

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales
ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las
construcciones modernas en la ciudad de Lima - 2019**

Para optar el grado académico de Maestro en:

Gestión del Sistema Ambiental

Autor: Bach. Arnold Junior SANTOS ESTRADA

Asesor: Mg. Raúl Delfín CONDOR BEDOYA

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales
ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las
construcciones modernas en la ciudad de Lima - 2019**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO
PRESIDENTE

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
MIEMBRO

Mg. Saturnino Eleuterio FLORES COAGUILA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre conmigo y con mi familia, por guiar nuestros caminos y ser luz de nuestras vidas, por protegernos de todo peligro, por disponer lo mejor para nosotros en escenarios de mucha turbulencia, por otorgarnos sabiduría y conocimiento para discernir lo positivo de lo negativo, por incrementar en nosotros valores y principios humanos, y por darnos fuerzas para encarar adversidades y problemas presentadas sin perder la paciencia y la dignidad.

A mis padres: Lelis Santos y Julia Estrada, a quienes les agradezco por el apoyo constante, por haberme entendido y permitido como padres ocupar su tiempo en la superación constante en el ámbito profesional y personal.

A mi hermana Katherin, por constituirse en el motivo principal de mi superación; por los consejos, por la fortaleza, y el apoyo moral que siempre me brindo, para no desfallecer; y por más que viva en otro país nuestro lazo de hermanos siempre se mantuvo igual; y sobre todo por la dicha de hacerme tío, de mi linda sobrina **Helena**, quien es motivo de alegría e ilusión en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme dado vida, salud, y por haberme permitido llegar hasta este punto de la carrera profesional que elegí, y estoy seguro de que me dará muchos años más de vida para poder desempeñar y disfrutar de la bonita carrera.

A mis padres por ser el pilar fundamental de mi vida y de todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida diaria, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, por jalarme las orejas cuando era necesario, como cuando no hacía las tareas o cuando actuábamos de manera incorrecta, eso me sirvió mucho para enderezar mi camino a tiempo, para caminar derecho, y en la actualidad ser persona responsable, comprometida, con valores, y con respeto hacia los demás.

A mi hermana y familia, porque desde el tiempo que empecé con este proyecto, no tenía tiempo para compartir cumpleaños, almuerzos o cenas familiares, ya que todo mi tiempo lo dedicaba al trabajo y al estudio, enfocado con que, en unos años, seré un mejor profesional, adquiriré más conocimientos de lo que tenía y, sobre todo, porque después del sacrificio viene la satisfacción personal de haber alcanzado mis objetivos, y eso no tiene precio y no se compra con nada.

A todos mis docentes, que me transmitieron sus conocimientos en mis dos carreras profesionales y en la maestría de Gestión del Sistema Ambiental de la UNDAC, por coadyuvar mi desarrollo intelectual para ejercer la carrera profesional que ostento y por cobijarme como parte de esta gran familia académica.

RESUMEN

Esta investigación intitulada: Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas, se desarrolló en Lima, pero, solo para construcciones modernas de gran envergadura con inversiones de más de S/ 100 millones de soles.

El objetivo general de esta investigación es reducir estos impactos ambientales gracias al uso del concreto vivo; y los objetivos específicos son: obtener el concreto vivo para su utilización en obras civiles, comprobar mediante ensayos de compresión y sellado la eficacia del concreto vivo, comparar si el concreto vivo genera menos porcentajes de contaminación que los productos químicos, e, investigar el costo de este material innovador.

La metodología de la investigación fue de campo y experimental, porque los datos fueron recogidos directamente de las construcciones modernas de Lima mediante entrevistas, y, además, se experimentó en el laboratorio de materiales el diseño y la obtención del concreto vivo, para lo cual, se realizaron ensayos: microbiológicos para las bacterias; y de compresión y sellado para el concreto.

Como resultados de esta investigación se obtuvieron que: el uso del concreto vivo mitiga aproximadamente en un 90% los impactos ambientales negativos, además, el concreto vivo supera la resistencia de diseño, que es de 210 kg/cm^2 , y sella las grietas con una tendencia a disminuir el ancho de 0.20 milímetros mensualmente, y, el costo por metro cúbico fue de S/ 1604.69 soles; entonces, el uso del concreto vivo es factible y viable en obras civiles de gran envergadura en Lima.

Palabras Claves: concreto vivo, construcción sostenible, agrietamientos, impactos ambientales.

ABSTRACT

This research entitled: Use of living concrete to mitigate environmental impacts caused by repairs of cracks in modern constructions, was developed in Lima, but, only for modern constructions of large wingspan, that is, constructions with investments of more than 100 million soles.

The general objective of this research is to reduce these environmental impacts thanks to the use of live concrete; and the specific objectives are obtained living concrete for use in civil works, verify the effectiveness of live concrete through compression and sealing tests, compare if live concrete generates fewer percentages of contamination than chemicals, and investigate the cost of this innovative material.

The research methodology was field and experimental, since the data was collected directly from modern buildings of Lima through interviews, and, in addition, the design and obtaining of living concrete was experimented in the materials laboratory, for which tests were carried out: microbiological for bacteria; and compression and sealing for concrete.

As results of this research, it was obtained that: the use of live concrete mitigates environmental negative impacts by approximately 90%, also, living concrete exceeds the design resistance which is 210 kg/cm^2 , and seals the cracks with a tendency to decrease the width of 0.20 millimeters monthly, and the cost per cubic meter was S / 1604.69 soles; then, the use of live concrete is feasible and viable in large wingspan civil works in Lima.

Keywords: Living concrete, sustainable construction, cracking, environmental impacts.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es imposible no poder apreciar el crecimiento del sector inmobiliario no solo a nivel nacional, sino también a nivel mundial, este crecimiento se ha dado de manera vertiginosa y en tan corto tiempo en todo nuestro territorio nacional; este suceso, ha ocasionado que el impacto ambiental de este sector crezca notablemente, en tal medida, que cada vez es más insostenible; por lo tanto, es necesario que se puedan plantear cambios y mejoras urgentes, que se adapten, y cumplan con las leyes medioambientales actuales de nuestro país (Manzanares, 2016).

Según Águila (2017), afirma que: El sector construcción es uno de los sectores más contaminantes, esto debido, a que gran parte de las emisiones, tales como: el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, y, también las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, que son emitidos hacia la atmósfera, son producidas directa o indirectamente por este sector; y, estos contaminantes son responsables del cambio climático, de la lluvia ácida y de la contaminación urbana superficial, sin olvidar, que muchos de estos compuestos químicos y tóxicos, son usados actualmente para reparar fisuras y agrietamientos del concreto de una obra civil. (p. 11)

Sin embargo, los países desarrollados en tecnología están ejecutando las obras de gran envergadura con un concepto de respeto hacia el medio ambiente, también conocida como la construcción amigable con el medio ambiente, y es así, que se construye una obra civil, aparte de ser saludable y confortable para sus ocupantes, también, es eficiente en los recursos que emplea, porque minimiza el impacto ambiental de la construcción civil sobre el medio ambiente (Gómez, 2017, p. 27).

Además, se tiene que tener presente que los recursos en el Perú son escasos, y la construcción conlleva a usar casi todo estos recursos, y también a generar contaminantes perjudiciales para el medio ambiente y para el ser vivo, pero, con la ayuda de distintas

medidas adecuadas se puede conseguir la disminución de los impactos ambientales que hoy en día está causando el gran “boom inmobiliario”, para esto, es necesario lograr generar un cambio desde el rol actual que desempeñamos como ciudadanos, realizando pequeñas acciones que produzcan alguna mejora en este ámbito, como por ejemplo: la realización del reciclaje de residuos, que puede reducir en gran medida el uso urbano de los recursos, a la vez, crea nuevos puestos de trabajo; el uso de nuevos materiales y diseños arquitectónicos que mejoren el rendimiento medioambiental de los edificios; o la adopción de nuevos métodos de planificación y gestión del transporte, como es el uso de bicicletas, y del uso del espacio urbano (Manzanares, 2016, p. 36).

Por otro lado, es claro que para que se pueda dar un gran cambio en este ámbito, es importante que exista la decisión y liderazgo político para llevar a cabo esta estrategia de cambio social, ambiental, y económico, pero a la vez, no todo es decisión política, sino también de las empresas constructoras y de todos los ciudadanos (Kaur, 2019).

Por ende, es importante la concientización respecto al impacto que generamos en nuestro entorno día a día, y que debemos tener como meta a corto y mediano plazo, el poder lograr un entorno saludable en las diferentes actividades que desarrolla el ser humano, incluido la construcción, para de esta manera, buscar el bienestar de los habitantes, del ecosistema y de todo ser vivo (Kaur, 2019).

Es más, los investigadores Mendoza & Sánchez (2018), en su trabajo de investigación, llamada: “Una visión general del concreto vivo para la reparación estructural”, con el apoyo de la Universidad Tun Hussein Onn de Malasia, investigaron acerca de la utilización de bacterias en el mundo de la construcción, donde, dichas bacterias hacen posible la precipitación de un mineral que ayuda al concreto a aumentar su resistencia y durabilidad en el tiempo, estos microorganismos desempeñan un papel muy importante dentro del concreto, porque, previene el deterioro de los materiales porosos, mejora las

propiedades de la arena, se auto repara las grietas y las sella con un material altamente resistente, eso quiere decir, que reduce significativamente el costo de mantenimiento de la estructura y sobre todo reduce los impactos ambientales negativos en comparación con los elementos químicos que se usan en la actualidad para las reparaciones de las grietas; así mismo, como resultado de esta investigación los autores concluyeron que: las bacterias del género *Bacillus* producen calcita, y este material sirve para sellar eficazmente las grietas en el concreto (Mendoza & Sánchez, 2018).

Ahora, el presente trabajo de investigación, fue mayormente experimental, y se contribuyó con la sociedad, con el desarrollo de los diferentes beneficios ambientales que tiene el uso del concreto vivo en la construcción, esto se hizo mediante la realización de cuadros estadísticos comparativos de los porcentajes de impactos ambientales negativos que se generan al usar el concreto tradicional con los diferentes aditivos, versus el concreto biológico o concreto vivo, a la hora de realizar reparaciones de agrietamientos de las construcciones modernas de la ciudad de Lima.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.	1
1.2.	Delimitación de la investigación.	3
1.3.	Formulación del problema.	7
1.3.1.	Problema general.	7
1.3.2.	Problemas específicos.	7
1.4.	Formulación de objetivos.	8
1.4.1.	Objetivo general.	8
1.4.2.	Objetivos específicos.	8
1.5.	Justificación de la investigación.	8
1.6.	Limitaciones de la investigación.	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.	11
2.2.	Bases teóricas - científicas.	16
2.3.	Definición de términos básicos.	25
2.4.	Formulación de hipótesis.	28
2.4.1.	Hipótesis general.	28

2.4.2. Hipótesis específicas.....	28
2.5. Identificación de variables.	29
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	32
3.2. Nivel de investigación.	32
3.3. Métodos de investigación.	33
3.4. Diseño de investigación.	33
3.5. Población y muestra.....	34
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	35
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	35
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.9. Tratamiento estadístico.....	37
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.	38

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	39
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	54
4.3. Prueba de hipótesis.	62
4.4. Discusión de resultados.	68

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

Según Kaur (2019), indica que, cualquier tipo de proyecto constructivo de desarrollo u obra civil que sirve para mejorar la calidad de vida de los habitantes del lugar donde se encuentra la obra, tiende a generar impactos positivos y negativos; donde, los proyectos constructivos de desarrollo deberían planificarse de manera que produzcan la mayor cantidad de impactos positivos y un mínimo de impactos negativos sobre el medioambiente, pero muchas veces, esta planificación es escasa o en algunos casos es nula, ya sea, por falta de capacitación en construcción responsable con el medio ambiente, o, por falta de información de los daños perjudiciales que conlleva a la destrucción del planeta.

(p. 19)

Sin embargo, Adnan (2014), afirma que: El sector de la construcción actualmente es considerado mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación ambiental, pues, produce enormes efectos negativos en el medio ambiente ya sea directa o indirectamente; ya que, el mundo de la construcción últimamente está experimentando un aumento de los proyectos de construcción, incrementando la presión sobre el ecosistema al introducir y generar diversos contaminantes que deterioran rápidamente el medio ambiente. (p. 84).

Y según Cuadros (2018), estimó que: Aproximadamente el 75% de las emisiones contaminantes provienen de fuentes vehiculares, y alrededor del 25% de productos químicos; pero el nuevo estudio que se desarrolló en el año 2018 por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU, esta vez, detallando el uso de productos químicos y datos atmosféricos, la tasa la repartición fue de un 50 % cada una; es decir, el nuevo estudio calcula que el 50% de la polución y contaminación del medio ambiente, viene de los coches y el otro 50 % viene de los productos químicos que se usan en la construcción. (p. 59).

No obstante, la angustia de los habitantes del mundo entero por el calentamiento global ha conllevado que los países desarrollados y en proceso de desarrollo tomen la gran iniciativa de proponer alternativas para una construcción amigable con el medio ambiente, lo cual, contribuya con alcanzar metas de biodiversidad, siendo una alternativa para estos fines el uso del concreto vivo o concreto biológico (Águila, 2017).

Por otra parte, en el Perú, pero especialmente en Lima, ya paso más de una década del inicio del boom de la construcción, y después de investigaciones permanentes, se pudo comprobar que al menos el 40 % de las emisiones de gases de efecto invernadero están conectados con las construcciones, específicamente,

a la hora de reparar las grietas del concreto con material químico como son los polímeros, y otros aditivos y/o sellantes de concreto (Delgado, 2019).

Dicho porcentaje es una cantidad alarmante, y el crecimiento varía en razón directa con el crecimiento de la población de las ciudades; es más, en Lima la construcción genera aproximadamente 19 toneladas diarias de desmontes, las cuales, contienen piedras, ladrillo, vidrios, gravas, madera, entre otros; lo más grave es, que ninguna autoridad se ha hecho cargo de este problema que afecta socialmente y en la salud a todo ser vivo (Delgado, 2019).

Por último, si nadie hace nada concreto al respecto, Lima, una ciudad con un crecimiento envidiable pero desordenada, una de las pocas capitales del mundo con mar, podrían terminar enterrados en la basura de su propio crecimiento; por lo que es necesario que se implemente en la capital y en el Perú una construcción sostenible y responsable con el medio ambiente, para que todo ser vivo pueda vivir tranquilo y sin problemas de salud (Asenjo, 2019).

1.2. Delimitación de la investigación.

Delimitación espacial:

La investigación comprendió al área geográfica de la ciudad de Lima, donde, cabe resaltar, que solo se tomó en cuenta las construcciones modernas de gran envergadura, es decir, construcciones con inversiones de más de 100 millones de soles, y que beneficien a los habitantes de los diferentes distritos de Lima; en la Figura 1, se observa el mapa de la ciudad de Lima donde se encuentran ubicadas estas diferentes obras modernas de gran envergadura, las cuales, para el presente estudio se tomó de referencia las siguientes obras:

- **La línea dos del metro:** Ubicado en Lima, comprendido por los distritos de: Ate, Santa Anita, San Luis, El Agustino, La Victoria, Jesús María, Cercado

de Lima, San Miguel y el Callao. Esta obra es una mega construcción subterránea de túneles y estaciones de trenes, que ayudará a descongestionar el caos vehicular, tiene una longitud de 35 kilómetros, con una inversión aproximada de \$ 5 658 millones de dólares (León, 2020).

- **Vía expresa línea amarilla:** Ubicado en Lima, comprendido por los distritos de: San Martín de Porras, Rímac y Cercado de Lima. Es una obra moderna vial subfluvial, es decir, su construcción de túneles esta realizada por debajo del río Rímac, tiene una longitud de 9 kilómetros, con una inversión aproximada de \$ 600 millones de dólares; dicha obra, ayudará a aliviar el tránsito vehicular del centro histórico de Lima (León, 2020).
- **Vía expresa sur:** Ubicado en Lima, comprendido por los distritos de: Barranco, Surco, San Juan de Miraflores, y Villa María del Triunfo. Esta obra es una construcción vial moderna que favorecerá el descongestionamiento del transporte público y privado, con una inversión de \$ 200 millones de dólares, con una longitud de 5 kilómetros que podrán ser recorridos en 7 minutos, lo que antes se hacía en 1 hora (León, 2020).
- **La línea uno del tren eléctrico:** Ubicado en Lima, comprendido por los distritos de: Villa El **Salvador**, San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria, Cercado de Lima y San Juan de Lurigancho. Es una construcción moderna de viaducto elevado a doble vía, por donde circularán solo trenes eléctricos y cuenta con 26 estaciones de pasajeros en todo su recorrido, tiene una longitud de 34 kilómetros, con una inversión aproximada de \$ 652 millones de dólares (León, 2020).
- **Villa Panamericana:** Ubicado en Lima, en el distrito de Villa El Salvador. Esta obra civil fue realizada con infraestructura moderna para vivienda, la

cual consta de 7 torres, y cada una de ellas tiene 20 pisos, con un total de 1096 departamentos modernos y cómodos para poder vivir tranquilamente, tiene un área total de 20 000 metros cuadrados, con una inversión aproximada de \$ 180 millones de dólares (León, 2020).

