comprobar los resultados de autocuración mediante la porosimetría de mercurio y tomografías de rayos X no solo autoreparados mediante la adición de bacterias, sino también para resultados con polímeros y compuestos químicos ya que tiene ventajas ya que facilita el estudio de los vacíos individuales de la muestra comparados con ensayos no destructivos.

El desempeño del CaCO_3 microbiano inducido por algunas bacterias mejora la resistencia a la compresión a la vez contribuye la autocuración de grietas y microgrietas dependiendo de la concentración. En el artículo de revisión titulado: ***Insight into the role of microbial calcium carbonate and the factors involved in self-healing concrete*** (Amer Algaifi et al., 2020). Tuvo los siguientes objetivos:

Examinar los parámetros de producidos por las bacterias para promover la producción de CaCO_3 , concluyendo con su gran aporte de esta sustancia química y el gran interés por continuar las investigaciones con el concreto.

Luego de realizar una investigación minuciosa sobre el comportamiento en la matriz del concreto como también la tasa del hidrólisis de urea y precipitado de CaCO_3 en el hormigón bacteriano. La unión binaria de dicha célula bacteriana no se logra con un elevado pH (12% a 13%); en esta situación la célula vivía como una espora sin poder reproducirse. Con este pH no solo se interrumpió el crecimiento bacteriano, sino que también baja la hidrólisis de urea en un 75% a 80%. Comparado con el pH 9. Asimismo, el bioconcreto con incorporación de urea-células mejoró su resistencia a compresión en 15% aproximadamente comparado con el hormigón base a los 28 días. Lográndose sellar grietas de 0.4mm a los 70 días de curado.

Disminuir los costos en el mantenimiento preventivo y correctivo de estructuras sobre todo en grietas es un gran reto para todos, que mejor utilizando técnicas de prevención adicionados a la mezcla del concreto como es la incorporación de bacterias que trabajen por las personas, microscópicamente autocurándose grietas en poco tiempo después de aparecidas. Esto es posible gracias a investigaciones realizados en el artículo de revisión titulado: ***“Preliminary approach to bio-based surface healing of structural repair cement mortars”*** (Bergh et al., 2020). Con el objetivo de analizar el performance de la técnica de autoreparación superficial para controlar fisuras en morteros cementicios en estructuras marítimas. Teniendo las siguientes conclusiones:

El estudio preliminar del cultivo de la bacteria *Sporosarcina pasteurii* está mostrando buenos resultados que merece la pena seguir investigaciones en lo que se refiere para estructuras de concreto y edificaciones que están en servicio, inclusive para estructuras en carreteras. Su utilización incrementó un 87% la resistencia a la compresión inicial, pero que afectó al inicio del fraguado en la absorción capilar. Los autores determinaron por primera vez el valor de amortiguación de humedad para el cemento. El resultado del análisis con SEM muestra la diferencia de una grieta con y sin agente bacteriano, en los tratados se evidencia la precipitación de calcita sobre las grietas. También se encontró morfologías más definidas por los productos de hidratación como es el silicato de calcio y etringita. La reparación de grietas no solo fue

superficial sino se evidencia que se notó el autocurado hasta las partes más profundas.

La adición de fibras naturales como el lino, coco y yute ayudan significativamente en la resistencia a la compresión y a la capacidad de autocurado en mezclas que contengan bacterias llamadas *Bacillus subtilis* KCTC-3135 T, *Bacillus cohnii* NCCP-666 y *Bacillus sphaericus* NCCP-313 tal como lo afirma en el artículo de investigación titulado: “***Comparative performance of different bacteria immobilized in natural fibers for self-healing in concrete***” (Rauf et al., 2020).

Teniendo los siguientes objetivos y conclusiones:

Investigar su capacidad de autocuración en cada uno de las especies de las bacterias. Evaluación de las perspectivas con fibras naturales que mejoran el desempeño de las bacterias en el proceso de autocuración. Teniendo como conclusiones lo siguiente. Las esporas bacterianas inmovilizadas en las fibras naturales de estudio conservaron perfectamente la ureasa y el metabolismo de las bacterias, resultando con buena producción de CaCO_3 . Se logró la autoreparación de grietas de 0.8mm y 0.5mm de muestras inducidas al agrietamiento a los 7 y 28 días respectivamente, después de 28 y 56 días de curación controlada. El promedio aproximado es de 75 y 85% y un 60-65% de resane superficial para muestras bacterianas reforzadas a base de fibras. La aglomeración de cristales y lamelares de CaCO_3 estudiados en la microestructura de concreto producidas por la actividad bacteriana evidencian que la inmovilización con fibras les da la capacidad de reparar las fisuras en el concreto. Las fibras de lino resultaron los más eficientes como vehículo de transportación por darle mayor protección para su eficiente relleno de poros y resane de grietas. Las fibras de coco ayudaron alcanzar las más altas resistencias a la compresión por sus mejores propiedades mecánicas comparadas al del lino y yute. La bacteria *Bacillus sphaericus* NCCP-313 mostró mejor eficiencia en el curado del concreto debido a su mayor capacidad de formación de calcita frente a *B. subtilis* KCTC-3135 y *B. cohnii* NCCP-666.

La incorporación de las bacterias a la mezcla de concreto puede darse principalmente de 2 maneras; directa y encapsulado. Al momento de encapsular en agentes minerales o químicos teniendo en cuenta varios aspectos que van a definir la eficacia del aditivo bacteriano ya que si no se hace un buen manejo puede repercutir en la baja resistencia del hormigón. Para ambos casos se tendrán resultados óptimos y a temprana edad si existe humedad sin necesidad de estar sumergido, esto se debe a la oxigenación exigente para la precipitación de calcita. Esta investigación está plasmada en el artículo de (Gupta, Pang y Kua, 2017) titulado: “**Autonomous healing in concrete by bio-based healing agents**”, realizado en Singapur; teniendo como objetivos:

La evaluación sobre la autoreparación del concreto mediante la incorporación de bacterias ya sea incorporado directo al concreto o previamente encapsulados en compuestos minerales y químicos. La técnica de encapsulación obedece a la supervivencia de la mayor población de las bacterias al momento de ser incorporado a la mezcla; de esto va depender la efectiva reparación del concreto y que repercute en la recuperación de su resistencia mecánica y mejorando su durabilidad. En cuanto a la recuperación de sus propiedades mecánicas del concreto autocurativo va depender de varios factores como el curado, la densidad de esporas y nutrientes favorables, edad del concreto y el tiempo que tarda en la autocuración. La curación puede tener éxito de dos maneras; por precipitación de CaCO_3 para reparar las fisuras y por acción química del dióxido de carbono (CO_2) metabolizada por las bacterias al contener portlandita que es un mineral base para la producción de cementos.

En el artículo de investigación titulado “ **Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete**” (Wang et al., 2012) tiene como resultados de esta investigación:

Se utilizaron muestras con 0.35mm las cuales fueron observadas por separado en tubos de ensayo; en una muestra contenía el hormigón con células bacterianas encapsuladas con poliuretano y en otra con gel de sílice; se tuvo mejor actividad de precipitación de CaCO_3 o mayor actividad en este último. No obstante, concluye que no aporta suficiente en la recuperación de la resistencia a la compresión máximo un 5% en comparación a lo encapsulado

con PU que mostró recuperación entre un 50 y 80%; estudios muestran del PU que es un buen sellador el cual se le atribuye dichos resultados que son materia de investigación (Wang et al., 2012)

La incorporación de *Lysinibacillus sphaericus* cepa SKC/VA-1 mejoró las propiedades físicas y la reparación de las microgrietas (Chaerun, Syarif y Wattimena, 2020).

El hormigón es uno de los componentes más importantes en la construcción por su gran aporte de muchas propiedades físico y mecánicas que cada vez es mayor su uso sin medir los daños al medio ambiente por su uso y mal almacenamiento de los materiales para su elaboración. Los principales agentes de contaminación son el monóxido de carbono por el empleo del cemento y las grietas incluso la fuerte contaminación que produce las micro grietas (Shanmuga Priya et al., 2019).

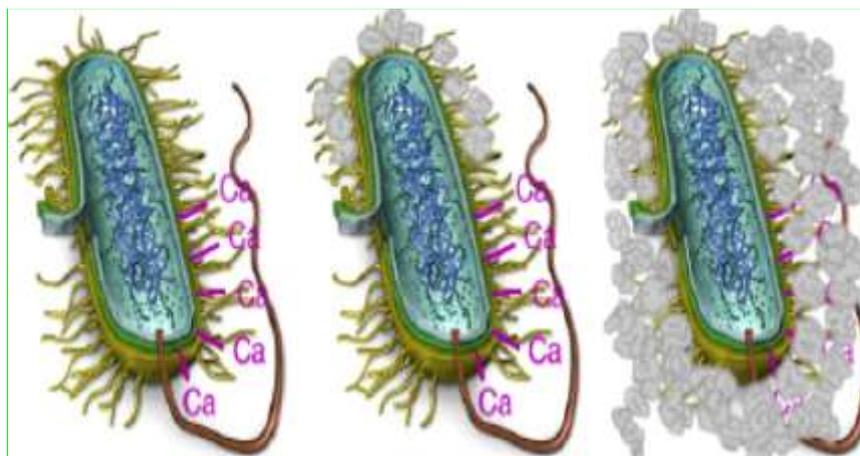


Figura 2 Formación de carbonatos de calcio en la pared celular bacteriana (Vijay, Murmu y Deo, 2017).

Para la clasificación de la bacteria se utiliza la técnica de Tinción de Gram que es una gran herramienta para la identificación en microscopio, los cuales responden al tinte según el tipo de pared celular que poseen. La pared bacteriana es la estructura que da forma a la célula protegiéndola de la lisis osmótica, sustancias tóxicas y es donde actúan muchos antibióticos. La pared celular de bacterias Gram positivas están compuestas por una pared gruesa compuestas por péptidoglicano (el cual determina las características tintoriales) pero carecen de membrana celular externa (Gebremariam, Chekol y Assefa, 2021).

Una opción de medio de cultivo para las bacterias son en agar triptona soja (TSA); Para el uso de las bacterias en forma de cultivos líquidos se utilizan matraces agitados de contenido caldo de triptona (TSB)(Mohammed et al., 2020).

La mineralización se produce gracias a la utilización de las bacterias ureolíticas que son capaces de producir enzima ureasa que cataliza la hidrólisis de la urea que da como resultado la producción de carbamato y amoníaco el cual hace que se incrementa el pH de su entorno (Charpe, Latkar y Chakrabarti, 2017).

La autoreparación del concreto es una nueva técnica que se viene adaptando en la construcción a base de hormigones consiguiendo buenos resultados mediante la incorporación de bacterias al concreto donde se realiza la autocuración por la precipitación de CaCO_3 inducida por bacterias dentro de ellos el *Bacillus sphaericus* que no es peligroso para las personas (Gupta, Pang y Kua, 2017).

Se investigó sobre la influencia que pueda tener la bacteria sobre la reparación de fisuras considerando su factibilidad, comportamiento y su disponibilidad. Se evaluará el costo de la incorporación de las bacterias. Se controlará la reparación de fisuras haciendo seguimiento en laboratorio. Dentro del diseño de mezcla se incluye plastificante a base de biopolímeros de compatibilidad adecuado para poder mezclar con dicha bacteria; gracias a este aditivo se mejorará la trabajabilidad y vertido del concreto. Se realizarán ensayos en laboratorio según la norma ASTM C192 / C192M y ASTM C143 / C143M – 20.

Para revisar los segmentos de las porosidades y grietas inducidas en el concreto con el fin de estudiarlas su comportamiento de autocuración o autoreparación con el proceso de sellado. Mediante esta tecnología se puede ver la geometría de los vacíos y su progreso de sellado (Sidiq et al., 2020).

La elaboración de la mezcla se realizó utilizando mezclador de concreto, para el curado de probetas se realizará según (NTP 339.183, 2013). La prueba de revenimiento se realizará según (NTP 339.035, 2009) Utilizando probetas y herramientas manuales como el cono de Abrams con dimensiones contempladas en dicha norma. Para analizar la resistencia según norma (Norma Técnica Peruana

NTP 339.034, 2015) en su cuarta edición.

Según la publicación de la revista Biochem Eng Biotechnol titulado: “**Alkaliphiles: The Emerging Biological Tools Enhancing Concrete Durability**” hace mención que las muestras se pueden tratar de dos formas; primero se embebieron los testigos en el cultivo bacteriano y luego secados manualmente. Por otro lado se sumergieron en solución de urea y Ca^{2+} en un lapso de 72 horas para el precipitado de CaCO_3 . En el proceso de inmersión continua se lograron la precipitación en capas de 150 a 290 micrómetros. Para el caso de inmersión instantáneo y secado manual la precipitación fue por las bacterias que se sumergieron en la superficie del concreto. En los dos casos se limitó la absorción del agua por capilaridad y la permeabilidad a la emisión de gases; adicionalmente se superó la resistencia a la carbonatación, filtración de cloruros, congelamiento y descongelamiento. La falta de oxígeno en las grietas profundas limita la actividad microbiana teniendo como consecuencia la baja precipitación de calcita esto para el caso de bacterias aeróbicas (Mamo, 2019).

Una investigación publicado por la revista construction and building materials en el artículo científico denominado “**Effects of spray-dried co-cultured bacteria on cement mortar**” hace mención a la gran importancia que tiene las bacterias para autoreparar el concreto; existe una gran dificultad en el crecimiento bacteriano en condiciones bastante complicados como es en el concreto y la influencia para la hidrólisis de la urea que es de vital importancia para la precipitación de carbonato de calcio en el concreto. *Lysinibacillus sphaericus* se utilizó para estos ensayos. El rango de pH se estudió entre 7-13 para notar la actividad ureolítica asimismo con diferentes dosis de urea, nitrato de calcio tetrahidratado e incorporación de células bacterianas. Dicha investigación con el fin de evaluar la mejora en la resistencia a la compresión y la capacidad de autoreparación de las grietas del concreto. Los resultados mostraron que las bacterias sobrevivieron en un pH de 12-13 sin poder reproducirse bajo estas condiciones de inactividad y demostró que su eficiencia al 75% dentro del poro concreto debido a su alto pH. Los resultados indicaron una mejoría de 9, 10 y 15% en la resistencia a la compresión gracias al contenido de esporas, células vegetativas y urea-vegetativas con relación al concreto patrón.

Mientras que la curación en la boca de las grietas de 0.4mm se produjo a los 70 días; a diferencia que en el inferior de la grieta selló un 15% menor al superficial. Esta práctica demostrada conlleva al uso de un concreto sostenible ya que es autoreparable y prolonga la vida útil de la estructura (Jang et al., 2020).

El uso de distintas fuentes de calcio hacen posible el aislamiento de cultivo bacteriano empleando $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y CaCl_2 los cuales son materiales usados en ingeniería como suministro de iones de calcio. El medio de cultivo B4 fue sustituido por $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ junto con otras fuentes de calcio mencionados; Se inició utilizando un pH de 7.0 en todos los ensayos que fueron efectuados tres muestras de cada uno. Siendo vital las muestras sin inocular que sirvieron de control; los cultivos se incubaron a 30°C y a una velocidad de 150 rpm durante 7 días. En el transcurso de la incubación se fueron recolectando el cultivo cada 12-24 horas para medir el crecimiento bacteriano utilizando el método de recuento en placa (Ekprasert et al., 2020).

Aditivo plastificante: El aditivo plastificante utilizado mejora las propiedades de trabajabilidad y reduce el uso de agua adecuándose a una relación óptima de $A/C=0.43$. Según el fabricante menciona que incrementando la dosificación actúa como superplastificante. Su densidad es de $1.195 \pm 0.01 \text{g/cm}^3$

Lysinibacillus sphaericus, hasta 2007 era llamado Bacillus sphaericus al cual fue cambiado su estatus taxonómico; la clasificación está basado en la fisiología y fenotipo. Es una bacteria Gram-positiva, aeróbica, mesófila y formadora de esporas que por lo general se hace el aislamiento del suelo. Es un bacilo arcaico ya que se ubicaron esporas en 25-Ambar con antigüedad de 40 millones de años (Xu et al., 2015).

Cemento: Mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos que son sometidos a cocción y molidos finamente que al ser adicionado agua se endurece solidificándose

El cemento utilizado es de tipo V de alta resistencia al ataque de sulfatos.

Concreto: Material que resulta de la mezcla de agua, arena, grava y cemento o cal que al fraguar adquiere resistencia

El **concreto** es material de construcción duro, con buena resistencia y alta durabilidad; su deterioro reduce la vida útil y resistencia, la principal causa son las grietas o fisuras que además puede provocar la corrosión del acero de refuerzo por exposición de humedad y otros agentes contaminantes (Marwar et al., 2020).

Bioconcreto autoreparable: Técnica ecológica desarrollado por investigadores con la finalidad de sellar o reparar grietas en el concreto (Marwar et al., 2020)

Cultivo: “Método de obtención de microorganismos, células o tejidos mediante siembras controladas en medios adecuados

Las **Bacterias** son organismos procariontes que no tienen núcleo debido a ello su ADN se halla en el plasma que viene a ser una molécula circular; las que viven en la superficie producen esporas tales como los Bacillus y Clostridium. Cada género son distintos en algunos casos se pueden diferenciar por la pared celular, demanda de oxígeno o cierta temperatura para poder sobrevivir (Mutitu et al., 2019)

Cepa: Población de una sola especie que desciende de una sola célula (Mutitu et al., 2019)

Las **esporas** se denominan a las células que resisten sin dificultad a elevadas temperaturas, contaminantes químicos importantes y a las radiaciones (Mutitu et al., 2019)

MICP: Precipitación de calcita inducida microbiológicamente.

Aditivo bacteriano: Tratamiento avanzado que mejora las propiedades del concreto mediante la adición de microbios se consigue que actúen en forma inteligente a diferencia del concreto convencional (Mutitu et al., 2019)

Aislamiento bacteriano: según el género se pueden encontrar en el suelo; de ello se utiliza una porción de suelo fértil del cual se realiza los siguientes procesos: En forma aséptica se toma 1g de la muestra para diluirlo en 5ml de agua destilada estéril para luego agitarlo rápidamente en vortex durante 20 segundos, obteniendo la solución madre que a partir de ella se retira 0.1ml de solución para inocular y esparcir mediante una espátula de Drigalsky sobre el medio de cultivo que fue preparado a base de agar nutritivo en placas petri para ser incubados a 35°C durante 24h para luego derivarlos al contador de colonias que mediante la lupa de aumento se diferencian por su color y forma las colonias bacterianas (Mendez-Ubeda, Flores Hernandez y Paramo-Aguilera, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación:

Tipo: básica

Diseño: Experimental (cuasiexperimental)

El diseño cuasi experimental comprende la manipulación de al menos una variable independiente para estudiar su efecto en variables dependientes; se diferencia del experimento puro es debido al nivel de confianza del resultado inicial de los grupos. Los grupos son intactos, se entiende que los grupos ya están conformadas antes del experimento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.2. Variables y operacionalización:

Para lograr los objetivos de relacionan las siguientes variables cuantitativas:

Variable independiente:

- Incorporación de *Lysinibacillus sphaericus* al concreto.

