

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Influencia de la aplicación de la bacteria Bacillus Subtilis en la
resistencia mecánica del concreto celular**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Emely Nicole Castañeda Soto

ASESOR

Carlos Rafael Tafur Jimenez

<https://orcid.org/0000-0003-0119-8234>

Chiclayo, 2023

**Influencia de la aplicación de la bacteria Bacillus Subtilis en la
resistencia mecánica del concreto celular**

**PRESENTADA POR
Emely Nicole Castañeda Soto**

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

José Alberto Acero Martínez
PRESIDENTE

Jorge Álvarez Ruffrán
SECRETARIO

Carlos Rafael Tafur Jimenez
VOCAL

DEDICATORIA

En primer lugar, dar gracias a Dios, por guiarme y brindarme salud, seguridad y fortaleza para seguir adelante con mis proyectos.

A mis padres por el apoyo, la comprensión, el soporte y la guía que me han dado en mi vida y principalmente en mi etapa universitaria.

A mis hermanos por su compañía, quienes fueron mi motivación en este proyecto.

Y a mis mascotas Duppy y Lua, quienes siempre con su compañía y juegos me ayudaron a seguir adelante en todo momento.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia, dar gracias a Dios por permitirme seguir adelante con este proyecto; y por darme la fortaleza y la sabiduría que necesité en todo el proceso.

A mis padres, Elsa Soto Guevara y Eber Castañeda Rodríguez, gracias por los consejos, regaños y apoyo.

Y agradecer a mi asesor Carlos Tafur Jimenez, gracias por su guía durante las asesorías, sus consejos y recomendaciones para poder lograr un buen proyecto.

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

7

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

repositorio.uan.edu.co

Fuente de Internet

1%

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 01: Tamizado de Agregado fino.....	36
Tabla 02: Contenido de Humedad al Agregado Fino.....	37
Tabla 03: PE y AB.....	37
Tabla 04: Peso Unitario Seco Suelto.....	38
Tabla 05: Peso Unitario Compactado.....	38
Tabla 06: Diseño patrón.....	39
Tabla 07: Diseño al 5% de adición de bacillus.....	39
Tabla 08: Diseño al 10% de adición de bacillus.	39
Tabla 09: Diseño al 15% de adición de bacillus.....	40
Tabla 10: Masa seca de 4 probetas al 0% de adición bacteriana.....	40
Tabla 11: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.	40
Tabla 12: Porcentaje de absorción al 0% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.....	40
Tabla 13: Masa seca de 4 probetas al 5% de adición bacteriana.....	41
Tabla 14: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.	41
Tabla 15: Porcentaje de absorción al 5% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.....	41
Tabla 16: Masa seca de 4 probetas al 10% de adición bacteriana.....	42
Tabla 17: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.	42
Tabla 18: Porcentaje de absorción al 10% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.....	42
Tabla 19: Masa seca de 4 probetas al 15% de adición bacteriana.....	43
Tabla 20: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.....	43
Tabla 21: Porcentaje de absorción al 0% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.....	43
Tabla 22: Resistencia a la Compresión a 7 días con 0% de adición bacteriana.....	44
Tabla 23: Resistencia a la Compresión a 7 días con 5% de adición bacteriana.....	45
Tabla 24: Resistencia a la Compresión a 7 días con 10% de adición bacteriana.....	46
Tabla 25: Resistencia a la Compresión a 7 días con 15% de adición bacteriana.....	47
Tabla 26: Resistencia a la Compresión a 14 días con 0% de adición bacteriana.....	48
Tabla 27: Resistencia a la Compresión a 14 días con 5% de adición bacteriana.....	49
Tabla 28: Resistencia a la Compresión a 14 días con 10% de adición bacteriana.....	50

Tabla 29: Resistencia a la Compresión a 14 días con 15% de adición bacteriana.....	51
Tabla 30: Resistencia a la Compresión a 28 días con 0% de adición bacteriana.....	52
Tabla 31: Resistencia a la Compresión a 28 días con 5% de adición bacteriana.....	53
Tabla 32: Resistencia a la Compresión a 28 días con 10% de adición bacteriana.....	54
Tabla 33: Resistencia a la Compresión a 28 días con 15% de adición bacteriana.	55
Tabla 34: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 0% de adición bacteriana.....	56
Tabla 35: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 5% de adición bacteriana.....	57
Tabla 36: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 10% de adición bacteriana.....	58
Tabla 37: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 15% de adición bacteriana.....	59
Tabla 38: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 0% de adición bacteriana.....	60
Tabla 39: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 5% de adición bacteriana.....	61
Tabla 40: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 10% de adición bacteriana.....	62
Tabla 41: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 15% de adición bacteriana.....	63
Tabla 42: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 0% de adición bacteriana.....	64
Tabla 43: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 5% de adición bacteriana.....	65
Tabla 44: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 10% de adición bacteriana.....	66
Tabla 45: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 15% de adición bacteriana.....	67
Tabla 46: Ensayo de Tracción a 7 días con 0% de adición bacteriana.....	68
Tabla 47: Ensayo de Tracción a 7 días con 5% de adición bacteriana.....	69
Tabla 48: Ensayo de Tracción a 7 días con 10% de adición bacteriana.....	70
Tabla 49: Ensayo de Tracción a 7 días con 15% de adición bacteriana.....	71
Tabla 50: Ensayo de Tracción a 14 días con 0% de adición bacteriana.....	72
Tabla 51: Ensayo de Tracción a 14 días con 5% de adición bacteriana.....	73
Tabla 52: Ensayo de Tracción a 14 días con 10% de adición bacteriana.....	74
Tabla 53: Ensayo de Tracción a 14 días con 15% de adición bacteriana.....	75
Tabla 54: Ensayo de Tracción a 28 días con 0% de adición bacteriana.....	76
Tabla 55: Ensayo de Tracción a 28 días con 5% de adición bacteriana.....	77
Tabla 56: Ensayo de Tracción a 28 días con 10% de adición bacteriana.....	78
Tabla 57: Ensayo de Tracción a 28 días con 15% de adición bacteriana.....	79

Tabla 58: Variable independiente.....	92
Tabla 59: Variable dependiente.....	92
Tabla 60: Identificación de impactos.....	132
Tabla 61: Matriz de Leopold.....	133

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 01: Obtención del Agregado Fino.....	29
Imagen 02: Ensayo de Granulometría.....	29
Imagen 03: Incorporador de Aire SikaAer.....	30
Imagen 04: Inicio del Diseño de Mezcla patrón.....	30
Imagen 05: Temperatura de la mezcla.....	30
Imagen 06: Ensayo de Cono de Abrams.....	30
Imagen 07: Sellado de la cepa.....	31
Imagen 08: Bacteria Bacillus Subtilis.....	31
Imagen 09: Incorporación de la Bacteria al agua.....	32
Imagen 10: Mezcla del Concreto celular.....	32
Imagen 11: Chuzeada a la mezcla.....	32
Imagen 12: Golpe con martillo a la mezcla.....	32
Imagen 13: Probetas cilíndricas con la muestra.	33
Imagen 14: Vigas con la muestra.	33
Imagen 15: Peso de la probeta seca.....	33
Imagen 16: Inmersión de probetas en agua.....	33
Imagen 17: Inicio de los ensayos.....	34
Imagen 18: Ensayo de resistencia a la compresión.....	34
Imagen 19: Ensayo de flexión en vigas.....	34
Imagen 20: Rotura de viga en ensayo.....	34
Imagen 21: Ensayo de Tracción al 15%.....	35
Imagen 22: Rotura por Tracción.....	35
Imagen23: Curva Granulométrica.....	36
Imagen 24: Agregado fino vs Porcentaje de Agua.....	37
Imagen 25: Resistencia a la compresión al 0% a los 7 días.....	44
Imagen 26: Resistencia a la compresión al 0% a los 7 días.....	45
Imagen 27: Resistencia a la compresión al 0% a los 7 días.....	46
Imagen 28: Resistencia a la compresión al 0% a los 7 días.....	47
Imagen 29: Resistencia a la compresión al 0% a los 14 días.....	48

Imagen 30: Resistencia a la compresión al 5% a los 14 días.	49
Imagen 31: Resistencia a la compresión al 10% a los 14 días.	50
Imagen 32: Resistencia a la compresión al 15% a los 14 días.	51
Imagen 33: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 0% a los 28 días	52
Imagen 34: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 5% a los 28 días.	53
Imagen 35: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 10% a los 28 días.	54
Imagen 36: Resistencia a la compresión al 15% a los 28 días.	55
Imagen 37: Módulo de Rotura a los 7 días con 0% de adición de la bacteria	56
Imagen 38: Módulo de Rotura a los 7 días con 5% de adición de la bacteria	57
Imagen 39: Módulo de Rotura a los 7 días con 5% de adición de la bacteria	58
Imagen 40: Módulo de Rotura a los 7 días con 15% de adición de la	59
Imagen 41: Módulo de Rotura a los 14 días con 0% de adición de la bacteria	60
Imagen 42: Módulo de Rotura a los 14 días con 5% de adición de la	61
Imagen 43: Módulo de Rotura a los 14 días con 10% de adición de la	62
Imagen 44: Módulo de Rotura a los 14 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.	63
Imagen 45: Módulo de Rotura a los 28 días con 0% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.....	64
Imagen 46: Módulo de Rotura a los 28 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.	65
Imagen 47: Módulo de Rotura a los 28 días con 10% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.	66
Imagen 48: Módulo de Rotura a los 28 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..	67
Imagen 49: Resistencia a la tracción a los 7 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	68
Imagen 50: Resistencia a la tracción a los 7 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	69
Imagen 51: Resistencia a la tracción a los 7 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	70

Imagen 52: Resistencia a la tracción a los 7 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	71
Imagen 53: Resistencia a la tracción a los 14 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	72
Imagen 54: Resistencia a la tracción a los 14 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis..	73
Imagen 55: Resistencia a la tracción a los 14 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.....	74
Imagen 56: Resistencia a la tracción a los 14 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	75
Imagen 57: Resistencia a la tracción a los 28 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	76
Imagen 58: Resistencia a la tracción a los 28 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.....	77
Imagen 59: Resistencia a la tracción a los 28 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	78
Imagen 60: Resistencia a la tracción a los 28 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.	79
Imagen 61: Absorción del concreto celular con Bacteria Bacillus Subtilis.....	80
Imagen 62: Resistencia a la compresión del concreto celular con incorporación Bacteria Bacillus Subtilis.....	81
Imagen 63: Comparación de la resistencia a la flexión en vigas.....	81
Imagen 64: Comparación de la resistencia a la tracción	82
Imagen 65: Resistencia a la Compresión a 7 días.	134
Imagen 66: Ensayo a la Tracción al 10% a los 7 días.	134
Imagen 67: Resistencia a la Flexión en vigas a 7 días.	134
Imagen 68: Ensayo a la Tracción al 10% a los 7 días.	134
Imagen 69: Resistencia a la Tracción a los 14 días.	135
Imagen 70: Ensayo a la Compresión a los 14 días.....	135
Imagen 71: Resistencia a la Flexión en vigas a 14 días.....	135

Imagen 72: Ensayo a la Tracción al 10% a los 14 días.....	135
Imagen 73: Resistencia a la Flexión en vigas a 28 días.....	136
Imagen 74: Ensayo de Resistencia a Compresión a 2 días.	136
Imagen 75: Inmersión a 2 días en agua.	136
Imagen 76: Ensayo a la Tracción al 10% a los 14 días.....	136
Imagen 77: Constancia de laboratorio en el que se realizó la producción bacteriana.....	137
Imagen 78: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.....	138
Imagen 79: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.....	139
Imagen 80: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.....	140
Imagen 81: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.....	141
Imagen 82: Constancia de laboratorio de análisis granulométrico.....	142
Imagen 83: Constancia de laboratorio del contenido de humedad del agregado fino.....	143
Imagen 84: Constancia de laboratorio de peso específico y absorción del agregado fino...	144
Imagen 85: Constancia de laboratorio de PUS y PUC del agregado fino.....	145
Imagen 86: Constancia de laboratorio de ensayo.....	146
Imagen 87: Constancia de laboratorio de ensayo.....	147
Imagen 88: Constancia de laboratorio de ensayo.....	148
Imagen 89: Constancia de laboratorio de ensayo.....	149
Imagen 90: Constancia de laboratorio de ensayo.....	150
Imagen 91: Constancia de laboratorio de ensayo.....	151
Imagen 92: Constancia de laboratorio de ensayo.....	152
Imagen 93: Constancia de laboratorio de ensayo.....	153
Imagen 94: Constancia de laboratorio de ensayo.....	154
Imagen 95: Constancia de laboratorio de ensayo.....	155
Imagen 96: Constancia de laboratorio de ensayo.....	157
Imagen 97: Constancia de laboratorio de ensayo.	157

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo principal investigar y comprender la influencia de la bacteria *Bacillus subtilis* en las propiedades mecánicas del concreto celular. Por lo que se produjeron diseños de mezcla para 4 proporciones bacterianas, 0%, 5%, 10% y 15%; además, de realizaron ensayos para determinar el grado de absorción y ensayos de rotura de concreto como la compresión, flexión en vigas y tracción simple a edades de 7, 14 y 28 días, tanto al concreto celular antes del agregado de la bacteria, como después de haberla adherido a la mezcla, teniendo así un total de 124 muestras que serán ensayadas para poder comprobar la influencia de la Bacteria en las propiedades Mecánicas del concreto. También se realizó la determinación de la productividad y la dosificación óptima de la bacteria en el concreto celular y se evaluó el impacto ambiental que genera la producción del concreto celular con la incorporación de la bacteria *Bacillus s.* Se lograron resultados favorables como el incremento en un 11.11% en la resistencia a la compresión y en la resistencia a la tracción simple un aumento del 25%, además la dosificación más optima trabajada fue la del 10% con la que se obtuvo mejores resultados y se verificó que el impacto ambiental que genera la producción de ese proyecto es considerado muy leve. Todo esto se realizó con el fin de disminuir el estrés de las cargas muertas en los elementos estructurales de las edificaciones.