- **Remodelación de la Videna:** Ubicado en Lima, en el distrito de San Luis. Esta obra se construyó para albergar a más de 10 mil deportistas de los Juegos Panamericanos de Lima 2019, este proyecto consta de la construcción del estadio de atletismo, bowling, centro acuático, velódromo, polideportivos y el edificio administrativo; tiene un área total de 22 000 metros cuadrados, con una inversión de \$ 150 millones de dólares (León, 2020).
- **Paso de desnivel del óvalo Monitor:** Ubicado en la ciudad de Lima, comprendido entre los distritos de: Surco y La Molina. Esta obra es un viaducto moderno de 2 kilómetros de extensión, con una inversión aproximada de S/. 108 millones de soles; dicha obra, apunta a reducir en un 85% la carga vehicular de la avenida Javier Prado (León, 2020).
- **Nueva planta de tratamiento de agua potable de Huachipa:** Ubicado en la ciudad de Lima, en el distrito de Lurigancho. Esta obra se construyó para beneficiar de agua potable a todos los habitantes de Lima, este proyecto consta de la construcción de represas, estanques, decantadores, y reservorios de agua; dicha planta tiene un área de 50 000 metros cuadrados, con una inversión aproximada de \$ 304 millones de dólares (León, 2020).

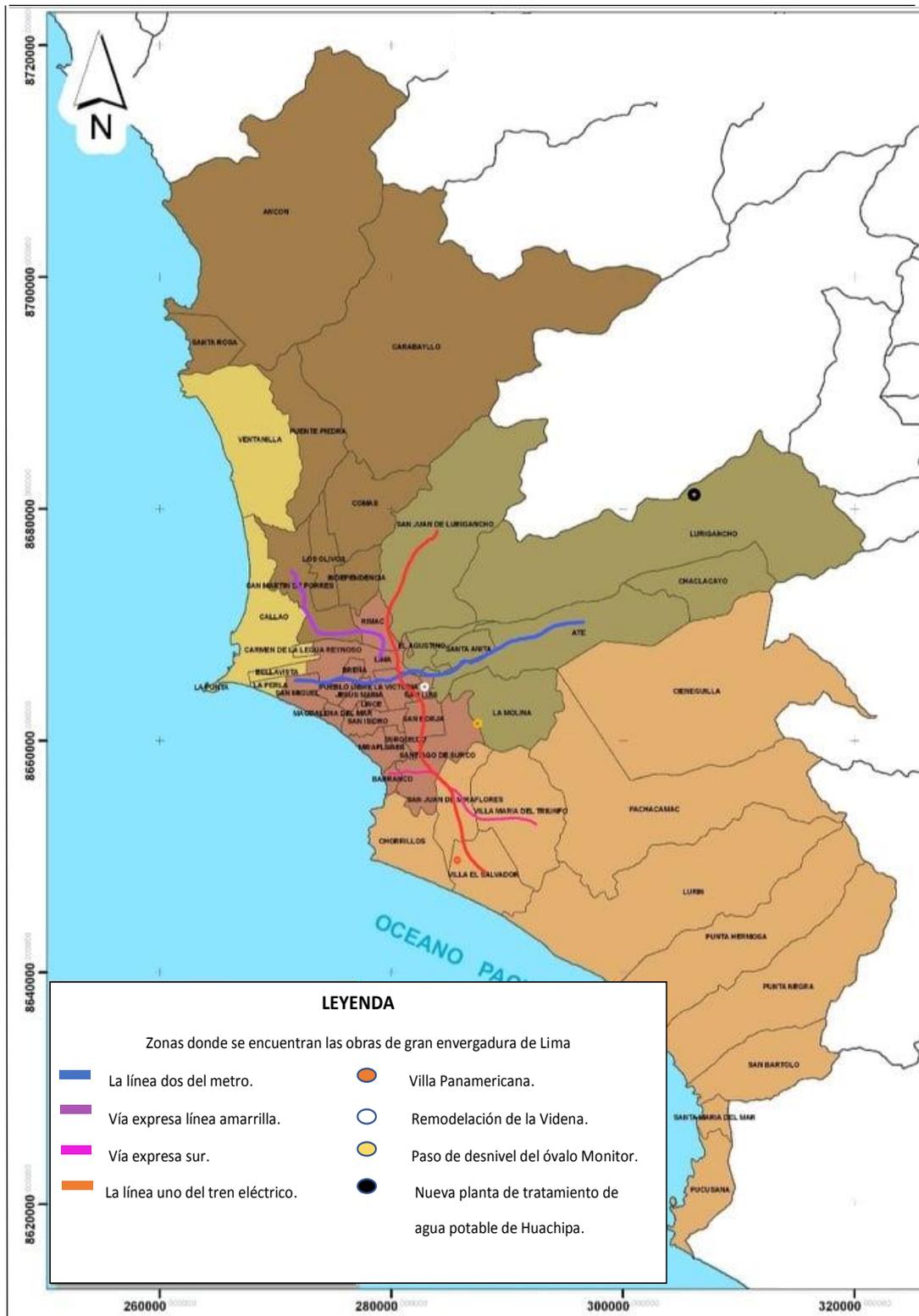


Figura N° 1. Plano de la ciudad de Lima con la ubicación de las principales obras de gran envergadura

Fuente: Adaptado de “Planos históricos de Lima”, revista de Arquitectura, por Benavides, 2019

Delimitación temporal:

El estudio de investigación comprendió el periodo de 20 meses, donde, se inició el estudio en el mes de enero del 2019 y se concluyó en el mes de setiembre del 2020.

Delimitación social:

- A las personas que habitan en la ciudad de Lima.
- A las personas que trabajan en las construcciones y ventas de los inmuebles.
- A las personas que hacen uso de las construcciones modernas de gran envergadura patrocinadas por el Estado Peruano y por la municipalidad de Lima.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general.

¿Puede el concreto vivo mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos en las construcciones modernas de la ciudad de Lima?

1.3.2. Problemas específicos.

- a. ¿Cómo se elabora el concreto vivo que sirve para mitigar impactos ambientales en la construcción?
- b. ¿Es capaz el concreto vivo de sellar eficazmente los agrietamientos de las construcciones modernas sin necesidad de usar productos químicos, ni contaminantes que afectan al medio ambiente?
- c. ¿Qué productos químicos que se usan para sellar agrietamientos en las construcciones son más tóxicos y dañinos para el medio ambiente?

- d. ¿Cuál es el costo de elaboración del concreto vivo, el cuál sirve para disminuir los impactos ambientales en las construcciones modernas?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Reducir los impactos ambientales negativos ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas con el uso del concreto vivo.

1.4.2. Objetivos específicos.

- a. Obtener el concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales.
- b. Comprobar mediante ensayos de compresión y sellado, que el concreto vivo es capaz de sellar agrietamientos eficazmente y sin generar altos índices de contaminación ambiental.
- c. Realizar una comparación de los impactos ambientales que generan el uso del concreto vivo, versus los productos químicos que se usan actualmente en las reparaciones de los agrietamientos.
- d. Investigar y calcular el costo de elaboración del concreto vivo, el cuál servirá para disminuir los impactos ambientales generados por las construcciones modernas.

1.5. Justificación de la investigación.

Justificación practica:

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de mitigar los impactos ambientales negativos que son causados por el boom inmobiliario en la ciudad de Lima, sobre todo cuando se usa productos químicos para reparar los agrietamientos de las paredes de concreto, ya que, todo esto, viene deteriorando

rápidamente el medio ambiente y causando el cambio climático que se vive a nivel mundial.

Justificación teórica:

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar nuevos e innovadores materiales de construcción como es el concreto vivo, para fomentar en el país y especialmente en Lima una construcción sostenible y amigable con el medio ambiente, para de esta manera, reducir los impactos negativos generados por el uso de productos químicos en las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas.

Justificación metodológica:

La importancia del proyecto de implementar el uso del concreto vivo, es que este nuevo material de construcción se auto repara por sí mismo, sin necesidad del uso de mano de obra, ni de adicionar compuestos químicos para la reparación de los agrietamientos, esto quiere decir, que no se emitirán contaminantes de ningún tipo, y de esta manera, se mejorará la calidad de vida de los habitantes y seres vivos de la ciudad de Lima, ya que se tendrá un ambiente menos contaminado.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Externa:

Una limitante, fue a la hora de recoger datos estadísticos, la forma organizacional, trabajos similares, planos de las edificaciones, que se realizó y se están realizando durante los últimos 5 años, por parte de las empresas constructoras y empresas inmobiliarias que ejecutan las obras de gran envergadura pagados por el Estado en la ciudad de Lima.

Otra limitante fue la confidencialidad y poco aporte de los trabajadores de la oficina de proyectos de la municipalidad de Lima, en facilitar los datos, planos y permisos de construcciones de obras modernas de gran envergadura que se están desarrollaron en los últimos 5 años, y cuales empresas están cumpliendo con las normas ambientales y cuáles no.

Interna:

Otra limitante importante, es el factor económico, ya que la presente investigación tiene un alto costo por ser un estudio novedoso en el Perú, ya que se trata de solucionar un problema que afecta al mundo entero, que es el deterioro del medio ambiente causado por agentes químicos en las reparaciones de las grietas de las construcciones modernas; y sobre todo porque es una investigación auto subvencionada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

Los antecedentes que se usaron para esta investigación son netamente extranjeras, ya que la tecnología limpia en la construcción actualmente se está usando en los países europeos, a continuación, se detalla los principales antecedentes que se usaron para llevar a cabo la presente investigación.

Internacionales:

1. El Dr. Henk Jonkers (2016), en su trabajo de investigación científica llamada: “Prototipo de bioconcreto, el concreto que se repara así mismo”, expuso nuevos avances de un concreto que se autorepara, gracias a la adición de bacterias en su formulación al elaborar el concreto; según el autor, indica que esta investigación, es una buena oportunidad y un gran ejemplo de cómo se puede unir la naturaleza y la construcción en un nuevo concepto, y de esta fusión nació un nuevo material de construcción llamado concreto vivo o bioconcreto (Jonkers, 2016).

El autor, llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Las bacterias del género Bacillus, son muy resistentes a lugares inhóspitos que pueden sobrevivir en cual medio, inclusive en el concreto (Jonkers, 2016).
 - ✓ Las bacterias del género Bacillus pueden sobrevivir sin alimento y sin oxígeno hasta cincuenta años (Jonkers, 2016).
 - ✓ Las bacterias incorporadas en el concreto tienen la capacidad de la autoreperarse de sus propias grietas de un tamaño máximo de 8.00 mm de ancho (Jonkers, 2016).
 - ✓ El uso del concreto vivo coopera con la reducción significativa de los impactos ambientales negativos que se genera en las construcciones de las obras civiles (Jonkers, 2016).
2. La investigadora Sandra Manso (2018), en su trabajo de investigación científica llamada: “El concreto vivo, material de construcción inspirado en la naturaleza que revolucionará la forma de construcción de infraestructura”, desarrollada en la Universidad Politécnica de Cataluña; la autora afirma que, la investigación del concreto vivo busca una construcción innovadora y moderna que respeta las normas ambientales, es decir, una construcción amigable con el medio ambiente, sobre todo en ciudades grandes y urbanas que van creciendo desmedidamente como es el caso de la ciudad de Lima (Manso, 2018).

De la presente investigación científica, la autora llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ El concreto vivo es una alternativa de solución en el mundo de la construcción y su ventaja es ser amigable con la naturaleza y con el medio ambiente (Manso, 2018).

- ✓ Los productos químicos usados en la actualidad en las obras civiles pueden ser reemplazadas eficaz y eficientemente por el concreto vivo (Manso, 2018).
 - ✓ Con la innovación y uso del concreto vivo en las construcciones modernas se pueden reducir considerablemente el porcentaje en más del 50 % de las emisiones contaminantes (Manso, 2018).
3. Más tarde, Andrey Delgado (2019), en su trabajo de investigación científica intitulada: “Desarrollo y aplicación de un biomaterial para auto reparación de materiales de construcción basados en concreto, cemento, ladrillo y quincha usados en edificaciones”; afirma que, el concreto es un material muy fuerte y duradero; además, la adición de varios aditivos también puede aumentar su resistencia; a pesar de tener alta resistencia, el concreto desarrolla grietas, lo que disminuye la durabilidad general de la estructura; el uso de polímeros sintéticos para el tratamiento de estas grietas es sin duda un enfoque eficaz, pero es una técnica que perjudica para el medio ambiente por los gases contaminantes que estos productos emanan; en la actualidad se ha encontrado una nueva técnica conocida como "sanación autogénica", que es, más amigable con el medioambiente, y que se basa en el uso de bacterias para el sellado de grietas (Delgado, 2019).

Las conclusiones que presentó el autor de su investigación fueron las siguientes:

- ✓ El concreto vivo es igual o más resistente que el concreto tradicional, por ende, se pueden utilizar para grandes edificaciones, carreteras, presas, puentes, etc. (Delgado, 2019).
- ✓ El precio del concreto vivo es muy costoso, las cuales se recomiendan

solo para grandes construcciones (Delgado, 2019).

- ✓ En Ecuador como en la mayoría de los países de Sudamérica existen diversas edificaciones basadas en cementos, ladrillo y quincha; y existe una necesidad de buscar un compuesto bioreparador amigable con el medio ambiente, pero que sea de bajo costo económico, ya que, una aplicación de este material moderno del concreto vivo, por los elevados costos, podría ser inalcanzable para hogares que deseen usar dichas alternativas en la reparación de sus viviendas (Delgado, 2019).
4. Por otra parte, el ingeniero Anton Parraguez (2018), desarrolló su tesis de pregrado, titulado: “Estudio sobre el rendimiento de bacterias como agente de autoreparación en el hormigón, bajo diferentes condiciones de temperatura y tipo de cemento”; donde, el propósito principal de su tesis fue probar dos variables fundamentales que pudieran influir en la eficiencia del concreto vivo, los cuales fueron: el tipo de cemento empleado en la mezcla, y la temperatura de exposición (Parraguez, 2018).
- Después, de realizar todos los ensayos respectivos, el autor obtuvo las siguientes conclusiones:
- ✓ Las bacterias del concreto vivo sellan los diversos agrietamientos a temperaturas de 23 °C, pero, a una temperatura menor a los 4 °C y mayor a los 30 °C, la bacteria Bacillus no puede sellar fisuras en el hormigón (Parraguez, 2018).
 - ✓ La temperatura sí es un factor que se debe tener en cuenta; en tanto, el tipo de cemento no tiene influencia en la auto reparación de las grietas y eficiencia del concreto vivo (Parraguez, 2018).
5. Y, por último, el investigador Wally Srubar (2020), en su proyecto de

investigación más actualizada, llamada: “Edificios viviente: ladrillos vivos y ecológicos hecho a base de bacterias y arena”, desarrolló este estudio combinando: arena, bacterias y un gel para crear un material viviente que tiene una función estructural de carga y biológica (Srubar, 2020).

El autor, después de desarrollar su investigación, presentó las siguientes conclusiones:

- ✓ Las cianobacterias fotosintéticas del género *Synechococcus*, aprovechan la energía del sol y el dióxido de carbono para crear biominerales que mejoran las propiedades mecánicas del material (Srubar, 2020).
- ✓ Las cianobacterias en las condiciones adecuadas absorben dióxido de carbono que les ayuda a crecer y a generar carbonato de calcio, material que sella los agrietamientos sin necesidad de usar productos químicos y tóxicos que son altamente contaminantes para el medio ambiente (Srubar, 2020).
- ✓ La biología es capaz de desempeñar un papel no solo en la fabricación de materiales de construcción fuertes y resistentes, sino también en la regeneración del material después de su uso, es decir, ayuda a reciclar algunos materiales de construcción (Srubar, 2020).
- ✓ La fusión de la biología con la ingeniería civil puede ayudar a disminuir los impactos ambientales, donde, los edificios vivientes podrían no estar muy lejos en el futuro y que un día, podrían curar sus propias grietas, aspirar toxinas peligrosas del aire o incluso brillar a voluntad (Srubar, 2020).

Nacionales:

No se encontraron estudios y/o investigaciones acerca del uso del concreto vivo en obras de construcción civil en el Perú.

Locales:

No se encontraron estudios y/o investigaciones acerca del uso del concreto vivo en obras de construcción civil en la ciudad de Lima.

2.2. Bases teóricas - científicas.

Castorena (2019), indica que en la actualidad existe un deterioro importante del medio ambiente, provocado en su mayoría por acción humana, donde las industrias juegan un rol trascendente en este ámbito, sobre todo las construcciones de diversas obras, debido al uso y eliminación de sustancias químicas y tóxicas que afectan tanto al aire, al suelo y al agua (Castorena, 2019).