Variables dependientes:

Variable dependiente 1:

- Autoreparación del concreto $f'c=350\text{kg/cm}^2$

Variable dependiente 2:

- Resistencia a la compresión del concreto $f'c=350\text{kg/cm}^2$

3.3. Población, muestra y muestreo:

La población fueron las probetas cilíndricas y muestras prismáticas, la muestra es la población en general los cuales las cilíndricas fueron destinadas a rotura a los 7, 14 y 28 días. En las muestras prismáticas fue analizado el sellado de las fisuras y microgrietas a los 7 y 14 días.

Las muestras cilíndricas fueron elaboradas un total de 36 con las siguientes dosificaciones: Muestra de control 9 unidades (ABC00); 9 probetas con una dosis bacteriana de 15ml/m³ (ABC15); 9 probetas con dosis bacteriana de 20ml/m³ (ABC20); 9 probetas con dosis bacteriana de 25 ml/m³ (ABC25). Dichas muestras fueron sometidas a esfuerzos por compresión a los 7, 14 y 28 días. 3 muestra de cada uno según la edad de curado.

Para la determinación de la autocuración del concreto se elaborarán 12 muestras prismáticas que será evaluados visual y microscópicamente; previamente se inducirán grietas y fisuras con aberturas menor igual a 1mm que serán observadas su comportamiento a los 7 y 14 días; Para ello se utilizará la dosificación con aditivo bacteriano a razón de 15, 20 y 25ml/m³ para cada grupo de 03 muestras; para ello se utilizó la misma mezcla empleado para las probetas cilíndricas.

La investigación utiliza un muestreo probabilístico aleatorio simple sin reemplazo. La recolección de datos está basada en trabajos y ensayos en laboratorio utilizando formatos y tablas para evidenciar los resultados obtenidos según los objetivos propuestos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se usa la **técnica** de la observación y para el estudio de microfisuras se realizó en un laboratorio de ensayo equipado con microscopio electrónico de barrido (SEM).

Los **instrumentos** de recolección como son fichas de laboratorio, equipos como prensa hidráulica, tamices y otros materiales que se emplea en el estudio cumplen las normas. Asimismo, un laboratorio de microbiología provisionado principalmente de microscopio electrónico calibrado, instrumentos, materiales, reactivos para el cultivo bacteriano.

Los equipos de precisión deben estar debidamente calibrados y certificados.

3.5. Procedimientos:

Figura 3: Flujograma del proceso de ensayo de autoreparación y resistencia del concreto



Nota: El proceso de investigación tiene principalmente dos etapas; la primera y más compleja consiste en inocular la bacteria a un medio de cultivo para su crecimiento para posteriormente ser propagado en caldo de cultivo hasta alcanzar la población requerida. Estos ensayos están basado en artículos científicos mencionados en los antecedentes. Una vez realizado la primera etapa ya se puede incorporar a la mezcla según los diseños y dosificaciones correspondientes para realizar los ensayos de autoreparación y resistencia a compresión.

1.- Determinación de las propiedades físicas de los agregados

Se basa en las siguientes normas:

- MTC E201 Muestreo para materiales de construcción.
- MTC E202 Cantidad de material fino que pasa por lavado al tamiz #200.
- MTC E203 Peso unitario y vacíos de los agregados
- MTC E204 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.
- MTC E205 Gravedad específica y absorción de agregados finos.
- MTC E206 Peso específico y absorción de agregados gruesos.

2.- Proceso de obtención del cultivo bacteriano:

La bacteria *Lysinibacillus sphaericus* cepa 4525 LOT 161939 fue importada de ATCC (American Type Culture Collection), USA en forma liofilizada en presentaciones tipo asas conservados entre 2 a 8°C.

El proceso de inoculación de las esporas se realizó según el manual del proveedor



Figura 4 Muestra de cultivo bacteriano para identificación



Figura 5 Preparación para medio de cultivo.



Figura 6 Inoculación de cepa en medio de cultivo

Se esperó el enfriamiento y/o congelamiento del medio agar para proceder a la inoculación de las bacterias liofilizadas.

Previo a ello se dejó descongelar a temperatura ambiente las asas durante 15 minutos para proceder hacer la inoculación sobre el medio de cultivo; este proceso se realizó en laboratorio clínico guardando asepsia y utilizando mechero de Bunsen. El siguiente paso fue cerrarlos correctamente para poder trasladar a la incubadora durante 24 horas a una temperatura de 30°C; pasado este tiempo se observó las colonias mediante microscopio electrónico teniendo como resultado poca población bacteriana para mejorar el crecimiento bacteriano se continuó incubando hasta completar las 72h para este último proceso se elevó la temperatura a 35°C teniendo como resultado el incremento de la población bacteriana; esto observado gracias al espectrofotómetro. Seguidamente se diluyó el caldo nutritivo en matraz de 500ml en una proporción de 250g utilizando recipientes y espátulas asépticos esterilizados en autoclave y utilizando el mechero.



Figura 7 Caldo de cultivo

Procediendo al raspado de las colonias que crecieron sobre el medio de cultivo de en las placas Petri para hacer la siembra sobre el caldo nutritivo.



Figura 8 Recolección de bacterias para siembra en caldo de cultivo

Se procedió la incubación similar al de las placas Petri durante 72h ya que la temperatura ambiente de la ciudad de Piura la mínima es de 19°C y la máxima de 29°C según el SENAMHI para el periodo que duró la presente investigación.

Al tercer día se hizo la medición gracias al espectrofotómetro teniendo como resultado 0.585 OD a 600nm el cual no fue favorable para la aplicación a la mezcla teniendo que esperar el crecimiento del cultivo alrededor de 1.0 según los antecedentes relacionados a la investigación el cual se logró a los 10 días de cultivo.

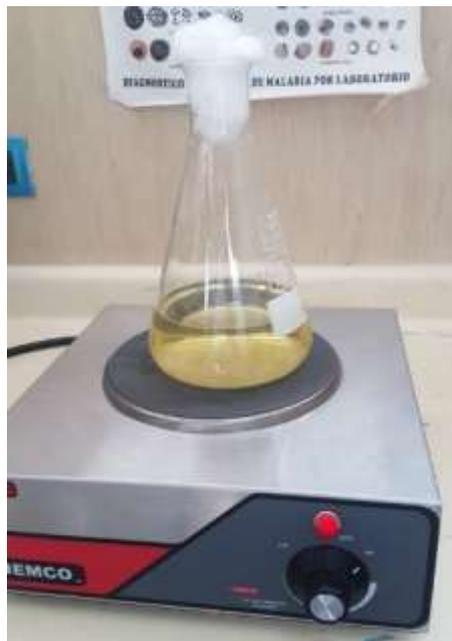


Figura 9 Caldo de cultivo en Incubadora eléctrica

Paso 2.- Cultivo bacteriano:

Para el reconocimiento y verificación de la cepa *L. sphaericus* 4525 se hizo la prueba bioquímica de Tinción de Gram para poder observar mediante el microscopio electrónico y comprobar su clasificación como Gram positivas; para ello se hizo un procedimiento en laboratorio.



*Figura 10 Verificación de *L. sphaericus* mediante microscopio electrónico*



Figura 11 Verificación de la densidad de bacterias mediante el espectrofotómetro.

Morfología y caracterización del bacilo

Tinción de Gram

En 1884 el Dr. Hans Christian Gram descubrió esta técnica. Es muy empleada en bacteriología siendo una herramienta primordial para la identificación de diferentes tipos de bacterias por su coloración, morfología y asociación. Según su composición estructural las bacterias se clasifican en Gram positivas y Gram negativas dependiendo de su pared (Corrales Ramírez y Caycedo Lozano, 2020).

El procedimiento para la tinción de Gram es como sigue:

1º.-Se emplea una lámina portaobjeto estéril

2º.-Mediante el uso de una pipeta se deja caer una gota sobre la lámina y se frota expandiendo sobre la placa secando al aire y fijando con calor con la ayuda del mechero.

3º.-Sobre la muestra se adiciona **violeta** cristal dejando cubrir durante 60 segundos Procediendo a enjuagar con agua dicha tintura.

3º.-Se adiciona Gram's **yodo** dejando actuar por 60 segundos sobre la muestra bacteriana y procediendo al enjuague con agua.

4º.-Se agrega el decolorante **acetona** tratando de cubrir la muestra inclinando lentamente en distintas direcciones procediendo al enjuague.

5º.-Se contratiñe con **safranina** dejando actuar durante 30 segundos procediendo al enjuague.

6º.- Se seca la muestra para proceder a examinar con la ayuda del microscopio electrónico con aumento de 100x (Gebremariam, Chekol y Assefa, 2021).

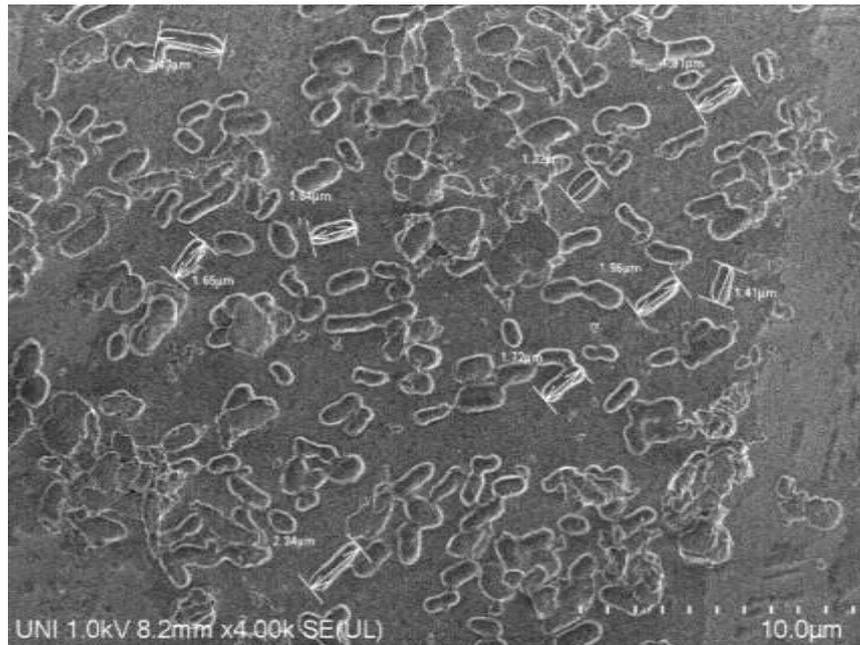


Figura 12 L. sphaericus captado mediante SEM a los 6 días de cultivo

Paso 3.- Diseño de mezcla

Para el diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ se realizaron ensayos previos en laboratorio de concreto como son:

- MTC E701 Toma de muestra de concreto fresco.
- MTC E702 Elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.
- MTC E704 Resistencia a la compresión testigos cilíndricos.
- MTC E705 Asentamiento del concreto (SLUMP).
- MTC E728 Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland



Figura 13 Prueba de asentamiento de la mezcla

Las probetas cilíndricas fueron elaboradas según MTC E 702 y la norma NTP 339.183:2013. Siendo sometidos a rotura según MTC E 704 y norma NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas; para prueba de SLUMP se realizó según MTC E 705 y según NTP 339.035: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Para los ensayos mediante análisis SEM para la curación de las grietas se elaboró muestras prismáticas tipo rectangulares con las dimensiones de 2.5cm de ancho x 2.5cm de alto x 7.5cm de longitud; como muestra patrón sin cultivo bacteriano, con adición bacteriana de 15, 20 y 25ml que fueron inducidos a grietas; posteriormente se observaron su comportamiento de su reparación a los 7 y 14 días, esto a simple vista y mediante el análisis SEM en laboratorio especializado.

La investigación se desarrolló en laboratorio externo en la ciudad de Piura; para el diseño de mezcla $f'c=350$ kg/cm² se utilizó agregados de la cantera Portachuelo y de la cantera Teófila; ubicados en la jurisdicción del distrito de la Brea y Pariñas, provincia de Talara, departamento de Piura-Perú.



Figura 14 Elaboración de probetas cilíndricas de 4"x8"



Figura 15 Dosificación de cultivo bacteriano en mezcla de concreto

- Cemento:

Cemento Portland tipo V

Norma: NTP 334.009 / ASTM
C150

Requerimientos químicos

Ensayos	Tipo	Valor	Unidad	Normas de ensayo	Resultado
MgO	Máximo	6.00	%	NTP 334.086	2.20
SO ₃	Máximo	2.30	%	NTP 334.086	2.00
Pérdida por ignición	Máximo	3.50	%	NTP 334.086	3.30
Residuo insoluble	Máximo	1.50	%	NTP 334.086	0.80
C ₃ A (Al ₂ O ₃ ·3CaO)	Máximo	5.00	%	NTP 334.009	4.00
2C ₃ A+C ₄ AF	Máximo	25.00	%	NTP 334.009	20.60

Fuente: Cementos Pacasmayo

(<https://www.pacasmayoprofesional.com/soluciones?category=7&prod=4>)

Nota: MgO (Óxido de magnesio), SO₃ (Trióxido de azufre), C₃A (Aluminato tricálcico), C₄AF (Ferritoaluminato tetracálcico).

-Aditivo plastificante:

Aditivo Z RR Plast - 971

Norma: ASTM C494 tipo A y D

Datos técnicos

Rendimiento	Plastificante	Superplastificante
Dosis	0.3%-1.0%	1.0%-1.5%

Fuente: Z Aditivos (<https://construproductos.com/archivos/Z-RR-Plast-971.pdf>)

Paso 4.-Ensayos de autoreparación del concreto

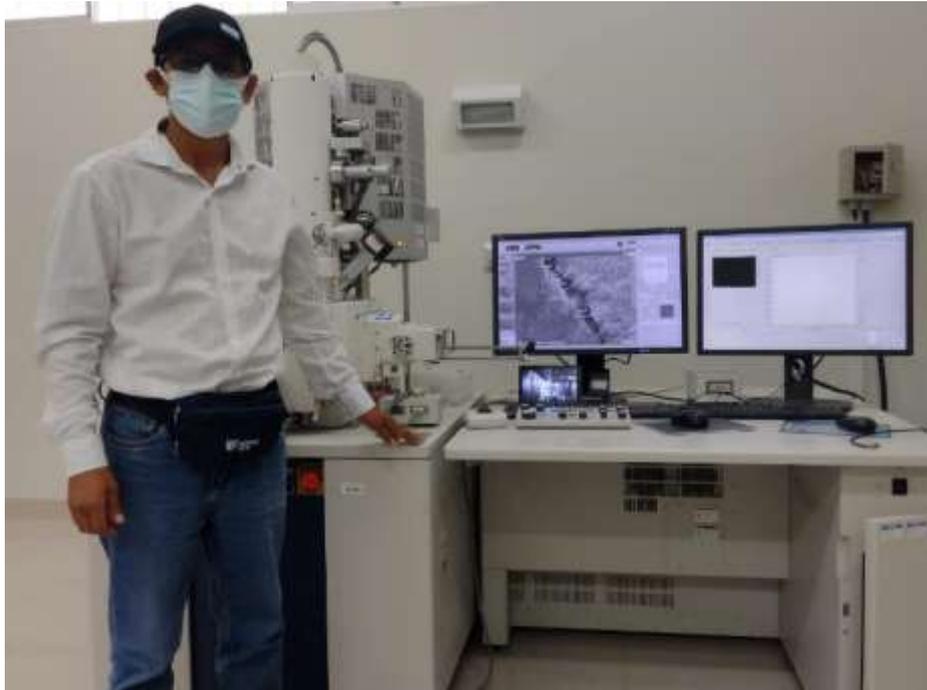


Figura 16 Análisis SEM en laboratorio de ciencias UNI-LIMA



Figura 17 Muestras prismáticas para análisis con SEM



Figura 18 Colocación de muestra para cargar al microscopio.

Paso 5.-Ensayos de resistencia a la compresión



Figura 19 Ensayo a compresión Lab. Quality Pavements - Piura



Figura 20 Ensayo a compresión de probetas cilíndricas LEM-UNI

Se realizó el cultivo y la incorporación de una bacteria que tiene la capacidad de autoreparar al concreto gracias a su propiedad de precipitar calcita en estos espacios donde se genera una grieta por donde pueda ingresar agentes contaminantes, que en cuestión de días serán resanados debido a la acción del *L. sphaericus* por su facilidad de precipitar CaCO_3 .

Además, mejora la resistencia y durabilidad del concreto. El cultivo bacteriano tuvo una densidad óptica de 1 y fue ensayado con dosis de 15, 20 y 25ml por metro cúbico de concreto del diseño de mezcla $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ que debe contener un aditivo reductor de agua para mejorar la trabajabilidad con un SLUMP óptimo de la mezcla y por consiguiente la mejor resistencia del espécimen. Para ello previamente se realizó el diseño y ensayo.

Para analizar las microfisuras y microgrietas se utilizó un laboratorio provisionado de microscopio electrónico de barrido (SEM) debidamente calibrado y certificado.

El diseño de mezcla se realizó en laboratorio de concreto provisionado de equipos y herramientas normados y calibrados.

La bacteria en estudio se encuentra presente en muchos medios e inclusive en nuestro tracto digestivo; *L. sphaericus* no es patógena; por lo tanto no representa peligro alguno para las personas (Gupta, Pang y Kua, 2017) ya que convivimos con ellas.

Al tener identificado la cepa se procederá a propagarlas utilizando caldo de cultivo a base de nutrientes hasta alcanzar una densidad optima de 1 (Shanmuga Priya et al., 2019).

De esta manera una vez obtenido la bacteria estará lista para incorporarse a la mezcla como también directamente a la fisura.

3.6. Método de análisis de datos:

Los resultados se determinarán mediante el método de la observación visual y a través de equipos electrónicos. El ensayo se realizó en laboratorio microbiológico, de ensayo de materiales, concreto y de análisis SEM; utilizando programas para la determinación de los resultados.

3.7. Aspectos éticos:

La investigación se realiza bajo los valores morales y principios éticos basados en la guía de productos académicos que la universidad nos proporciona. Para ello existe el compromiso total del autor en respetar dicho reglamento en el desarrollo científico respetando los derechos de autores, procedimientos, normas y legislaciones para lograr los objetivos propuestos asimismo bajo los estatutos del colegio de ingenieros.

IV. RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas de los agregados

Los agregados como la arena fina de la cantera Teófila ubicado en Pariñas-Talara-Piura demostró un buen comportamiento al cumplir con los ensayos de granulometría cumpliendo la norma NTP 400.012-MTC E 204 (Análisis granulométrico de agregados) y NTP 400.37 (Granulometría de agregados finos). Previamente a ello se cumplió la norma NTP 400.010: Agregados. Extracción y muestreo y según MTC E 201.