Palabras Clave: *Bacillus Subtilis*, concreto celular, propiedades mecánicas, resistencia.

Abstract

The main objective of this project is to investigate and understand the influence of the bacterium *Bacillus subtilis* on the mechanical properties of cellular concrete. Therefore, mixing designs were produced for 4 bacterial proportions, 0%, 5%, 10% and 15%; in addition, tests were carried out to determine the degree of absorption and concrete break tests such as compression, bending in beams and simple traction at ages 7, 14 and 28 days, both to cellular concrete before the addition of bacterium, as after adhering to the mixture, thus having a total of 124 samples that will be tested in order to verify the influence of the Bacterium on the Mechanical properties of the concrete. Determining the productivity and optimal dosage of bacteria in cellular concrete was also carried out. The environmental impact generated by the production of cellular concrete was evaluated with the incorporation of the bacterium *Bacillus s*. Favorable results were achieved such as an increase of 11.11% in compression resistance and a 25% increase in simple tensile strength, in addition, the most optimal dosage worked was that of 10% with which the best results were obtained and was verified that the environmental impact generated by the production of this project is considered very mild. All this was done to reduce the stress of dead loads on the structural elements of the buildings.

Keywords: *Bacillus Subtilis*, cellular concrete, mechanical properties, resistance.

INTRODUCCIÓN

La innovación en la Ingeniería Civil se explica como la introducción a nuevas metodologías que se puedan aplicar en la ejecución de las diferentes ramas en las que se puede trabajar en la carrera. La innovación tiene un fin que es aplicar el conocimiento tecnológico al desarrollo o perfeccionamiento de técnicas constructivas para el beneficio de las localidades. [1]

No obstante, en nuestro país se ve muy difícil la implementación de todas las nuevas propuestas que se han venido desarrollando en las diferentes universidades, ya que se está acostumbrado a la comodidad que brinda lo ya conocido y ejecutado desde hace años.

Debido a su versatilidad en forma y función, el hormigón es el material de construcción más utilizado en el mundo. Pero en algunos casos, esto está limitado por condiciones externas, como el clima del sitio de uso, lo que requiere un tipo de concreto diferente. La moderna tecnología del hormigón define cuatro componentes para este material cemento, agua, áridos y aditivos como elementos activos y aire como elemento pasivo [2]

Uno de los tipos de concreto es el concreto celular, el cual es un tipo de concreto liviano que posee poros cerrados [3], se forma por la combinación de cemento, agregado fino, agua y vacíos, lo cual interviene en las propiedades mecánicas del concreto celular disminuyendo su resistencia a ciertos esfuerzos, haciéndolo así que este tipo de concreto no pueda funcionar de manera estructural [4], es por ello que se buscó la manera de encontrar la forma de hacer de este un concreto liviano pero que actúe de manera estructural ya que por su peso y las otras propiedades que posee el concreto celular, sería un elemento estructural muy beneficioso para las construcciones altas de la industria.

Por la estructura porosa que posee este tipo de concreto, algunas de las propiedades que posee el concreto celular es que son aislantes térmicos y acústicos, absorben energía y poseen una densidad baja [4]. Sin embargo, la resistencia que poseen no es la adecuada para actuar como elemento estructural por lo que muchos investigadores han realizado diversos estudios para compensar las propiedades que los vacíos le quitan al concreto como la resistencia a la compresión, a la tracción y flexión, las cuales son debilitadas por la inserción de aire mediante vacíos, probando diferentes métodos [5] [6].

Este proyecto se inicia por la necesidad de poder renovar el mercado de la construcción en el Perú tecnológicamente para poder alcanzar una mayor eficiencia en el momento de la

ejecución de la obra. Aparte de ello, con la situación que se maneja ahora en el sector de la construcción en la que se prima las construcciones altas por encima de las edificaciones extensas en planta, se necesita encontrar soluciones para la problemática del peso en las edificaciones.

Ante ello nace una nueva solución que da mejores características, como el ser un material no contaminante y puede ser empleado de diversas maneras, este vendría a ser la bacteria *Bacillus Subtilis*, que puede ser empleado en la fabricación de concretos aportándole mayores propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, flexión y la más interesante que vendría a ser la capacidad de auto regeneración que permite la eliminación de manera automática de fisuras, grietas aminorando los gastos de reparación, mantenimiento de los elementos fabricados con concreto con modificación de población bacteriana de *Bacillus Subtilis*.

Puesto que se espera tener los mismos resultados en el concreto celular y así poder solucionar el gran problema que tienen todas las infraestructuras con el peso para poder reemplazar el concreto convencional por el concreto celular en elementos estructurales como vigas y columnas.

Así pues, por lo descrito anteriormente nace la interrogante de que ¿Influirá la bacteria *Bacillus Subtilis* en las propiedades mecánicas del concreto celular? Y otras interrogantes secundarias como ¿Cuál será el diseño de mezcla del concreto celular como base de análisis?, ¿Cuáles serán las características como elemento adicionante que tiene la bacteria *Bacillus Subtilis*?, ¿Cómo se aplicará la bacteria *Bacillus Subtilis* en base a la proporción de agua al diseño de mezcla del concreto celular?, ¿Cuál será el grado de absorción del concreto celular modificado y convencional?, ¿Cuál será la resistencia a la compresión simple del concreto celular?, ¿Cuál será la resistencia a la flexión del concreto celular?, ¿Cuál será la resistencia a la tracción del concreto celular?, ¿Cuáles serán las características de dosificación y productividad óptima? y ¿generará impacto positivo el proceso de elaboración del concreto celular con la adición bacteriana?.

Este trabajo de investigación tiene su justificación que se relaciona metodológicamente según “las características de crecimiento en la industria de la construcción en el Perú”, nos dice que en el sector construcción se verá un incremento del 3.3%, según proyecciones del Banco Central de Reserva (BCR,2017) [7]; lo que justifica la necesidad introducir nuevos materiales

sustentables, que se mantengan en el tiempo, que su aplicación y mantenimiento sea económica, y que tengan una relación con el medio ambiente armónica. Por otro lado, también se encuentra una justificación técnica que se basa en la colaboración con el conocimiento y empleo de la bacteria *Bacillus Subtilis* para el uso en la fabricación de concretos celulares para alcanzar la resistencia apropiada para el uso de este concreto en elementos estructurales, ya que la utilización aplicación de esta Bacteria ha sido probada en concretos convencionales, se espera encontrar reacciones similares con el concreto celular.

Con este proyecto de investigación se pretende dar una propuesta de incremento a las resistencias mecánicas del concreto celular. Para concluir con el tema de justificación, también se toma en cuenta la económica que va relacionada con los costos finales de la elaboración del concreto con la aplicación de la bacteria *Bacillus Subtilis*, que como resultado daría costos menores a los que se dan actualmente con el concreto convencional con respecto a la ejecución de los elementos estructurales.

Después de ello para la presente investigación se plantea como objetivo general de esta el determinar la influencia de la bacteria *Bacillus Subtilis* en las propiedades mecánicas del concreto celular y como objetivos específicos se plantearon determinar el diseño de mezcla del concreto celular, describir las características de la bacteria, aplicar la bacteria *Bacillus Subtilis* al 0%, 5%, 10% y 15% en base al volumen de la proporción de agua en el concreto celular como elemento adicional, determinar el Grado de Absorción del concreto celular modificado y el convencional, determinar la resistencia a compresión simple a 7,14 y 28 días, determinar la resistencia a flexión en vigas, determinar el ensayo de tracción simple, determinar la dosificación y productividad óptima del concreto celular con la bacteria *Bacillus Subtilis* y estudiar el impacto ambiental que genera la producción del concreto celular con la adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el ámbito internacional, en el año 2020, Hituyan y Valencia, en su investigación “Análisis sistemático de literatura sobre patologías del concreto auto reparadas a partir de reacciones de mineralización con bacterias” se estableció como objetivo general de la investigación es elaborar un análisis sistemático de literatura con relación a los avances respecto a la bioreparación bacteriana ante las patologías del concreto, además de realizar una comparativo de los distintos resultados obtenidos en los procesos de bioregeneración mediante bacterias. Los autores plantean estos objetivos que responden a la problemática que se dan tras generarse grietas las cuales deterioro las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto. Además, que para solucionar estos inconvenientes es necesario realizar procesos costosos para eliminar este problema por lo cual se sigue buscando técnicas que sean más efectivas como económicas para solucionar este problema. La metodología empleada fue la recopilación de información de distintas fuentes con respecto a las diferentes bacterias que son utilizadas para la auto reparación del concreto, además de identificar sus formas de uso e identificar sus distintas reacciones al momento de usarse. Lo que se obtuvo de esta investigación fue que los distintos estudios nos demuestran que cada técnica empleada ha demostrado grandes resultados a la reparación del concreto mediante agentes microbianos logrando una mayor reparación en las grietas, además que logro mejorar las capacidades del concreto como efecto secundarios, además que bacterias como Bacillus Subtilis muestra una mejoría de casi el 15% en sus resistencia de concreto o Bacillus Subtilis que muestra un aumento de 39,12 % y 9,35% a su resistencia a la compresión y flexión respectivamente, demostrando que el uso de distancias bacterias para la mejoría o solución de problemas típicos del concreto funciona perfectamente además de garantizar un mejor resultado con menos costo. [8]

En 2015, Manikandan, en su investigación “Importancia de la precipitación de calcita por Bacillus Subtilis”, que su objetivo principal era demostrar que tan efectiva era el sellado de las grietas ubicadas en el concreto, además de verificar tenga un funcionamiento optimo y que sea económico. Finalmente se averiguo que generar este tipo de concreto bacteriano funciona como una alternativa de muy buena calidad para controlar el problema de las grietas, lo cual lleva a aumentar la vida útil de la edificación. [9]

Por otro lado, en la tesis “Caracterización de la recuperación de las propiedades mecánicas en hormigones auto sanables, aplicación práctica en una nave industrial” realizada por Valencia en 2016, tiene como fin principal de este trabajo es el análisis de la reparación de las características mecánicas en concretos auto sanables por medio de la implementación de aditivos bacterianos y cristalinos. Es por ello por lo que se planteó un procedimiento empírico que posibilita evaluar la reposición de las características mecánicas después del proceso de cicatrización independiente y autógena por medio de ensayos de compresión directa e indirecta. El proyecto concluye que el proceso de autorreparación, así como el obtenido mediante la implementación de aditivos cristalinos, no resultó en una recuperación significativa o visible. Por lo tanto, finalmente se concluye por análisis que estos métodos no son suficientes para garantizar la reposición de propiedades mecánicas de manera efectiva y hacerla factible; en conclusión, se necesita otro tipo de diseño de hormigón autoreparable que facilite y garantice la reposición de propiedades mecánicas de forma positiva, eficiente y factible. [10]

Además, en una investigación realizada para la revista Materialstoday, en el artículo “Impacto de la bacteria *Bacillus subtilis* en las propiedades del hormigón” realizada en el año 2020, este proyecto tiene como fin aumentar las propiedades del hormigón, para lograr esto usaron seis concentraciones bacterianas en el diseño de mezcla del hormigón y se evaluaron a los 7,14 y 28 días. Realizaron pruebas de compresión, tracción y flexión en los periodos mencionados. Se concluyó que el concreto que tiene influencia bacteriana en todas las proporciones realizadas, obteniendo un aumento en la fuerza en comparación con la mezcla patrón. Se observó un aumento de hasta el 32% en la resistencia a la compresión, del 14% en la resistencia a la tracción dividida y en la flexión un aumento del 29% en la muestra con una concentración bacteriana de 105 células/ml de agua. [11]