El aire viene siendo el más afectado por las emisiones contaminantes, tales como: dióxido de carbono, monóxido de carbono, sustancias orgánicas volátiles entre otras, la exposición a químicos tóxicos como los que se utilizan en las reparaciones de grietas del concreto en la ciudad de Lima afecta considerablemente a la naturaleza, al medio ambiente y a la salud de los seres humanos (Castorena, 2019). En la Tabla 1, se puede apreciar los porcentajes de emisiones contaminantes generadas por el sector construcción en el Perú de los años 2017, 2018 y 2019.

Tabla N° 1. Porcentajes de principales emisiones contaminantes causadas por la

construcción en los últimos años en el Perú

<i>EMISIONES</i>	<i>Medida</i>	<i>Año 2017</i>	<i>Año 2018</i>	<i>Año 2019</i>
<i>Monóxido de carbono (CO)</i>	%	19	24	30
<i>Dióxido de carbono (CO₂)</i>	%	25	30	35
<i>Óxidos de nitrógeno (NO_x)</i>	%	6	8	10
<i>Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)</i>	%	12	15	18
<i>Otros</i>	%	38	23	7

Fuente: Adaptado de “Evaluación de la funcionalidad del sistema de reparación a base de bacterias para hormigón mediante análisis ESEM, por Castorena, 2019

Mora (2017), en su estudio de investigación llamado: “Autoreparación de fisuras en concreto rígido para pavimentos, mediante la adición de bacterias bioprecipitadoras de carbonato de calcio” afirma que: Para la obtención de este nuevo material, se tiene que incorporar bacterias del género *Bacillus* en forma de esporas a la mezcla básica del concreto que consiste en agregado fino, agregado grueso, y agua, y también se le tiene que añadir a esta mezcla el lactato de calcio en una proporción de 109.1 gramos por cada litro que se usará en la mezcla, la cual, servirá como alimento de las bacterias, cuando estás despierten y realicen su proceso de autocuración; para que las bacterias despierten necesitan tres condiciones que son: humedad, oxígeno, y las grietas; de esta manera las bacterias al despertar se reproducen y comen el lactato de calcio, y terminan su proceso de digestión evacuando calcita en las grietas, de esta manera se logran sellar los agrietamientos del concreto, sin la intervención de la mano del hombre y sin el uso de contaminantes químicos que afecten el medio ambiente. (p. 107).

En la Figura 2, se observa el proceso del funcionamiento del concreto vivo: en (A), las paredes del concreto estas agrietadas, y por estas grietas, la humedad y la lluvia ingresa, despertando a las bacterias del concreto que se encontraban dormidas en cápsulas hechas de plástico biodegradable ; en (B), las bacterias del género *Bacillus* empiezan su proceso de reproducción y alimentación dentro de las grietas; y, en (C), se observa a las bacterias sellando las grietas con calcita (color amarillo de la figura), y de esta manera, el concreto vivo se autorepara.

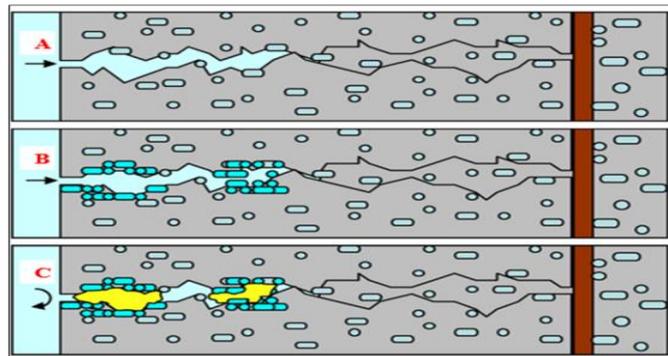


Figura N° 2. Proceso de funcionamiento del concreto vivo

Fuente: Adaptado de “Rumbo a las edificaciones biológicas” (p. 55), por Mora, 2017

Por otra parte, Mendoza & Sánchez (2018), en su investigación científica titulada: “Análisis de la resistencia del concreto utilizando bacterias del género *Bacillus* y biopolímeros como bioreparador”, los autores afirman que, la aplicación del concreto está aumentando rápidamente en todo el mundo, y por lo tanto, el desarrollo de concreto sostenible es urgentemente necesario por razones ambientales; ya que, en la actualidad alrededor del 8 % del total de emisiones

antropogénicas del dióxido de carbono atmosférico se debe a la producción de cemento y concreto, es por eso, la necesidad de usar otro tipo de concreto, que no genere altos índices de contaminación, pero a la vez, que no pierda su resistencia a la fuerza de compresión (Mendoza & Sánchez, 2018).

Mendoza & Sánchez (2018), después de realizar su investigación concluyeron diciendo que: La resistencia que alcanza el concreto reparado utilizando el concreto vivo a los 07 días, 14 días, 21 días y 28 días es menor a la de un concreto patrón o tradicional, esto debido, a que las muestras de concreto reparados con el concreto vivo no tenían las mismas propiedades y características de un concreto tradicional, pero cabe resaltar, que este concreto vivo en sus diferentes edades si cumple satisfactoriamente con los ensayos de resistencia a la fuerza de compresión que manda el Instituto del Concreto Americano, es decir, que este concreto vivo si es factible su uso para las construcciones de obras civiles de gran envergadura. (p. 168).

Srubar (2020), investigó más acerca de las bacterias del género *Bacillus*, a las cuales las definió como células son en forma de varilla y rectas, de un tamaño de 0.5 - 2.5 micrómetros (μm) x 1.2 – 10 micrómetros (μm) aproximadamente, y a menudo estas bacterias, están dispuestas en pares o cadenas, con extremos redondeados o cuadrados; estas bacterias, son bacilos gram positivos (bacterias que se tiñen de azul oscuro o violeta por la tinción de Gram), formadores de endosporas que son estructuras muy resistentes a condiciones adversas; las especies de este género están ampliamente difundidas y su hábitat principal es el suelo. En la Figura 3, se muestra las bacterias *Bacillus Subtilis*, teñida de color violeta por la tinción de Gram.

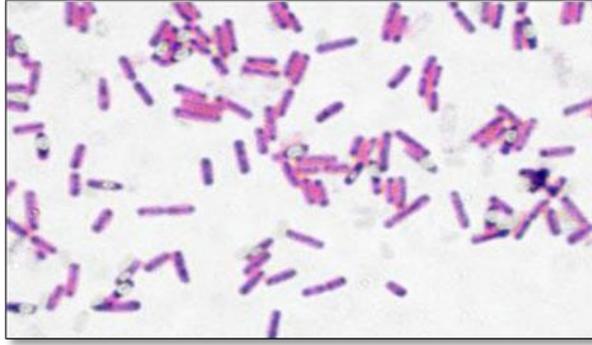


Figura N° 3. Bacillus Subtilis con tinción de Gram

Fuente: Adaptado de “Rumbo a las edificaciones biológicas - Ciencia Acierta”, por Cuadros, 2018

Para Cuadros (2018), estas bacterias tienen forma parecida a una barra con bordes redondeados (varillas) y descomponen la materia orgánica a temperaturas que oscilan entre 30 °C a 40 °C; donde, hasta hace pocos años se pensaba que este tipo de bacteria era estrictamente aeróbica, es decir, que necesitaba de oxígeno para poder sobrevivir; sin embargo, las últimas investigaciones acerca de la bacteria de género Bacillus afirman que pueden sobrevivir en ambientes que no tienen oxígeno, es decir en forma anaeróbicas (Cuadros, 2018).

Según Parraguez (2018), estos microorganismos también pueden sobrevivir en el concreto, hoy en día, todas estas bacterias del género Bacillus generan calcita, material que sella los agrietamientos en el concreto y se conocen varios tipos de bacterias que se pueden utilizar en el concreto, pero todos del género Bacillus, tales como:

- El Bacillus Pasteurii.
- El Bacillus Escherichia.
- El Bacillus Coli.
- El Bacillus Subtilis,

- El Bacillus Halodurans,
- El Bacillus Pseudoformis,
- El Bacillus Sphaericus.
- El Bacillus Anthracis.
- El Bacillus Cereus.
- El Bacillus Coagulans.
- El Bacillus Odysseyi.
- El Bacillus Thuringiensis.

Para el desarrollo de la presente investigación, se seleccionó a la bacteria

Bacillus Subtilis por los siguientes motivos:

- ✓ Porque son las que más crecen en tamaño, hasta 12 micrómetros.
- ✓ Porque este tipo de bacteria no es patógena, es decir, no producen enfermedades en los seres vivos, ni en las personas que manipulen este tipo de bacteria.
- ✓ Porque la bacteria del Bacillus Subtilis es más fácil de hallar en el territorio peruano, ya que se encuentran en el agua empozada, en el suelo, en los vegetales y en el aire.
- ✓ Porque es accesible en el mercado, ya que se puede comprar la cepa de la bacteria del Bacillus Subtilis en un laboratorio de microbiología de la ciudad de Lima por 100 dólares y luego reproducirla en los laboratorios de biología.
- ✓ Y sobre todo porque es capaz de generar mayor cantidad de calcita (20% más) que las demás bacterias de su mismo género sin generar contaminantes ambientales.

Según Delgado (2019), afirma que, la inserción de las bacterias del *Bacillus Subtilis* ayudan al concreto a tener una mayor durabilidad y prevenir la corrosión; también, estas bacterias, tienen la capacidad para poder adaptarse a diferentes temperaturas y niveles de pH, y de esta manera poder lograr la precipitación de la calcita dentro del concreto y sellar las grietas de hasta 8.00 mm de ancho, así mismo, estas bacterias del *Bacillus Subtilis* permanecen inactivas, en estado latente (dormidas) alrededor de 50 años, pero se activan cuando encuentran las condiciones ambientales adecuadas y depositan calcita, se resalta que la máxima cantidad de calcita es depositada en la capa superior de la grieta, seguido de la capa media y por última en la capa interior; es decir, de afuera hacia adentro (Delgado, 2019).

Al añadir las bacterias del *Bacillus Subtilis* a la mezcla del concreto, no genera ninguna reacción negativa, porque estas bacterias se añaden en su forma esporulada junto con el agua, la reacción de estas bacterias solo se observa cuando el concreto tiende a fisurarse y agrietarse por diversos motivos, ya sea por un sismo, por mal diseño del concreto, por humedad y lluvias, por insumos en mal estado, por mano de obra no calificada, por antigüedad, etc., solo ahí las bacterias añadidas al concreto reaccionan autoreparándose por sí solas, sin la necesidad de la mano del hombre; es decir las bacterias reaccionan favorablemente con el concreto sellando todas las fisuras que puede presentar la estructura de concreto; la única diferencia que se puede observar a simple vista entre el concreto tradicional y el concreto vivo, es que este último presenta manchas y/o puntos de un color gris oscuro, tal como se muestra en la Figura 4, esto debido a las bacterias del *Bacillus Subtilis* que fueron añadidas a la mezcla del concreto, pero esto, no

afecta en su resistencia a la fuerza de compresión, ni en ninguna otra característica del concreto (Cuadros, 2018).

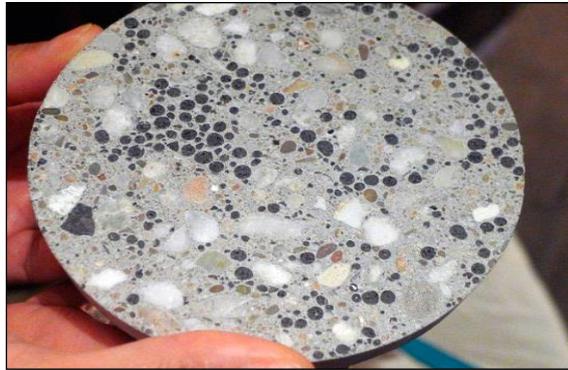


Figura N° 4. Bacterias del Bacillus Subtilis añadidas en el concreto

Fuente: Adaptado de “Rumbo a las edificaciones biológicas - Ciencia Acierta,” por Cuadros, 2018

Srubar (2020), concluye diciendo que: las fisuras del concreto pueden ser controladas, mediante la aplicación de bacterias que reparen el concreto fisurado mediante el proceso de la bioreparación que consiste en la precipitación de carbonato de calcio (CaCO_3) que sella la fisura y evita de esta manera el ingreso de agua, y sustancias nocivas y corrosivas que pueden dañar al acero de refuerzo y a la misma estructura en su funcionalidad, durabilidad y por supuesto en lo económico. Es por ello, que el concreto vivo que usa para su autoreparación a la bacteria Bacillus Subtilis, será un material de construcción sostenible, debido a la utilización de agentes biológicos, así mismo, este tipo de bioreparación es amigable con el medio ambiente, porque no produce contaminación de residuos peligrosos que puedan perdurar por tiempo prolongado en la naturaleza contaminando el medio ambiente (Srubar, 2020).

Según Cuadros (2018), afirma que: Actualmente en el Perú el método más usado para sellar grietas y fisuras en el concreto es el uso de polímeros, lo cual,

es muy contaminante tanto para el medio ambiente, como para las personas que lo manipulan, por este motivo, la necesidad de insertar en el sector construcción una nueva opción de un material moderno e innovador de construcción, que se puede usar para el mismo fin, con la gran ventaja de no generar contaminantes atmosféricos que perjudiquen al medio ambiente. (p. 60).

Para dejar más claro este punto, el investigador presenta la Tabla 2, donde se puede apreciar la comparación entre las reparaciones de grietas con métodos tradicionales y con el uso de este nuevo material que es el concreto vivo; para tener el real conocimiento, de que método o material de construcción es el más eficiente y el que genera menos impactos ambientales negativos para el medio ambiente (Cuadros, 2018, p. 61).

Tabla N° 2. Reparaciones de agrietamientos en un 90 % con métodos y materiales que se usan en la actualidad, incluido el uso del concreto vivo

Tipo de métodos de reparaciones de agrietamientos	Porcentaje	Tiempo que cierra el agrietamiento	Precio en dólares por 1m³	Tamaño máximo de agrietamiento
Costura de fisuras	90 %	60 días	\$ 120.80	10 mm
Armadura convencional	90 %	40 días	\$ 155.0	10 mm
Acero de pretensado	90 %	30 días	\$ 185.50	8 mm
Llenado por gravedad	90 %	70 días	\$ 130.40	5 mm
Llenado con mortero químico	90 %	80 días	\$ 200.50	4 mm
Impregnación con polímeros	90 %	70 días	\$ 180.20	4 mm
Concreto vivo	90 %	100 días	\$ 250.13	8 mm

Fuente: Adaptado de “Rumbo a las edificaciones biológicas”, por Cuadros, 2018

Sin embargo, el concreto vivo presenta una gran desventaja en cuanto al precio en comparación al concreto tradicional que se usa generalmente en todas

las obras de construcción civil, ya que, mientras que el concreto convencional tiene un costo el mercado americano de 120 dólares por metro cúbico, el concreto vivo cuesta 250 dólares por metro cúbico, prácticamente el doble, por tal motivo, no tiene mucha demanda en el mercado de América del Sur (Anneza, Othman, Faisal, & Zamer, 2017).

La diferencia de precios de ambos tipos de concreto se debe principalmente al material y técnica en que se encapsulan las bacterias para poder ingresar al concreto, pero la ventaja del concreto vivo es la autoreparación de grietas sin la necesidad de utilizar productos químicos, y, además genera mínimos porcentajes de gases contaminantes (Anneza, Othman, Faisal, & Zamer, 2017).

2.3. Definición de términos básicos.

Para el presente proyecto de investigación, se ha definido una relación de términos relevantes que facilitará la interpretación de los resultados de la investigación, tales como:

Concreto vivo: Es un nuevo y moderno material de construcción, se mezcla con el cemento común con las cepas de la bacteria Bacillus, y a estos compuestos se les agrega lactato de calcio, que es el alimento de estos microorganismos, las investigaciones desarrolladas acerca de este tema indican que la proporción más idónea es de una concentración de bacterias de 10^9 células/mililitro, y, de lactato de calcio es de 109.1 gramos/litro (Jonkers, 2016).

Esporas bacterianas: Son cápsulas producidas por una bacteria; éstas son sumamente resistentes a las condiciones externas desfavorables, como altas y bajas temperaturas, sequías, radiación, químicos entre otros (Parraguez, 2018).

Medidas de prevención y mitigación: El conjunto de disposiciones y acciones anticipadas, que tienen por objeto evitar o reducir los impactos ambientales que

podieran ocurrir en cualquier etapa o desarrollo de una obra u actividad (Srubar, 2020).

El lactato de calcio: Es una sal sódica del ácido láctico producida naturalmente mediante la fermentación de azúcares (Parraguez, 2018).

Estado latente: Es el estado de reposo o de desarrollo suspendido, pero capaz de volverse activo en condiciones favorables (Parraguez, 2018).

Agrietamientos en el concreto: Es una rotura profunda en el concreto, que va más allá de la capa de recubrimiento; se produce en elementos principales de la estructura de un edificio, como pilares o muros de carga (Srubar, 2020).