Resultado de análisis granulométrico por tamizado de agregado fino

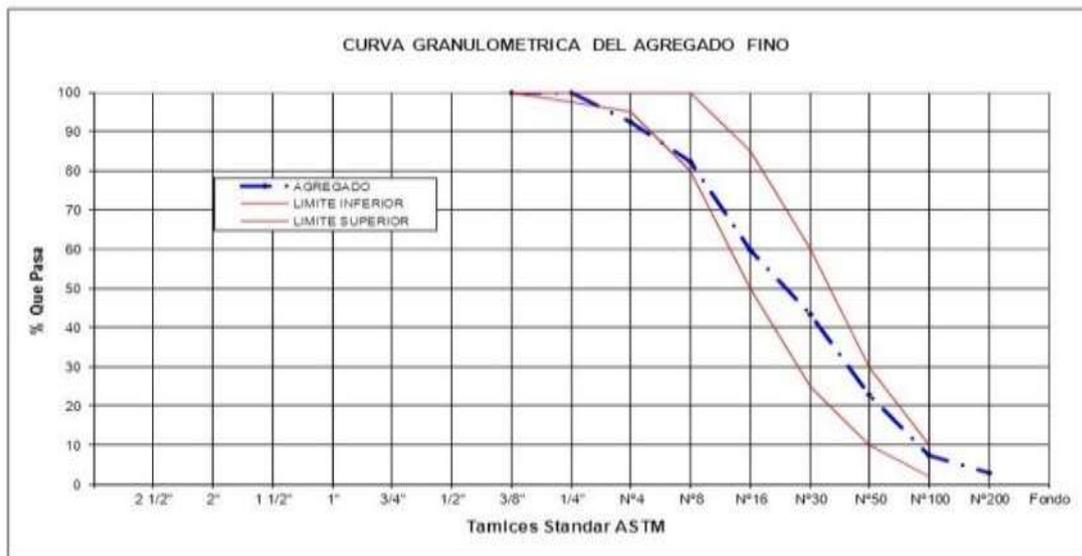


Figura 21 Curva granulométrica del agregado fino

Tabla 1. Resultados de agregado fino

Resultado	M. de fineza	PUS (Kg/m3)	PUC (Kg/m3)	% Humedad	Tamaño máx.
	2.92	1,583	1,750	1.01	3/8"

Resultado de análisis granulométrico por tamizado de agregado grueso

La piedra chancada fue de óptima calidad cumpliendo con la norma NTP 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, gruesos y otros. Procedente de la cantera Portachuelo esto ubicado en el distrito de Miramar, provincia de Paíta y departamento de Piura donde es zarandeado la piedra de un material integral para ser derivado a la chancadora donde se procesa en tamaño máximo de 3/4 “ los cuales demostraron ser de buena calidad frente a los ensayos realizados en laboratorio de concreto.

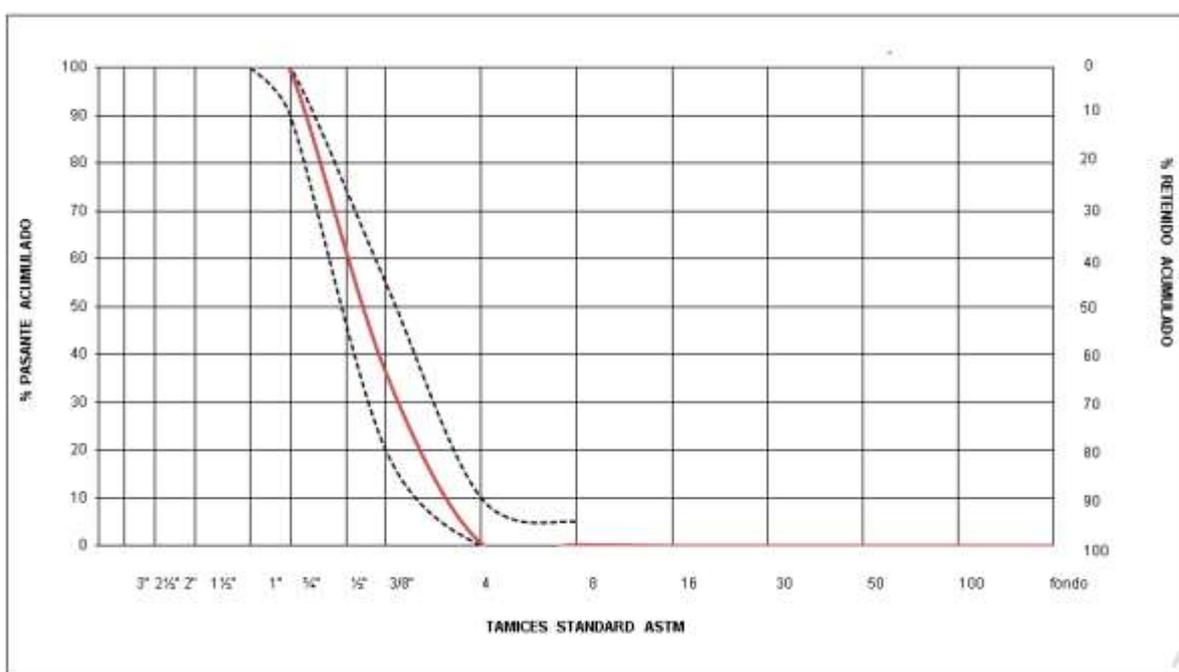


Figura 22 Curva granulométrica de agregado grueso

Tabla 2. Resultados de agregado grueso

Resultado	M. de fineza	PUS (Kg/m3)	PUC (Kg/m3)	% Humedad	Tam. max
	6.63	1,475	1,630	1.70	3/4 "

Ambos agregados están libres de sales contaminantes para el concreto (salitre) sin embargo en el diseño se contempla un cemento tipo V o tipo MS para zonas con exposición a este tipo de sales dependiendo las especificaciones técnicas del proyecto a emplear.

4.2. Aislamiento y determinación del medio de cultivo

Para fines de investigación se utilizó la cepa *Lysinibacillus sphaericus* ATCC 4525 para realizar el cultivo bacteriano en placas Petri en medio de cultivo agar.



Figura 23 Cepa liofilizada de *L. sphaericus*

El método para la identificación de la cepa fue mediante la tinción de Gram; demostrando ser bacilo Gram positivo, flagelados y de coloración azul.

Se hizo la inoculación en placas Petri debidamente esterilizado donde se hizo el vertido del agar nutritivo; previo a ello el agar en su envase original se vertió en agua hirviendo durante 5 minutos para diluir de su consistencia tipo gelatinosa para ser distribuidas mediante una pipeta esterilizada hacia las placas.

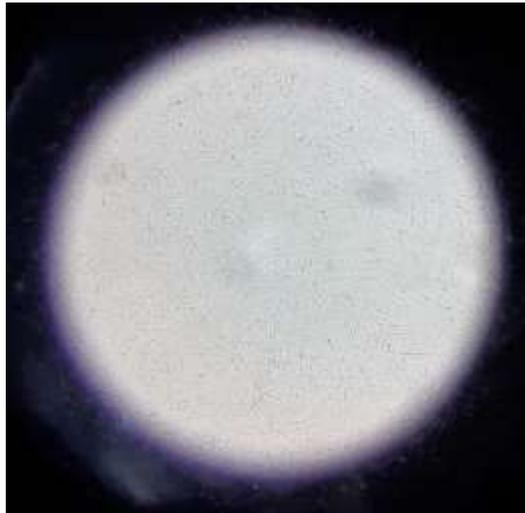


Figura 24 Vista en microscopio electrónico-Coloración de L. sphaericus

4.3. Diseño de mezcla para concreto $f'c=350$ kg/cm²

Teniendo ya los resultados del análisis granulométrico se procedió a realizar el diseño de mezcla en concordancia con el comité 211 de ACI.

Previo al ensayo se determinó los siguientes resultados:

Tabla 3. *Dosificación en kg/m³*

Insumo	Kg/m³
Cemento	468
Agregado fino	837
Agregado grueso	893
Agua	177
Aditivo ZRR PLAST 971	4.68
Colada kg/m ³	2379

Tabla 4. *Dosificación por volumen en pie cubico*

Insumo	Pie cubico
Cemento	1
Agregado fino	1.7
Agregado grueso	1.9
Agua	16.1L
Aditivo ZRR PLAST 971	0.355L

Tabla 5. Prueba de asentamiento del concreto $f'c=350$ kg/cm²

Diseño	Código muestra	SLUMP
Concreto patrón	ABC-00	5"
Concreto con 15ml aditivo bacteriano	ABC-15	5.5"
Concreto con 20ml aditivo bacteriano	ABC-20	5.0"
Concreto con 25ml aditivo bacteriano	ABC-25	5"

Nota: ABC=Aditivo bacteriano para concreto.