A nivel nacional, en 2019, Ascate y Miranda, en su investigación “Diseño de bioconcreto con *Bacillus Subtilis* para mejorar la resistencia en un concreto $f'c=210$ kg/cm², Tarapoto – 2019” establecieron como objetivo principal realizar un diseño de bioconcreto utilizando *Bacillus Subtilis* con el fin de mejorar la resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm², también busca averiguar las características físicas de los agregados para dicho diseño, encontrar el tiempo máximo del crecimiento bacteriano en horas y cuál es el porcentaje de solución bacteriana que se logre una resistencia de $f'c=240$ kg/cm². Estos objetivos se han planteado a causa de la problemática que se presenta en la actualidad referida a los avances tecnológicos

que viene sufriendo el ámbito de la construcción, que busca mejorar las condiciones y rendimiento, además que busca conseguir un equilibrio entre la calidad y lo económico. Para esto la falta de soluciones, investigaciones o el uso de nueva tecnología viene siendo un problema ya que representa en la región un atraso a comparación del avance a nivel internacional. La metodología empleada fue un proyecto experimental, el cual consta en su primera etapa en la recolección de la muestra su posterior diseño del Bioconcreto con *Bacillus Subtilis* con 0%, 4%, 8% y 12%, finalmente evaluar su resistencia a compresión y flexión. Para luego recolectar todos los datos en las fichas técnicas correspondientes para su posterior análisis para el cual se apoyará del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Norma Técnica Peruana E.060 (NTP) además del uso de otro software. Finalmente, los resultados nos indican en 4%, 8% y 12% de solución de *Bacillus Subtilis* se logró un incremento a su resistencia significativo hasta superior al planteado inicialmente, que finalmente considerando los porcentajes más adecuados de esta solución se obtuvo que la resistencia a la compresión y flexión aumentaron en un 11.29% y 12.29% respectivamente, se puede concluir que esta nueva forma de diseñar bioconcreto es totalmente óptima para ser usado ya que cumple con la resistencia adecuada además de otros parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana. [12]

En 2017, Mendoza y Sanchez, “Análisis de la resistencia del concreto utilizando bacterias del género *Bacillus* y Biopolímeros como Bioreparador, cusco-2016” se estableció como objetivo de la investigación conocer si el sistema de bioreparación usando *Bacillus subtilis* logra mantener su resistencia ante fisuras, además de conocer cuál es el mejor uso de este bioreparador para conseguir una mayor resistencia y cuanto lograra a los 7, 14, 21 y 28 días. Este objetivo se basa en la problemática actual en nuestro país el cual se encuentra en una zona sísmica que causa que el concreto se deteriore con distintos problemas y que se busquen nuevas soluciones que busquen un equilibrio entre la calidad y lo económico, uno de esos problemas que suele afrontar el concreto son las fisuras generadas por distintos factores a los que está expuesto el concreto, por lo cual las soluciones actuales son causante de un elevado costo por lo cual se siguen buscando nuevas soluciones como el uso de bacteria para su reparación y mejora. La metodología empleada fue la recolección de datos y su posterior análisis, se tuvo en cuenta cada proceso a realizar desde el material extraído de cantera, el tipo de diseño según el ACI además de los distintos ensayos o pruebas a realizar todos guiándose de su respectiva

normativa. Se obtuvo como resultados que la mejor aplicación de este bioreparador ante un concreto con fisuras se da mediante la inyección ya que alcanzan una mayor resistencia, donde se obtuvo que puede ingresar hasta una profundidad menor a 0.5 mm de ancho y de esta forma reparar la fisura evaluada. Que finalmente esta tecnología si puede ser tomada en cuenta como una posible solución a este fenómeno. [13]

En 2017, Lazo Arraya Jaime en su tesis tiene como objetivo del estudio el diseñar concreto celular de diferentes densidades utilizando materiales de la región de Arequipa. El hormigón poroso es un hormigón ligero con aditivos plastificantes y espumantes que tiene diferentes aplicaciones en función de su densidad y resistencia a la compresión. Para la elaboración se realizaron pruebas de resistencia y fluidez previo al diseño de la mezcla para encontrar la relación de diseño agua/cemento y cantidad de cemento, se realizó una prueba de cono de marzo para encontrar el punto de saturación del plastificante y se realizaron detalles con aditivos espumantes. Gráficas relacionadas con la dosificación, peso unitario y tiempo de mezcla. Se realizaron entonces tres diseños, diseño A de cemento y arena, diseño B de arena cemento y arena pómez, y finalmente diseño C de arena y piedra de husillo 89, cada dosis de panales de hormigón de diferentes densidades. Pruebas de consistencia, peso unitario, contenido de aire y rendimiento en estado fresco, y pruebas de resistencia a la compresión, densidad de equilibrio, contracción, absorción, permeabilidad y ultrasonidos en estado endurecido. Terminando con una comparación de costos en concreto premezclado convencional y concreto celular. [14]

En el área local, Araujo en 2020 en su trabajo de investigación, “Estudio sobre la influencia de la aplicación de cepas bacterianas como aditivo ante la presencia de fisuras en el concreto en Latinoamérica”, tiene como fin principal, el determinar el estado del conocimiento sobre los efectos del uso de cepas bacterianas como aditivos ante la presencia de fisuras en el concreto en América Latina, y validación de los efectos sobre el comportamiento a la flexión compresiva y la durabilidad. Obteniendo como conclusión que las cepas bacterianas pueden ser usadas como aditivos ya que lograron sellar fisuras y aumentar su resistencia a la compresión. [15]

En el caso de Farfán y Pastor en su investigación “Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto “evalúan el efecto de la ceniza de caña de azúcar (CBCA) sobre la resistencia del concreto de 210 kg/cm², con reemplazo parcial de CBCA por cemento al 20% y 40%, respectivamente. Los resultados muestran que la resistencia a la

compresión del hormigón disminuye con el aumento del contenido de cenizas, que es inferior a la relación de mezcla de diseño. El concreto con 20% de CBCA tuvo mejores propiedades compresivas a los 7 y 28 días de curado, aunque ambos fueron 59% inferiores al concreto estándar (control). Esto sugiere que CBCA no se recomienda para uso estructural ya que reduce la resistencia a la compresión. [16]

Por otra parte, Juárez Ocaña en el 2018 en su investigación titulada “Evaluación de las propiedades del concreto convencional mediante su correlación agua/cemento”, tiene como objetivo evaluar las propiedades que posee el concreto según su relación a/c, se evaluaron las propiedades del hormigón por la correlación a/c. Se evaluaron 6 diseños diferentes, a los que se les realizaron ensayos como compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad. De ahí se obtiene el efecto de la relación agua-cemento, que afecta la resistencia y falla frente al concreto convencional, luego de ellos, comparó con los equipos de la universidad, llegando a la conclusión que la relación a/c debe tomar en cuenta a las condiciones como la resistencia que se desea obtener y la ubicación en la que se realiza el ensayo [17].

Las Bacterias del género *Bacillus*, quienes anteriormente fueron la base vacuna pionera antibacteriana, puntualmente de la *Bacillus anthracis*, la cual fue una vacuna realizada por Louis Pasteur en 1881. La proporción del tamaño de este tipo de bacteria oscila entre $0.5 - 2.5 \times 10^{-10} \mu\text{m}$.

Las especies de *Bacillus* se encuentran comúnmente en superficies y/o vegetación y juegan un papel importante en los ciclos de carbono y nitrógeno.

Según Miller, los bacilos son bacterias grampositivas (paredes celulares sanas), que son estrictamente aerobias o anaerobias facultativas. Dentro de las propiedades de las bacterias del grupo *Bacillus*, su crecimiento óptimo se da en valores de pH neutros, y crecen en el rango de temperatura entre 30°C y 45°C ; además, otra característica de esta clase de bacterias es que tienen la capacidad de producir endosporas como mecanismo para resistir diversas tensiones.

Combinadas con el concreto las cepas bacterianas alcanzan a generar carbonato de calcio con lo que logran sellar las fisuras que pueda generarse en este, aumentar resistencia, absorción de agua, dotando de un mayor tiempo de vida útil al material y en consecuencia a las estructuras en las que forma parte. [18]

Todas las bacterias son microorganismos con una sola célula y solo se pueden observar al microscopio, la característica más importante de estos microorganismos es que tienen una fuerte capacidad de supervivencia y adaptación a los ambientes más duros que pueden existir, por lo que existen estudios sobre estas bacterias. Viven en los cráteres de volcanes activos, en climas bajo cero, en desiertos cálidos y más. Estos microorganismos también pueden vivir en el hormigón, y hoy en día se sabe que varias bacterias trabajan en el hormigón, pero todas las especies de *Bacillus*, como *Pasteurella*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Halodurans*, *Pseudomonas* o *Sphaerium*. Todas estas bacterias producen calcita, un material que sella grietas, pero se eligió *Bacillus subtilis* porque tiene más beneficios y, lo que es más importante, no genera enfermedades por manipulación en los humanos. [13]

Bacilo sp. Incluye 377 bacterias corineformes grampositivas. Poseen una capacidad de formar endosporas, y con sus diversas propiedades fisiológicas y su capacidad para generar grandes cantidades de compuestos AMC favorecen su distribución ubicua en el suelo, ambientes acuáticos, alimentos y el microbiota intestinal de artrópodos y mamíferos. [19]

La especie *Bacillus Subtilis* es la bacteria del género *Bacillus*, la cual cumple un rol importante en la investigación ya que es la que influenciará en el concreto celular, la bacteria es una bacteria aeróbica que consta de células vegetativas de tamaño pequeño ($<1 \mu\text{m}$ de ancho) que se encuentran comúnmente en el suelo, las fuentes de agua y las plantas. Su bioquímica, fisiología y genética han sido intensamente estudiadas durante más de 40 años. Durante el agotamiento de nutrientes, la bacteria *subtilis* detiene el crecimiento e inicia una respuesta de crecimiento y regeneración que aumentan la diversidad metabólica. Si estas respuestas no logran restaurar el crecimiento, se induce a las células a formar endosporas que son químicamente resistentes a la radiación y la desecación. Este proceso es solo una opción, la bacteria también puede distinguirse por su estado orgánico, el cual es un estado apto con el cual tolera una transformación genética. El cromosoma de la bacteria posee un total de pares de bases de 4.214.810, estas tienen una estructura muy rígida, hidrofóbica y/o cíclica y comúnmente son resistentes a la hidrólisis por peptidasas y proteasas [20].

El medio de cultivo de la bacteria *bacillus subtilis* ATCC 6633 es un bacilo grampositivo, facultativo, terrestre, mesófilo con un rango óptimo de temperatura de crecimiento de 25-35°C, móvil por la presencia de flagelos, resistente a catalasa. Produce reacción positiva y oxidasa variable. Fue una de las primeras bacterias en ser estudiadas, y hoy es un organismo modelo

para estudiar la diferenciación y el desarrollo celular. Se llamó *Bacillus subtilis* en 1835 y pasó a llamarse *Bacillus subtilis* en 1872. Es capaz de producir endosporas bajo estrés de nutrientes, estructura que lo hace resistente a factores ambientales como temperatura, ambientes ácidos y salinos, donde puede persistir por largos periodos de tiempo hasta que las condiciones sean favorables. [21]

El *Bacillus Subtilis*, es una bacteria Gram-positiva que produce endosporas, es resistente al calor y es resistente a factores físicos dañinos como el secado, la radiación, ácidos y productos químicos; además produce: calcita, utilizada en los últimos años para sellar grietas y fisuras que se generan en el concreto; también, sus enzimas hidrofílicas extracelulares descomponen polisacáridos como almidón, proteína, celulosa, etc., permitiendo que el cuerpo pueda utilizar estos productos como una fuente de carbono y electrones, lo que da como resultado antibióticos como bacitracina, polimixina, gramicidina y proteínas circulantes. [22]

El concreto es uno de los materiales más usados, lo cual es la mezcla entre cemento, arena, piedra y agua. Estimándose un consumo por año de 3 000 millones de toneladas. Se puede clasificar en 3 tipos, concreto de peso normal que es el que contiene cemento, arena, grava, y agua y es el comúnmente usado; otro es el concreto ligero, el cual es aquel que está compuesto por cemento, arena, agua y algún tipo de aditivo; por último, tenemos al concreto pesado en el que se utilizan agregados con alta densidad y son usados para especiales casos como para combatir la radiación. [23]

Dentro del concreto ligero encontramos el concreto celular, el cual es la combinación de cemento, agregado fino, agua y aire amasado de manera mecánica o mediante aditivos, y se puede definir como un hormigón con un agente expansivo que aumenta su volumen a la vez que consigue las cualidades de trabajabilidad y reducción de peso. Se creó en la segunda década del siglo XX, pero su máximo crecimiento se produjo después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se vendió en todo el continente europeo. Este tipo de hormigón se puede producir utilizando aditivos espumantes de base proteica o sintética, dependiendo de cómo se preparen, siendo estos últimos creados a principios del actual siglo y ofrece las ventajas de una mayor estabilidad de la espuma, una larga vida útil y durabilidad (en comparación con los aditivos a base de proteínas).