Bioreparador: Es una mezcla de dos soluciones que contiene esporas bacterianas como intermediarias para sintetizar carbonato de calcio a partir de lactato de calcio y nitrato de calcio y de esta manera convertirla en calcita, la cual repara por lo general fisuras de hasta 1.00 milímetro de ancho (Manso, 2018).

Prototipo: Es el primer modelo que se realiza en el laboratorio para simular o representar un producto final, es decir, es la maqueta que se desarrolla para realizar las diferentes pruebas de su buen funcionamiento, y para saber si necesita de alguna mejora o no, esto se hace antes de desarrollar el producto final (Srubar, 2020).

Cambio climático: Es la mayor amenaza medioambiental que se enfrenta la humanidad en la actualidad; sus consecuencias pueden ser devastadoras si no reducimos drásticamente la dependencia de los combustibles fósiles, el uso de compuestos químicos y las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por el hombre en sus diferentes actividades (Srubar, 2020).

Tecnología limpia: También conocida como tecnología del milenio; se trata de la tecnología que al ser aplicada no produce efectos secundarios o

transformaciones al equilibrio ambiental o a los sistemas naturales, es decir, a los ecosistemas (Srubar, 2020).

Impacto ambiental: es el efecto causado por una actividad humana sobre el medio ambiente (Kaur, 2019).

Actividades antrópicas: Cualquier acción o intervención realizada por el ser humano sobre la faz del planeta; por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, la mayoría de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera de origen fabril o vehicular (Manso, 2018). –

La sostenibilidad ambiental: Es el equilibrio que se genera a través de la relación armónica entre la sociedad y la naturaleza que lo rodea y de la cual es parte; esta implica lograr resultados de desarrollo sin amenazar las fuentes de nuestros recursos naturales y sin comprometer los de las futuras generaciones (Kaur, 2019).

Conciencia ambiental: La conciencia ambiental es entender cómo influyen las acciones de cada día en el medio ambiente y como esto afecta el futuro de nuestro espacio (Kaur, 2019).

Educación ambiental: La educación ambiental, es la formación orientada a la enseñanza del funcionamiento de los ambientes naturales para que los seres humanos puedan adaptarse a ellos sin dañar a la naturaleza (Kaur, 2019).

Mitigación de impactos ambientales: Es el conjunto de procedimientos a través de los cuales se busca reducir o bajar a niveles no tóxicos y/o aislar sustancias contaminantes en un ambiente dado (Kaur, 2019).

Construcción ecológica: Se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el ambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción (Kaur, 2019).

Monitoreo ambiental: Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control (Kaur, 2019).

Regeneración del medio ambiente: Es la transformación de áreas perturbadas a su estado original, le confiere características naturales interesantes que hagan posible el establecimiento de los organismos originarios; esta transformación se plantea mediante el establecimiento de actuaciones de bioingeniería que reducen los daños producidos en el medio físico y biótico (Kaur, 2019).

Ley N° 28611: Ley general del medio ambiente en Perú: Mediante esta ley se reglamentan aspectos relacionados a la materia ambiental en el Perú. Asimismo; por un lado, plantea a los ciudadanos una serie de derechos con relación al tema ambiental, en tanto que se debe garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida; y, por otro lado, deberes, en la medida en que todos estamos obligados a contribuir a una efectiva gestión ambiental y a proteger el ambiente (Srubar, 2020).

2.4. Formulación de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

El uso del concreto vivo sí mitiga considerablemente los impactos ambientales negativos ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos en las construcciones modernas de la ciudad de Lima.

2.4.2. Hipótesis específicas.

- a. Si se puede elaborar y obtener un concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales de la construcción en la ciudad de Lima.
- b. El concreto vivo si sella eficazmente los agrietamientos de las

construcciones modernas sin la necesidad de usar productos químicos contaminantes que afectan al medio ambiente.

- c. El uso del concreto vivo si reduce notablemente el impacto ambiental en las reparaciones de los agrietamientos comparado con los productos químicos que se usan en la actualidad para el mismo fin.
- d. El costo de la obtención del concreto vivo es más económico en el tiempo en un 30 % aproximadamente que el concreto tradicional, y más conveniente para las empresas, porque no necesitan mantenimiento y no generan contaminantes ambientales.

2.5. Identificación de variables.

Por la característica que ostenta la investigación, se hará uso acorde a la relación matricial causa-efecto como al enlace lógico, de las siguientes variables independientes y dependientes:

Variables independientes:

- Obtención del concreto vivo.
- Sellado de las grietas del concreto vivo.
- Calidad del concreto vivo.
- Uso del concreto vivo.

Variables dependientes:

- Mitigación de los impactos ambientales negativos.
- Eficacia del sellado de las grietas.
- Eficiencia del concreto vivo.
- Productividad del concreto vivo.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I. - Obtención del concreto vivo	Es la elaboración del concreto vivo pasando por las diferentes etapas, desde los insumos, hasta la obtención del producto final.	Producción.	Buena (3) Regular (2) Mala (1)
V.D. - Mitigación de los impactos ambientales negativos.	Es la reducción de los gases contaminantes atmosféricos cuando se usa el concreto vivo en las obras civiles de gran envergadura.	Porcentaje de mitigación.	Alta (3) Media (2) Baja (1)
V.I. - Sellado de las grietas del concreto vivo.	Es la capacidad que tiene el concreto vivo de sellar los agrietamientos generados en el concreto.	Técnica del sellado.	Buena (3) Regular (2) Mala (1)
V.D. - Eficacia del sellado de las grietas.	Es la capacidad que tiene el concreto vivo de sellar las grietas de manera satisfactoria.	Posibilidad de sellado.	Alta (3) Media (2) Baja (1)
V.I. - Calidad del concreto vivo.	Se refiere a las características que presenta el concreto vivo en comparación a otros materiales de construcción.	Satisfacción del concreto vivo.	Alta (3) Media (2) Baja (1)
V.D. - Eficiencia del concreto vivo.	Es la capacidad de reducir los impactos ambientales por sí solo, sin la necesidad de usar otros compuestos químicos.	Optimización de recursos.	Alta (3) Media (2) Baja (1)
V.I.	Está referido a los beneficios		

<p>- Uso de concreto vivo.</p> <p>V.D.</p>	<p>monetarios que produce el uso del concreto vivo.</p>	<p>Rendimiento del concreto vivo</p>	<p>Alta (3) Media (2) Baja (1)</p>
<p>Productividad del concreto vivo.</p>	<p>Son las ganancias monetarias que puede tener una empresa, cuando se usa el concreto vivo en las construcciones.</p>	<p>Utilidades de la empresa.</p>	<p>Alta (3) Media (2) Baja (1)</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

Es **explicativa**, porque existe muy poca y escasa información acerca de los impactos ambientales generados por el uso del concreto vivo en las construcciones modernas de la ciudad de Lima; y con esta investigación se desea comprobar la hipótesis planteada, para luego identificar las causas, y por último comprobar los resultados obtenidos, donde la mayor utilidad es encontrar nuevas formas y materiales innovadores de construcción que ayuden a mitigar los impactos ambientales negativos.

3.2. Nivel de investigación.

Es **hipotético-deductivo**, debido a que esta investigación partió desde una hipótesis o explicación inicial, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que luego fueron a su vez comprobadas experimentalmente en laboratorio (Hernández, 1999).

3.3. Métodos de investigación.

Es **empírico-analítico**, debido a que en esta investigación se estudió un campo novedoso para países subdesarrollados como es el Perú, la cual consiste en la auto reparación del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales en la construcción, donde primero se empleó la observación, para luego plantear una hipótesis, y por último se experimentó para llegar a una conclusión (Hernández, 1999).

3.4. Diseño de investigación.

Documental: porque para este proyecto de investigación, se utilizó la recopilación de información importante de las investigaciones científicas de los últimos 05 años a nivel mundial publicados en revistas científicas acerca de temas modernos e innovadores en el sector construcción, donde se resaltó la construcción sostenible, es decir, una construcción que se desarrolla con especial respeto y compromiso con el medio ambiente, y además, se tomó de referencia la Norma ACI 211 del Instituto Americano del Concreto.

De campo: porque todos los datos para el desarrollo de esta investigación fueron recogidos directamente de las construcciones modernas de gran envergadura realizadas por el Estado en los últimos 05 años en la ciudad de Lima, a través del uso de la técnica de las entrevistas, esta información obtenida, fueron corroborados en la oficina de proyectos de la municipalidad de Lima.

Experimental: debido a que se llevó a cabo en el laboratorio de materiales de ingeniería civil, manteniendo una serie de variables de control constante, las cuales fueron las diferentes emisiones contaminantes que genera la construcción; donde a la vez se logró manipular intencionalmente las variables, medición, control y grupos de comparación entre el concreto vivo, que es el

material innovador; versus, el concreto tradicional y otros compuestos químicos, los cuales, se usan actualmente en las construcciones modernas en Lima.

3.5. Población y muestra.

Población:

La población para esta investigación fue en total de 26 probetas-testigos de concreto realizadas en laboratorio de Ingeniería Civil de la UPC, donde, 12 probetas fueron elaborados con concreto tradicional, y 14 probetas fueron elaborados con concreto vivo; estas probetas de concreto fueron diseñadas para cumplir con una resistencia de una fuerza de compresión de 210 kg/cm² y cumpliendo la Norma ACI 211.

Muestra:

El muestreo es probabilístico, conocido como el muestreo aleatorio simple; aplicando la formula por proporciones, para un grado de confianza del 97 % (Hernández, 1999). Para determinar la muestra se ha utilizado la ecuación

$$1n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N-1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra (variable de la ecuación que se quiere hallar).

Z = Margen de confiabilidad (97 % de confiabilidad, Z = 2.17).

E = Máximo error permisible (E = 3 %).

p = Proporción de la población que interesa a la investigación (p =99 %).

q = Proporción de la población que no tiene la característica de interés a la investigación (1- p = 1 %).

N = Tamaño de la población (N = 26 probetas de concreto).

Reemplazando los datos en la ecuación 1:

$$n = \frac{(2.17)^2 \times 0.99 \times 0.01 \times 26}{(0.03)^2 \times (26 - 1) + (2.17)^2 \times 0.99 \times 0.01} = 26$$

Hecho los cálculos correspondientes la muestra (n), está representada por las mismas 26 probetas de concreto; es decir, que generalmente el tamaño de muestra es para poblaciones grandes; en este caso la población es igual al tamaño de la muestra.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

- Entrevista estructurada y estandarizada.
- Observación sistemática, estructurada o controlada.
- Notas de campo, recolección y análisis de documentos.
- Formatos de ingeniería.
- Grabaciones en audio y video.
- Fotografías y diagrama de flujo.
- Internet.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Para la validez de contenido de la presente investigación, la cual, evalúa la claridad, comprensión y congruencia de los ítems que componen el instrumento, se recurrió al informe de opinión de expertos de instrumento de investigación. Y, para calcular la confiabilidad del instrumento de medición se aplicó el procedimiento de consistencia interna mediante el Alpha de Cronbach.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Se dio mediante el siguiente flujograma:

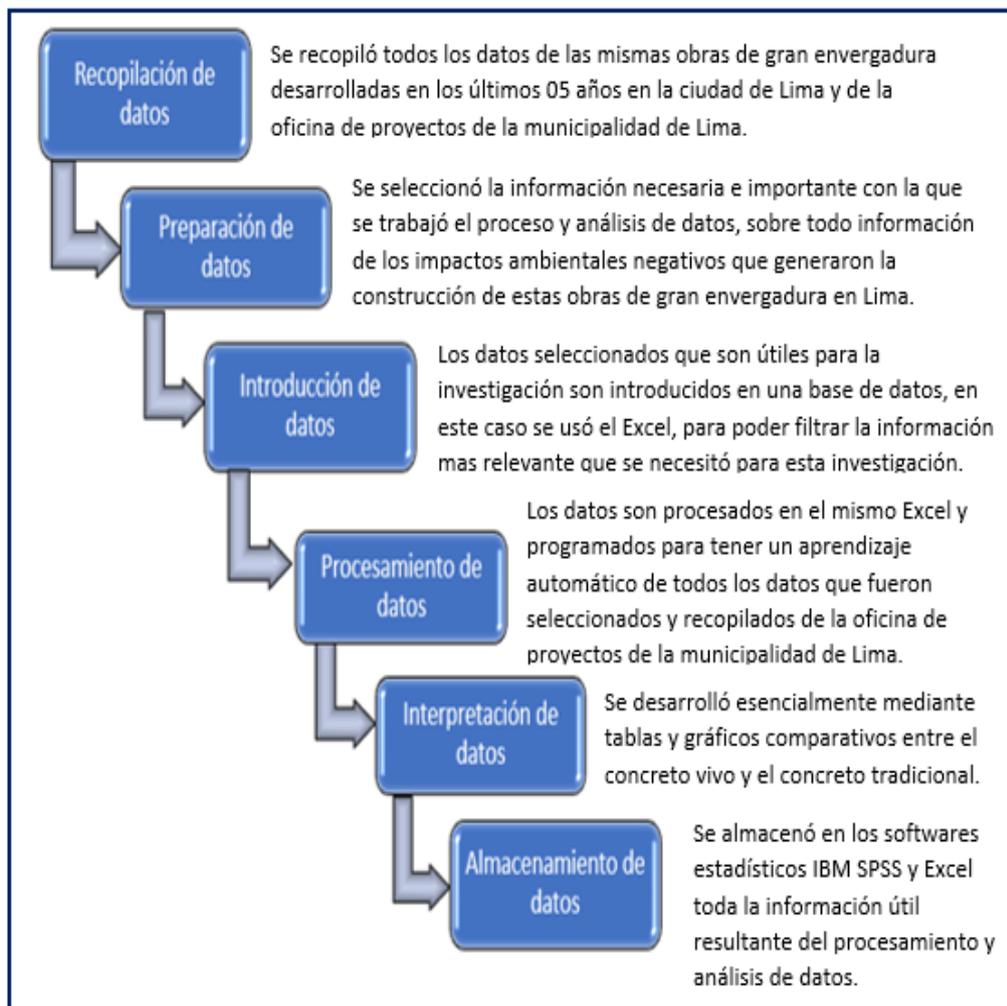


Figura N° 5. Flujograma de las técnicas de procesamiento y análisis de datos

Fuente: Elaboración propia

Después de elaborar el flujograma se puede concluir que: La recopilación de los datos fueron tanto manuales como computarizados.

Manuales

Se dieron en las etapas de recopilación, preparación y en la importación de datos, cuya incidencia, aparte del relleno de las encuestas y de las fichas de laboratorio de construcción conseguidos de la oficina de proyectos de la municipalidad de Lima, también, para el recojo de algunos datos estadísticos se utilizó papers e investigaciones científicas de universidades a nivel mundial, que fueron de gran utilidad para el desarrollo de esta investigación

Programas mecánicos y computarizados:

Fueron orientados fundamentalmente al procesamiento de la información para su análisis estadístico, pero también se usó en las etapas de interpretación y en el almacenamiento de datos, para lo cual se utilizó dos softwares estadísticos que fueron el Excel y el IBM SPSS, lo cual permitieron generar cuadros estadísticos, gráficos, diagramas, y diversas tablas, producto del resultado de datos, que sirvió para comparar los resultados tanto del concreto tradicional como del concreto vivo.

3.9. Tratamiento estadístico.

El procedimiento de cálculo de ciertas estadísticas se efectuó mediante:

La estadística descriptiva:

La cual se encarga de recoger, almacenar, ordenar, realizar tablas o gráficos y calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos, en esta investigación esos datos se centraron en las emisiones contaminantes que genera la construcción en perjuicio del medio ambiente (Hernández, 1999).

La contrastación de hipótesis:

Lo cual se utilizó por ser una actividad que, mediante la observación, la experimentación y/o la documentación comprueba adecuadamente si las hipótesis utilizadas en esta investigación fueron falsas o verdaderas (Hernández, 1999).

Hoja de cálculo Excel:

Es un software estadístico más usado para esta investigación, por su manejo sencillo, práctico y confiable a la hora de procesar los datos que fueron de gran utilidad para el desarrollo de esta investigación (Hernández, 1999).

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.