4.4. Análisis de autoreparación del concreto

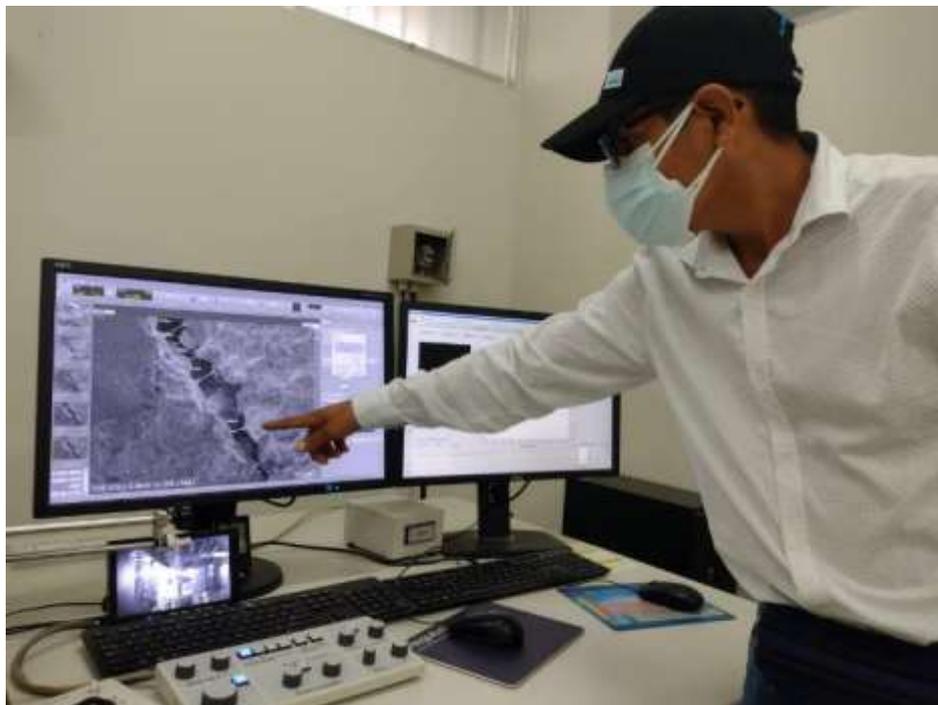


Figura 25 Revisión de autoreparación en microgrietas de muestras de concreto

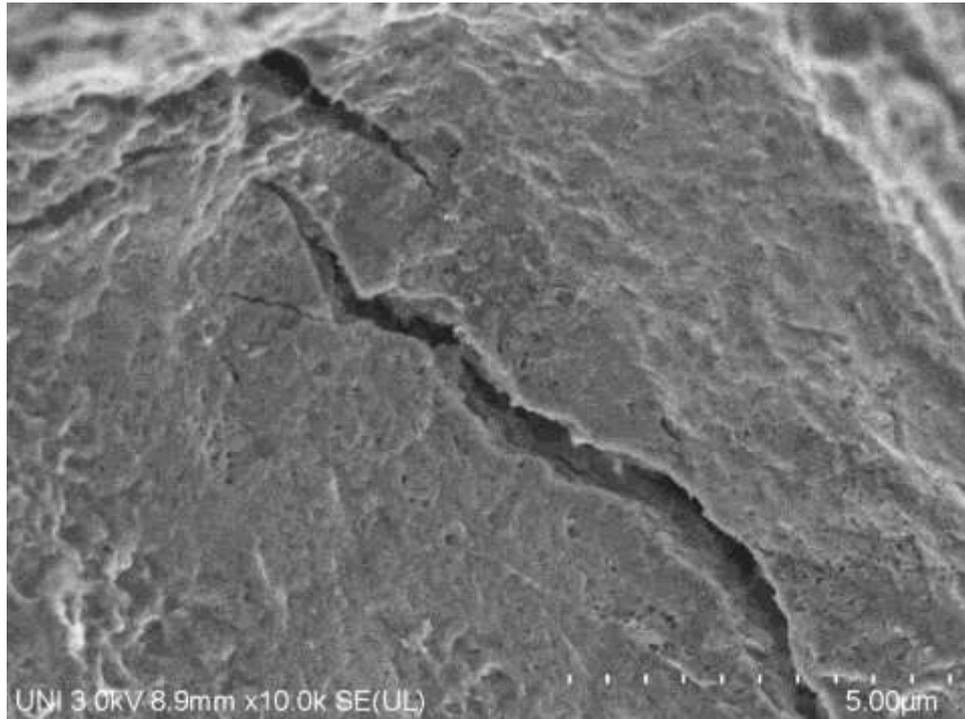


Figura 26 Muestra de control ABC00 a los 7 días de curado-SEM

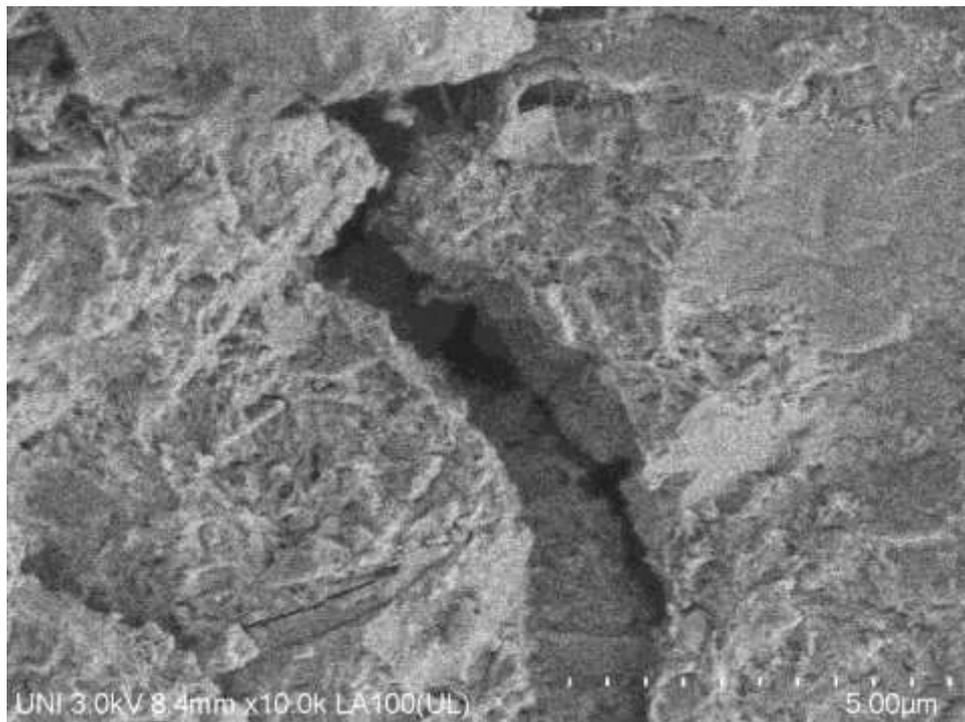


Figura 27 Muestra de control ABC00 a los 14 días de curado-SEM

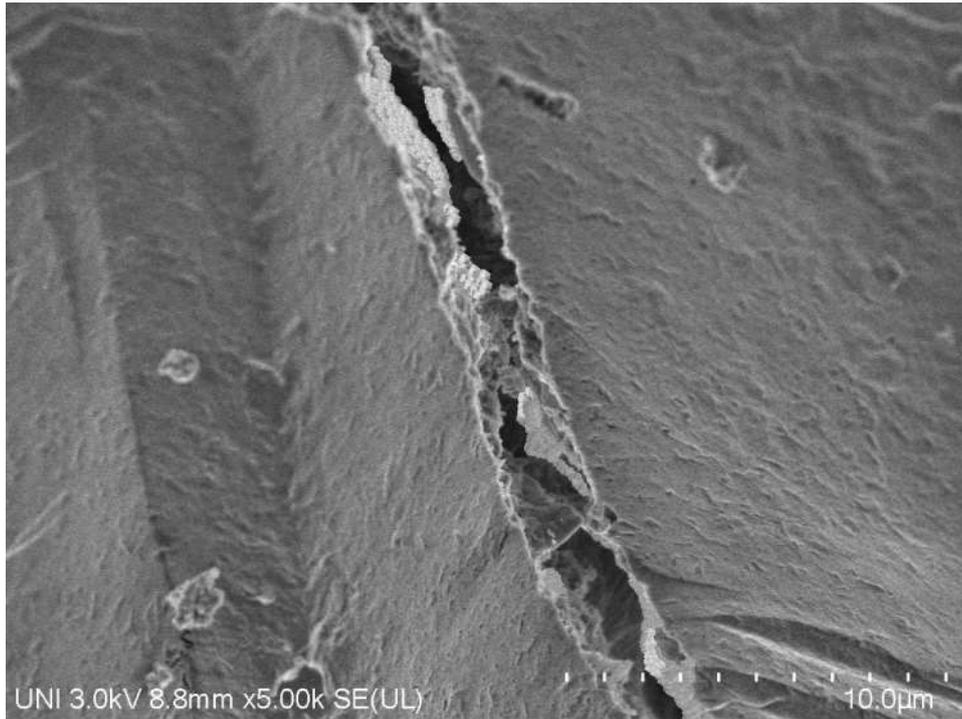


Figura 28 Microgrieta a los 7 días con ABC15-SEM



Figura 29 Microgrieta a los 14 días con ABC15-SEM

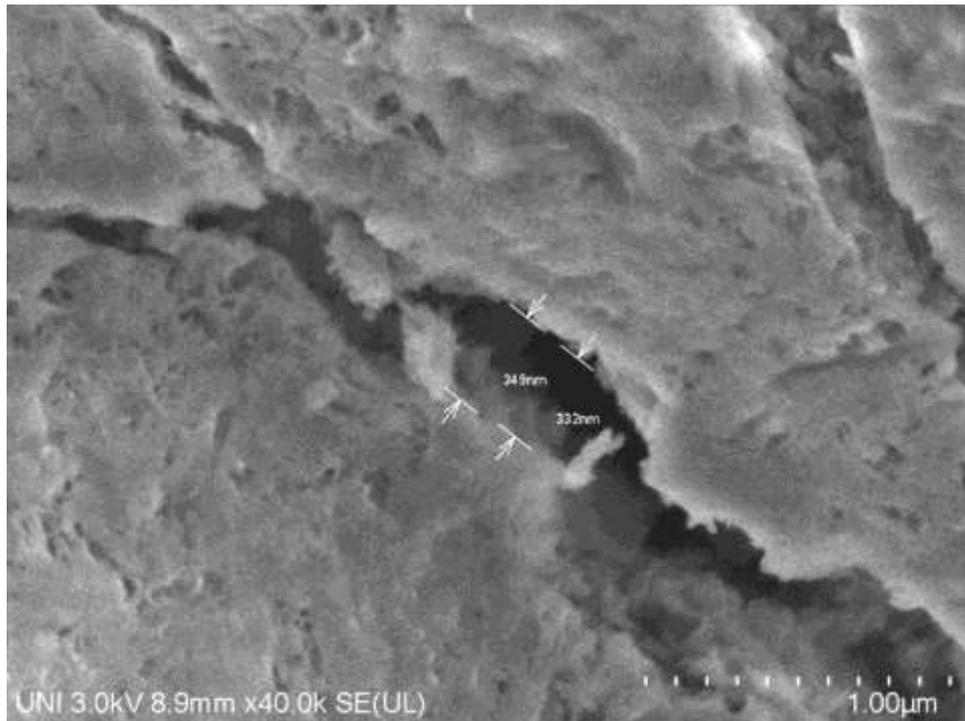


Figura 30 Microgrieta a los 7 días con ABC20-SEM

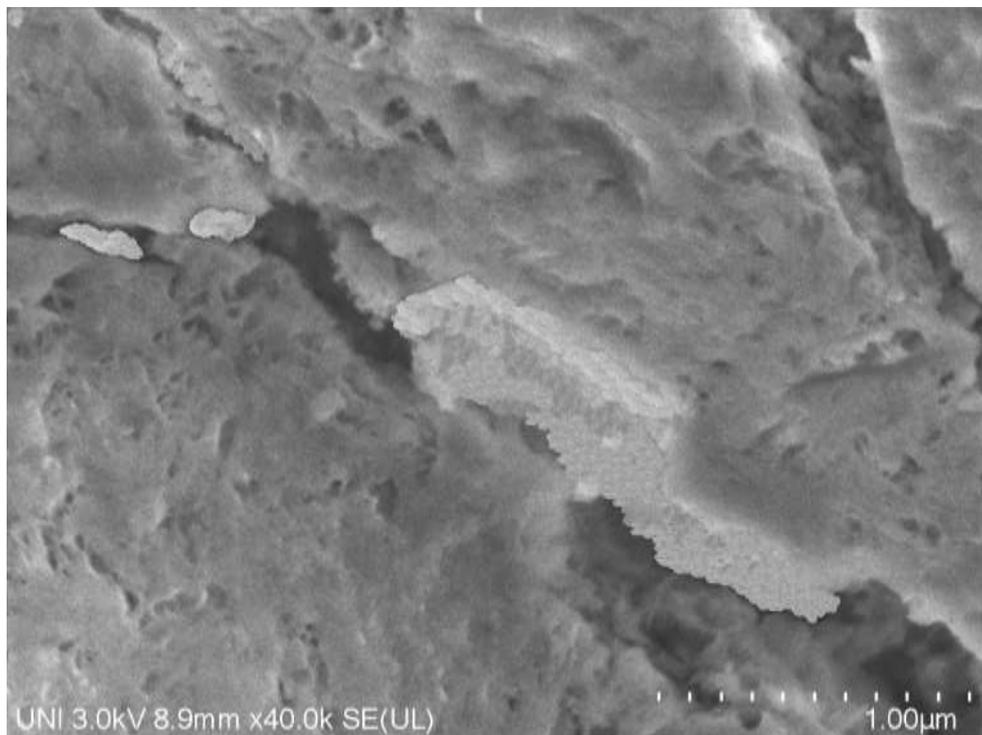


Figura 31 Microgrieta a los 14 días con ABC20-SEM

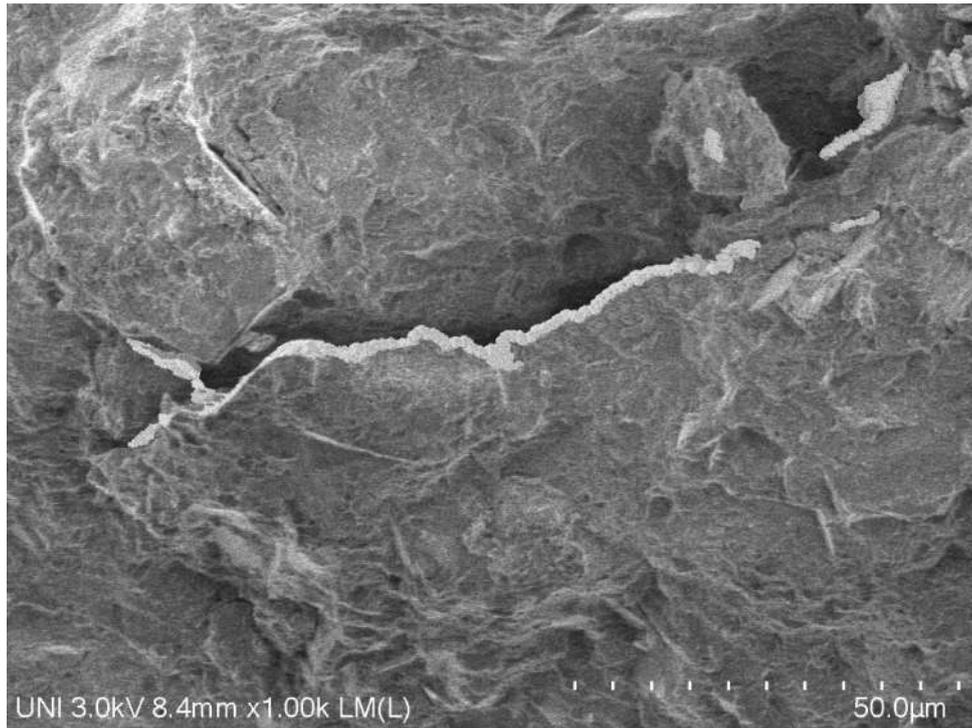


Figura 32 Microgrieta a los 7 días con ABC25-SEM

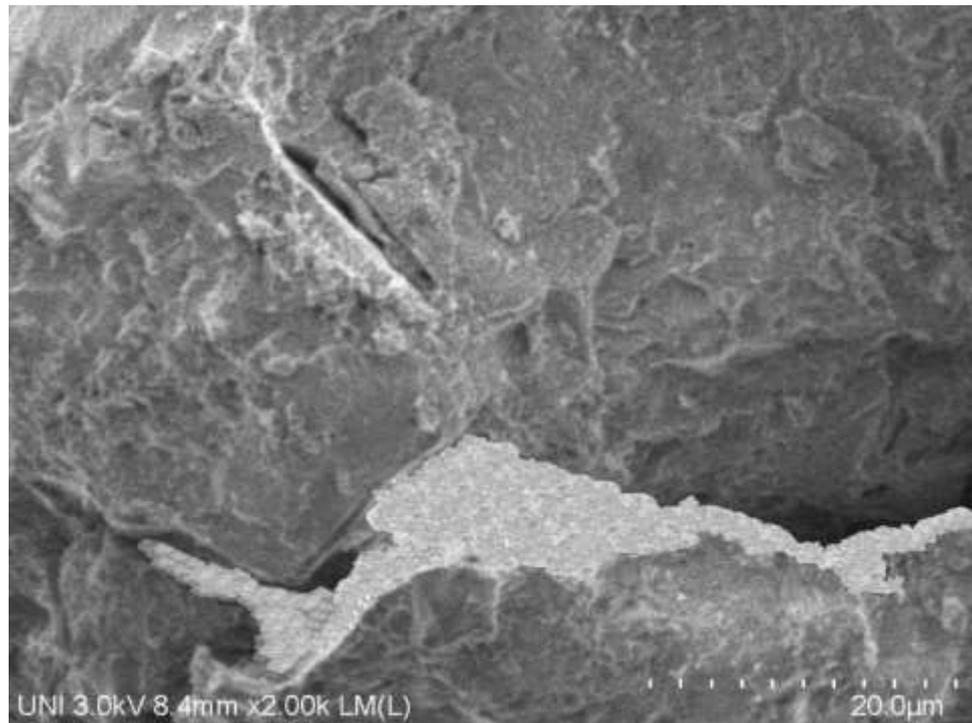


Figura 33 Microgrieta a los 14 días con ABC25-SEM

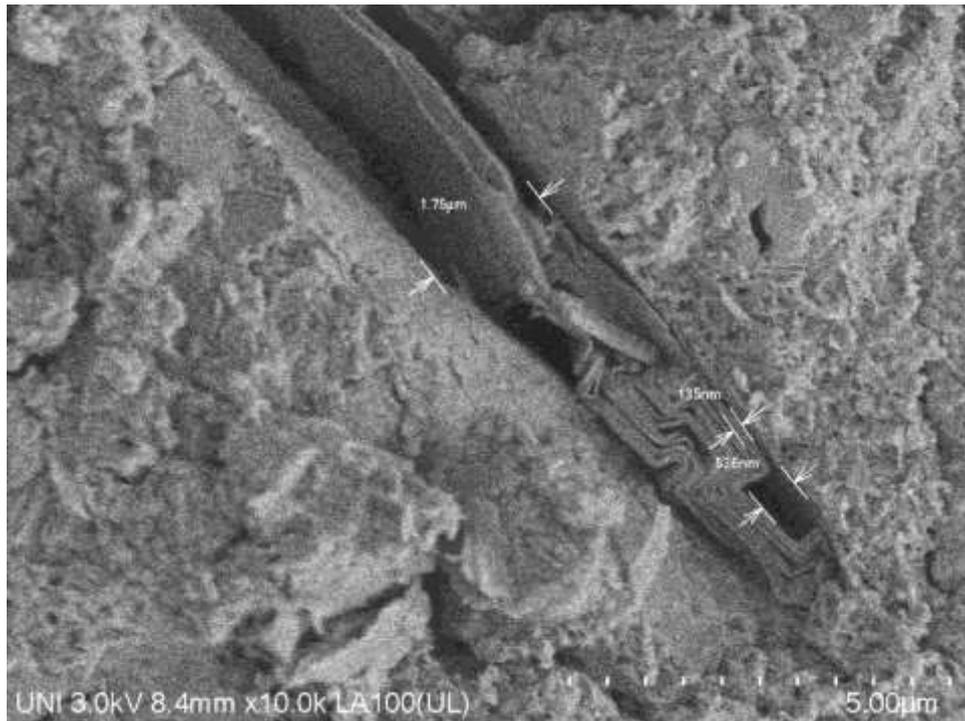


Figura 34 Morfología del hidróxido de calcio (CH) mediante SEM

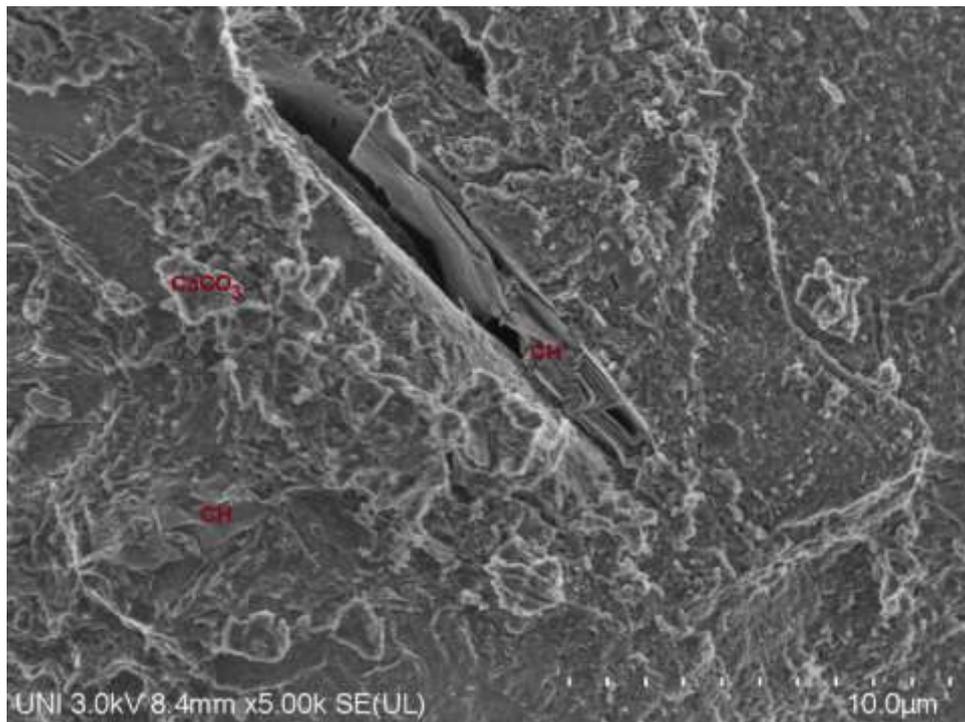


Figura 35 Morfología del hidróxido de calcio (CH) y carbonato de calcio CaCO₃-SEM

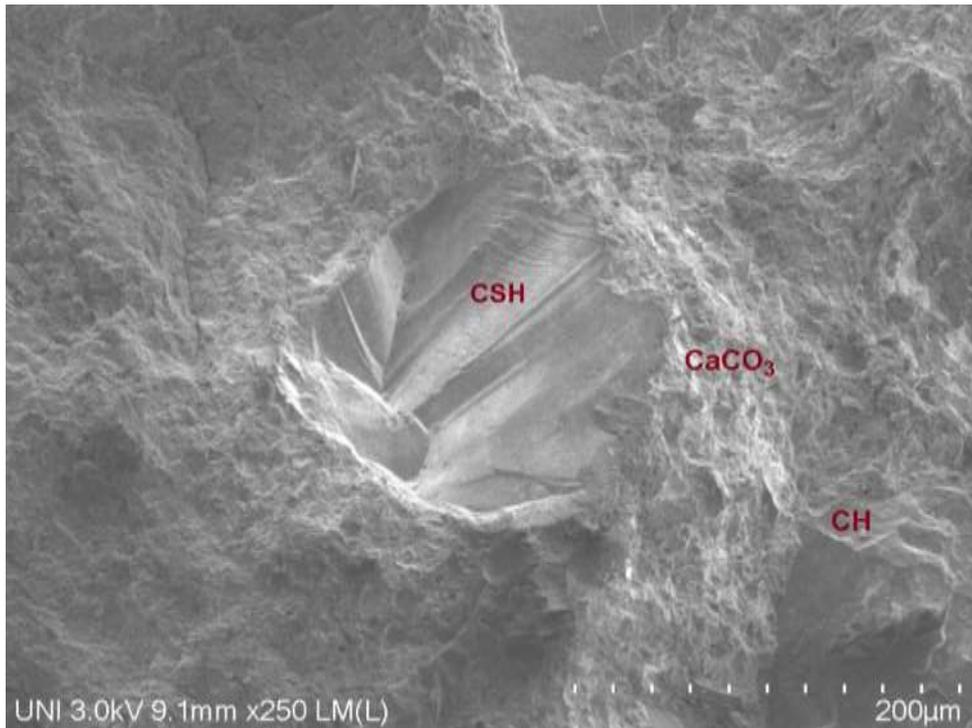


Figura 36 Morfología del hidróxido de calcio (CH), hidrato de silicato de calcio (CSH) y carbonato de calcio CaCO_3 -SEM

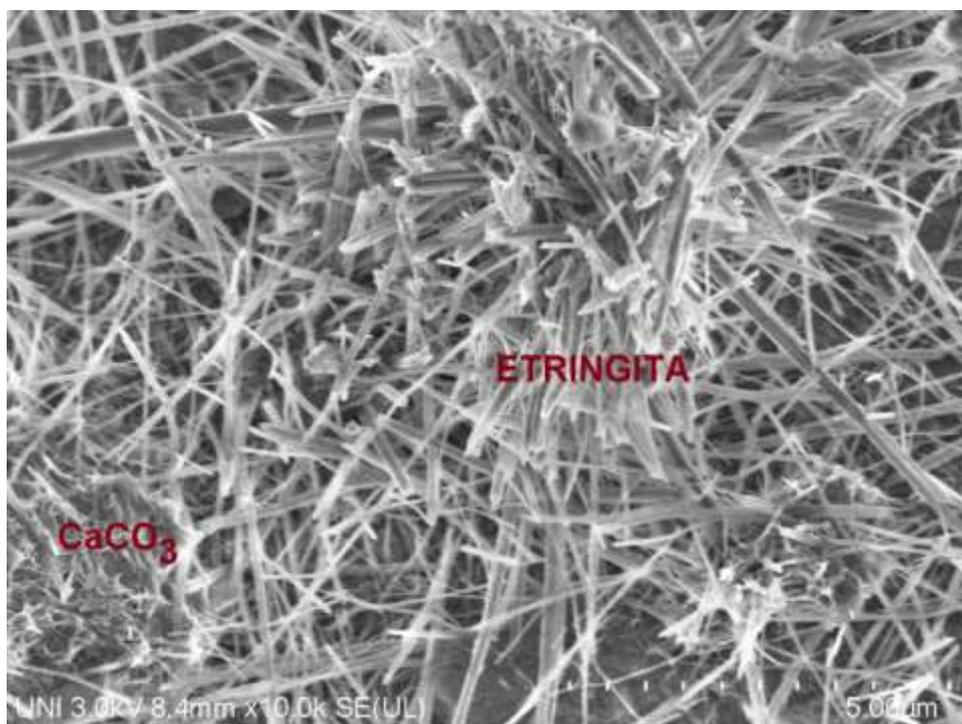


Figura 37 Morfología de carbonato de calcio CaCO_3 y etringita-SEM

Tabla 6. Resultados de análisis SEM de muestras prismáticas

Muestra prismática	Código	Ancho de fisura	% de sellado de fisura			
			7 días	Promedio	14 días	Promedio
Concreto patrón	ABC00-1	825micras	NV	NV	NV	NV
	ABC00-2	128micras	NV		NV	
	ABC00-3	265micras	NV		NV	
Concreto con 15ml aditivo bacteriano	ABC15-1	632micras	4%	5%	36%	38%
	ABC15-2	325micras	6%		40%	
	ABC15-3	456micras	5%		38%	
Concreto con 20ml aditivo bacteriano	ABC20-1	349micras	8%	7%	50%	45%
	ABC20-2	332micras	6%		42%	
	ABC20-3	726micras	6%		44%	
Concreto con 25ml aditivo bacteriano	ABC25-1	243micras	11%	13%	71%	69%
	ABC25-2	129micras	18%		68%	
	ABC25-3	376micras	10%		69%	

Nota: ABC=Aditivo bacteriano para concreto (muestra prismática), NV=No se visualiza

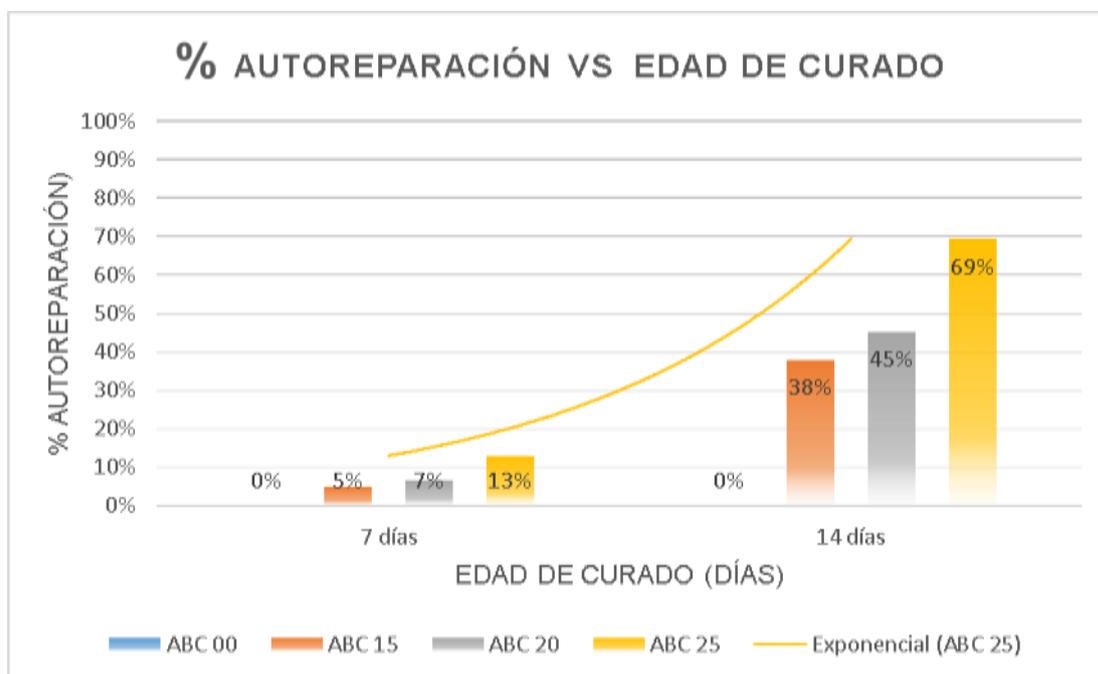


Figura 38. Comparación de autoreparación Vs, edad de curado de las muestras prismáticas

Comentario:

Se observó en las diferentes dosificaciones ABC 00, ABC15, ABC20 y ABC25

Donde se observa mediante el microscopio electrónico de barrido teniendo resultados hasta en un 69% de autoreparación.