Para obtener una mezcla óptima del concreto, primero se necesita realizar el diseño de mezcla, lo cual es un proceso práctico que tiene como fin poder alcanzar la resistencia a compresión para una edad prevista, también poder lograr la manejabilidad que esté acorde al tiempo dado y el diseño debe cumplir con la función que va a cumplir con los requisitos que está buscando el diseñador. [24]

El objetivo con esto es alcanzar las características que se quiere de la mezcla, debemos determinar las cantidades de los materiales que se van a usar y así conocer las propiedades del concreto fresco y endurecido. Para realizar el diseño se debe seguir algunas cualidades como mínimo: Para el estado fresco se debe tener en cuenta su trabajabilidad que es la propiedad en la que se determina la capacidad del concreto para ser transportado o manejable en su compactación y la densidad es la que determina si el concreto será de baja o alta calidad. [25]

Otro proceso que se debe tener en cuenta es el curado del concreto, lo cual genera la hidratación de la mezcla endurecida avance y el concreto pueda llegar a sus propiedades esperadas. [26]

Por otro lado, para el estado endurecido, se debe tener en cuenta las resistencias que se desean como resultantes finales, como la resistencia a la compresión que es la aplicación de fuerzas ejercidas hacia el interior del elemento, la resistencia a la flexión es la capacidad de un material de soportar fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal, resistencia a la tracción simple es la fuerza necesaria para crear la deformación plástica de una pieza y convertirla en virutas, y con un ángulo de corte mayor, la resistencia de corte es menor, mientras que con un menor ángulo de corte será más alta la resistencia y el grado de absorción es el incremento en masa debido a la penetración de agua en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, sin incluir el agua adherida en la superficie de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

Tomando en cuenta la reglamentación estipulada en cuestiones de desarrollo de infraestructura, se toman en cuenta los siguientes reglamentos.

La Norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto que se van a realizar. [27]

EL Manual de diseño de mezclas de concreto ACI 211, ACI significa American Concrete Institute, se basa en un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto. [28]

Normas Técnicas Peruanas (NTP), son documentos que establecen las especificaciones de calidad de los productos, procesos y servicios.

Podemos describir algunas de estas como el Análisis granulométrico del agregado fino NTP 400.012 [29], la NTP 339.185 que trata sobre “Agregados, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados finos” [30], NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino [31] y NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado fino, respecto al agregado fino [32].

Para el concreto endurecido se tienen en cuenta la NTP 339.034. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas [33], NTP 339.078. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo [34] y NTP 339.084. Concreto. Metodo de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica [35].

Normas ASTM, garantiza las propiedades mecánicas mínimas y la soldabilidad de los aceros, puesto que el uso de estos va orientado a la industria de la construcción y estructuras que requieran diversos materiales metálicos (para ser remachados, soldados o empernados).

Dentro de esta norma se encuentra la ASMT C33 que se titula “Especificaciones estándar de los agregados del concreto” [36] y otra sería la ASTM C642 Método de prueba estándar para densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido [37].

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se desarrolló el diseño de la presente investigación, lo cual según Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, nos dice que es un plan que no solo responde a las interrogantes de la investigación, sino que implica el análisis e interpretación para posteriormente llegar a la conclusión. [38]

Por lo tanto, se denominó a este proyecto de tipo experimental, ya que para este tipo se usa la experimentación pues se incorporó en la mezcla del concreto celular una Bacteria denominada Bacillus Subtilis proveniente del género Bacillus, el cual ha dado resultados satisfactorios al ser trabajado con otros materiales. Del mismo modo, es un estudio exploratorio ya que fue el primero que se realizó en el concreto celular con la adición bacteriana Bacillus Subtilis.

Para este proyecto se plantearon variables independientes y dependientes, donde la operacionalización determina las características de cada una de ellas. Se consideró como variable independiente, lo que indica a quien representó un rol primordial [39], a la Bacteria Bacillus Subtilis que es una bacteria aeróbica que consisten en pequeñas células vegetativas que se encuentran comúnmente en el suelo, las fuentes de agua y en asociación con las plantas [20] y variable dependiente, el cual desempeñó el rol de efecto por la variable independiente [39], al concreto celular que es un tipo de concreto con un agente expansivo que incrementa su volumen mientras gana cualidades de trabajabilidad y pérdida de peso, para una mejor explicación la operacionalización de variables se encuentra en anexos.

Se tomó como unidad de estudio al concreto celular, ya que es el objeto al que se le evaluará el comportamiento, este tipo de concreto se realizó de la forma común, es decir la mezcla consiste en cemento, agregado fino, agua y el aditivo incorporador de aire, adicionándole la Bacteria Bacillus Subtilis para obtener un incremento en la resistencia mecánica de este.

Por ende, se consideró como población a las probetas y bloques realizados de concreto celular con la adición de la Bacteria Bacillus Subtilis en diferentes porcentajes que es lo que se estudió con las técnicas planteadas [38].

A las muestras que son parte de la población [38] fueron elaboradas con materiales de la zona de Lambayeque; es decir, el cemento tipo MS y el agregado de la cantera de Pátapo, y se utilizaron como mínimo 3 muestras elaboradas para cada ensayo como estipula la Norma E-060 "Para cada mezcla de prueba deben confeccionarse, curarse y ensayarse en condiciones

estándar controladas, al menos dos probetas cilíndricas de 6” de diámetro por 12” de altura (150 mm por 300 mm) o tres probetas cilíndricas de 4” de diámetro por 8” de altura (150 mm por 200 mm) para cada edad de ensayo de acuerdo con la NTP 339.183:2013” [27], las cuales serán usadas para la obtención de los resultados del incremento de la resistencia a compresión, flexión y tracción, siendo un total de 48 probetas y 12 vigas, y 6 muestras para el grado de absorción. Estas muestras fueron elaboradas al 0%, 5%, 10% y 15% de Bacteria del género Bacillus según la proporción de agua que se usará en el diseño de mezcla del Concreto Celular.

Para ejecutar el proyecto, se analizaron los datos obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio por lo cual se recurrió a las técnicas lo cual ayudó en la formulación, diseño y ejecución de la investigación. [38]

Primero la técnica de análisis de contenido con la que se recopiló información de proyectos relacionados con las variables que se están investigando de los últimos cinco años. También fue usada la técnica de la observación por la que se pudo reconocer el comportamiento del concreto durante el proceso de ejecución de los ensayos en el proceso de la investigación. Y la técnica de experimentos con la cual se manipuló las variables obtenidas, se probó con ellas y se describió los resultados obtenidos mediante la experimentación.

Con relación al problema que se planteó se formuló la siguiente hipótesis la cual planteó una solución innovadora [39]: Agregando a la mezcla de concreto celular la Bacteria Bacillus Subtilis podremos obtener mayor porcentaje de resistencia en sus propiedades mecánicas y así poder dar una nueva alternativa de material para elementos estructurales.

Para el proceso de la investigación, el trabajo de campo se desarrolló en el laboratorio biológico de la Universidad Mayor de San Marcos (parte biológica) y en el laboratorio de la Corporación INCELL, y se ha dividido en 9 etapas.

Etapa 1: Diseño de Mezcla del Concreto Celular, se realizó un diseño patrón, el cual constaba de los materiales comunes para un concreto celular convencional, los cuales fueron cemento Tipo MS, agregado fino proveniente de la cantera de Pátapo, agua y el aditivo incorporador de aire el cual fue el aditivo Sika Aer de la marca Sika. En esta etapa primero se realizaron los ensayos respectivos para asegurarnos que los materiales estuvieran en óptimo estado.

Se empezó con los ensayos al agregado fino, los cuales fueron el ensayo de granulometría según la NTP 400.012, el peso de la muestra a usarse fue de 211.15 gramos encontrándose este en estado seco inicial. Para la ejecución del ensayo Granulométrico se necesitaron los tamices

de 1/2", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y el fondo. También se realizó el Ensayo de Contenido de Humedad al Agregado Fino, el cual fue ejecutado según la Normativa NTP 339.185 (Agregados. Método de ensayo normalizado).

Otro ensayo para realizarse fue el de contenido de humedad, para el cual se necesitó una balanza, un horno que será la fuente de calor, un recipiente para la muestra y el agregado fino. Primero se pesó la muestra de agregado fino tal cual, luego se llevó al horno a una temperatura de 110°C por 24 horas, pasado ese tiempo se volvió a pesar la muestra y con esos datos obtenidos se procedió a sacar el contenido de humedad dividiendo el peso del agua por el peso del agregado fino seco.

Asimismo, se realizaron los ensayos de Peso específico del Agregado fino y el de Grado de Absorción según la NTP 400.021 y finalmente en cuanto a los ensayos que se realizaron al agregado fino, se hizo el ensayo de Peso Unitario Seco Suelto y el Peso Unitario Compactado.

El diseño se realizó para una resistencia de $f'c$ 210 el cual fue la base para el trabajo de las posteriores etapas.



Imagen 01: Obtención del Agregado Fino
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 02: Ensayo de Granulometría
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 03: Incorporador de Aire SikaAer
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 04: Inicio del Diseño de Mezcla patrón
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 05: Temperatura de la mezcla.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 06: Ensayo de Cono de Abrams
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 2: Elaboración de la bacteria *Bacillus Subtilis*, la cual es la variable Independiente de la investigación, ya que depende de ella los resultados que se obtengan posteriormente en el concreto celular.

Los instrumentos para usar en esta etapa fueron: EPP para manipular instrumentos de microbiología en un laboratorio biológico, un Horno Pasteur, Purificador de laboratorio para agua, estufa eléctrica, balanza de laboratorio electrónico, espátulas planas de laboratorio biológico, pabito de algodón, papel toalla y de aluminio, almidón, micro kit de medio de cultivo, alcohol al 70 %, lejía al 10 %, marcador de vidrio gráfico.

Ya con esto se realizó el cultivo de La producción de la bacteria bacillus subtilis, empezó con el uso de 500 ml del caldo nutritivo el cual se colocó dentro de un matraz; el cual se incubó a 30 °C con 200 revoluciones/min de agitación por un plazo de 18 horas. Luego se necesitó una botella para la fermentación esterilizado de vidrio borosilicato de 10 L de volumen, en donde se preparó 5 litros de caldo nutritivo esterilizado a 121 °C durante 30 min. Después de esto, se usó un semillero de medio litro debidamente esterilizado y se fermentó por 18 horas con aireación airlift lo cual consiste en deslizar el agua en el interior de un tubo y por la base se inyectó el aire a 1.5 v.v.m. (volumen de aire por volumen de medio por minuto).

Con ese caldo elaborado se pudo obtener la cepa de la bacteria Bacillus subtilis. La cual fue usada para este proyecto. Por otro lado, es de suma importancia describir que el proceso de la obtención fue realizado en el laboratorio de biología de la Universidad Mayor de San Marcos, y fue asesorado por un biólogo de dicha casa superior de estudios, Mg. Mario Alcarraz Curri, para lo cual se cuenta con un certificado de la cepa bacteriana y de su producción.



Imagen 07: Sellado de la cepa.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 08: Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 3: Aplicación de la Bacteria Bacillus Subtilis al 5%,10% y 15%, ya contado con el Diseño de mezcla del concreto celular y la Bacteria Bacillus se procedió con los diseños al 5%, 10% y 15% de la bacteria en ppm en proporción al agua que se utilizó en la mezcla del diseño patrón del concreto celular, obteniendo así un total de 4 diseños diferentes a evaluarse.



Imagen 09: Incorporación de la Bacteria al agua.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 10: Mezcla del Concreto celular.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 11: Chuzeada a la mezcla.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 12: Golpe con martillo a la mezcla.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 13: Probetas cilíndricas con la muestra.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 14: Vigas con la muestra.
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 4: Ensayo de Grado de Absorción, para este ensayo se utilizaron 16 probetas que fueron ensayadas a los 28 días según la norma ASTM C642. Primero se secó las muestras en un horno por 24 horas, luego de esto se sacó el peso de cada una de ellas y posteriormente sumergió nuevamente por 48 horas las muestras para ser pesadas luego de esto.



Imagen 15: Peso de la probeta seca.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 16: Inmersión de probetas en agua.
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 5: Ensayo de la Resistencia a Compresión Simple, este se realizó a los 7,14 y 28 días en 3 muestras por porcentaje de adición en cada uno de los días de rotura siendo un total de 36 ensayos de resistencia a compresión realizados.