La presente investigación se desarrolló respetando todos los derechos de autor y señalando las fuentes correspondientes que fueron consultadas durante el desarrollo de esta investigación. Además, la evolución en sus diferentes etapas del presente proyecto permitió la incorporación de conocimiento experto específico de la materia , respetando también, los procedimientos establecidos para estudios de este tipo de ingeniería y microbiología; asimismo, los datos recolectados del trabajo de campo de las diferentes obras de construcción, representan información legítima recabada a través del método de encuesta , la cual, fue analizada estadísticamente e interpretada por el investigador.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

El trabajo de campo para esta investigación se inició con la parte biológica, donde se contó con el asesoramiento de un biólogo de la Universidad Mayor de San Marcos, esta etapa consistió en la elección, reproducción y esporulación de la bacteria *Bacillus Subtilis*, la cual, su labor es generar calcita dentro de las grietas del concreto, y con este material (calcita) sellar todos los agrietamientos que pueda presentar el concreto; luego se continuó en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPC con la parte ingenieril, que consistió en el diseño del concreto vivo, después, con los ensayos de resistencia a la compresión y de reparación de los agrietamientos del concreto vivo, de los costos de la obtención de ambos tipos de concreto; y para finalizar con la comparación de impactos ambientales generados a la hora de usar el concreto vivo comparándolos con el uso de sustancias químicas y tóxicas, las

cuales se usan actualmente en las reparaciones de agrietamientos y fisuras del concreto en las obras civiles de gran envergadura de la ciudad de Lima.

A continuación, se detalla paso a paso todo lo descrito acerca del trabajo de campo que se realizó en la presente investigación.

Parte biológica:

Esta parte de la investigación se realizó con la ayuda de un asesor de profesión microbiólogo para hacer todos los ensayos de microbiología.

Elección de la bacteria.

Se optó por la bacteria del género *Bacillus*, principalmente por sus características fisiológicas que poseen, estas bacterias, son un grupo de organismos unicelulares y sólo visibles al microscopio, una de las propiedades más notorias de las bacterias es su gran capacidad para adaptarse a los diversos ambientes, los sitios más hostiles hospedan a una amplia diversidad bacteriana, existen bacterias de este género del *Bacillus* viviendo en el hielo, en hirvientes aguas termales o zonas desérticas, también, en ambientes ácidos y salinos (Cuadros, 2018).

Para el desarrollo de la presente investigación, sobre todo en el trabajo de campo se eligió la bacteria *Bacillus Subtilis* por las siguientes características: su factible adquisición, su sencillo cultivo, su accesibilidad en el mercado y sobre todo porque genera calcita (material que sella las fisuras y grietas del concreto) sin generar impactos ambientales negativos. Estas bacterias del *Bacillus Subtilis* son seguras para las personas que lo manipulan, porque este tipo de bacterias no es de riesgo, es decir, no es patógeno (no causan enfermedades) para el ser humano y es común en el medio ambiente; pero, se tiene que resaltar, que

cualquier manipulación de las bacterias, siempre se tienen que realizar con los equipos de protección personal para este tipo de trabajo.

Reproducción e esporulación de la bacteria.

Este proceso se desarrolló en el laboratorio de la facultad de Biología de la Universidad Mayor de San Marcos, donde, el primer objetivo fue reproducir en el laboratorio las bacterias en un caldo de cultivo para obtener un concentrado de bacterias para 05 litros, para esto, se cuenta con un certificado microbiológico de la bacteria Bacillus (ver Anexo 9), este proceso de reproducción se dio de la siguiente manera:

a. Equipos e instrumentos utilizados:

- Tubos de ensayo de 15 mililitros con tapas; instrumentos de vidrio del laboratorio.
- Placas Petri; instrumento de laboratorio que sirvió como contenedor para el caldo de cultivo.
- Refrigerador de laboratorio marca Thermo Scientific; utilizada para congelar, enfriar y conservar en buenas condiciones tanto el caldo de cultivo y las bacterias.
- Aguja de siembra; instrumento que sirvió para transferir y manipular las bacterias.
- Incubadora de laboratorio marca BioTek; equipo que sirvió para hacer crecer y reproducir en grandes colonias a las bacterias Bacillus Subtilis.
- Encendedor, instrumento usado para esterilizar la aguja de siembra.

b. Procedimiento:

Primero. Se preparó el caldo de cultivo, el cual, es una solución que contiene nutrientes para permitir el crecimiento y desarrollo de la bacteria Bacillus;

este caldo nutritivo tiene que estar a una temperatura de 121 °C aproximadamente, tal como se muestra en la Figura 6.



Figura N° 6. Preparación del caldo nutritivo a 121 °C

Fuente: Elaboración propia

Segundo. Se vertió el caldo nutritivo en tubos de ensayos y en placas Petri, que son recipientes de cristal con base circular que se usa en laboratorio, y tiene una altura aproximadamente de 1 centímetro.

Tercero. Se solidificó todas las placas Petri, para luego refrigerarlas a una temperatura entre 0 °C a 2 °C para su conservación.

Cuarto. Se transfirió la cepa bacteriana del *Bacillus Subtilis* sobre las placas de Petri que estaban solidificadas, estas bacterias se extendieron formando estrías, es decir, en forma de zigzag, tal como se muestra en la Figura 7.

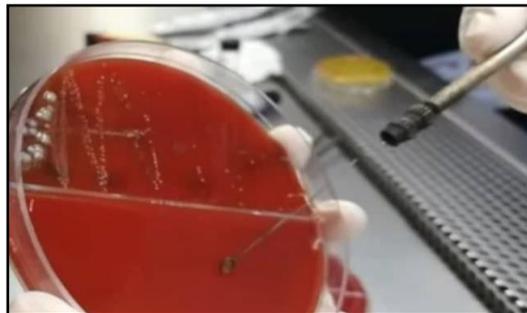


Figura N° 7. Bacterias transferidas en forma de zigzag sobre la placa Petri

Fuente: Elaboración propia

Quinto. Se cerró las placas Petri y nuevamente se refrigeró a una temperatura entre 0 °C a 2 °C hasta su posterior uso.

Sexto. Después de 24 horas y teniendo una cantidad significativa de bacterias, se procedió a reproducirlas en colonias más grandes a través de los tubos de ensayos que contenían el caldo de cultivo en forma líquida, y para esto, se esterilizó la boca de los tubos de ensayos y la aguja de siembra.

Séptimo. Con la aguja de siembra se transfirió las bacterias hacia el fondo de los tubos de ensayos y fueron cubiertos con sus tapones para hermetizar los tubos, y luego se llevó a refrigerarlos por 24 horas a una temperatura entre 0 °C a 2 °C para su conservación.

Octavo. Luego de un día se trasladó a una incubadora a una temperatura de 35 °C por 48 horas, esto, para activar una característica de la bacteria que es la esporulación, que es un mecanismo de defensa de dicha bacteria para poder sobrevivir 50 años aproximadamente sin oxígeno y sin alimento, y también para obtener grandes colonias de bacterias *Bacillus Subtilis*.

Noveno. Pasado los dos días se sacó de la incubadora, para luego dejarlos enfriar a temperatura ambiente.

Décimo. El líquido bacteriano se desechó, dejando solo dentro de los tubos de ensayos las bacterias esporuladas listas para ser usadas, pero antes, estas bacterias esporuladas fueron guardadas en una cadena de frío a una temperatura entre 0 °C a 2 °C para su conservación, hasta su utilización final, tal como se muestra en la Figura 8.



Figura N° 8. Cadena de frío para la conservación de las bacterias esporuladas

Fuente: Elaboración propia

Parte de Ingeniería:

Este proceso se desarrolló en el laboratorio de materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; donde, en primer lugar, se realizó el diseño de mezcla del concreto vivo tomando como referencias la Norma del Instituto Americano del Concreto N° 211, y de otras investigaciones científicas internacionales de los últimos 05 años que abarcaron el tema del concreto vivo en el sector construcción y su respeto por el medio ambiente; en segundo lugar, se pasó a la obtención del concreto vivo, teniendo en cuenta las proporciones exactas de los insumos para la mezcla, para luego, hacer pruebas de resistencia a la fuerza de compresión y de sellado de agrietamientos; en tercer lugar, se realizó la medición de las principales emisiones contaminantes que se generan en su proceso de obtención y uso del concreto vivo; para finalmente, ser comparados con los datos obtenidos por el tesista de las emisiones que generan actualmente las principales construcciones modernas de gran envergadura en Lima con el uso del concreto tradicional y otros compuestos químicos. A continuación, se detalla cada proceso desarrollado en el laboratorio de materiales:

Diseño de mezcla.

Para realizar el diseño de mezcla se realizó lo siguiente:

Primero se seleccionó el slump con el que se va a trabajar para el diseño, ya que, esto, representa el asentamiento máximo que tendrá el concreto en su estado fresco, para el diseño del concreto vivo se eligió que tenga un slump de 4 pulgadas, porque la resistencia del concreto para esta investigación es de 210 kg/cm².

- Luego se eligió el tamaño máximo del agregado grueso, que fue de $\frac{3}{4}$ pulgadas, y con esta información se fue a la cantera Huachipa a comprar los agregados para la mezcla.

Después se realizó una tabla de doble entrada en función del slump o asentamiento requerido y del tamaño máximo del agregado, para saber el contenido de agua más recomendable por la norma ACI 211; entonces, para el presente proyecto el slump requerido fue de 4 pulgadas, y el tamaño máximo del agregado fue de $\frac{3}{4}$ pulgadas, por lo tanto, según la norma ACI 211, el contenido de agua que se requiere para el diseño de este proyecto fue de 235 litros por metro cúbico, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla N° 3. Cantidad de agua que se usará por cada metro cúbico de concreto vivo

SLUMP	TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO (PULGADAS)				
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	2 "
1 " a 2 "	207 L/m ³	199 L/m ³	210 L/m ³	179 L/m ³	154
3 " a 4 "	228 L/m ³	216 L/m ³	235 L/m ³	193 L/m ³	169
5 " a 6 "	243 L/m ³	228 L/m ³	246 L/m ³	202 L/m ³	178

Fuente: Adaptado de la Norma ACI 211-Instituto Americano del Concreto, 2019

Después de haber elegido la cantidad de agua para la mezcla, se elaboró otra tabla con los valores de la relación: agua/cemento, de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que tendrá el presente proyecto, esta tabla, también es por recomendación y siguiendo lo que indica de Norma ACI 211 (Instituto Americano del Concreto), esto, se realizó con el fin de saber la cantidad de cemento se usará en la mezcla; entonces, el presente proyecto se diseñó para que tenga una resistencia a la fuerza de la compresión de 210 kg/cm², la cual, se utilizará en obras de gran envergadura; por lo tanto, según la tabla de

la Norma ACI 211, la relación agua/cemento que se requiere para este proyecto es de 0.56, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla N° 4. Relación agua/cemento según la resistencia a la compresión

RESISTENCIA A LA FUERZA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN PESO
350 kg/cm ²	0.39
300 kg/cm ²	0.45
250 kg/cm ²	0.52
210 kg/cm ²	0.56
150 kg/cm ²	0.71

Fuente: Adaptado de la Norma ACI 211-Instituto Americano del Concreto, 2019

Ahora, una vez que tenemos los datos de la cantidad de agua, y de la relación agua/cemento, se pudo hallar la cantidad o peso del cemento que se necesitó para la mezcla del concreto vivo, esto, con una simple operación matemática:

$$0.56 = \frac{\text{cantidad de agua}}{\text{peso del cemento}}$$

$$0.56 = \frac{235 \left(\frac{\text{Kilogramos}}{\text{metro cúbico}} \right)}{\text{peso del cemento}}$$

$$\text{peso del cemento} = 420 \frac{\text{kilogramos}}{\text{metro cúbico}}$$

Después de haber desarrollado la operación matemática, la cantidad de cemento Andino tipo I que se usó para la mezcla fue de 420 kg/m³.

Para los agregados se tomó de referencia la norma ACI 211, que indica los volúmenes adecuados para el concreto según la resistencia del concreto; entonces, para la presente investigación que se está tomando una resistencia de

210 kg/cm², los volúmenes de los agregados que se tomaron fueron: para el agregado grueso de 884 kg/m³, y para el agregado fino de 769 kg/m³.

Y por último para las proporciones de las bacterias que se usó para el diseño fue una concentración de 10⁹ células por mililitro, y de lactato de calcio fue de 106.9 g/L.

Además, se cuenta con un informe de laboratorio del diseño de mezcla para el concreto vivo firmado y validado por un ingeniero civil colegiado y habilitado, lo cual, lo hace más confiable, y, además, confirma que el trabajo realizado en esta etapa del diseño fue óptima y correcta (Ver Anexo 10).

Obtención del concreto vivo.

Se realizó siguiendo las siguientes normas técnicas peruanas:

- 339.047:2014 (Concreto - definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados).
- 339.033:2015 (Concreto - elaboración y curado de especímenes de concreto en campo).
- 339.088:2014 (Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland).

a. Equipos utilizados:

- Mezcladora de mortero tipo trompo, marca Dynamic; equipo usado para fabricar la mezcla.
- Regla de enrase; instrumento utilizado para quitar los excedentes de pasta.
- Balanza electrónica digital de precisión, marca Amput, y modelo LCD

- Balance (fecha de calibración: 10 de enero del 2019); utilizada para pesar los materiales.
- Placas de vidrio; sirven como superficie plana, limpia y lisa para colocar cada espécimen.
- Probeta; utilizada para los volúmenes de agua que se agregarán a la mezcla.
- Moldes; elaborados de tubos de PVC y usado para formar las probetas de concreto.
- Cuchara metálica; utilizada para agregar los materiales y poder empezar con la mezcla.
- Carretilla tipo buggy, utilizada para transportar los diferentes materiales que se usaron.
- Baldes de plástico transparentes, usados para trasladar los insumos dentro del laboratorio.
- Galonera de plástico, usado para transportar el concentrado de bacterias *Bacillus Subtilis*.
- Kit de equipo de protección personal (casco, guantes, zapato de seguridad, lentes).
- Procedimiento de **mezclado**.

Primero. Se alistan todos los insumos como: cemento, agregados, agua, bacterias; los cuales son necesarios para mezclar y obtener el concreto vivo, tal como se muestra en la Figura 9.



Figura N° 9. Insumos que se usó para el mezclado del concreto vivo

Fuente: Elaboración propia

Segundo. Se verificó que la mezcladora trompo este en óptimas condiciones mecánicas para que no falle durante la etapa de mezclado, tal como se muestra en la Figura 10.



Figura N° 10. Verificación del estado del trompo mezclador

Fuente: Elaboración propia

Tercero. Se dosificaron todos los materiales e insumos con los volúmenes indicados en el diseño de mezcla.

Cuarto. Se introdujo los agregados y cemento a la mezcladora y se empezó con el mezclado para la obtención del concreto vivo, tal como se muestra en la Figura 11.



Figura N° 11. Inicio del mezclado para la obtención del concreto vivo

Fuente: Elaboración propia

Quinto. Se comenzó a llenar la mezcla en las probetas de concreto de un tamaño de 10 cm x 20 cm, tanto para el concreto tradicional (se usó unas probetas de color negro); como para el concreto vivo (se usó unas probetas de color rojos), para poder diferenciarlas, tal como se muestra en la Figura 12; para después, poder compararlos entre ellos, para tener conocimiento si los dos cumplen con la misma finalidad de reparar agrietamientos del concreto, y además saber cuál de los dos genera menos contaminantes para el medio ambiente.



Figura N° 12. Llenado de las probetas con la mezcla de concreto tradicional (negras) y con el concreto vivo (rojas) – 26/01/2019

Fuente: Elaboración propia

Sexto. Después de dos días, se empezó a desmoldar, tal como se observa en la Figura 13, y luego se comenzó con el curado del concreto en una poza de agua, pero antes de meter a la poza se las etiquetó con un plumón indeleble, para ser reconocidos a la hora de hacer las pruebas de resistencia a la fuerza de compresión.



Figura N° 13. Proceso de desmoldado de los dos tipos de concreto

Fuente: Elaboración propia

Prueba de resistencia a la fuerza de la compresión.

Se desarrolló en el laboratorio de materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, este ensayo se realizó con la máquina de compresión automática, de marca Forney, serie 700-011 (fecha de calibración: 10 de enero del 2019); con la ayuda de dicha máquina, inicialmente se procedió a romper las probetas de concreto, tanto del tradicional, como del concreto vivo, tal como se muestra en la Figura 14; para después, compararlos, y saber qué tipo de concreto cumple con la resistencia para la que fue diseñada, y, por último saber cuál de los dos tipos de concreto fue el más resistente a la fuerza de compresión, y si esta, cumple con la norma establecida por CAPECO. Estos ensayos de roturas se dieron en sus 04 diferentes edades del concreto, a los 07 días, a los 14 días, a los 21 días y a los 30 días, tal como señala la norma ACI, donde, en cada una de las edades se ensayaron 03 probetas de concreto tradicional y 03 de concreto vivo, y muy aparte, se ensayaron por única vez 02 probetas de concreto vivo adicionales, para poder hacer el control y monitoreo del sellado de grietas.

Las fechas de los ensayos de compresión fueron los siguientes:

- a) **Primera rotura.** Se realizó a los 07 días (Fecha de 1ra rotura: 02/02/2019).
- b) **Segunda rotura.** Se realizó a los 14 días (Fecha de 2da rotura: 9/02/2019).
- c) **Tercera rotura.** Se realizó a los 21 días (Fecha de 3ra rotura: 16/02/2019).
- d) **Cuarta rotura.** Se realizó a los 30 días (Fecha de 4ta rotura: 25/02/2019).