4.5. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión

Los ensayos de la resistencia a compresión se realizaron cumpliendo la norma NTP 339.034:2015, “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”. Se sometió a rotura a los 7, 14 y 28 días obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7. Resultados de ensayos a los 7 días

Identificación de Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	%
ABC 0001	10/05/2021	17/05/2021	7	263	75%
ABC 0002	10/05/2021	17/05/2021	7	257	73%
ABC 0003	10/05/2021	17/05/2021	7	264	75%
ABC 1501	10/05/2021	17/05/2021	7	272	78%
ABC 1502	10/05/2021	17/05/2021	7	274	78%
ABC 1503	10/05/2021	17/05/2021	7	279	80%
ABC 2001	10/05/2021	17/05/2021	7	290	83%
ABC 2002	10/05/2021	17/05/2021	7	284	81%
ABC 2003	10/05/2021	17/05/2021	7	292	83%
ABC 2501	10/05/2021	17/05/2021	7	271	77%
ABC 2502	10/05/2021	17/05/2021	7	274	78%
ABC 2503	10/05/2021	17/05/2021	7	270	77%

Nota: ABC=Aditivo bacteriano para concreto

Fuente: Elaboración del autor

Comentario:

En el ensayo a compresión de los 7 días se puede apreciar que tiene una buena resistencia alcanzando valores de 75, 79, 82 y 78% respectivamente para cada diseño.

Tabla 8. Resultados de ensayos a los 14 días

Identificación de Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	%
ABC 0004	10/05/2021	24/05/2021	14	307	88%
ABC 0005	10/05/2021	24/05/2021	14	328	94%
ABC 0006	10/05/2021	24/05/2021	14	317	91%
ABC 1504	10/05/2021	24/05/2021	14	331	95%
ABC 1505	10/05/2021	24/05/2021	14	328	94%
ABC 1506	10/05/2021	24/05/2021	14	326	93%
ABC 2004	10/05/2021	24/05/2021	14	342	98%
ABC 2005	10/05/2021	24/05/2021	14	345	99%
ABC 2006	10/05/2021	24/05/2021	14	348	99%
ABC 2504	10/05/2021	24/05/2021	14	345	99%
ABC 2505	10/05/2021	24/05/2021	14	347	99%
ABC 2506	10/05/2021	24/05/2021	14	354	101%

Nota: ABC=Aditivo bacteriano para concreto

Fuente: Elaboración del autor

Comentario:

En el ensayo a compresión de los 14 días, donde podemos apreciar que viene ganando buena resistencia alcanzando valores de 91, 94, 99 y 100% respectivamente para cada diseño.

Tabla 9. Resultados de ensayos a los 28 días

Identificación de Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	%
ABC 0007	10/05/2021	07/06/2021	28	375	107%
ABC 0008	10/05/2021	07/06/2021	28	364	104%
ABC 0009	10/05/2021	07/06/2021	28	361	103%
ABC 1507	10/05/2021	07/06/2021	28	384	110%
ABC 1508	10/05/2021	07/06/2021	28	402	115%
ABC 1509	10/05/2021	07/06/2021	28	393	112%
ABC 2007	10/05/2021	07/06/2021	28	408	116%
ABC 2008	10/05/2021	07/06/2021	28	405	116%
ABC 2009	10/05/2021	07/06/2021	28	415	119%
ABC 2507	10/05/2021	07/06/2021	28	405	116%
ABC 2508	10/05/2021	07/06/2021	28	429	123%
ABC 2509	10/05/2021	07/06/2021	28	433	124%

Nota: ABC=Aditivo bacteriano para concreto

Fuente: Elaboración del autor

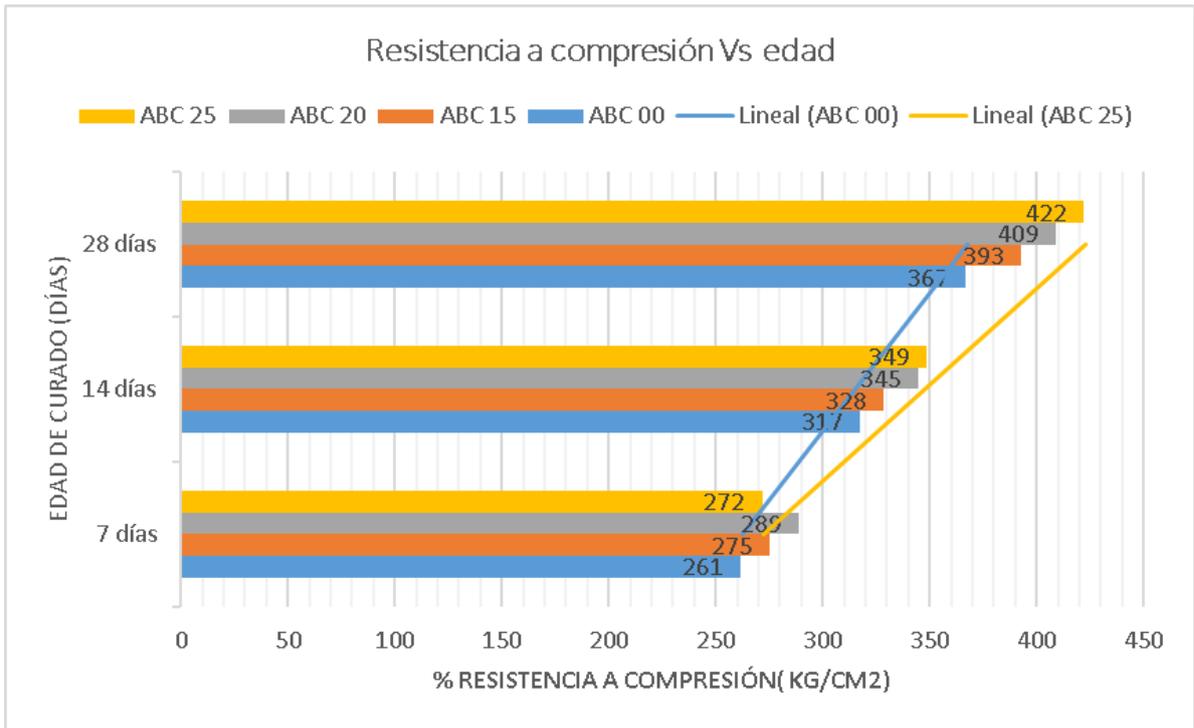


Figura 39 Gráfico resumen de resistencia a la compresión Vs edad de curado

Comentario:

Resultados del ensayo a compresión de los 28 días, donde se puede evidenciar buenos resultados de los diseños ABC 00, ABC15, ABC20 y ABC25, alcanzando resistencias de 367, 393, 409 y 422 kg/cm² respectivamente para cada diseño de concreto. El valor de 422 kg/cm² corresponde a la dosificación del aditivo bacteriano a 25 ml/m³ representando al 121% con respecto al concreto patrón.

V. DISCUSIÓN

La selección de los agregados se realizó cumpliendo con la normatividad vigente NTP 400.037:2018 Agregados, requisitos para agregados; esta norma menciona las exigencias de granulometría y calidad de agregados finos y gruesos utilizados en el concreto.

Para **agregados finos** se basa en la norma NTP 400.018 Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasa por el tamiz normalizado Cantidad de 75µm (Nº 200) por lavado en agregados.

Para realizar el procedimiento se utilizó los Tamices: uno de 75 µm (Nº 200) y el otro de 1,18 mm (Nº 16) que cumplan requisitos de NTP 350.001.

Agregado fino debe tener resistencia al ataque de sulfatos. Para dicha prueba Cuando se utiliza solución de sulfato de sodio no debe exceder pérdida de volumen mayor a 10%; igualmente para el uso de solución de sulfato de magnesio no debe haber pérdidas por sulfatos mayor a 15%.

La presencia de impurezas orgánicas está representada por la coloración con mayor oscuridad del estándar; si exceden en coloración debe ser descartado.

La presencia de sustancias nocivas no debe exceder al indicado en la tabla 2 de la NTP 400.037:2018. Para terrones de arcillas 3%, pasante malla #200 entre 3-5% dependiendo la abrasividad del concreto, presencia de carbón y lignito dependiendo de la visibilidad del acabado del concreto debe estar dentro de 0.5-1.0%.

En cuanto a las características químicas el contenido de sulfatos SO₄ no debe exceder a 1.2%; para contenido de cloruros 0.1%. Debido a las condiciones ambientales típicas de las zonas costeras con presencia de sales y otros minerales que causan alteraciones en la composición química del cemento, se ha optado en utilizar CEMENTO TIPO V de alta resistencia a sulfatos para realizar el diseño de mezcla del concreto con adición bacteriana.

El agregado fino no debe exceder del 45% el pasante por alguna malla. El módulo de fineza debe estar entre 2.3-3.1; para el diseño de mezcla se utilizó el agregado fino con módulo de fineza de 2.92%.

Lysinibacillus sphaericus I13 demostró buenos resultados mediante su incorporación al concreto mejorando la resistencia a la compresión en un 34.6% comparado al concreto patrón (Vashisht et al., 2018). Para el caso de la investigación mejoró en 16% en la resistencia a la compresión.

En la investigación de (Shanmuga Priya et al., 2019) denominado: *“Strength and durability characteristics of concrete made by micronized biomass silica and Bacteria-Bacillus sphaericus”* de hace mención tiene concordancia al asemejarse con los resultados al utilizar un óptimo de 20 ml a diferencia de esta investigación se obtuvo mejores resultados al adicionar cultivo bacteriano a una dosis de 25 ml/m³ que es la máxima dosificación utilizada para esta investigación. Se tiene poca información sobre investigaciones con esta cepa *L. sphaericus* ATCC 4525; pese a ser una cepa distinta se eligió ya que son precipitadoras de carbonato de calcio tal como se puede observar en la imagen de morfología mediante análisis SEM el cual evidencia su aporte de esta importante cepa.

VI. CONCLUSIONES:

Los agregados que no tienen contaminantes con sales u otros químicos son favorables como los que se emplearon en la presente investigación.

El tipo de agregado fino y grueso cumplen con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037 obteniendo los resultados para agregado fino: módulo de fineza=2.92; para agregado grueso es de 6.63.

El mejor medio de cultivo para el aditivo bacteriano para concreto fue caldo nutritivo elaborado con agua estéril e incubado en matraces a temperatura de 30°C durante 36 horas. De esta manera se pudo visualizar con facilidad las muestras para la determinación de la densidad óptica mediante un espectrofotómetro a una densidad óptica de 1.00 a una longitud de 600nm.

Se logró identificar y caracterizar la cepa de *Lysinibacillus sphaericus* ATCC 4525 así como la forma adecuada de su cultivo el cual requiere necesariamente que se realice estos procedimientos en laboratorio y en forma aséptica.

Los resultados obtenidos en autoreparación alcanzaron un promedio de 69% a los 14 días de curado.

La mejora en cuanto a resistencia a compresión fue de 16% en comparación al concreto patrón durante los 28 días de curado.

VII. RECOMENDACIONES:

En lo que refiere a los agregados es conveniente utilizar canteras que cumplan con los requerimientos granulométricos según la norma.

La cepa utilizada requiere profundizar la investigación en lo referente a ensayos en morteros y referente al uso en la industria de la construcción.

Requiere tener un laboratorio de investigación destinado a realizar cultivos de cepas no convencionales y aisladas de cultivos con fines clínicos.

Se recomienda el curado de las probetas cilíndricas y prismáticas con adición de cultivo bacteriano hacerlo por separado según las dosificaciones para no tener alteraciones.

REFERENCIAS

- ALARCÓN, 2019. «*Influencia de la incorporación del aditivo bacteriano en la reparación del proceso de fisuración controlada del concreto*» [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3243>.
- ALGAIFI, H.A., BAKAR, S.A., SAM, A.R.M., ABIDIN, A.R.Z., SHAHIR, S. y ALTOWAYTI, W.A.H., 2018. Numerical modeling for crack self-healing concrete by microbial calcium carbonate. *Construction and Building Materials*, vol. 189, pp. 816-824. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.08.218.
- AMER ALGAIFI, H., ABU BAKAR, S., RAHMAN MOHD. SAM, A., ISMAIL, M., RAZIN ZAINAL ABIDIN, A., SHAHIR, S. y ALI HAMOOD ALTOWAYTI, W., 2020. Insight into the role of microbial calcium carbonate and the factors involved in self-healing concrete. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 254, pp. 119258. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.119258. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119258>.
- BERGH, J.M. van der, MILJEVIĆ, B., ŠOVLJANSKI, O., VUČETIĆ, S., MARKOV, S., RANOGAJEC, J. y BRAS, A., 2020. Preliminary approach to bio-based surface healing of structural repair cement mortars. *Construction and Building Materials*, vol. 248, no. x. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.118557.
- CHAERUN, S.K., SYARIF, R. y WATTIMENA, R.K., 2020. Bacteria incorporated with calcium lactate pentahydrate to improve the mortar properties and self-healing occurrence. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-9. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-74127-4.
- CHARPE, A.U., LATKAR, M. V y CHAKRABARTI, T., 2017. Microbially assisted cementation – A biotechnological approach to improve mechanical properties of cement. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 135, pp. 472-476. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.017>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817300284>.
- CORRALES RAMÍREZ, L.C. y CAYCEDO LOZANO, L., 2020. Principios

físicoquímicos de los colorantes utilizados en microbiología Principios físicoquímicos de los colorantes. *Nova*, vol. 18, no. 33. ISSN 1794-2470. DOI 10.22490/24629448.3701.

- EKPRASERT, J., FONGKAEW, I., CHAINAKUN, P., KAMNGAM, R. y BOONSUAN, W., 2020. Investigating mechanical properties and biocement application of CaCO₃ precipitated by a newly-isolated *Lysinibacillus* sp. WH using artificial neural networks. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-13. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-73217-7.
- ERŞAN, Y.Ç., DA SILVA, F.B., BOON, N., VERSTRAETE, W. y DE BELIE, N., 2015. Screening of bacteria and concrete compatible protection materials. *Construction and Building Materials*, vol. 88, pp. 196-203. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2015.04.027.
- GEBREMARIAM, A., CHEKOL, Y. y ASSEFA, F., 2021. Isolation, characterization, and bio-insecticidal efficiency of Ethiopian isolates of *Bacillus thuringiensis* against *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) and tomato whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, vol. 31, no. 1. ISSN 25369342. DOI 10.1186/s41938-021-00375-9.
- GUPTA, S., PANG, S.D. y KUA, H.W., 2017. Autonomous healing in concrete by bio-based healing agents – A review. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 146, pp. 419-428. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.111>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817307614>.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6°. México: 2014. ISBN 9781456223960. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbvb&AN=edsbvb.BV042478583&lang=es&site=eds-live>.
- JANG, I., SON, D., KIM, W., PARK, W. y YI, C., 2020. Effects of spray-dried co-cultured bacteria on cement mortar. *Construction and Building Materials*, vol. 243. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.118206.
- MAMO, G., 2019. Alkaliphiles : las herramientas biológicas emergentes que mejoran la durabilidad del hormigón. ,

- MARWAR, N.F., MOHD SAM, A.R., SHAHIR, S., ALGAIFI, H.A., ABD KHALID, N.H., MOHD ALI, M.F., MOHD ALMI, M.K. y IBRAHIM, I.S., 2020. Properties of fly ash concrete containing tropical soil bacteria. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 849, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/849/1/012063.
- MENDEZ-UBEDA, J., FLORES HERNANDEZ, M. y PARAMO-AGUILERA, L., 2017. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACILLUS subtilis Y EVALUACIÓN DEL ANTAGONISMO IN VITRO FRENTE HONGOS FITOPATÓGENOS ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACILLUS subtilis AND EVALUATION OF ANTAGONISM IN VITRO AGAINST PHYTOPATHOGENIC FUNGI. *Nexo*, vol. 30, no. 02, pp. 96-110.
- MOHAMMED, A., RAFIQ, S., MAHMOOD, W., NOAMAN, R., GHAFOR, K., QADIR, W. y KADHUM, Q., 2020. Characterization and modeling the flow behavior and compression strength of the cement paste modified with silica nano-size at different temperature conditions. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 257, pp. 119590. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119590>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820315956>.
- MUTITU, D.K., WACHIRA, J.M., MWIRICHIA, R., THIONG'O, J.K., MUNYAO, O.M. y MURIITHI, G., 2019. Influence of Lysinibacillus sphaericus on compressive strength and water sorptivity in microbial cement mortar. *Heliyon*, vol. 5, no. 11, pp. 1-8. ISSN 24058440. DOI 10.1016/j.heliyon.2019.e02881.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034, 2015. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. *Indecopi* [en línea], vol. 4, no. 3, pp. 22. Disponible en: https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303.
- NTP 339.035, 2009. *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland* [en línea]. 2009. S.l.: s.n. Disponible en: https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303.