Imagen 17: Inicio de los ensayos.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 18: Ensayo de resistencia a la compresión.
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 6: Ensayo de la Resistencia a Flexión en vigas, este se realizó a los 7,14 y 28 días en 3 muestras por porcentaje de adición en cada uno de los días de rotura siendo un total de 36 ensayos de flexión en vigas que se ejecutaron.



Imagen 19: Ensayo de flexión en vigas.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 20: Rotura de viga en ensayo.
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 7: Ensayo de Tracción simple, para este ensayo, debido a que se consideró corte directo el cual es considerado para tabiquería; y en concreto endurecido para elementos estructurales, lo correcto normado es Tracción simple, se reemplazó y se realizó a los 7,14 y 28 días con 3 muestras por porcentaje de adición bacteriana en cada uno de los días de rotura siendo un total de 36 ensayos de tracción.



Imagen 21: Ensayo de Tracción al 15%.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 22: Rotura por Tracción.
Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 8: Dosificación y productividad óptima del concreto celular con la Bacteria *Bacillus Subtilis*, aquí se registró, y procesó todos los datos obtenidos en las etapas anteriores. Para esto se usó algunos Softwares los cuales permitieron ordenar los resultados de ensayos que se realizaron y procesarlos, con esto se pudo obtener las tablas, diagramas y gráficos que sirvieron para la interpretación de los resultados en la presente investigación.

Y por último en la etapa 9: Impacto Ambiental de la producción del concreto celular con la adición bacteriana, en esta última etapa según los procesos realizados se evaluó el impacto que generó cada uno en su proceso, desde el diseño de mezcla patrón hasta el último día de la elaboración de los ensayos. Este se realizó mediante una Matriz de Leopold la cual ayudó identificar la relación causa-efecto para un mejor estudio del impacto que produjo el proceso realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del primer objetivo específico el cual es determinar el diseño de mezcla del concreto celular se muestra a continuación:

Tabla 01: Tamizado de Agregado fino.

Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Que Pasa	Especificaciones	
Pulgadas	mm					Minimo	Maximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 04	4.75	12.00	5.68	5.68	94.32	95.00	100.00
N° 08	2.36	33.00	15.63	21.31	78.69	80.00	100.00
N° 16	1.18	66.00	31.26	52.57	47.43	50.00	85.00
N° 30	0.60	44.00	20.84	73.41	26.59	25.00	60.00
N° 50	0.30	32.00	15.16	88.56	11.44	10.00	30.00
N° 100	0.15	17.17	8.13	96.69	3.31	2.00	10.00
Fondo		6.98	3.31	100.00	0.00		

Fuente: Elaboración Propia.

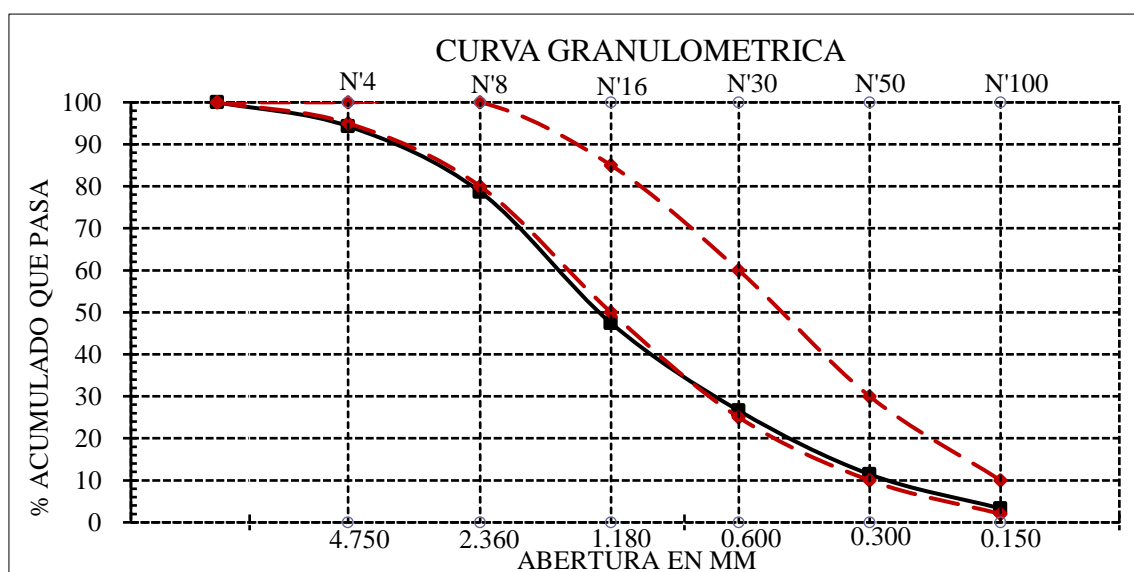


Imagen23: Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen 23, se muestra la curva granulométrica obtenida del ensayo de granulometría realizado al agregado fino, se tuvo en cuenta los porcentajes acumulados que pasan de agregado fino por los tamices donde podemos deducir que se empieza a retener en el tamiz N°04, pasando por este un 94.32% del total de la muestra ensayada con 4.75 gramos y por el tamiz N°100 con 0.15 gramos pasando el 3.31% de la muestra.

Tabla 02: Contenido de Humedad al Agregado Fino.

DATOS DE ENSAYO	
RECIPIENTE + AGREGADO FINO HUMEDO	1203
RECIPIENTE + AGREGADO FINO SECO	1175
PESO DEL AGUA	28
PESO DEL RECIPIENTE	0
PESO DEL AGREGADO FINO SECO	1175
PORCENTAJE DE HUMEDAD	2.38%

Fuente: Elaboración Propia.

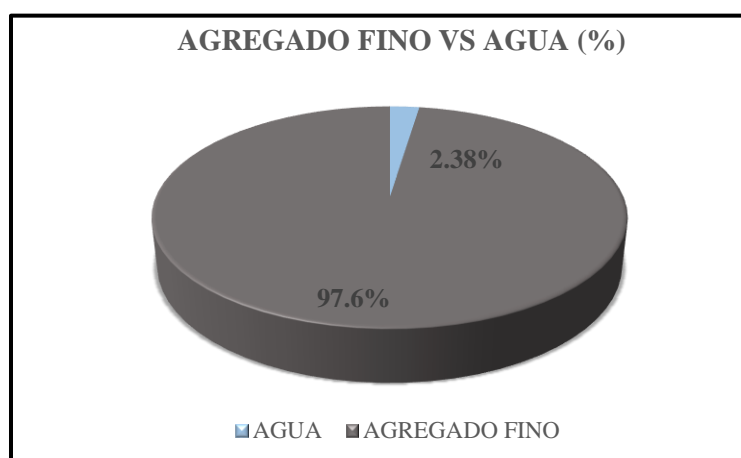


Imagen 24: Agregado fino vs Porcentaje de Agua.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 24, se aprecia el porcentaje de agua respecto a una muestra de Agregado fino, el peso inicial de la muestra fue 1203 gramos y posteriormente, luego de pasar por el horno fue de 1175 gramos, por lo que a partir de ello podemos sacar el peso del agua que sería de 28 gr lo que equivalió a un 2.38% de humedad que poseía el Agregado Fino.

Tabla 03: PE y AB.

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO	g/cm ³	2.48
GRADO DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO	%	2.46

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 03, se puede Observar que el peso específico del agregado fino, el cual nos dio como resultado de 2.48 g/cm³ y, además el grado de absorción del agregado fino el cual fue 2.46%.

Tabla 04: Peso Unitario Seco Suelto.

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	12642	12736	12725	12701
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4162	4256	4245	4221
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1375	1406	1402	1394

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 04, observamos que el PUS es de 1394 kg/m³ que fue sacado luego de promediar el resultado de 3 ensayos realizados muestras de 4162 gr, 4256 gr y 4245 gr con un molde de 8480 gr y 3027 cm³.

Tabla 05: Peso Unitario Compactado.

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	13297	13338	13342	13326
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4817	4858	4862	4846
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario compactado	kg/m ³	1591	1605	1606	1601

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 05, observamos que el PUC es de 1601 kg/m³ que fue sacado luego de promediar el resultado de 3 ensayos realizados muestras de 4817 gr, 4858 gr y 4862 gr con un molde de 8480 gr y 3027 cm³.

Finalmente, con todos los datos obtenidos de los agregados se prosiguió al diseño de mezcla patrón sin adición bacteriana, es decir al 0% de bacteria *Bacillus subtilis*, obteniéndose como resultado el siguiente diseño:

Tabla 06: Diseño patrón.

DISEÑO AL 0% DE ADICIÓN BACTERIANA	CEMENTO (bolsa)	A. FINO (kg/m³)	ADITIVO INCORPORADO R DE AIRE	AGU A (litros)
PROPORCIÓN EN PESO	1.00	3.66	0.001	22.9
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.001	22.9

Fuente: Elaboración Propia.

Para el Objetivo específico 2, el cual es describir las características de la bacteria, se realizó toda la descripción de esta en la revisión de la literatura.

Los resultados logrados para el tercer objetivo específico de la presente investigación consistieron en aplicar la Bacteria *Bacillus Subtilis* al 0%, 5%, 10% y 15% en base al volumen de la proporción de agua en el concreto celular como elemento adicional, teniendo en cuenta que el 0% es el diseño patrón del Diseño de mezcla, se realizaron al 5%, 10% y 15% y lo obtenido se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 07: Diseño al 5% de adición de bacillus.

DISEÑO AL 5% DE ADICIÓN BACTERIANA	Cemento (bolsa)	A. fino (kg/m³)	Bacillus subtilis (litros)	Aditivo incorporado r de aire	Agua (litros)
PROPORCION EN PESO	1.00	3.66	0.027	0.001	22.9
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.029	0.001	22.9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 08: Diseño al 10% de adición de bacillus.

DISEÑO AL 10% DE ADICIÓN BACTERIANA	Cemento (bolsa)	A. fino (kg/m³)	Bacillus subtilis (litros)	Aditivo incorporado r de aire	Agua (litros)
PROPORCION EN PESO	1.00	3.66	0.054	0.001	22.9
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.058	0.001	22.9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 09: Diseño al 15% de adición de bacillus.

DISEÑO AL 15% DE ADICIÓN BACTERIANA	Cemento (bolsa)	A. fino (kg/m³)	Bacillus subtilis (litros)	Aditivo incorporado de aire	Agua (litros)
PROPORCION EN PESO	1.00	3.66	0.081	0.001	22.9
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.087	0.001	22.9

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuarto objetivo específico, el cual es determinar el Grado de Absorción del concreto celular modificado y el convencional obtuvimos los siguientes resultados.

Tabla 10: Masa seca de 4 probetas al 0% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 0%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	12333.00	12326.85	0.05	OK	12326.85
2	12566.00	12563.86	0.02	OK	12563.86
3	12678.00	12675.34	0.02	OK	12675.34
4	12344.00	12342.92	0.01	OK	12342.92

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 10, observamos los pesos de las 4 probetas con 0% de adición de bacteria Bacillus Subtilis luego de un día y luego de 2 días colocadas al horno, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 11: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 0%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	12548.00	12548.39	0.00	OK	12548.39
2	12791.00	12793.06	0.02	OK	12793.06
3	12899.00	12905.37	0.05	OK	12905.37
4	12576.00	12579.54	0.03	OK	12579.54

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 11, observamos los pesos de las 4 probetas con 0% de adición de bacteria Bacillus Subtilis luego de un día y luego de 2 días colocadas al agua, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 12: Porcentaje de absorción al 0% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCION DESPUES DE INMERSION		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	1.80	1.84
2	1.82	
3	1.81	
4	1.92	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 12, observamos el resultado de absorción al 0% de adición bacteriana el cual nos dio un 1.84% de absorción.

Tabla 13: Masa seca de 4 probetas al 5% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 5%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	12872.00	12870.57	0.01	OK	12870.57
2	12734.00	12725.62	0.07	OK	12725.62
3	12712.00	12692.94	0.15	OK	12692.94
4	12823.00	12816.95	0.05	OK	12816.95

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 13, observamos los pesos de las 4 probetas con 5% de adición de bacteria Bacillus Subtilis luego de un día con 12872 g, 12734 g, 12712 g y 12823 g; y luego de 2 días con 12870.57 g, 12725.62 g, 12692.94 g y 12816.95 g respectivamente colocadas al horno, con un porcentaje de variación aceptable.

Tabla 14: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 5%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	13122.00	13123.06	0.01	OK	13123.06
2	12987.00	12991.02	0.03	OK	12991.02
3	12990.00	12990.06	0.00	OK	12990.06
4	13087.00	13092.68	0.04	OK	13092.68

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 14, observamos los pesos de las 4 probetas con 5% de adición de bacteria Bacillus Subtilis luego de un día y luego de 2 días colocadas al agua, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 15: Porcentaje de absorción al 5% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	1.96	2.13
2	2.09	
3	2.34	
4	2.15	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 15, observamos el resultado de absorción al 5% de adición bacteriana el cual nos dio un 2.13% de absorción.