Figura N° 14. Prueba de resistencia a la fuerza de compresión del concreto vivo

Fuente: Elaboración propia

Prueba de sellado de fisuras en el concreto.

Dos probetas de concreto vivo adicionales fueron sometidos a la máquina de compresión con la clara intención de agrietarlas, para después medir el tamaño de las grietas con un fisurómetro, así se muestra en la Figura 15; y de esta manera, poder conocer si las bacterias se activan sellando estas grietas, y también determinar en qué lapso de días lo realizan.



Figura N° 15. Medición del tamaño de las grietas en las probetas de concreto

Fuente: Elaboración propia

Medición de las principales emisiones contaminantes.

La medición de los principales contaminantes, tales como: el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles, entre otros; se realizó en el mismo lugar donde se elaboró y almacenó el concreto vivo, es decir, en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

La medición y monitoreo de dichos contaminantes, se realizó con un moderno medidor de calidad de aire marca PCE, modelo RCM 16, tal como se observa en la Figura 16, (fecha de calibración: 10 de enero del 2019); la medición se realizó teniendo como referencia lo que indica la Dirección General de Salud Ambiental - Decreto Supremo N° 074-2001-PCM: “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”, el cual, señala que: “las mediciones de las grietas en el concreto tienen que realizarse una vez a la semana”.

Entonces, para la presente investigación se realizó las mediciones de los gases contaminantes de la siguiente manera: el primer día de la obtención del concreto vivo (26/01/2019), se efectuaron tres mediciones en diferentes horarios, las cuales fueron: a las 9.00 am, a las 11.00 am, y a la 1.00 pm (lapso de 2 horas entre cada medición) ya que este día fue el más crítico a la hora de generar gases contaminantes para el medio ambiente, porque en este primer día, se manipularon todos los materiales de construcción (agregado grueso, agregado fino, y cemento), y además, se manipularon los agentes y microorganismos biológicos (concentrado de bacterias en su forma esporulada) durante 6 horas aproximadamente, y todo esto, dentro de un solo ambiente del laboratorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, es decir, a la hora de la obtención del concreto vivo se generó más contaminantes atmosféricos, en comparación a

los demás días, los cuales solo fueron de control, donde, se midió una vez por semana, y se aprovechó los días de rotura del concreto, es decir, las mediciones adicionales fueron 4, y las fechas fueron: el 02 de febrero, el 09 de febrero, el 16 de febrero y el 25 de febrero del 2019.



Figura N° 16. Medición de emisiones contaminantes con el medidor de calidad de aire PCE - RCM 16

Fuente: Elaboración propia

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

En esta parte se presenta los resultados del trabajo de campo.

Resultado del objetivo específico 1:

“Obtener el concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales”.

Los resultados con las dosificaciones exactas de los insumos para la obtención de 1 m³ concreto vivo se presenta mediante la Tabla 5.

Tabla N° 5. Resultado de la dosificación de insumos para 1 m³ de concreto vivo

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	419.70	kg/m ³
Agua con bacterias	235.88	L/m ³
Agregado fino	779.30	kg/m ³
Agregado grueso	887.47	kg/m ³
Concentrado de Bacillus Subtiles	10 ⁹	cel/ml
Lactato de calcio	25.71	kg/m ³

Comentario de Tabla N° 5: Esta tabla muestra las dosificaciones para la elaboración de 1 m³ de concreto vivo, donde, se añade bacterias al agua y lactato de calcio (0.109 kg/L), entonces para el agua con bacterias que tiene una dosificación de 235.88 L/m³ multiplicado por 0.109 kg/L da como resultado 25.71 kg/m³ (cantidad de lactato de calcio); se tiene que recalcar que este diseño se realizó siguiendo la norma ACI 211.

Resultado del objetivo específico 2:

“Comprobar mediante ensayos de compresión y sellado, que el concreto vivo es capaz de sellar agrietamientos eficazmente y sin generar altos índices de contaminación ambiental”.

Para presentar los resultados de los ensayos de la resistencia a la fuerza de la compresión de ambos tipos de concreto, se construyó la Figura 17.

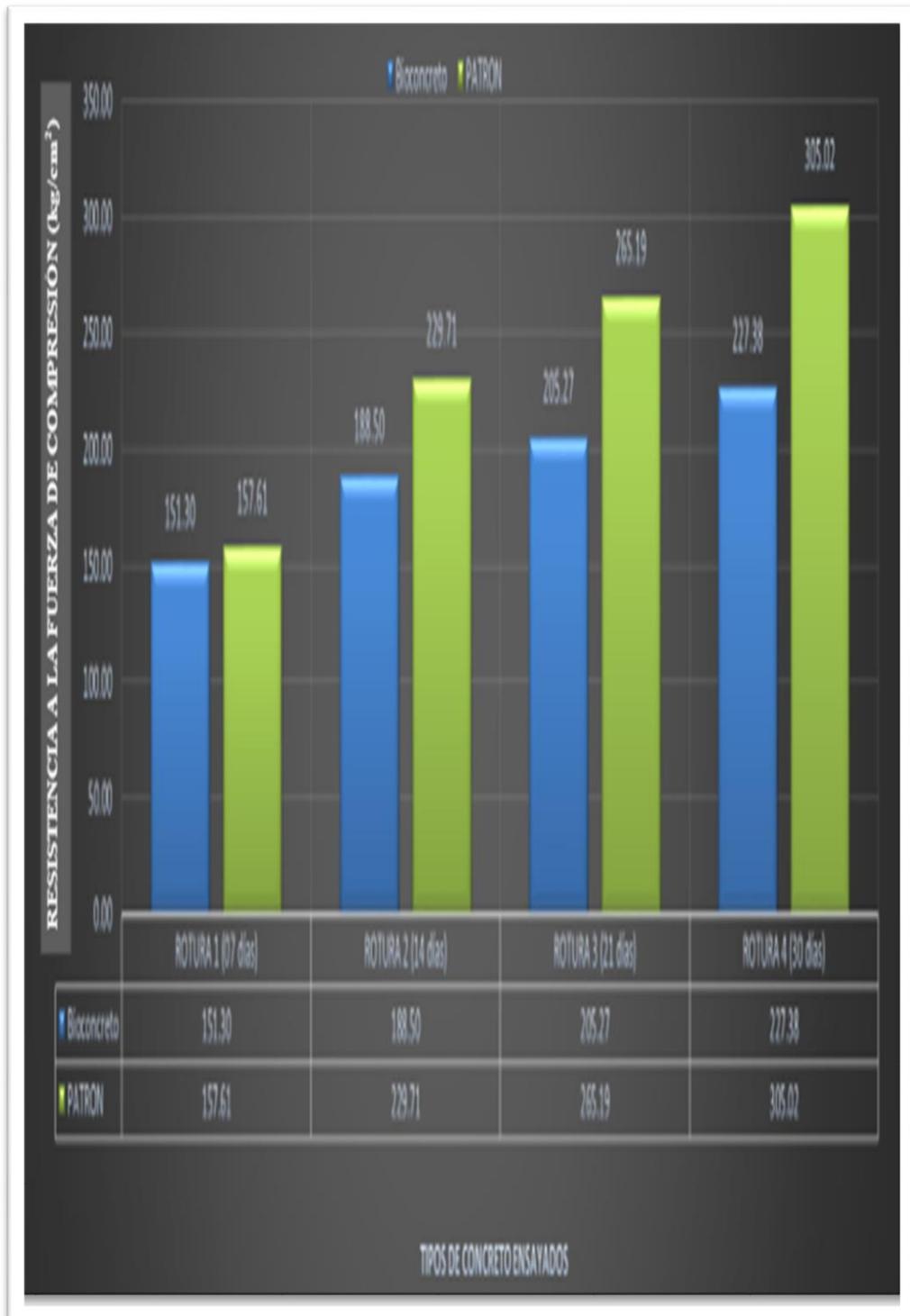


Figura N° 17. Histograma de los 4 ensayos de resistencias a la compresión de los dos tipos de concreto en sus diferentes edades

Fuente: Elaboración propia

Comentario de Figura N° 17: Esta tabla muestra que el concreto tradicional (color verde) tiene una mayor resistencia a la fuerza de compresión en comparación al concreto vivo (color azul), esta diferencia es aproximadamente de un 15% de más.

Para los resultados del monitoreo del sellado de las grietas del concreto vivo, se construyó la Figura 18.

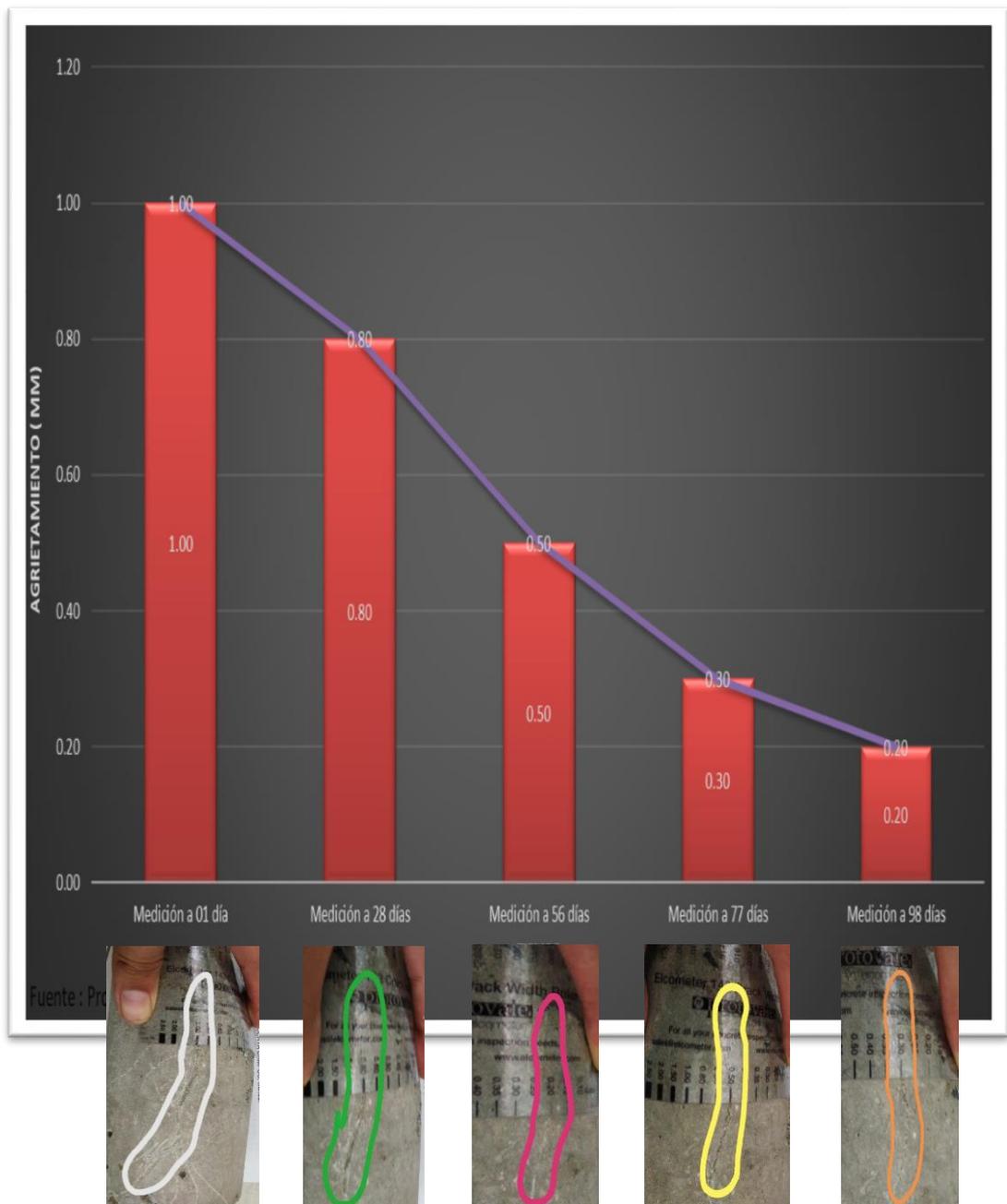


Figura N° 18. Histograma del monitoreo de medición del sellado de los agrietamientos del concreto vivo en sus diferentes edades en el tiempo

Fuente: Elaboración propia

Comentario de Figura N° 18: Nota. Aquí, se puede observar que la grieta más ancha midió 1.00 mm; luego se midió cada 28 días, donde, se constató que la grieta se iba cerrando de la siguiente manera: 1ra medición (1.00 mm), 2da medición (0.80 mm), 3ra medición (0.50 mm), 4ta medición (0.30 mm), 5ta medición (0.20 mm), 6ta medición (0.03 mm).

Resultado del objetivo específico 3:

“Realizar una comparación de los impactos ambientales que generan el uso del concreto vivo, versus los productos químicos que se usan actualmente en las reparaciones de los agrietamientos”.

Para presentar los resultados de las mediciones tomadas de las principales emisiones contaminantes que generan el concreto vivo desde su obtención hasta su uso en reparaciones de agrietamientos de concreto, se construyó la Tabla 6.

Tabla N° 6. Mediciones y monitoreo de las principales emisiones contaminantes que genera el concreto vivo en diferentes periodos de tiempo

EMISIONES	DÍA 1 (26/01/19) Promedio	DÍA 2 (02/02/19)	DÍA 3 (09/02/19)	DÍA 4 (16/02/19)	DÍA 5 (25/02/19)	PROMEDIO TOTAL
Monóxido de carbono (CO)	9.2 %	1.5 %	1.7 %	1.6 %	1.0 %	3.0 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	11.5 %	2.1 %	2.2 %	2.2 %	2.0 %	4.0 %
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	3.4 %	0.3 %	0.4 %	0.5 %	0.4 %	1.0 %
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	5.5 %	1.1 %	1.0 %	1.2 %	1.2 %	2.0 %
Otros	4.8 %	1.5 %	1.5 %	1.1 %	1.1 %	2.0 %

Comentario de Tabla N° 6: Esta tabla muestra los resultados de las mediciones que se realizaron en laboratorio de materiales, en los diferentes periodos de tiempo, en el día 1, que es el día de la obtención del concreto vivo, se realizaron 3 mediciones, y lo que se muestra en la segunda columna de la tabla es el promedio de esas tres mediciones; por otro lado, en los días 2, 3, 4 y 5 se realizaron las mediciones una sola vez y esos días coinciden con los días de rotura del concreto; cabe resaltar que para su fácil interpretación, los resultados están dados en porcentajes; y la última columna de la tabla que lleva título de promedio total, significa que, esa columna muestra los promedios de emisiones que generan el concreto vivo desde su obtención hasta su posterior uso en reparaciones de agrietamientos del concreto.

Ahora, para cumplir con lo que indica el objetivo específico 3, se construyó la Tabla 7, para realizar una interesante comparación de los resultados de las principales emisiones contaminantes que generan el uso del concreto vivo, frente a las emisiones que generan el uso del concreto tradicional más elementos químicos que se usan en la actualidad para reparar agrietamientos en el concreto de las construcciones modernas.

Tabla N° 7. Comparación de porcentajes de las emisiones contaminantes que genera el uso del concreto vivo versus el concreto tradicional más elementos químicos

EMISIONES	MEDIDA	USO DEL CONCRETO VIVO	USO DEL CONCRETO TRADICIONAL MÁS ELEMENTOS QUÍMICOS
Monóxido de carbono (CO)	%	3.0	30.0
Dióxido de carbono (CO ₂)	%	4.0	35.0
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	%	1.0	10.0
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	%	2.0	18.0
Otros	%	2.0	15.0
PROMEDIO	%	2.4	21.6

Comentario de Tabla N° 7: Esta tabla muestra los resultados del promedio total de la medición que se realizó en laboratorio de materiales, los resultados están dados en porcentajes de las principales emisiones atmosféricas que genera el uso del concreto vivo a la hora de reparar grietas en el concreto (columna color celeste) que es en promedio del 2.4 %; además, en esta misma tabla se puede apreciar la comparación con las emisiones que genera el concreto tradicional más elementos químicos que se usan en la actualidad para el mismo fin, que es en promedio del 21.6 %; entonces, se puede determinar que con el uso del concreto vivo se puede mitigar las emisiones contaminantes en un 90 % aproximadamente.

Resultado del objetivo específico 4:

“Investigar y calcular el costo de elaboración del concreto vivo, el cuál servirá para disminuir los impactos ambientales generados por las construcciones modernas”.

Para presentar los resultados de los costos, se diseñaron las siguientes tablas: en la Tabla 8 se muestra el costo de la obtención para 1 m³ de concreto tradicional, en la Tabla 9 se muestra el costo de la obtención para 1 m³ del concreto vivo, y en la Figura 19, se puede observar una comparación monetaria, incluido sus mantenimientos, entre los costos de obtención de estos dos tipos de concreto comparadas en el tiempo.