- NTP 339.183, 2013. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. , pp. 29.
- RAUF, M., KHALIQ, W., KHUSHNOOD, R.A. y AHMED, I., 2020. Comparative performance of different bacteria immobilized in natural fibers for self-healing in concrete. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 258, pp. 119578. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119578>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006182031583X>.
- SHANMUGA PRIYA, T., RAMESH, N., AGARWAL, A., BHUSNUR, S. y CHAUDHARY, K., 2019. Strength and durability characteristics of concrete made by micronized biomass silica and Bacteria-Bacillus sphaericus. *Construction and Building Materials*, vol. 226, pp. 827-838. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.07.172.
- SIDIQ, A., GRAVINA, R.J., SETUNGE, S. y GIUSTOZZI, F., 2020. High-efficiency techniques and micro-structural parameters to evaluate concrete self-healing using X-ray tomography and Mercury Intrusion Porosimetry: A review. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 252, pp. 119030. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119030>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820310357>.
- VASHISHT, R., ATTRI, S., SHARMA, D., SHUKLA, A. y GOEL, G., 2018. Monitoring biocalcification potential of Lysinibacillus sp. isolated from alluvial soils for improved compressive strength of concrete. *Microbiological Research*, vol. 207, pp. 226-231. ISSN 09445013. DOI 10.1016/j.micres.2017.12.010.
- VIJAY, K., MURMU, M. y DEO, S. V, 2017. Bacteria based self healing concrete – A review. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 152, pp. 1008-1014. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.040>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817313752>.
- WANG, J., VAN TITTELBOOM, K., DE BELIE, N. y VERSTRAETE, W., 2012. Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 26, no. 1, pp. 532-540. ISSN

09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.054.

XU, K., YUAN, Z., RAYNER, S. y HU, X., 2015. Genome comparison provides molecular insights into the phylogeny of the reassigned new genus *Lysinibacillus*. , pp. 1-12. DOI 10.1186/s12864-015-1359-x.

ANEXOS:

Anexo 1 Matriz de operacionalización

Anexo 2 Diseño de mezcla patrón $f'c=350\text{kg/cm}^2$

Anexo 3 Diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con adición de de cultivo bacteriano
15ml /m³

Anexo 4 Diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con adición de de cultivo bacteriano
20ml /m³

Anexo 5 Diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con adición de de cultivo bacteriano
20ml /m³

Anexo 6 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso:

Anexo 7 Peso específico y absorción del agregado grueso

Anexo 8 Gravedad específica y absorción del agregado grueso

Anexo 9 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino:

Anexo 10 Gravedad específica y absorción del agregado fino

Anexo 11 Peso específico y absorción del agregado fino

Anexo 12 Certificado de calibración de máquina de ensayo uniaxial QUALITY
PAVEMENTS S.A.C.

Anexo 13 Especificaciones técnicas de microscopio electrónico de barrido
SU8230 - UNI

Anexo 14 Imagen de microscopio electrónico de barrido SU8230 - UNI

Anexo 15 Certificado de calibración de máquina de compresión axial electro-
hidráulica - UNI

Anexo 16 Resultado de ensayo a compresión a 7 días de curado

Anexo 17 Resultado de ensayo a compresión a 14 días de curado

Anexo 18 Resultado de ensayo a compresión a 28 días de curado

Anexo 19 Resultado de ensayo a compresión a 28 días de curado

Anexo 20 Ficha técnica de aditivo plastificante

Anexo 21 Ficha técnica de cemento

MATRÍZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Variables	Categoría	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Incorporación de <i>L. sphaericus</i> al concreto $f'c= 350$ kg/cm ²	Independiente	Bacterias formadoras de esporas y precipitado de calcita (Shanmuga Priya et al., 2019)	El cultivo bacteriano se propagará hasta alcanzar la densidad adecuada para adicionar al concreto	Cultivo con densidad óptima de 1	Uso del espectrofotómetro y la observación	Ordinal
				Temperatura de aplicación	20 a 30°C	Intervalo
Autoreparación del concreto $f'c=350$ kg/cm ²	Dependiente	Sellado de microfisuras por precipitado de calcita (Bergh et al., 2020)	El cultivo bacteriano se adicionará directo en la mezcla según su diseño	Dosificación de 15, 20 y 25 ml/m ³	Sellado de fisuras y/o microgrietas mediante la observación y análisis SEM	Razón
Resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm ²	Dependiente	Influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto (Gupta, Pang y Kua, 2017)	Se realizará diseños de mezcla con distintas dosificaciones del cultivo bacteriano para mejorar la resistencia a la compresión	Diseño de mezcla con 0, 15, 20 y 25 ml/m ³ de aditivo bacteriano	Mejora en la resistencia a la compresión	Razón
				Prueba de revenimiento	Trabajabilidad de la mezcla	Intervalo
				Ensayos de rotura en laboratorio	Resultados en formatos de laboratorio	Razón

Anexo 2 Diseño de mezcla patrón $f'c=350\text{kg/cm}^2$



Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico						
$f'c=350\text{ Kg/cm}^2$						
Solicitante :	Yuber Saul Bautista Morales					
Aplicación :	Ensayos de resistencia a compresión y autoreparación					
Código :	ABC-00 sin aditivo bacteriano					
Cemento :	Pacasmayo Tipo V				Fecha: 7-May-21	
Ag. Fino :	Cantera Teófila (Quebrada Pariñas - Talara)					
Ag. Grueso :	Cantera Portachuelo 2					
Agua :	Agua Río Chira					
Aditivo 1 :	Z RR Plast - 971	Dosis	1.00%	P. Especif.	1.195 kg/lt	
Aditivo 2 :	Lysinibacillus sphaericus ATCC*4525	Dosis	0	P. Especif.	1.180 kg/lt	
Asentam.:	5"- 6"					
Concreto :	sin aire incorporado					
Características de los agregados						
Definición	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento			
Peso Especifico kg/m^3	2.641	2.812	2980			
Peso Unitario Suelto	1700	1475	1501			
Peso Unitario Varillado	1817	1630				
Módulo de fineza	3.29	6.63				
% Humedad Natural	4.10	0.30				
% Absorción	0.97	0.30				
Tamaño Máximo Nominal	1/4"	3/4"				
Valores de diseño						
Agua	R a/c (")	Cemento	Aire atrapado			
202	0.432	468	2			
Volumen absolutos m^3/m^3 de mezcla						
Agua	Cemento	Aire	Pasta	Agregados		
0.202	0.157	0.020	0.379	0.621		
Relacion agregados en mezcla ag. ff ag. gr.				48%	52%	
Volumen absoluto de agregados		Fino	49%	0.304	m^3	
0.621				804	kg/m^3	
		Grueso	51%	0.317	m^3	
				891	kg/m^3	
Pesos de los elementos kg/m^3 de mezcla			Aporte de agua en los agregados			
	Secos	Corregidos	Ag. fino	25.15		
Cemento	468	468	Ag. grueso	0.00		
Agr. fino	804	837	Agua libre	25.15		
Agr. grueso	891	893	Agua efectiva	176.8		
Agua	202	177				
Aditivo ZRR PLAST	4.68	4.68				
Aditivo	0.00	0.00				
Colada kg/m^3	2369	2379				
Volumenes aparentes con humedad natural de acopio						
	Cemento	Fino	Grueso	Agua (lt)	Aditivo Z RR Plast-791 (lt)	
En m^3	0.312	0.492	0.606	177	3.9	
En pie^3	11.011	17.38	21.38	177	3.9	
Dosificación en Planta/Obra con humedad de acopio						
En peso por kg de cemento	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (L)	Aditivo 1 Z RR Plast-971 (gr)	Aditivo bacterian o L. sp (ml)
	1	1.787	1.909	0.378	10.0	0.00
En volumen por bolsa de cemento	Cemento (bolsa)	Ag. Fino (pie^3)	Ag. Grueso (pie^3)	Agua (lt)	Aditivo 1 Z RR Plast-971 (ml)	Aditivo bacterian o L. sp (ml)
	1	1.6	1.9	16.1	355.7	0.00
Observaciones	Cemento Portland Tipo V - PACASMAYO para zonas costeras Cemento Tipo I o MS - para suelos sin presencia de sales					
RESPONSABLE DE LABORATORIO			INGENIERO ESPECIALISTA			
 Feo. Omar Baldera Sulzer			 Ener Iván Zúñiga Escobedo Especialista de Suelos y Pavimentos CIP 146066			

Av. Circunvalación del club Golf Los Incas N° 134 Dpto. 905 (Edif. panorama Centro Emp. Torre 2)
Santiago de Surco-Lima-Perú Teléfono 3262548.

Anexo 3 Diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con adición de cultivo bacteriano 15ml /m³



Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico						
$f'c=350\text{ Kg/cm}^2$						
Solicitante :	Yuber Saul Bautista Morales					
Aplicación :	Ensayos de resistencia a compresión y autoreparación					
Código :	ABC-15 con aditivo bacteriano para concreto		0.00321% P. cemento	Fecha:	7-May-21	
Cemento :	Pacasmayo Tipo V					
Ag. Fino :	Cantera Teófila (Quebrada Pariñas - Talara)					
Ag. Grueso :	Cantera Portachuelo 2					
Agua :	Agua Río Chira					
Aditivo 1 :	ZRR Plast - 971	Dosis	1.00%	P. Especific	1.195 kg/lt	
Aditivo 2 :	Lysinibacillus sphaericus ATCC*4525	Dosis	15ml/m ³	P. Especific	1.180 kg/lt	
Asentam.:	5'-6"					
Concreto :	sin aire incorporado					
Características de los agregados						
Definición	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento			
Peso Especifico kg/m ³	2.641	2.812	2980			
Peso Unitario Suelto	1700	1475	1501			
Peso Unitario Varillado	1817	1630				
Módulo de fineza	3.29	6.63				
% Humedad Natural	4.10	0.30				
% Absorción	0.97	0.30				
Tamaño Máximo Nominal	1/4"	3/4"				
Valores de diseño						
Agua	R/a/c (*)	Cemento	Aire atrapado			
202	0.432	468	2			
Volumen absolutos m ³ /m ³ de mezcla						
Agua	Cemento	Aire	Pasta	Agregados		
0.202	0.157	0.020	0.379	0.621		
Relacion agregados en mezcla ag. f/ag. gr.				48%	52%	
Volumen absoluto de agregados						
Fino		49%	0.304	m ³	804	
Grueso		51%	0.317	m ³	891	
0.621				m ³		
Pesos de los elementos kg/m ³ de mezcla						
	Secos	Corregidos				
Cemento	468	468				
Agr. fino	804	837				
Agr. grueso	891	893				
Agua	202	177				
Aditivo ZRR PLAST	4.68	4.68				
Aditivo	0.00	0.00				
Colada kg/m ³	2369	2379				
Aporte de agua en los agregados						
Ag. fino	25.15					
Ag. grueso	0.00					
Agua libre	25.15					
Agua efectiva	176.8					
Volumenes aparentes con humedad natural de acopio						
	Cemento	Fino	Grueso	Agua (lt)	Aditivo ZRR Plast-791 (lt)	
En m ³	0.312	0.492	0.566	177	3.9	
En pie ³	11.011	17.38	21.38	177	3.9	
Dosisificación en Planta/Obra con humedad de acopio						
En peso por kg de cemento	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (L)	Aditivo 1 ZRR Plast-971 (gr)	Aditivo bacteriano o L. sp (ml)
	1	1.787	1.909	0.378	10.0	0.03
En volumen por bolsa de cemento	Cemento (bolsa)	Ag. Fino (pie ³)	Ag. Grueso (pie ³)	Agua (lt)	Aditivo 1 ZRR Plast-971 (ml)	Aditivo bacteriano o L. sp (ml)
	1	1.6	1.9	16.1	355.7	1.36
Observaciones	Cemento Portland Tipo V - PACASMAYO para zonas costeras Cemento Tipo I o MS - para suelos sin presencia de sales					
RESPONSABLE DE LABORATORIO			INGENIERO ESPECIALISTA			
 Tec. Omar Baldera Sulzer			 Ener Ivan Zumasta Escobedo Especialista de Suelos y Pavimentos CIP 146980			

Anexo 4 Diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con adición de cultivo bacteriano 20ml /m³



Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico						
$f'c=350\text{ Kg/cm}^2$						
Solicitante :	Yuber Saul Bautista Morales					
Aplicación :	Ensayos de resistencia a compresión y autoreparación					
Código :	ABC-20 con aditivo bacteriano para concreto		0.00427% P. cemento		Fecha: 7-May-21	
Cemento :	Pacasmayo Tipo V					
Ag. Fino :	Cantera Teófila (Quebrada Parifias - Talara)					
Ag. Grueso :	Cantera Portachuelo 2					
Agua :	Agua Río Chira					
Aditivo 1 :	Z RR Plast - 971	Dosis	1.00%	P. Especif.	1.195 kg/lt	
Aditivo 2 :	Lysinibacillus sphaericus ATCC*4525	Dosis	20ml/m ³	P. Especif.	1.180 kg/lt	
Asentam.:	5'-6"					
Concreto :	sin aire incorporado					
Características de los agregados						
Definición	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento			
Peso Especifico kg/m ³	2.641	2.612	2900			
Peso Unitario Suelto	1700	1475	1501			
Peso Unitario Variado	1817	1630				
Módulo de finieza	3.29	6.63				
% Humedad Natural	4.10	0.30				
% Absorción	0.97	0.30				
Tamaño Máximo Nominal	14"	34"				
Valores de diseño						
Agua	R/a/c (%)	Cemento	Aire atrapado			
202	0.432	468	2			
Volumen absolutos m ³ /m ³ de mezcla						
Agua	Cemento	Aire	Pasta	Agregados		
0.202	0.157	0.020	0.379	0.621		
Relacion agregados en mezcla ag. f/ag. gr.				48%	52%	
Volumen absoluto de agregados		Fino	49%	0.304	m ³	
0.621		Grueso	51%	0.317	m ³	
				804	kg/m ³	
				891	kg/m ³	
Pesos de los elementos kg/m ³ de mezcla						
	Secos	Corregidos				
Cemento	468	468				
Ag. fino	604	837				
Ag. grueso	891	893				
Agua	202	177				
Aditivo ZRR PLAST	4.68	4.68				
Aditivo	0.00	0.00				
Colada kg/m ³	2369	2379				
Aporte de agua en los agregados						
Ag. fino	25.15					
Ag. grueso	0.00					
Agua libre	25.15					
Agua efectiva	176.8					
Volumenes aparentes con humedad natural de acopio						
	Cemento	Fino	Grueso	Agua (lt)	Aditivo Z RR Plast. 791 (lt)	
En m ³	0.312	0.492	0.606	177	3.9	
En pie ³	11.011	17.38	21.38	177	3.9	
Dosificación en Planta/Obra con humedad de acopio						
En peso por kg de cemento	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (L)	Aditivo 1 Z RR Plast.971 (gr)	Aditivo bacteriano o L. sp (ml)
	1	1.767	1.909	0.378	10.0	0.04
En volumen por bolsa de cemento	Cemento (bolsa)	Ag. Fino (pie ³)	Ag. Grueso (pie ³)	Agua (lt)	Aditivo 1 Z RR Plast.971 (ml)	Aditivo bacteriano o L. sp (ml)
	1	1.6	1.9	16.1	355.7	1.82
Observaciones	Cemento Portland Tipo V - PACASMAYO para zonas costeras Cemento Tipo I o MS - para suelos sin presencia de sales					
RESPONSABLE DE LABORATORIO			INGENIERO ESPECIALISTA			
 Feo. Omar Baldera Sulzer			 Ener Ivan Zumbasta Escobedo Especialista de Suelos y Pavimentos CIP 146960			

Av. Circunvalación del club Golf Los Incas N° 134 Dpto. 905 (Edif. panorama Centro Emp. Torre 2)
Santiago de Surco-Lima-Perú Teléfono 3262548.

Anexo 5 Diseño de mezcla $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con adición de cultivo bacteriano 20ml /m³



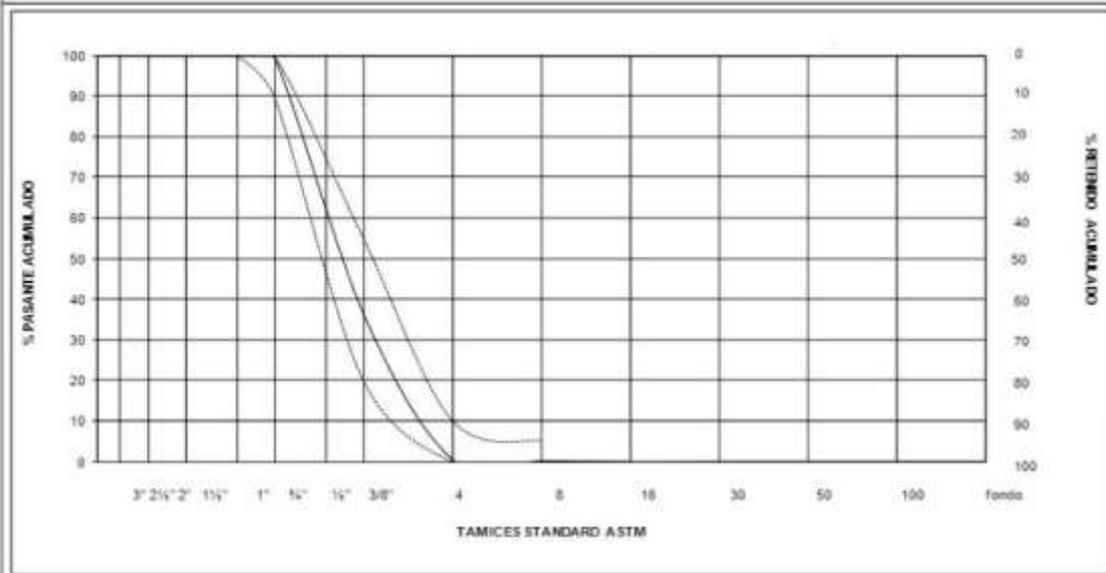
Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico						
$f'c=350\text{ Kg/cm}^2$						
Solicitante :	Yuber Saul Bautista Morales					
Aplicación :	Ensayos de resistencia a compresión y autoreparación					
Código :	ABC-25 con aditivo bacteriano para concreto			0.00534% P. cemento		Fecha: 7-May-21
Cemento :	Pacasmayo Tipo V					
Ag. Fino :	Cantera Teófila (Quebrada Pariñas - Talara)					
Ag. Grueso :	Cantera Portachuelo 2					
Agua :	Agua Río Chira					
Aditivo 1 :	Z RR Plast - 971	Dosis:	1.00%	P. Especif.	1.195	kg/t
Aditivo 2 :	Lysinibacillus sphaericus ATCC*4525	Dosis:	25ml/m ³	P. Especif.	1.180	kg/t
Asentam.:	5"- 6"					
Concreto :	sin aire incorporado					
Características de los agregados				Valores de diseño		
Definición	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento	Agua	R a/c (")	Aire atrapado
Peso Específico kg/m ³	2.641	2.812	2980	202	0.432	468
Peso Unitario Suelto	1700	1475	1501			2
Peso Unitario Variado	1817	1630				
Módulo de fineza	3.29	6.63				
% Humedad Natural	4.10	0.30				
% Absorción	0.97	0.30				
Tamaño Máximo Nominal	1/4"	3/4"				
Volumen absolutos m ³ /m ³ de mezcla						
Agua	Cemento	Aire	Pasta	Agregados		
0.202	0.157	0.020	0.379	0.621		
Relacion agregados en mezcla ag. f' ag. gr.				48%	52%	
Volumen absoluto de agregados		Fino	49%	0.304	m ³	804
0.621		Grueso	51%	0.317	m ³	891
						kg/m ³
Pesos de los elementos kg/m ³ de mezcla			Aporte de agua en los agregados			
	Secos	Corregidos	Ag. fino	25.15		
Cemento	468	468	Ag. grueso	0.00		
Agr. fino	804	837	Agua libre	25.15		
Agr. grueso	891	893	Agua efectiva	176.8		
Agua	202	177				
Aditivo ZRR PLAST	4.68	4.68				
Aditivo	0.00	0.00				
Colada kg/m ³	2369	2379				
Volumenes aparentes con humedad natural de acopio						
	Cemento	Fino	Grueso	Agua (lt)	Aditivo ZRR Plast- 791 (lt)	
En m ³	0.312	0.492	0.606	177	3.9	
En pie ³	11.011	17.38	21.30	177	3.9	
Dosisificación en Planta/Obra con humedad de acopio						
En peso por kg de cemento	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (L)	Aditivo 1 Z RR Plast-971 (gr)	Aditivo bacteriano o L. sp (ml)
	1	1.787	1.909	0.378	10.0	0.05
En volumen por bolsa de cemento	Cemento (bolsa)	Ag. Fino (pie ³)	Ag. Grueso (pie ³)	Agua (lt)	Aditivo 1 Z RR Plast-971 (ml)	Aditivo bacteriano o L. sp (ml)
	1	1.6	1.9	16.1	355.7	2.27
Observaciones	Cemento Portland Tipo V - PACASMAYO para zonas costeras Cemento Tipo I o MS - para suelos sin presencia de sales					
RESPONSABLE DE LABORATORIO			INGENIERO ESPECIALISTA			
 Fec. Omar Baldera Sulzer			 Ener Ivan Zumaeta Escobedo Especialista de Suelos y Pavimentos CIP 140000			

Av. Circunvalación del club Golf Los Incas N° 134 Dpto. 905 (Edif. panorama Centro Emp. Torre 2)
Santiago de Surco-Lima-Perú Teléfono 3262548.