Tabla 16: Masa seca de 4 probetas al 10% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 10%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	3627.00	3625.70	0.04	OK	3625.70
2	3658.00	3657.00	0.03	OK	3657.00
3	3622.00	3621.75	0.01	OK	3621.75
4	3664.00	3665.15	0.03	OK	3665.15

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 16, observamos los pesos de las 4 probetas con 10% de adición de bacteria Bacillus Subtilis luego de un día y luego de 2 días colocadas al horno, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 17: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 10%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	3770.00	3770.26	0.01	OK	3770.26
2	3780.00	3780.05	0.00	OK	3780.05
3	3759.00	3760.08	0.03	OK	3760.08
4	3786.00	3786.87	0.02	OK	3786.87

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 17, observamos los pesos de las 4 probetas con 10% de adición de bacteria Bacillus Subtilis luego de un día y luego de 2 días colocadas al agua, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 18: Porcentaje de absorción al 10% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	3.99	3.62
2	3.36	
3	3.82	
4	3.32	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 18, observamos el resultado de absorción al 10% de adición bacteriana el cual nos dio un 3.62% de absorción.

Tabla 19: Masa seca de 4 probetas al 15% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 15%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	12356.00	12354.86	0.01	OK	12354.86
2	12211.00	12208.34	0.02	OK	12208.34
3	12512.00	12509.73	0.02	OK	12509.73
4	12433.00	12432.69	0.00	OK	12432.69

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 19, observamos los pesos de las 4 probetas con 15% de adición de bacteria *Bacillus Subtilis* luego de un día y luego de 2 días colocadas al horno, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 20: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 15%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	12566.00	12568.06	0.02	OK	12568.06
2	12432.00	12432.87	0.01	OK	12432.87
3	12734.00	12729.85	0.03	OK	12729.85
4	12634.00	12635.23	0.01	OK	12635.23

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 20, observamos los pesos de las 4 probetas con 15% de adición de bacteria *Bacillus Subtilis* luego de un día y luego de 2 días colocadas al agua, con un porcentaje de variación aceptable entre ambos pesos según la norma.

Tabla 21: Porcentaje de absorción al 15% de adición de Bacteria *Bacillus Subtilis*.

ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	1.73	1.74
2	1.84	
3	1.76	
4	1.63	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 21, observamos el resultado de absorción al 15% de adición bacteriana el cual nos dio un 1.74% de absorción.

Los resultados del Objetivo específico número 5 que es determinar la Resistencia a Compresión simple a 7,14 y 28 días, se presentan a continuación separados por fecha de rotura y porcentaje de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Tabla 22: Resistencia a la Compresión a 7 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	F ^c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f ^c alcanzado
		(kg/cm ²)										
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/5/2022	7	12945	30.00	15.00	5301	2442	22433	127
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/5/2022	7	12816	30.00	15.00	5301	2417	22644	128
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/5/2022	7	12861	30.00	15.00	5301	2426	23922	135

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 22, observamos las cargas soportadas por cada probeta y el f^c obtenido según la carga. El ensayo se realizó el día 17 de mayo del 2022 a los 7 días de curado.

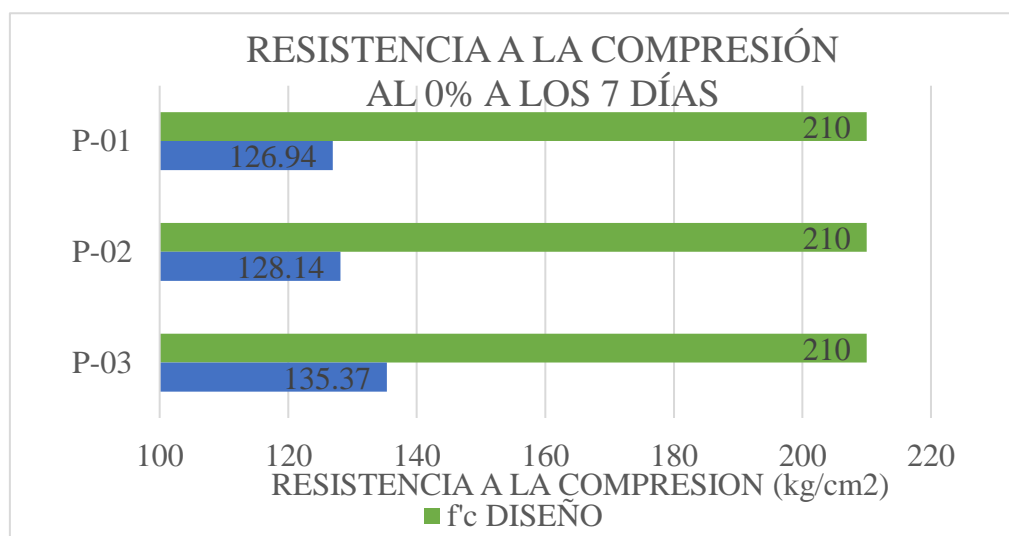


Imagen 25: Resistencia a la compresión al 0% a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 25, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 0% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado esperado el cual es 210 Kg/cm², los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 126.94 Kg/cm², 128.14 Kg/cm² y 135.37 Kg/cm².

Tabla 23: Resistencia a la Compresión a 7 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)				(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(Kg/m ³)	(kg)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	30.00	15.00	5301	2442	14180	80
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	30.00	15.00	5301	2417	15323	87
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	30.00	15.00	5301	2426	14765	84

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 23, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 14780 kg, 15323 kg y 14765kg; y el f'c obtenido según la carga.

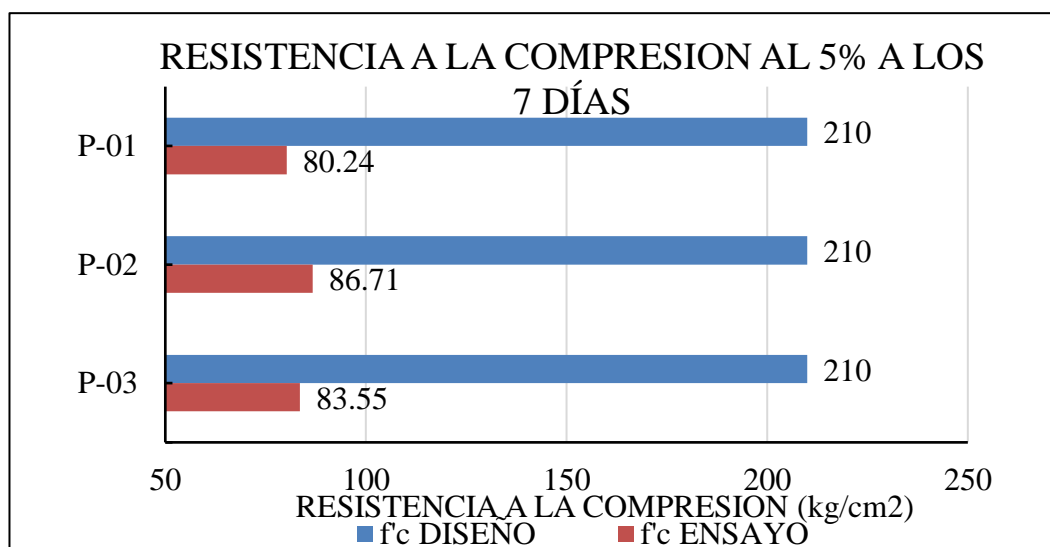


Imagen 26: Resistencia a la compresión al 5% a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 26, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 5% de adición bacteriana no es óptimo al esperado el cual es 210 Kg/cm², los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 80.24 Kg/cm², 86.71 Kg/cm² y 83.55 Kg/cm².

Tabla 24: Resistencia a la Compresión a 7 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	30.00	15.00	5301	2442	19180	109
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	30.00	15.00	5301	2417	19211	109
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	30.00	15.00	5301	2426	19211	109

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 24, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 19180 kg, 19211 kg y 19211kg; y el f'c obtenido según la carga.

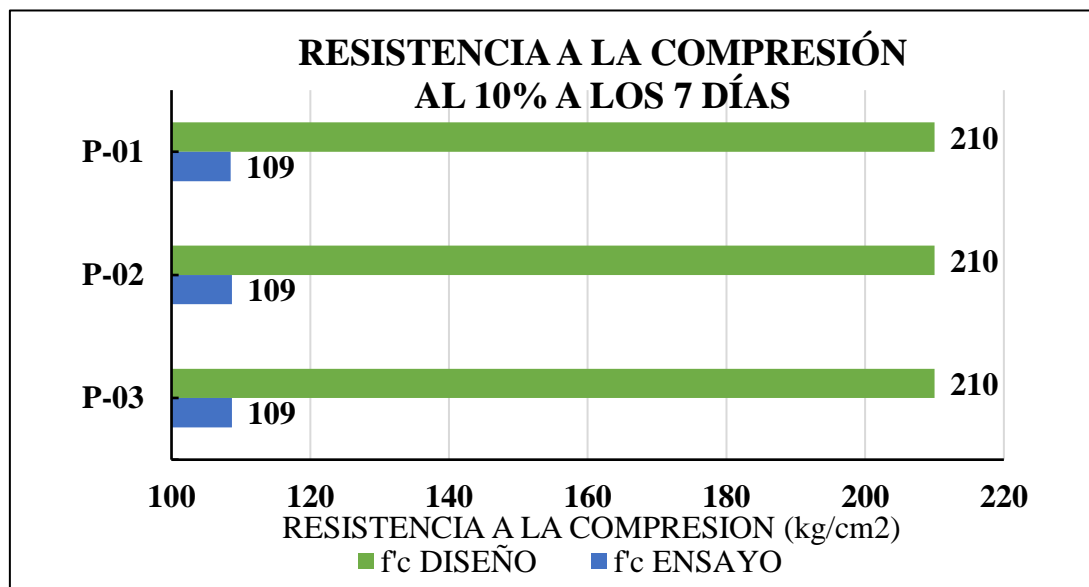


Imagen 27: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 10%.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 27, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 10% de adición bacteriana no es óptimo al esperado el cual es 210 Kg/cm², los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 109 Kg/cm², 109 Kg/cm² y 109 Kg/cm².

Tabla 25: Resistencia a la Compresión a 7 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra				Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)									
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	30.00	5301	2442	19930	113
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	30.00	5301	2417	20111	114
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	30.00	5301	2426	20092	114

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 25, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 19930 kg, 20111 kg y 20092kg; y el f'c obtenido según la carga.

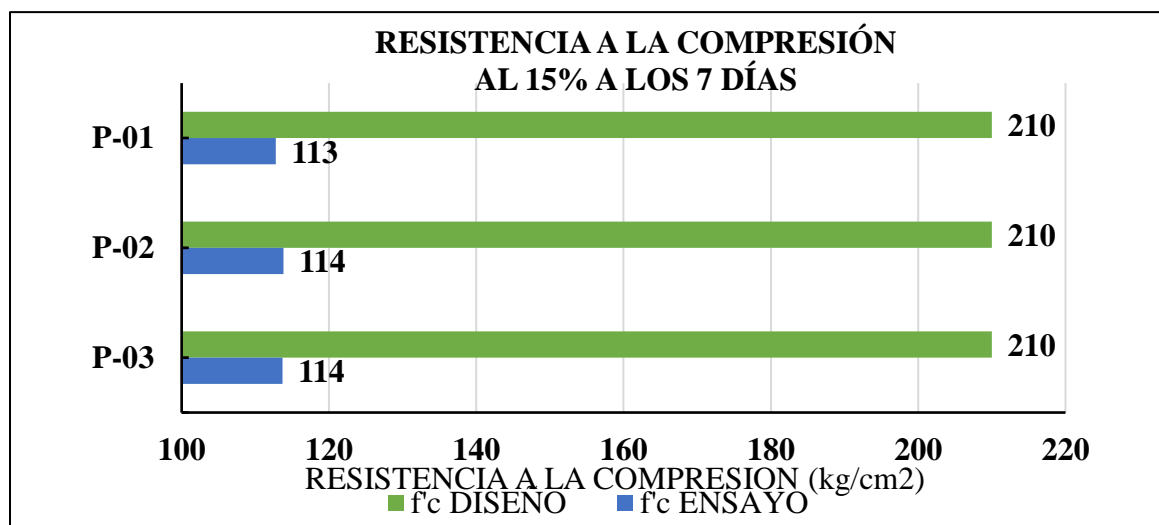


Imagen 28: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 15% a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 28, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 15% de adición bacteriana no es óptimo al esperado el cual es 210 Kg/cm², los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 113 Kg/cm², 114 Kg/cm² y 114 Kg/cm², sin embargo, podemos deducir que la resistencia aumentó según el porcentaje adicionado de la Bacteria Bacillus Subtilis al concreto celular, no obstante, la resistencia del diseño de mezcla al 0% aún es mayor al obtenido con la bacteria.