Tabla N° 8. Costo de la obtención para 1 m³ de concreto tradicional, con rendimiento de 21 m³/día

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)	Total (S/)
MATERIALES:						311.77
Piedra chancada	m ³		0.887	50.00	44.37	
Arena gruesa	m ³		0.779	47.00	36.61	
Cemento Portland (42.5 kg)	bls		9.880	23.00	227.24	
Agua puesta en obra	m ³		0.236	15.00	3.54	
MANO DE OBRA:						66.55
Capataz	Hh	0.100	0.038	27.49	1.05	
Operario	Hh	1.000	0.381	22.91	8.73	
Oficial	Hh	1.000	0.381	18.12	6.90	
Peón	Hh	8.000	3.047	16.37	49.88	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						11.10
Herramientas manuales	% MO		3%	66.55	2.00	
Vibrador de concreto 4 hp	hm	1.000	0.381	5.76	2.19	
Mezcladora de concreto	hm	1.000	0.381	18.14	6.91	
TOTAL					S/ 389.42	

Comentario de Tabla N° 8: Esta tabla muestra los precios unitarios de la elaboración para 1 m³ de concreto tradicional, donde se consideró los materiales, la mano de obra, los equipos y herramientas que se utilizaron en la elaboración del concreto tradicional, con f'c de 210 kg/cm², y un slump de 4".

Tabla N° 9. Costo de la obtención para 1 m³ de concreto vivo,

con rendimiento de 21 m³/día

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)	Total (S/)
MATERIALES:						1527.0
Piedra chancada	m ³		0.887	50.00	44.37	
Arena gruesa	m ³		0.779	47.00	36.61	
Cemento Portland (42.5 kg)	bls		9.880	23.00	227.24	
Agua + concentrado de bacterias	m ³		0.236	4620.0	1090.3	
Lactato de calcio (25.0 kg)	Bls		1.028	125.0	128.5	
MANO DE OBRA:						66.55
Capataz	Hh		0.100	0.038	27.49	1.05
Operario	Hh		1.000	0.381	22.91	8.73
Oficial	Hh		1.000	0.381	18.12	6.90
Peón	Hh		8.000	3.047	16.37	49.88
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						11.10
Herramientas manuales	% MO		3%	66.55	2.00	
Vibrador de concreto 4 hp	hm	1.00	0.3810	5.76	2.19	
Mezcladora de concreto	hm	1.00	0.3810	18.14	6.91	
TOTAL					S/	1604.

Comentario de Tabla N° 9: Esta tabla muestra los precios unitarios para 1 m³ de concreto vivo, donde se consideró los materiales, la mano de obra, los equipos y herramientas que se utilizaron en la elaboración del concreto vivo, con f'c de 210 kg/cm², y un slump de 4".



Figura N° 19. Comparación de costos entre la obtención del concreto patrón o tradicional y del concreto vivo en el tiempo (incluido su mantenimiento)

Fuente: Elaboración propia

Comentario de Figura 19: En los costos de elaboración para 1 m³ de concreto vivo en comparación con 1 m³ de concreto patrón, la diferencia en soles es muy alta a favor del concreto vivo, es decir, el concreto vivo cuesta casi cuatro veces más.

4.3. Prueba de hipótesis.

En esta parte se presenta la validación de las hipótesis consideradas en la investigación, para lo cual, se hizo uso de la prueba de la independencia utilizando el estadístico de prueba Chi Cuadrado, esta prueba de hipótesis coteja la distribución observada de todos los datos con una distribución esperada de los mismos datos, donde, se pretende medir que las variables consideradas en cada una de las hipótesis específicas son independientes o están relacionadas (Hernández, 1999).

Prueba de la primera hipótesis específica:

Las hipótesis:

Hipótesis nula: No se puede elaborar y obtener un concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales de la construcción en la ciudad de Lima.

Hipótesis alterna: Si se puede elaborar y obtener un concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales de la construcción en la ciudad de Lima.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0,05$$

Cálculo del estadístico Chi-cuadrado:

$$X^2 = \sum \frac{(f_0 - f_t)^2}{f_t}$$

$$X^2 = 6.20$$

Valor crítico del Chi-cuadrado:

$$X^2 = 5.50$$

Comparación del valor de Chi-cuadrado y toma de decisión:

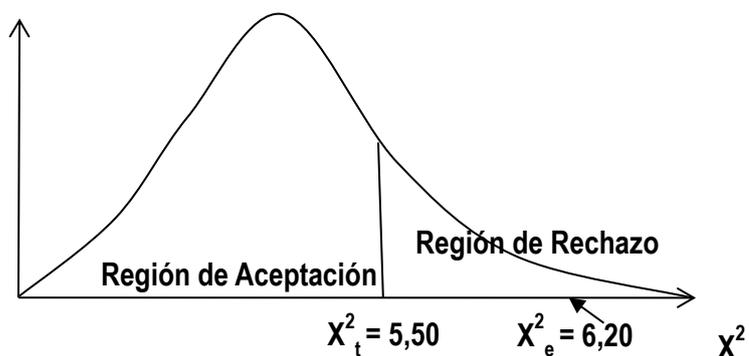


Gráfico 1: Región de rechazo y aceptación; distribución Chi-cuadrado

Interpretación de la prueba:

De acuerdo con los resultados, como el Chi-cuadrado estimado es mayor que el

tabulado ($X_e^2 = 6,20 > X_t^2 = 5,50$), se afirma que 6,20 cae en la región de rechazo, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; luego:

“Si se puede elaborar y obtener un concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales de la construcción en la ciudad de Lima”.

Prueba de la segunda hipótesis específica:

Las hipótesis:

Hipótesis nula: El concreto vivo no sella eficazmente los agrietamientos de las construcciones modernas, por ende, se tienen que usar productos químicos contaminantes que afectan al medio ambiente.

Hipótesis alterna: El concreto vivo si sella eficazmente los agrietamientos de las construcciones modernas sin la necesidad de usar productos químicos contaminantes que afectan al medio ambiente.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0,05$$

Cálculo del estadístico Chi-cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(f_0 - f_t)^2}{f_t}$$

$$X^2 = 10,42$$

Valor crítico del Chi-cuadrado

$$X^2 = 9,49$$

Comparación del valor de Chi-cuadrado y toma de decisión

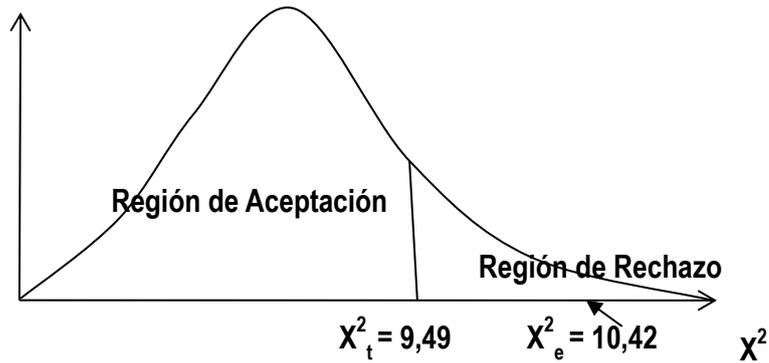


Gráfico 2: Región de rechazo y aceptación; distribución Chi-cuadrado

Interpretación de la prueba:

De acuerdo con los resultados, como el Chi-cuadrado estimado es mayor que el tabulado ($X_e^2 = 10,42 > X_t^2 = 9,49$), se afirma que 10,42 cae en la región de rechazo, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; luego:

“El concreto vivo si sella eficazmente los agrietamientos de las construcciones modernas sin la necesidad de usar productos químicos contaminantes que afectan al medio ambiente”.

Prueba de la tercera hipótesis específica:

Las hipótesis:

Hipótesis nula: El uso del concreto vivo no reduce el impacto ambiental en las reparaciones de los agrietamientos comparado con los productos químicos que se usan en la actualidad para el mismo fin.

Hipótesis alterna: El uso del concreto vivo si reduce notablemente el impacto ambiental en las reparaciones de los agrietamientos comparado con los productos químicos que se usan en la actualidad para el mismo fin.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0,05$$

Cálculo del estadístico Chi-cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(f_0 - f_t)^2}{f_t}$$

$$X^2 = 6,14$$

Valor crítico del Chi-cuadrado

$$X^2 = 5,78$$

Comparación del valor de Chi-cuadrado y toma de decisión

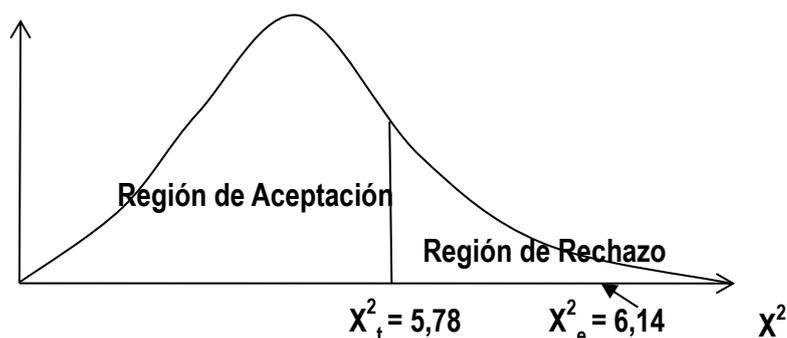


Gráfico 3: Región de rechazo y aceptación, distribución Chi-cuadrado

Interpretación de la prueba:

De acuerdo a los resultados, como el Chi-cuadrado estimado es mayor que el tabulado ($X^2_e = 6,14 > X^2_t = 5,78$), se afirma que 6,14 cae en la región de rechazo, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; luego:

“El uso del concreto vivo si reduce notablemente el impacto ambiental de las reparaciones de los agrietamientos en comparación con los productos químicos que se usan en la actualidad para el mismo fin”.

Prueba de la cuarta hipótesis específica:

Las hipótesis:

Hipótesis nula: El costo de la obtención del concreto vivo es igual y hasta más costoso en el tiempo, y menos conveniente para las empresas privadas y públicas, porque necesitan mantenimiento y generan contaminantes ambientales.

Hipótesis alterna: El costo de la obtención del concreto vivo si es más económico en el tiempo, y más conveniente para las empresas privadas y públicas, porque no necesitan mantenimiento y no generan contaminantes ambientales.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Cálculo del estadístico Chi-cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(f_0 - f_t)^2}{f_t}$$
$$X^2 = 7,29$$

Valor crítico del Chi-cuadrado

$$X^2 = 4.58$$

Comparación del valor de Chi-cuadrado y toma de decisión

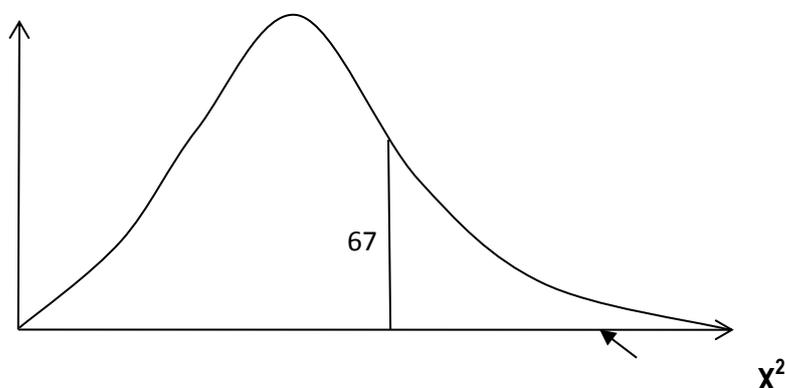


Gráfico 4: Región de rechazo y aceptación; distribución Chi-cuadrado

Interpretación de la prueba:

De acuerdo con los resultados, como el Chi-cuadrado estimado es mayor que el tabulado ($X^2_e = 7,29 > X^2_t = 4,58$), se afirma que 7,29 cae en la región de rechazo, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; luego:

“El costo de la obtención del concreto vivo si es más económico en el tiempo, y más conveniente para las empresas privadas y públicas, porque no necesitan mantenimiento y no generan contaminantes ambientales”.

4.4. Discusión de resultados.

La discusión de los resultados se realiza a la luz de las hipótesis planteadas en la investigación.

Hipótesis específica 1.

En la hipótesis se plantea que: “Si se puede elaborar y obtener un concreto vivo que sirva para mitigar los impactos ambientales de la construcción en la ciudad de Lima”.

Efectivamente esta hipótesis fue probada y se constató en el laboratorio de materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; que siguiendo la norma ACI 211 y los estándares de calidad, se pudo elaborar el diseño de mezcla óptima para la obtención del concreto vivo, el cual, se auto repara de sus propias fisuras y agrietamientos por sí solo, mitigando de esta manera los impactos ambientales en el sector construcción de la ciudad de Lima.

Hipótesis específica 2.

En la hipótesis se plantea que: “El concreto vivo si sella eficazmente los agrietamientos de las construcciones modernas sin la necesidad de usar productos químicos contaminantes que afectan al medio ambiente”.

Esta hipótesis fue probada y se constató en el laboratorio de materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, que el concreto vivo si logra sellar completamente los agrietamientos producidos en el concreto, con una tendencia de sellado de la grieta de 0.20 milímetros por mes; esto se dio, sin la necesidad de la intervención de la mano del hombre, ni del uso de otros compuestos químicos que en su gran mayoría afectan considerablemente el medio ambiente.

Hipótesis específica 3.

La hipótesis sostiene que: “El uso del concreto vivo si reduce notablemente el impacto ambiental en las reparaciones de los agrietamientos comparado con los productos químicos que se usan en la actualidad para el mismo fin”

Esta hipótesis fue probada también en laboratorio y luego los resultados fueron comparados en cuadros estadísticos e histogramas para su fácil entendimiento, donde se apreció que, con el uso del concreto vivo, los impactos ambientales negativos generados son menor en un 90% aproximadamente, en comparación con los productos químicos que se utilizan en la actualidad para el mismo fin.

Hipótesis específica 4.

La hipótesis sostiene que: “El costo de la obtención del concreto vivo es más económico en el tiempo, y más conveniente para las empresas privadas y públicas, porque no necesitan mantenimiento y no generan contaminantes ambientales”.

Esta hipótesis fue probada, validada y constatada en gabinete; si bien es cierto la obtención del concreto vivo es más costoso en un 70 % aproximadamente en comparación con el concreto tradicional, pero el valor agregado del concreto vivo es que no necesita de mantenimiento alguno mínimamente durante 08 años, porque este material innovador se auto repara por sí mismo; eso no sucede con el concreto tradicional, ya que este tipo de concreto si necesita mantenimiento de una vez al mes, ocasionando de esta manera más gastos; entonces, si comparamos estos dos tipos de concreto en el tiempo, es decir en 08 años, el concreto tradicional más su mantenimiento por este periodo, es más costoso en un 30% aproximadamente en comparación que el concreto vivo (ver Figura 19); pero sobre todo, el uso del concreto tradicional genera altos porcentajes de contaminantes que son perjudiciales para el medio ambiente, mientras que el uso del concreto vivo emite mínimos porcentajes de emisiones atmosféricas contaminantes, por lo tanto, el impacto ambiental negativo en las obras civiles que usen el concreto vivo serán mínimas e insignificantes comparadas con los que se genera actualmente en el sector construcción.

CONCLUSIONES

1. Se puede afirmar que para obtener el concreto vivo se tiene que añadir bacterias del género *Bacillus Subtilis* a la mezcla tradicional del concreto, la proporción óptima para tener buenos resultados fue de 10^9 células por mililitro, y además, se le incrementó lactato de calcio en una proporción de 109.1 gramos por litro, el cual, sirve como alimento para las bacterias; estos microorganismos fueron los encargados de sellar las grietas con calcita sin la necesidad de usar productos químicos porque se auto reparan por sí solas, logrando de esta manera, mitigar los impactos ambientales negativos.
2. Se logró comprobar que el concreto vivo a partir de los 30 días, sí alcanza su resistencia a la compresión para la que fue diseñada, esto significa que, si cumple con las normas peruanas de construcción, y, por lo tanto, su uso es factible y viable en obras civiles de gran envergadura en Lima y en todo el Perú. Y, además, se logró corroborar que el concreto vivo sella eficazmente las grietas en el concreto donde la tendencia a disminuir el ancho de la grieta fue de 0.20 milímetros por mes; esto quiere decir, que una grieta que mide 1.00 milímetro de ancho, se auto repara completamente en un lapso de 5 meses aproximadamente, y esto sin usar compuestos químicos que dañen el medio ambiente.
3. Se constató mediante tablas comparativas que, el uso del concreto vivo genera porcentajes mínimos de gases contaminantes, en un promedio del 2.4 %, dichos porcentajes se encuentran dentro de los límites permisibles para emisiones atmosféricas que manda la Organización Mundial de la Salud, mientras, que el uso de productos químicos que se usan en la actualidad para reparar los agrietamientos

en el concreto, genera porcentajes altos de gases contaminantes, en un promedio del 21.6%; entonces, se puede afirmar que con el uso del concreto vivo se puede reducir estos impactos ambientales en un 90 % aproximadamente.