Anexo 6 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA ASTM C33, MTC E 204)						
Material	Grava Chancada para Concreto				Muestra Nro.	CVP4 AG -042
Cantera	Portachuelo 2				Fecha	07-05-21
Uso	Diseños de mezcla para concreto				Ensayado por	Omar Baldera S.
Solicitante	Yuber Saul Bautista Morales				Ing. Espec.	Iván Zumaeta
GRANULOMETRÍA					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA.(c)	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	ASTM C33 AG. GRUESO USO 67	MODULO DE FINEZA
3"						6.63
2 1/2"						TAMAÑO MÁXIMO
2"						3/4"
1 1/2"						(A) peso de tara (g) :
1"				100.0	100.0	(B) peso de muestra original húmeda(g) :
3/4"	45	0.4	0.4	99.6	90 - 100	563.5
1/2"	3835	32.4	32.8	67.2		(C) peso de muestra seca(g) :
3/8"	3620	30.6	63.4	36.6	20 - 55	561.8
# 4	4257	36.0	99.4	0.6	0 - 10	% HUMEDAD
# 8	49	0.4	99.8	0.2	0 - 5	[B-C] * 100 / [C-A]
# 16	24	0.2	100.0			0.30
# 30						(D) peso de tara (g) :
# 50						(E) peso de muestra seca (g) :
# 100						(F) peso de muestra después de lavado seca (g) / Pérdida malla 200
FONDO	0.0					%PASANTE DE M # 200
						[E-F] * 100 / [E-D]
						OBSERVACIONES:
TOTAL (a)	11830.3		MODULO FINEZA	6.63		



RESPONSABLE DE LABORATORIO

[Signature]
Ing. Omar Baldera Sulzer

INGENIERO ESPECIALISTA

[Signature]
Ing. Iván Zumaeta Escobedo
 Especialista de Asfaltos y Pavimentos
 CIP 140060

Anexo 7 Peso específico y absorción del agregado grueso



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C 029, MTC E 203)			
USO	DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETO	N° DE REGISTRO	CVP4 - AC - 003
DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	FECHA DE ENSAYO	07/05/2021
CANTERA	PORTACHUELO 2	ENSAYADO POR	DENIS RETO
UBICACIÓN	Km. 37+690 Lado Derecho de la Vía	SUPERVISADO POR	OMAR BALDERA
SOLICITANTE	YUBER SAUL BAUTISTA MORALES	ING. ESPECIALISTA	IVÁN ZUMAETA

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra SSS	B		g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C		g
Peso de la muestra seca	A		g
Densidad del agua	0.9975 g/cm ³		
1. Peso Específico real de la Masa (g/cm ³)		$S_d = A/(B-C) = 2.655$	
2. Peso Específico real de Masa Saturada Superficialmente Seca (SSS) (g/cm ³)		$S_s = B/(B-C) = 2.674$	
3. Peso Específico Aparente (g/cm ³)		$S_a = A/(A-C) = 2.705$	
4. Porcentaje de Absorción (%)		$A = 100 \times (B-A)/A = 0.704$	

PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - ASTM C029, MTC E 203					
Peso Unitario Suelto					
Descripción	SÍMBOLO	Símbolo			Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente		25820	25730	25790	kg
Peso del recipiente		4960	4960	4960	kg
Peso de la muestra suelta	W _s	20960	20870	20900	kg
Factor de volumen del recipiente	f	14178	14178	14178	m ³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1.478	1.472	1.474	kg/m³
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	PUS	1.475			kg/m³
f = 100/W _a PUS = f x W _s					
Peso Unitario Compactado					
Descripción	SÍMBOLO	Símbolo			Unidad
Peso de la muestra compactada mas recipiente		26080	27640	26010	kg
Peso del recipiente		4960	4960	4960	kg
Peso de la muestra compactada	W _s	23220	22960	23150	kg
Factor de volumen del recipiente	f	14178	14178	14178	m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1.638	1.621	1.633	kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO		1.630			kg/m³

RESPONSABLE DE LABORATORIO



Fec. Omar Baldera Sulzer

INGENIERO ESPECIALISTA



Iván Zumaeta Escobedo
Especialista de Suelos y Pavimentos
CIP 146666

Procedimiento



Paso 1:

Secado de la muestra.



Pasos 2:

Tamizado de muestra



Pasos 3:

*Peso de material retenido
por mallas*



Pasos 4:

*Toma de muestra para secado y
resultado de humedad*



Pasos 5:

*Tamizado por mallas de
agregado fino*



Pasos 6:

*Peso de la muestra para secado
al horno*

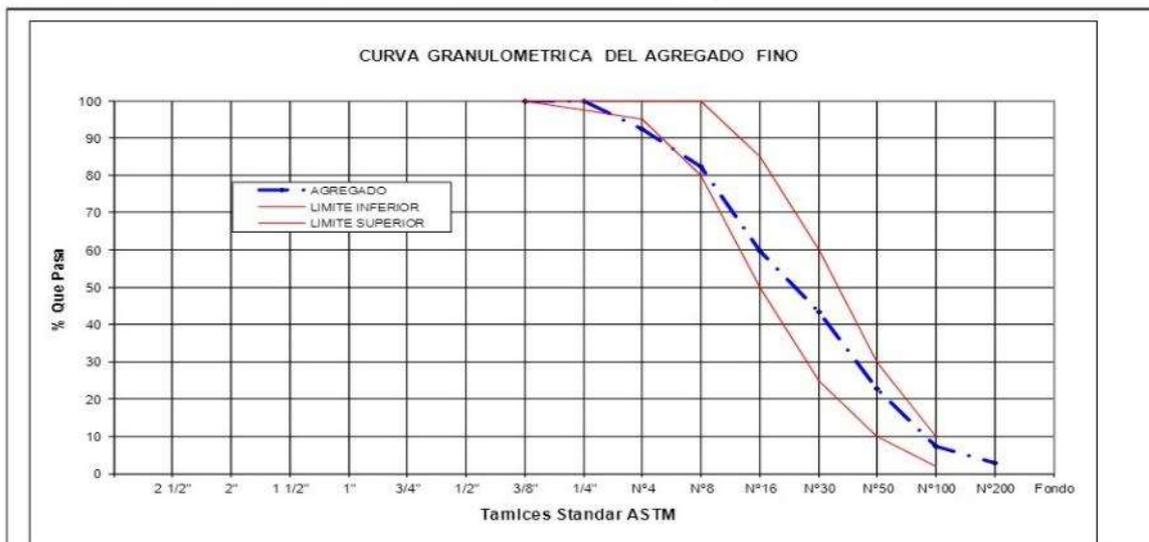
Anexo 10 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino:



LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
NORMA ASTM C33 - MTC E 204					
USO :	Ensayos de resistencia a compresión y autoreparación			Nº DE REGISTRO :	CVP -AF/053
CANTERA :	TEÓFILA (Quebrada Pariñas - Talara)			FECHA :	7/05/2021
MATERIAL :	ARENA NATURAL ZARANDEADA PARA CONCRETO			REALIZADO POR :	Omar Baldera
SOLICITANTE:	Yuber Saul Bautista Morales			ING. ESPEC. :	Iván Zumaeta
GRANULOMETRIA					PROPIEDADES FISICAS
MALLA ASTM	PESO RETEN.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA	ASTM C33 Agreg. Fino
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"				100.0	100
1/4"					
Nº 4	95.30	7.6	7.6	92.4	95 - 100
Nº 8	125.60	10.0	17.7	82.3	80 - 100
Nº 16	281.50	22.5	40.2	59.8	50 - 85
Nº 30	206.50	16.5	56.7	43.3	25 - 60
Nº 50	258.50	20.7	77.4	22.6	10 - 30
Nº 100	193.30	15.5	92.8	7.2	2 - 10
Nº 200	55	4.4	97.2	2.8	
FONDO	34.50	2.8	100.0		
TOTAL:					

PROPIEDADES FISICAS		L Km.
PESO INICIAL:	1250.2	grs.
Modulo De Fineza	2.92	%
Tamaño Max. Nom.		
Pesp Especifico		kg/m ³
Peso Vol. Compactado		kg/m ³
Peso Vol. Suelto		kg/m ³
% Absorción		%
% Humedad	1.01	%
% < Malla Nro. 200	2.8	%

OBSERVACIONES



RESPONSABLE DE LABORATORIO



Tec. Omar Baldera Sulzer

INGENIERO ESPECIALISTA



Iván Zumaeta Escobedo
Especialista de Suelos y Pavimentos
CIP 146060

Av. Circunvalación del club Golf Los Incas N° 134 Dpto. 905 (Edif. panorama Centro Emp. Torre 2)
Santiago de Surco-Lima-Perú Teléfono 3262548.

Anexo 11 Gravedad específica y absorción del agregado fino



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS						
(NORMA MTC E - 206)						
USO	: DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETO			N° DE REGISTRO CVP4- GEAF 001		
MATERIAL	: AGREGADO FINO ZARANDEADO			FECHA 07/06/21		
CANTERA	: TEÓFILA (QUEBRADA PARIÑAS - TALARA) AGUAS ARRIBA			ENSAYADO POR Luis Sánchez		
DESCRIPCIÓN	: ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y AUTOREPARACIÓN			RESP. LAB. Omar Baldera		
SOLICITANTE	: YUBER SAUL BAUTISTA MORALES			ING. ESPEC. Iván Zumaeta		
DATOS DE LA MUESTRA						
AGREGADO FINO						
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	301.81	310.36			
B	Peso Frasco + agua	659.09	660.64			
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	960.90	971.00			
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	846.65	853.48			
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	114.25	117.52			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	298.98	307.36			
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	111.42	114.52			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.617	2.615			2.616
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.642	2.641			2.641
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.683	2.684			2.684
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.947	0.976			0.96

Observaciones:

RESPONSABLE DE LABORATORIO



Fec. Omar Baldera Sulzer

INGENIERO ESPECIALISTA



Iván Zumaeta Escobedo
Especialista de Suelos y Pavimentos
CIP 146060

Anexo 12 Peso específico y absorción del agregado fino



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C 029, MTC E 203)

ESTRUCTURA	DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETO	N° DE REGISTRO	AC - 004
DESCRIPCIÓN	AGREGADO PARA CONCRETO	FECHA DE ENSAYO	07/05/2021
CANTERA	TEÓFILA	ENSAYADO POR	LUIS SÁNCHEZ
UBICACIÓN	QUEBRADA PARIÑAS - TALARA	SUPERVISADO POR	OMAR BALDERA
SOLICITANTE	YUBER SAUL BAUTISTA MORALES	ING. ESPECIALISTA	IVÁN ZUMAETA

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra SSS	B		g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C		g
Peso de la muestra seca	A		g
Densidad del agua	0.9975 g/cm ³		
1. Peso Especifico real de la Masa (g/cm ³)		$S_d = A/(B-C) = 2.641$	
2. Peso Especifico real de Masa Saturada Superficialmente Seca (SSS) (g/cm ³)		$S_s = B/(B-C) = 2.665$	
3. Peso Especifico Aparente (g/cm ³)		$S_a = A/(A-C) = 2.705$	
4. Porcentaje de Absorción (%)		$A = 100 \times (B-A)/A = 0.887$	

PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO - ASTM C029

Peso Unitario Suelto					
Descripción	SÍMBOLO	Símbolo			Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente		27311	27251	27391	kg
Peso del recipiente		4871	4871	4871	kg
Peso de la muestra suelta	W _s	22440	22380	22520	kg
Factor de volumen del recipiente	f	14178	14178	14178	m ³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1.583	1.579	1.588	kg/m³
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO		1.583			kg/m³
f = 100/W _a					
PUS = f x W _s					
Peso Unitario Compactado					
Descripción	SÍMBOLO	Símbolo			Unidad
Peso de la muestra compactada mas recipiente		29701	29621	29741	kg
Peso del recipiente		4871	4871	4871	kg
Peso de la muestra compactada	W _s	24830	24750	24870	kg
Factor de volumen del recipiente	f	14178	14178	14178	m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1.751	1.746	1.754	kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO	PUC	1.750			kg/m³

RESPONSABLE DE LABORATORIO


Fec. Omar Baldera Sulzer

INGENIERO ESPECIALISTA


Iván Zumaeta Escobedo
Especialista de Suelos y Pavimentos
CIP 146060

Tinción de Gram



Pasos 1:

Tinción con cristal violeta; es un colorante catiónico que atraviesa las células bacterianas a través de la pared bacteriana tanto de Gram positivas y negativas.



Pasos 2:

Tinción con yodo, es una solución yodada de Lugol forma un complejo colorante de yodo en las bacterias Gram positivas



Pasos 3:

Tinción con acetona, se agrega alcohol acetona esperando 30 segundos, procediendo al enjuague y verificación que las Gram positivas no deben decolorarse.



Pasos 4:

Tinción con safranina que le da color violeta más intenso a las bacterias Gram positivas y los tiñe de rosa a las bacterias Gram negativas

Muestras prismáticas



*Pasos 1:
Recolección de muestras
prismáticas*



*Pasos 2:
Inducción de grietas en muestras
prismáticas*



*Pasos 3:
Secado de las muestras
prismáticas.*



*Pasos 4:
Desmolde de muestras prismáticas
para curado*



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 166 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : 088-2020
Fecha de emisión : 2020-08-10

1. Solicitante : QUALITY PAVEMENTS S.A.C.
Dirección : JR. LOS PINOS BLOCK H DPTO NRO. 102 RES. GRAU - PIURA - PIURA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : KAIZA CORP
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 180360
Capacidad de Prensa : 2000 kN
Código de Identificación : OPALC-2019-000005

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

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

3. Lugar y fecha de Calibración
URB. LOS FICUS MZ. K LOTE 43 VEINTISEIS DE OCTUBRE - PIURA
05 - AGOSTO - 2020

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

5. Trazabilidad

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

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,1	23,0
Humedad %	59	59

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

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




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



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 166 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100,420	99,753	-0,420	0,247	100,087	-0,086	0,667
200	201,301	201,899	-0,650	-0,950	201,600	-0,794	-0,299
300	301,260	302,152	-0,420	-0,717	301,706	-0,565	-0,297
400	404,651	403,720	-1,165	-0,930	404,191	-1,037	0,235
500	501,905	504,120	-0,381	-0,824	503,013	-0,599	-0,443
600	601,588	600,382	-0,265	-0,065	600,990	-0,165	0,199
700	701,626	701,661	-0,232	-0,237	701,644	-0,234	-0,005

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

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

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

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

Ecuación de ajuste : $y = 0,9983x - 1,1939$

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

GRÁFICO N° 1

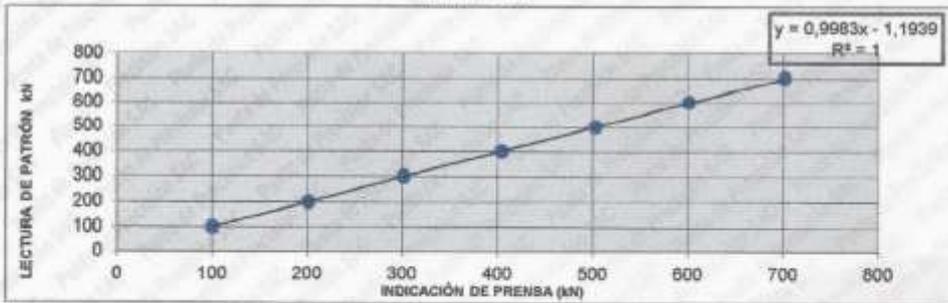
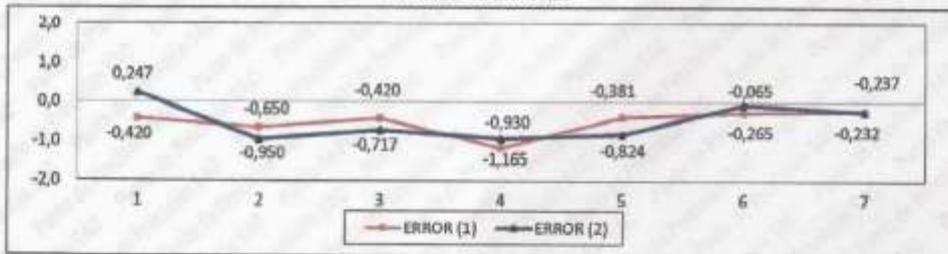