Tabla 26: Resistencia a la Compresión a 14 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12845	30.00	15.00	5301	2423	29822	169
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12814	30.00	15.00	5301	2417	28722	163
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12859	30.00	15.00	5301	2426	29782	169

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 26, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 29822 kg, 28722 kg y 29782kg; y el f'c obtenido según la carga.

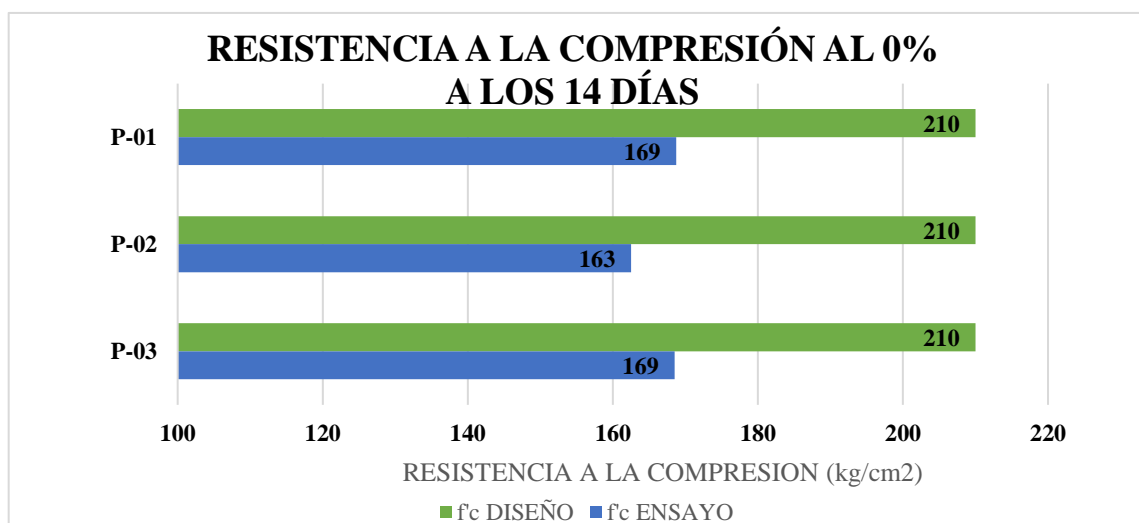


Imagen 29: Resistencia a la compresión al 0% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 29, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 0% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado, sin embargo, observamos que ha aumentado con respecto a las pruebas realizadas a los 7 días.

Tabla 27: Resistencia a la Compresión a 14 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(Kg/m ³)	(kg)	(kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12895	30.00	15.00	5301	2432	18450	104
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12827	30.00	15.00	5301	2420	19322	109
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12859	30.00	15.00	5301	2426	18734	106

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 27, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 18450 Kg, 19322 kg y 18734 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

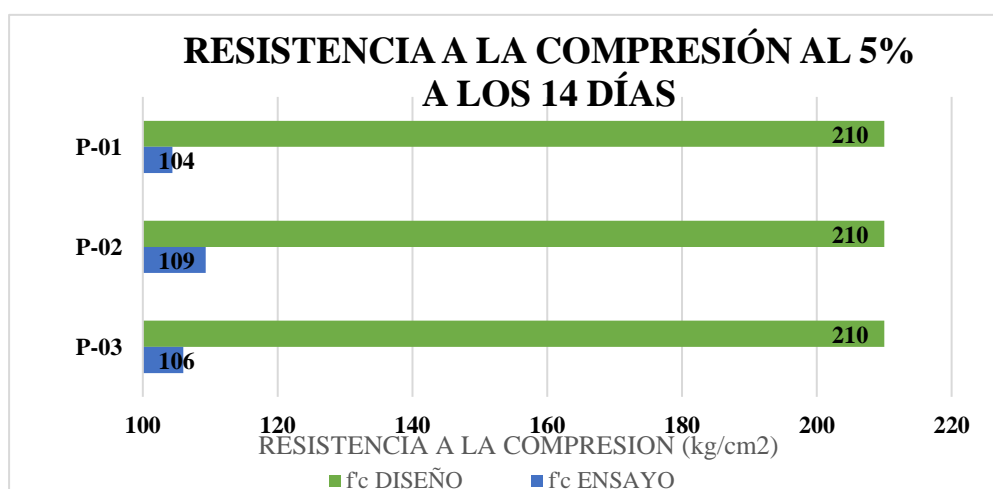


Imagen 30: Resistencia a la compresión al 5% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 30, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 5% de adición bacteriana y apreciamos que va aumentando en comparación con el ensayo realizado a los 7 días, teniendo como resultados de f'c ahora de 104Kg/cm², 109 Kg/cm² y 105 Kg/cm².

Tabla 28: Resistencia a la Compresión a 14 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12884	30.00	15.00	5301	2430	22710	129
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	1E+05	30.00	15.00	5301	24253	22912	130
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12932	30.00	15.00	5301	2439	22378	127

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 28, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 22710 kg, 22912 kg y 22378 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

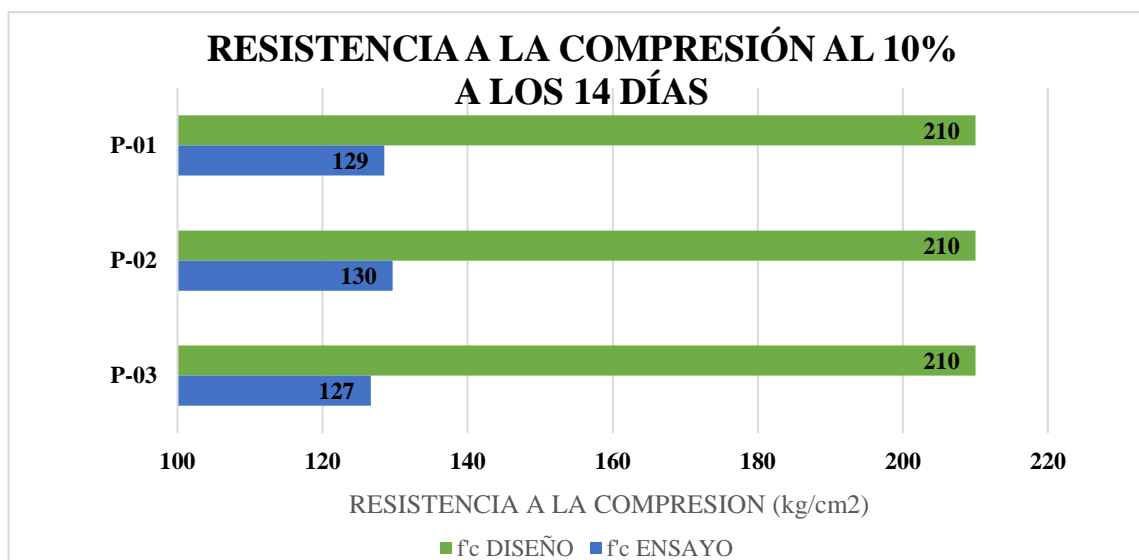


Imagen 31: Resistencia a la compresión al 10% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 31, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 10% de adición bacteriana y apreciamos que va aumentando en comparación con el ensayo realizado a los 7 días, teniendo como resultados de f'c ahora de 129Kg/cm2, 130 Kg/cm2 y 127 Kg/cm2.

Tabla 29: Resistencia a la Compresión a 14 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	30.00	15.00	5301	2442	24350	138
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	30.00	15.00	5301	2417	25311	143
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	30.00	15.00	5301	2426	24734	140

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 29, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 21220 Kg, 22622 Kg y 22562 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

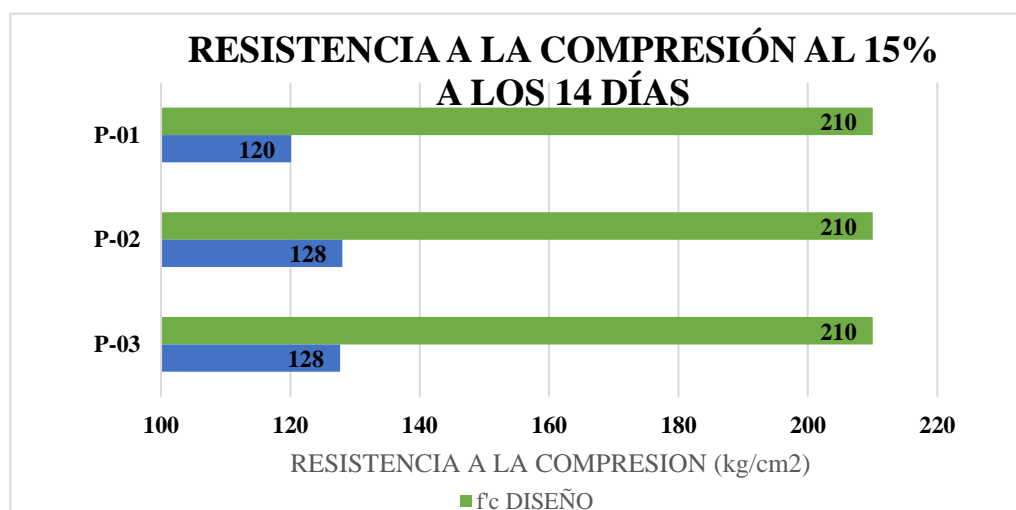


Imagen 32: Resistencia a la compresión al 15% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 32, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 15% de adición bacteriana no es óptimo al esperado el cual es 210 Kg/cm², los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 120 Kg/cm², 128 Kg/cm² y 128 Kg/cm², sin embargo, podemos deducir que la resistencia aumentó según el porcentaje adicionado de la Bacteria Bacillus Subtilis al concreto celular.

Tabla 30: Resistencia a la Compresión a 28 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	F _c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f _c alcanzado
		(kg/cm ²)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(Kg/m ³)	(kg)	(kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	32222	182
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	33444	189
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	33612	190

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 30, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 32222 kg, 33444 kg y 33612kg; y el f_c obtenido según la carga.

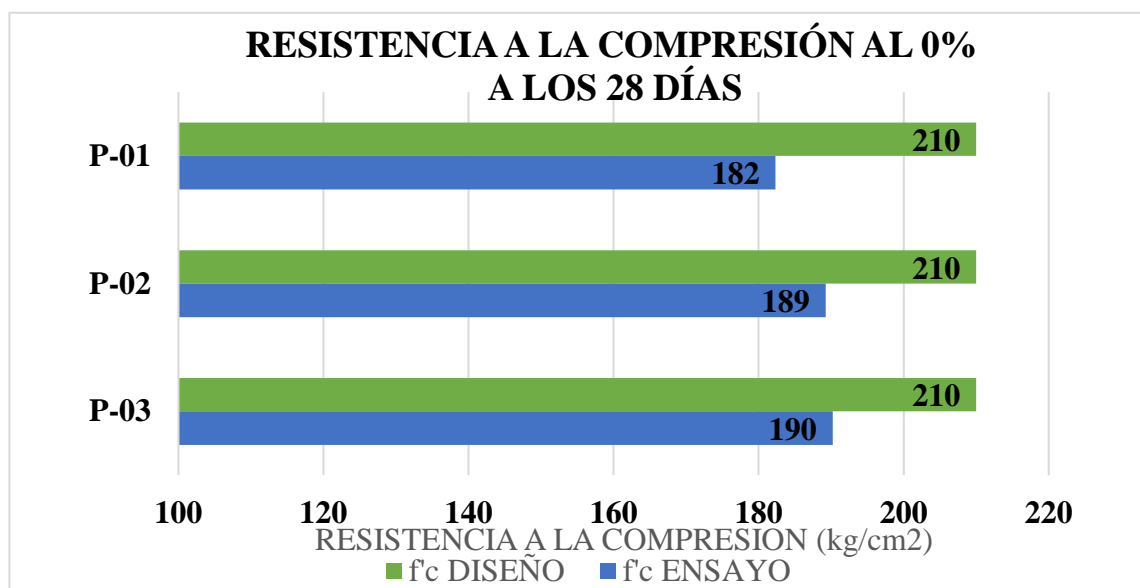


Imagen 33: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 0% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 33, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 0% de adición bacteriana fueron de 182 Kg/cm², 189 Kg/cm² y 190 Kg/cm².