4. Se puede afirmar que el costo de obtención para 1 m³ de concreto vivo es de S/ 1 604.69 soles, y este monto, es aproximadamente 4 veces más caro que la obtención para 1 m³ de concreto tradicional que es de S/ 389.42 soles, sin embargo, el concreto vivo tiene la gran ventaja de auto repararse por sí mismo, y, de esta manera se evita tener gastos adicionales de mantenimiento y de mano de obra mínimamente durante 8 años; esto, quiere decir, que las obras civiles modernas construidas con concreto vivo, en el mediano y largo plazo ocasiona un 30 % menos de costos; y además, son más productivas, y sostenibles en el tiempo.

RECOMENDACIONES

1. Se propone investigar los diferentes tipos de bacterias que producen calcita y también los diferentes tipos de hongos silvestres existentes en el Perú para la obtención del concreto vivo, porque existen investigaciones recientes en Estados Unidos, que afirman que estos hongos al igual que las bacterias del género Bacillus, también generan calcita, material que sirve para rellenar las grietas del concreto y sobre todo que no generan impactos ambientales negativos.

2. Se recomienda realizar todos los ensayos de ingeniería en laboratorios autorizados que cuente con autorización para realizar dichos ensayos, con las máquinas e instrumentos debidamente calibradas, y, que emitan certificados de los ensayos firmados por un ingeniero civil colegiado y habilitado; además, para monitorear el sellado de las grietas se recomienda hacerlo con un microscopio electrónico de barrido con mayor aumento, para poder observar sin ninguna dificultad el desarrollo de la reparación del concreto agrietado, ya que, a los primeros días, estas reparaciones son microscópicas; y, si se quiere observar a simple vista, se tiene que esperar un tiempo de 03 semanas aproximadamente.

3. Se recomienda monitorear constantemente la calidad del aire del ambiente donde se está ejecutando la obra, para saber si el aire que se está respirando se encuentra dentro de los límites permisibles; además, se debe tener el claro conocimiento, de qué materiales que se usan en obra son más contaminantes y peligrosos que pudieran generar alguna enfermedad en los trabajadores, y perjudicar el medio ambiente, esto,

para buscar alternativas de materiales modernos e innovadores para lograr una construcción sostenible.

4. Se sugiere usar el concreto vivo solo en obras de gran envergadura, tales como: puentes, autopistas, represas, carreteras, túneles, etc., obras que tengan proyectado una vida útil de más de 30 años, por el elevado costo que se invierte en la elaboración y obtención de este tipo de concreto, porque solo de esta manera, se puede justificar el costo elevado de inversión, porque su gran ventaja es la auto reparación con el tiempo; no se puede pensar, ni proyectar su uso en construcciones momentáneas, provisionales, o que durarán poco tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción. Palestina*, 29(3), 234-254. [Consulta: 11 de abril 2020]
- Águila, I. (2017). Presente y futuro de la tecnología del concreto. *Tecnología constructiva-Trienal*, 5(1), 5-12. Recuperado de http://trienal.fau.ucv.ve/2017/publicacion/articulos/TC/extenso/TIFAU2017_Extenso_TC-05_IAGuila.pdf [Consulta: 25 de mayo 2020]
- Anneza, N., Othman, A., Faisal, A., & Zamer, T. (2017). Comparación de la resistencia del concreto, con la adición de dos bacterias de diferentes orígenes. *Scielo Analytics*, 25, 215-240. [Consulta: 11 de mayo 2020]
- Asenjo, D. (2019). *Influencia de la incorporación del aditivo bacteriano en la reparación del proceso de fisuración controlada del concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3243> [Consulta: 05 de diciembre 2019]
- Benavides, L. (2019). Planos históricos de Lima. *Revista Digital de Arquitectura*, 7(3), 15-17. [Consulta: 10 de abril 2021]
- Castorena, V. (2019). Evaluación de la funcionalidad del sistema de reparación a base de bacterias para hormigón mediante análisis ESEM. *Revista Delft, Países Bajos, Universidad Tecnológica de Delft*, 2(2), 5-25. [Consulta: 19 de julio 2020]
- Cuadros, J. (2018). Rumbo a las edificaciones biológicas. *Ciencia Acierta*, 9(1), 55-59. [Consulta: 22 de setiembre 2020]

- Delgado, A. (2019). Desarrollo y aplicación de un biomaterial para autoreparación de materiales de construcción basados en concreto, cemento, ladrillo y quincha usados en edificaciones. *Construir*, 10, 55-80. [Consulta: 07 de diciembre 2020]
- Dirección General de Salud Ambiental (2001). Decreto Supremo N° 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Lima, Perú. [Consulta: 21 de enero 2020]
- Gómez, R. (2017). La infraestructura verde es vital para promover el desarrollo sostenible. *Revista de apoyo del Fondo Español para América Latina y el Caribe*, 3(2), 11-25. [Consulta: 24 de agosto 2020]
- Hernández, R. (1999). Métodos de la investigación científica. (4a. ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana Editores. [Consulta: 16 de abril 2020]
- Jonkers, H. (2016). Prototipo de bioconcreto, el concreto que se repara así mismo. *CNN y C&T*, 5(3). Recuperado el 24 de abril de 2018, de <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/profesor-holandes-crea-un-concreto-vivo-que-se-repara-a-si-mismo> [Consulta: 03 de agosto 2020]
- Kaur, A. (2019). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción-Chile*, 29(3), 11-22. [Consulta: 22 de mayo 2020]
- León, J. (2020). Obras viales integradoras e importantes del Perú y de alta ingeniería para obras complejas – *Revista Perú Construye (7a ed.)*, 5-41 [Consulta: 19 de julio 2021]

- López, R. (2014). *Concreto - Diseño de Mezclas* (2a ed.). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia. [Consulta: 18 de mayo 2020]
- Manso, S. (2018). El concreto vivo, material de construcción inspirado en la naturaleza que revolucionará la forma de construcción de infraestructura. *Documento de la Universidad Técnica de Cataluña*, 2(1), 17-1 [Consulta: 22 de junio 2020]
- Manzanares, K. (2016). El bioconcreto como un producto forestal para viviendas ecológicas en Cuba. *Revista costos para el mundo*, 5(1), 8-34. [Consulta: 04 de mayo 2020]
- Mendoza, N. & Sánchez, J. (2018). *Análisis de la resistencia del concreto utilizando bacterias del género Bacillus y biopolímeros como bioreparador* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/116> [Consulta: 16 de junio 2020]
- Método ACI 211 (2019). Dosificación de mezclas de hormigón. *Instituto Americano del Concreto*, 3(1), 5-55. [Consulta: 22 de setiembre 2020]
- Mora, N. (2017). *La autoreparación de fisuras en concreto rígido para pavimentos mediante la adición de bacterias bioprecipitadoras de carbonato de calcio*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60199> [Consulta: 19 de noviembre 2020]
- Norma Técnica Peruana 339.088 (2014). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Lima, Perú: INDECOPI. [Consulta: 19 de abril 2020]

Norma Técnica Peruana 339.047 (2014). HORMIGÓN - CONCRETO.

Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. Lima, Perú: INDECOPI. [Consulta: 19 de abril 2020]

Norma Técnica Peruana 339.033 (2015). Concreto-Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima, Perú: INDECOPI. [Consulta: 19 de abril 2020]

Oficina de proyectos de la Municipalidad de Lima (2019). Entrevista personalizada. [Consulta: 09 de enero 2019]

Parraguez, A. (2018). *Estudio sobre el rendimiento de bacterias como agente de autoreparación en el hormigón bajo diferentes condiciones de temperatura y tipo de cemento* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso, Chile]. Repositorio: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43497/3560900257477UTFSM.pdf> [Consulta: 09 de diciembre 2020]

Srubar, W. (2020). Edificios vivientes: ladrillos vivos y ecológicos hecho a base de bacterias y arena. *ABC y Química noticias*, 4, 12-21. Recuperado el 16 de enero de 2020, de <https://www.quimica.es/noticias/1164479/las-bacterias-y-la-arena-se-transforman-en-hormign-vivo.html> [Consulta: 13 de diciembre 2020]

ANEXOS

Anexo N° 1: Instrumento de recolección de datos

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Escuela De Posgrado

Cuestionario

FECHA:..... /..... /.....

N°

I. Objetivo:

Recabar información básica para realizar la investigación intitulada “Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas en la ciudad de Lima - 2019”; por lo que se le solicita se sirva colaborar brindando la información solicita; toda vez que las respuestas serán mantenidas en reserva y utilizadas solo con fines de investigación.

Por lo que debe marcar con una X en cada una de las alternativas de cada pregunta, completar la información si la respuesta es afirmativa; así como completar los espacios en blanco.

Si surgiera alguna duda o alguna consulta, no dude hacerlo a la persona que viene realizando la encuesta.

II. Instrucciones generales:

Las respuestas reflejan su opinión según la realidad actual, por lo tanto, debe marcar con una X la mejor alternativa o mejores alternativas de cada pregunta; asimismo debe completar la información si la respuesta es SI (afirmativa); así como completar los espacios en blanco.

Si tiene duda o alguna consulta para contesta la pregunta, no dude en hacerlo a la persona que vienen realizando la encuesta.

III. Información general:

Nombre o Razón Social de la Empresa:

.....

Distrito:

.....

Dirección:

.....

IV. Aspectos institucionales, administrativos y organizacionales de la empresa:

1. ¿Cuál es el número total de trabajadores existentes en la empresa que Usted conduce?

De 1 a 10 trabajadores (2) De 11 a más trabajadores (1)

2. ¿La empresa que usted representa pertenece a una contrata directa o indirecta?

SI (2) NO (1)

3. ¿Para laborar en su empresa, usted ha tenido algún tipo de capacitación?

SI (2) NO (1)

4. ¿Cuál es la constitución de su empresa?

Persona Natural (2) Persona Jurídica (1)

5. ¿En su empresa, qué cantidad de trabajadores en planilla tiene?

..... trabajadores.

A (Menos de 50) B (Menos de 100) C (Menos de 300)

6. ¿Cuál es el nivel de educación alcanzado por los colaboradores de la empresa?

Superior Universitario (4)

Superior No Universitario (3)

Secundaria (2)

Primaria (1)

7. ¿Considera usted que cuenta con personal altamente calificado o capacitado para desarrollar las construcciones de gran envergadura?

SI (2)

NO (1)

8. ¿En la empresa que usted representa, ha intentado o solucionado problemas de índole ambiental?

SI (2)

NO (1)

Si la respuesta es afirmativo, indique la acción realizada:.....

9. ¿Ha realizado algunas acciones para cumplir con las normas ambientales que manda las leyes peruanas para una construcción amigable?

SI (2)

NO (1)

10. ¿Cuál es el porcentaje de emisiones atmosféricas que la actividad que realiza genera en promedio que perjudique al medio ambiente?

Mayor a 50% (4) (50 – 40%) (3) (40- 30%) (2) (30-20%) (1)

11. ¿La empresa que usted representa realiza el control de calidad del aire constantemente?

SI (2)

NO (1)

12. ¿La calidad de construcción que realiza su empresa, se puede considerar como de?

Alta calidad (3)

Calidad media (2)

Baja calidad (1)

13. ¿La tecnología que utiliza su empresa a la hora de construir obras de grandes envergaduras son?

Tradicional (2) Moderna (1)

14. ¿Cómo ha sido el posicionamiento de su empresa concerniente a construcciones amigables con el medio ambiente, o el llamado construcciones verdes?

Muy exitoso (3) Poco exitoso (2) Nada exitoso (1)

15. ¿La empresa que usted representa, cuenta con almacén de aprovisionamiento y/o distribución y esta se ubica en un lugar que no contamine el medio ambiente?

SI (2) NO (1)

16. ¿La empresa cuenta con almacén para cemento y compuestos químicos que se usan en la construcción?

SI (2) NO (1)

17. ¿En los 5 últimos años ha realizado algunas inversiones significativas para mitigar los impactos ambientales negativos ocasionados por su empresa a la hora de construir las obras?

SI (2) NO (1)

18. ¿Cómo se puede considerar los costos y gastos que realiza la empresa por cuidar el medio ambiente en donde se ejecuta la obra?

Bajos (1) Intermedios (2) Normales (3) Altos (4) Muy Altos (5)

19. ¿La empresa que usted representa, cuenta con equipos para controlar la calidad de aire que en ese momento los trabajadores están en contacto?

SI (2) NO (1)

Si la respuesta es afirmativa señale el equipo:.....

20. ¿La empresa otorga a los trabajadores incentivos o beneficios económicos?

SI (2)

NO (1)

21. ¿La empresa otorga a sus trabajadores beneficios sociales?

SI (2)

NO (1)

Si la respuesta es afirmativa señale los tipos de beneficios:

Vacaciones	21.1
Tiempo de Servicios (CTS)	21.2
Pago por enfermedad profesional	21.3
Otros:.....	21.4

Observaciones:.....

.....
.....
.....

Gracias por su colaboración.

Anexo N° 2: Procedimiento de validación y confiabilidad

Informe de validación de instrumento de investigación N° 1

I. Datos generales:

- 1.1. Apellidos y Nombres del Informante: **HUERTA CAMPOS, Carlos Alberto**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Ingeniero Supervisor de Obra en E. Smelter - Minería y Construcción S.A.**
- 1.3. Nombre de los Instrumentos motivo de evaluación: **Observación, entrevista y notas de campo.**
- 1.4. Título de la Investigación: **“Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas en la ciudad de Lima-2019”**
- 1.5 Autor del Instrumento: Rodríguez Peñuelas, (2008:10)

II. Aspectos de validación:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1.CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2.OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.			X		
3.ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
4.ORGANIZACION	Existe una organización lógica.				X	

5.SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X	
6.INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la investigación.					X	
7.CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos.					X	
8.COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e índices.			X			
9.METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.			X			
10. OPORTUNIDAD	El instrumento será aplicado en el momento oportuno o más adecuado según sus procedimientos.					X	

Fuente: Adaptado de OLANO, A. (2003)

III. Promedio de valoración: 75 %.

IV: Opinión de aplicabilidad:

(x) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Lima, 20/09/2020

Firma del profesional experto.


 CARLOS ALBERTO HUERTA CAMPOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. GIP N° 50181

Informe de validación de instrumento de investigación N° 2

I. Datos generales:

- 1.1. Apellidos y Nombres del Informante: **FLORES PAUCARIMA, Abad**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Responsable de microbiología ambiental - Universidad Mayor de San Marcos.**
- 1.3. Nombre de los Instrumentos motivo de evaluación: **Observación, entrevista y notas de campo.**
- 1.4. Título de la Investigación: **“Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas en la ciudad de Lima-2019”**
- 1.5 Autor del Instrumento: Rodríguez Peñuelas, (2008:10)

II. Aspectos de validación:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41- 60%	Muy Buena 61- 80%	Excelente 81-100%
1.CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2.OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.			X		
3.ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
4.ORGANIZACION	Existe una organización lógica.				X	

5.SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
6.INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la investigación.				X	
7.CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos.				X	
8.COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e índices.			X		
9.METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.			X		
10. OPORTUNIDAD	El instrumento será aplicado en el momento oportuno o más adecuado según sus procedimientos.				X	

Fuente: Adaptado de OLANO, A. (2003)

III. Promedio de valoración: 79 %.

IV: Opinión de aplicabilidad:

(x) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Lima, 05/10/2020

Firma del profesional experto.

ANALISTA:



Dr. ABAD FLORES PAUCARIMA
Responsable U. Microbiología Ambiental
Higiene de Alimentos y Biotecnología
CBP 567



Informe de validación de instrumento de investigación N° 3

I. Datos generales:

- 1.1. Apellidos y Nombres del Informante: **CUBA BARRAZA, Yesenia**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Ingeniero de Calidad CQC/CQA – MTL Geotecnia**
- 1.3. Nombre de los Instrumentos motivo de evaluación: **Observación, entrevista y notas de campo.**
- 1.4. Título de la Investigación: **“Uso del concreto vivo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por las reparaciones de los agrietamientos de las construcciones modernas en la ciudad de Lima-2019”**
- 1.5 Autor del Instrumento: Rodríguez Peñuelas, (2008:10)

II. Aspectos de validación:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41- 60%	Muy Buena 61- 80%	Excelente 81-100%
1.CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2.OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3.ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
4.ORGANIZACION	Existe una organización lógica.				X	

5.SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
6.INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la investigación.					X
7.CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos.					X
8.COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e índices.				X	
9.METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento será aplicado en el momento oportuno o más adecuado según sus procedimientos.				X	

Fuente: Adaptado de OLANO, A. (2003)

III. Promedio de valoración: 83 %.

IV: Opinión de aplicabilidad:

(x) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Lima, 29/09/2020

Firma del profesional experto.

MTL GEOTECNIA SAC
SUELOS COQUE O ASFALTO

YESENIA CUBARRAZA
INGENIERO CIVIL
CIP. 111800