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

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

Main specifications

		SU8220	SU8230	SU8240
Secondary Electron Image Resolution		0.8 nm (Vacc: 15 kV, WD=4 mm, Magnification 270,000x) ^{**} 1.1 nm(Landing voltage 1 kV, WD=1.5 mm, Magnification 200,000x) ^{**}		
Mag.	Low mag mode	20 - 2,000x (Magnification on Photo) ^{**}		
	High mag mode	100 - 1,000,000x (Magnification on Photo) ^{**}		
Electron Optics		Cold cathode field emission source, Anode heating system, Mild flashing system		
Accelerating voltage		0.5 - 30 kV (Normal optics)		
Landing voltage		0.01 - 2 kV (Decelerating optics)		
Lens system		3-Stage electromagnetic lens		
Objective lens aperture		Variable type (4 openings selectable and finely adjustable from outside the vacuum)		
Stigmator coil		Octopole electromagnetic system		
Scanning coil		2-stage electromagnetic deflection		
Stage control		5-axis motor drive		5-axis motor drive: Regulus [®] stage
Specimen stage	Movable range	X	0 - 50 mm	0 - 110 mm
		Y	0 - 50 mm	0 - 110 mm
		R	360°	
		T	-5 - 70°	
		Z	1.5 - 30 mm	1.5 - 40 mm
Stage repeatability		-	-	less than ±0.5 μm
Electrical Image Shift		±12 μm (WD=8 mm)		
Detector	Secondary electron detector	Top / Upper / Lower, SE/BSE Signal mixing function (Upper), Top filter function (Top) ^{**}		
	Backscattered electron detector	YAG BSED ^{**} , Semiconductor type BSED ^{**}		
	Transmission Electron detector	STEM detector (for BF-STEM) ^{**} , BF-STEM aperture ^{**} , DF-STEM holder ^{**}		
	Others	Energy Dispersive X-ray spectrometer (EDX) ^{**} , Electron Back Scattered Diffraction (EBSD) ^{**} (for SU8230, SU8240)		
Evacuation system		Pneumatic valve system		
Ultimate vacuum		Electron gun chamber <2×10 ⁻⁶ Pa, Specimen chamber <1×10 ⁻⁴ Pa		
Vacuum pumps		Ion pump ×3, Turbo molecular pump ×1, Scroll Dry pump (DRP) ×1 ^{**}		
Vacuum gauges		Full range gauge ×1, Pirani gauge ×2		
Anti-contamination		Anti-contamination trap		
PC/OS		PC/AT compatible, OS: Windows ^{**}		
External device connection port		USB interface, Network interface (Ethernet)		
Monitor		LCD (Display screen image: 1,920×1,200 pixels), Chamberscope ^{**}		
Image display modes		Full screen display (1,280×960 pixels), Single screen display (800×600 pixels), Dual screen display (800×600 pixels, ×2) Quad screen display (640×480 pixels), Reduced display		
Auto alignment function		Auto Brightness and Contrast (ABCC), Auto Focus (AFC)		
Image data saving		640×480 pixels, 800×600 pixels, 1,280×960 pixels, 2,560×1,920 pixels, 5,120×3,840 pixels		
Image format		BMP, TIFF, JPEG		
Image data printing		Free layout print function provided		
Data manager		SEM Data Manager		

Anexo 17 Imagen de microscopio electrónico de barrido SU8230 - UNI





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-045-2021**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales * Ing. Manuel Gonzales de la Cotera *
FIC - UNI ubicado en la Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Electro-hidráulica

Capacidad del equipo : 1 112 kN (250,000 lbf.)

División de escala : 0.1 kN

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Modelo : 36-0650/06

N° de serie del equipo : No Indica. Código UNI : PHEC-5

Lector digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL

N° de serie lector digital : 1887-1-00626

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20.8°C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20.7°C / 70%

Patrón de referencia : Patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820 con Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2021-05-12

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-05-13	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84268

CMC-045-2021

Página 1 de 2

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso (kN)	2° ascenso (kN)	3° ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0	0.1
4	50.0	49.91	49.80	50.09	49.9	0.2	0.1
9	100.0	100.34	99.55	99.98	100.0	0.0	0.1
18	200.0	200.35	200.29	200.28	200.3	-0.1	0.1
27	300.0	300.26	300.55	300.87	300.6	-0.2	0.1
36	400.0	399.91	400.14	400.30	400.1	0.0	0.1
45	500.0	499.95	499.84	500.62	500.1	0.0	0.1
54	600.0	599.47	599.94	600.45	600.0	0.0	0.1
63	700.0	700.15	700.54	700.97	700.6	-0.1	0.1
72	800.0	800.69	800.49	800.92	800.7	-0.1	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



Anexo 19 Resultado de ensayo a compresión a 7 días de curado



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C.
Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos

COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
NTP 339.034 / ASTM C39

Fecha de Recepción	: 17/05/21	Orden de servicio	: 210335
Fecha de Ensayo	: 17/05/21	N° Informe	: 00908
Fecha de Emisión	: 17/05/21		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: YUBER SAUL BAUTISTA MORALES	MUESTREADO POR	: SOLICITANTE
OBRA	: PROYECTO DE TESIS	UBICACIÓN	: PIURA

RESULTADOS

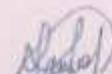
Identificación de Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia de diseño (kg/cm ²)
ABC 0001	10/05/2021	17/05/2021	7	10.1	21108	263	350
ABC 0002	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	20190	257	350
ABC 0003	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	20700	264	350
ABC 1501	10/05/2021	17/05/2021	7	10.1	21822	272	350
ABC 1502	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	21516	274	350
ABC 1503	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	21924	279	350
ABC 2001	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	22739	290	350
ABC 2002	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	22331	284	350
ABC 2003	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	22983	292	350
ABC 2501	10/05/2021	17/05/2021	7	10.1	21720	271	350
ABC 2502	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	21516	274	350
ABC 2503	10/05/2021	17/05/2021	7	10.0	21210	270	350

OBSERVACIONES:

Las probetas fueron moldeadas por el solicitante.
Los cuidados de los especímenes de curado y transporte fueron hechos por el solicitante.
Se han emitido los informes 00908 correspondientes a la orden de servicio 210335.
El ensayo de resistencia se ha realizado en presencia del SOLICITANTE.
La identificación de los especímenes fue realizado por el solicitante.


Luis Alberto Valdez Girón
Ingeniero Civil
CIP: 82041
Responsable




Jesús Augusto Mori Taboada
Técnico de Laboratorio, Suelos, Concreto y Asfalto

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarado esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusiva en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C.
Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos

COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
NTP 339.034 / ASTM C39

Fecha de Recepción	: 24/05/21	Orden de servicio	: 210335
Fecha de Ensayo	: 24/05/21	N° Informe	: 00909
Fecha de Emisión	: 24/05/21		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: YUBER SAUL BAUTISTA MORALES	MUESTREO POR	: SOLICITANTE
OBRA	: PROYECTO DE TESIS	UBICACIÓN	: PIURA

RESULTADOS

Identificación de Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia de diseño (kg/cm ²)
ABC 0004	10/05/2021	24/05/2021	14	10.1	24575	307	350
ABC 0005	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	25798	328	350
ABC 0006	10/05/2021	24/05/2021	14	10.1	25391	317	350
ABC 1504	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	26002	331	350
ABC 1505	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	25798	328	350
ABC 1506	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	25594	326	350
ABC 2004	10/05/2021	24/05/2021	14	10.1	27430	342	350
ABC 2005	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	27124	345	350
ABC 2006	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	27328	348	350
ABC 2504	10/05/2021	24/05/2021	14	10.1	27634	345	350
ABC 2505	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	27226	347	350
ABC 2506	10/05/2021	24/05/2021	14	10.0	27838	354	350

OBSERVACIONES:

Las probetas fueron moldeadas por el solicitante.
Los cuidados de los especímenes de curado y transporte fueron hechos por el solicitante.
Se han emitido los informes 00909 correspondientes a la orden de servicio 210335.
El ensayo de resistencia se ha realizado en presencia del SOLICITANTE.
La identificación de los especímenes fue realizado por el solicitante.


Luis Alberto Valdez Giron
Ingeniero Civil
CIP: 62041
Responsable




Jesus Augusto Mon Taboada
Técnico de Laboratorio, Suelos, Concreto y Asfalto

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C.
Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos

COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
NTP 339.034 / ASTM C39

Fecha de Recepción	: 07/06/21	Orden de servicio	: 210335
Fecha de Ensayo	: 07/06/21	N° Informe	: 00910
Fecha de Emisión	: 07/06/21		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: YUBER SAUL BAUTISTA MORALES	MUESTREADO POR	: SOLICITANTE
OBRA	: PROYECTO DE TESIS	UBICACIÓN	: PIURA

RESULTADOS

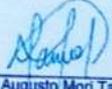
Identificación de Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetro (cm)	Carga máxima (Kg)	Resistencia a compresión (kg/cm2)	Resistencia de diseño (kg/cm2)
ABC 0007	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	29469	375	350
ABC 0008	10/05/2021	07/06/2021	28	10.1	29163	364	350
ABC 0009	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	28348	361	350
ABC 1507	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	30183	384	350
ABC 1508	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	31611	402	350
ABC 1509	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	30897	393	350
ABC 2007	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	32019	408	350
ABC 2008	10/05/2021	07/06/2021	28	10.1	32426	405	350
ABC 2009	10/05/2021	07/06/2021	28	10.0	32630	415	350

OBSERVACIONES:

Las probetas fueron moldeadas por el solicitante.
Los cuidados de los especímenes de curado y transporte fueron hechos por el solicitante.
Se han emitido los informes 00910 correspondientes a la orden de servicio 210335.
El ensayo de resistencia se ha realizado en presencia del SOLICITANTE.
La identificación de los especímenes fue realizado por el solicitante.



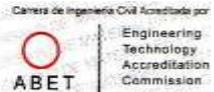

Luis Alberto Valdez Girón
Ingeniero Civil
CIP: 62041
Responsable


Jesús Augusto Mori Taboada
Técnico de Laboratorio, Suelos, Concreto y Asfalto

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.



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



INFORME

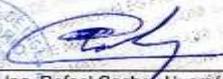
Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : YUBER SAUL BAUTISTA MORALES
 Obra : TESIS
 Ubicación : PIURA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 21-1275
 Recibo N° : 74844
 Fecha de emisión : 17/06/2021

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 4 probetas cilíndricas de concreto.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ELE INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración: CMC-045-2021
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015
 Procedimiento interno AT-PR-12
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1	ABC-2507	20/05/2021	17/06/2021	78.5	32,048	408	Tipo 3
2	ABC-2508	20/05/2021	17/06/2021	80.8	34,658	429	Tipo 2
3	ABC-2509	20/05/2021	17/06/2021	79.0	31,055	393	Tipo 2
4	ABC-2501	10/06/2021	17/06/2021	80.4	34,842	433	Tipo 2

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. A.S.C.
Diplomado: Srta. D.I.A.



Ing. Rafael Cachay Huamán
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



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

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

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





El mejor amigo del concreto

Av. Los Rioses No. 675 Urb. La Campaña, Chorrillos Lima - Perú
Tel: (01) 2529058 | 950 008 221 / 904 268 534 / 904 268 534 / 995 230 810

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 0718

Plastificantes / Superplastificantes / Reductores de agua

Z RR Plast - 971

Descripción: Aditivo líquido multifuncional plastificante, reductor de agua con efecto retardante en el concreto especialmente en climas cálidos permitiendo un aumento en el tiempo de trabajabilidad, mayor durabilidad y reduce la contracción por fragua y la permeabilidad, además como plastificante proporciona a la mezcla del concreto un incremento en el asentamiento (slump) sin necesidad de agregar más agua. Cumple con la Norma ASTM C - 494, Tipo A y D. No contiene cloruro.

Ventajas

- Se obtiene mayor manejo de los tiempos de fragua y acabado.
- Mayor trabajabilidad especial para concretos caravista.
- Mejora la impermeabilidad y la durabilidad de concreto.
- No necesita aumentar el contenido de agua por m³.
- Aumenta la resistencia final.
- Disminuye la formación de cangrejeras.
- Reduce la formación de juntas frías.
- Disminuye la energía de compactación (chauceado, vibrado).
- Reduce en 15-20% el agua del amasado (opcional).
- Aumenta el asentamiento (slump) 8" - 9" (dependiendo del diseño).

Características

- Proporciona manejabilidad para bombear las mezclas distancia.
- Permite que el concreto sea transportado a distancia sin perder trabajabilidad.
- Por asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando las cangrejeras.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido disminuyendo la segregación y exudación.
- Especial para plantas concretoras dado que es multifuncional funcionando como retardante plastificante y/o retardante súper plastificante (dependiendo de la dosificación).

Usos

- En la colocación de grandes cantidades de concreto.
- Pisos y pavimentos.
- Cisternas, canales, represas y toda estructura de concreto armado.
- Especial para bombear concreto. (Shotcrete)

E-mail: ventas@zaditivos.compe | utilizacion@zaditivos.compe | web site: www.zaditivos.compe

San Borja: Av. San Luis 3051 Tel: (01) 715 3244 / 981 289 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1621 Tel: (01) 715-5770 / 998 128 493

Chidayo: Calle Los Timboes 505 Urb. San Eduardo Tel: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: E. Coronel Porcillo 744 Tel: (061) 573 501 / 998 128 495

Piura: Av. Bolignesi 211. Int. 2. Tel: (073) 321 480 / 922 001 951 | Sullana: Av. José de Lama 344 Tel: (078) 500 408 / 929 055 398

Cusco: Av. Teresa Tito Cordero 1022 - Wanchaq Tel: (084) 257 111 / 994 268 200

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado Tel: (054) 202 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818 Urb. Palermo Tel: (044) 425 548 - 998 127 657



El mejor amigo del concreto

Av. Los Paises N°575 Urb. La Campiña (Chimbo) Lima - Perú.
Tel: (01) 2523058 - 050 093 271 / 094 268 534 / 996 128 54 / 996 300 80

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 0718

Aplicación

- Como plastificante: Viene listo para ser agregado al agua del amasado, reducir proporcionalmente el agua según la cantidad de aditivo a usar.
- Como reductor de agua: Puede reducir en un 15% a 20% el agua (opcional) de su diseño, manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, obteniendo concretos impermeables.
- Como superplastificante: Proporciona a la mezcla un incremento en el asentamiento sin necesidad de agregar más agua lo que permite concretos de alta resistencia y bombeables.

Datos técnicos

Rendimiento:

- Como Plastificante: Usar de 0.3% a 1% del peso del cemento.
- Como Superplastificante: Usar de 1% a 1.5% del peso del cemento.

Nota: Realizar ensayos previos ya que las condiciones climáticas son distintas.

Densidad:

- 1.195 ± 0.01 g/cm³

Presentación

- 1 Galón.
- 5 Galones.
- 55 Galones.

Peso del cilindro de 55gal = 248.76Kg.

Debe ser almacenado en un lugar seco, fresco y bajo techo. En estas condiciones tiene una duración de 12 meses en su envase original cerrado. No almacenarlo directamente sobre el piso.

E-mail: ventas@aditivos.com.pe | contacto@aditivos.com.pe | web site: www.aditivos.com.pe

San Borja: Av. San Luis 2051. Tel: (01) 715 5744 / 981 288 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Tel: (01) 715 5770 / 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbes 505 Urb. San Eduardo. Tel: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pisco: Av. Coronel Fariola 764. Tel: (061) 573 501 / 998 128 495

Piura: Av. Bolívar 311. Int. 3. Tel: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lima 344. Tel: (079) 500 408 / 923 055 398

Cuzco: Av. Timasa Tito Condemayta 1092 - Wanchaq. Tel: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Paucarpatá 923A - Cercado. Tel: (054) 203 888 / 994 044 804 | Trujillo: Av. América Sur 818 Lx6 Palermo. Tel: (044) 425 548 - 998 127 657

CEMENTO TIPO V

Alta resistencia a los sulfatos



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland tipo V. Es ideal para obras en contacto excesivo con sulfatos.

ATRIBUTOS

Alta resistencia a los sulfatos

- Diseño optimizado de cemento que garantiza una alta resistencia a los sulfatos.

Desarrolla resistencias mecánicas

- Al séptimo día supera en más del 50%, en promedio, el requerimiento de norma para 28 días, por lo que podría desencofrarse con seguridad en esa fecha.

Tiempo de fraguado adecuado

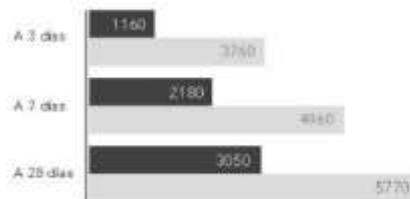
- Permite un avance de obra constante.

Cumplimiento al 100% de las normas técnicas nacionales e internacionales (ASTM)

USOS

- Excelente para obras que estén expuestas a suelos con alto sulfato (salitre).
- Estructuras en contacto con suelos ácidos y/o aguas subterráneas con gran contenido de sulfatos.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio

■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150

RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.



Cemento Portland tipo V

Requisitos Normalizados

NTP 334.009 / ASTM C150



REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
MgO	Máximo	6,0	%	NTP 334.086	2,2
SO ₃	Máximo	2,3	%	NTP 334.086	2,0
Pérdida por ignición	Máximo	3,5	%	NTP 334.086	3,3
Residuo insoluble	Máximo	1,5	%	NTP 334.086	0,8
C ₂ A	Máximo	5,0	%	NTP 334.009	4,0
2C ₂ A+C ₄ AF	Máximo	25,0	%	NTP 334.009	20,6

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

REQUISITOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Superficie específica	Mínimo	2,600	m ² /kg	NTP 334.002	4510
Expansión en autoclave	Máximo	0,80	%	NTP 334.004	0,14
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	8,0 (1160)	MPa (psi)	NTP 334.051	25,9 (3760)
7 días	Mínimo	15,0 (2180)	MPa (psi)	NTP 334.051	34,2 (4960)
28 días	Mínimo	21,0 (3050)	MPa (psi)	NTP 334.051	39,8 (5770)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	minutos	NTP 334.006	285

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado: para que utilices el cemento más fresco



Fecha de vencimiento: para aprovechar de mejor manera sus propiedades

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009

Pacasmayo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ciencias

CONSTANCIA

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA: QUE SUSCRIBE:

HACE CONSTAR

Que el Sr. YUBER SAÚL BAUTISTA MORALES de la Universidad Cesar Vallejo ha realizado su análisis morfológico de microgrietas en muestras de concreto denominadas ABC 000, ABC 015, ABC 020, y ABC 025 para el desarrollo de la investigación titulada "INFLUENCIA DE LYSINIBACILLUS SPHAERICUS EN LA AUTOREPARACIÓN Y RESISTENCIA DEL CONCRETO F^c=350 kg/cm² EN LA CIUDAD DE PIURA" con el Microscopio Electrónico de Barrido marca Hitachi modelo SU8230 en las instalaciones del Laboratorio de Microscopia Electrónica de nuestra facultad. Los análisis se realizaron en el período junio 2021.

Se expide la presente como constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Mg. Clemente Luyo Caycho
Facultad de Ciencias
Lima, 09 de julio 2021