Tabla 31: Resistencia a la Compresión a 28 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F _c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso (gr)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (Kg/m ³)	Carga (kg)	f'c alcanzado (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	34410	195
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	35444	201
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	34655	196

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 31, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 34410 Kg, 35444 Kg y 34655 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

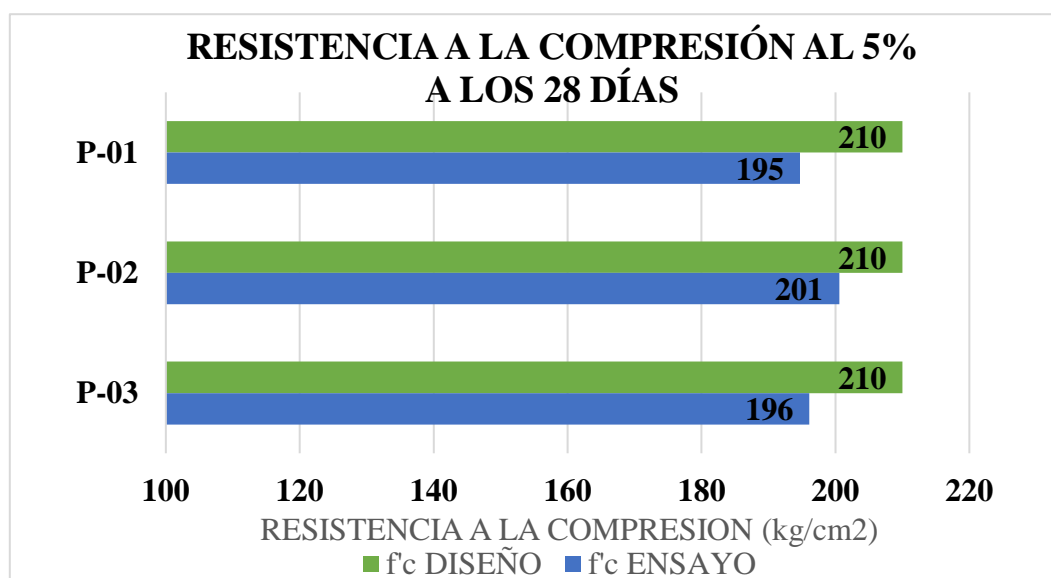


Imagen 34: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 5% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 34, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 5% de adición bacteriana se acerca a lo esperado, pero no llega, siendo estos de 195 Kg/cm², 201 Kg/cm² y 196 Kg/cm².

Tabla 32: Resistencia a la Compresión a 28 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(Kg/m ³)	(kg)	(kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	36980	209
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	37111	210
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	36912	209

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 32, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 36980 Kg, 37111 Kg y 36912 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

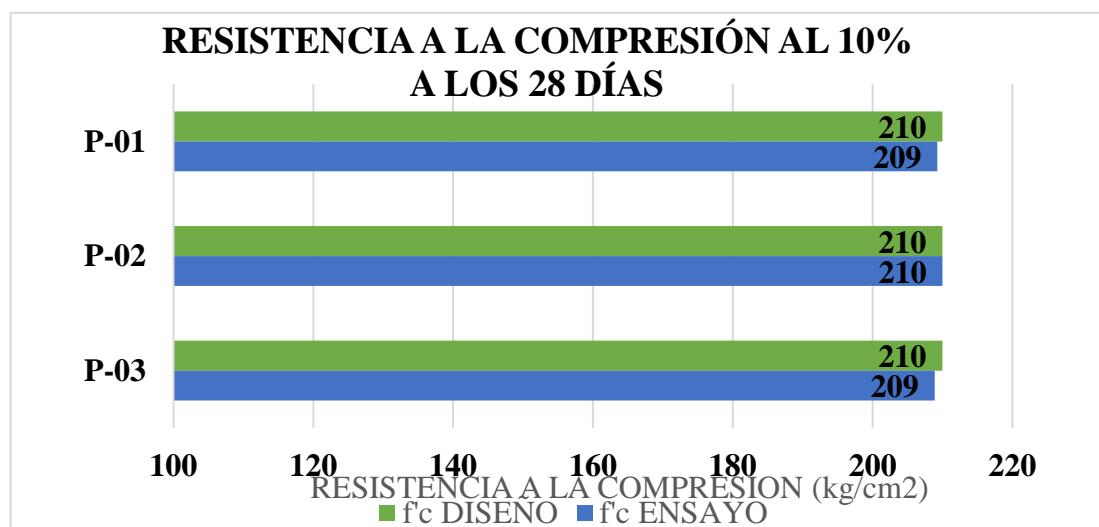


Imagen 35: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 10% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 35, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 10% de adición bacteriana alcanza lo esperado solo en una probeta, siendo estos resultados 209 Kg/cm², 219 Kg/cm² y 209 Kg/cm².

Tabla 33: Resistencia a la Compresión a 28 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	34350	194
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	35311	200
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	34734	197

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 33, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 34350 Kg, 35311 Kg y 34734 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

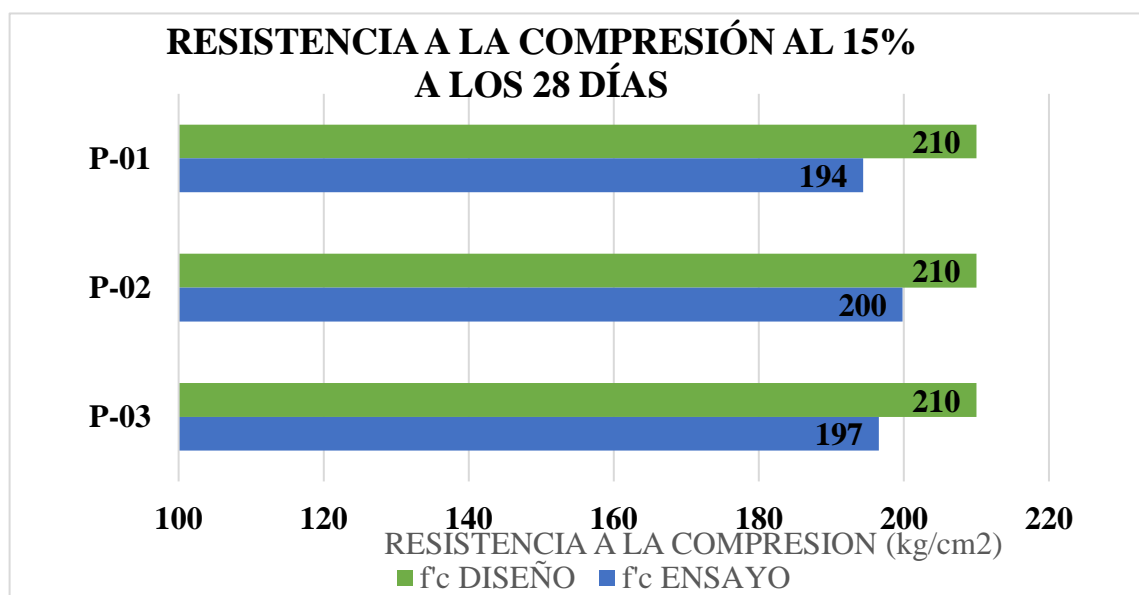


Imagen 36: Resistencia a la compresión al 15% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 36, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 15% de adición bacteriana tenemos como f'c 194 Kg/cm², 200 Kg/cm² y 197 Kg/cm².

Los resultados del Objetivo específico número 6 que es determinar la Resistencia a la Flexión en vigas también se realizó a los 7,14 y 28 días y se presentan a continuación separados por fecha de rotura y porcentaje de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Por otro lado, los resultados de determinar la Resistencia a la Flexión en vigas a los 7,14 y 28 días, los cuales se obtuvieron de realizar el objetivo específico N°6 se presentan a continuación separados por fecha de rotura y porcentaje de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Tabla 34: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana (0%)	f _c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo		Muestra			DATOS DE ENSAYO				
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (cm ³)	Carga (Kg)	Ancho de la falla (cm)	Altura de la falla (cm)	Mr		Mr promedio Mpa
										(kg/cm ²)	Mpa	
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1923	15.40	15.32	36.07	3.5375	3.5597
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1911	15.32	15.30	36.13	3.5430	
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1932	15.37	15.24	36.69	3.5985	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 34, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 1923 Kg, 1911 Kg y 1932 Kg; y el Mr obtenido según la carga con un promedio de 3.56 MPa.

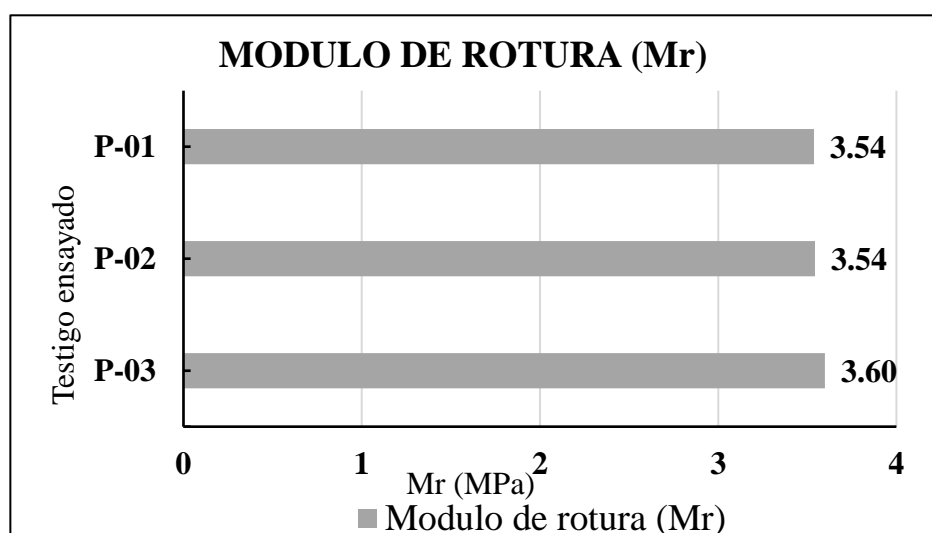


Imagen 37: Módulo de Rotura a los 7 días con 0% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 37, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 0% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 3.54 MPa, 3.54 MPa y 3.60 MPa.

Tabla 35: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo		Muestra			DATOS DE ENSAYO				
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (cm ³)	Carga (Kg)	Ancho de la falla (cm)	Altura de la falla (cm)	Mr		Mr promedio
										(kg/cm ²)	MPa	Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1560	15.40	15.32	29.26	2.87	2.89
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	10/5/2022	7	45.20	1573	15.32	15.30	29.74	2.92	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	10/5/2022	7	45.20	1545	15.37	15.24	29.34	2.88	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 35, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 1560 Kg, 1573 Kg y 1545 Kg; y el Mr obtenido un promedio de 2.89 MPa según la carga.

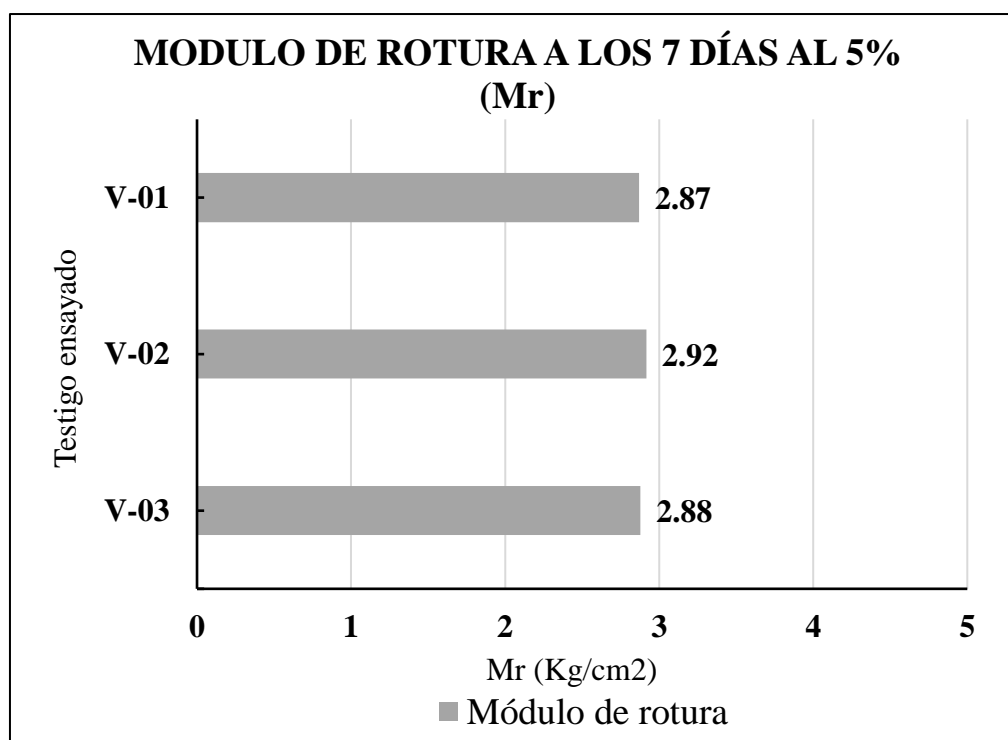


Imagen 38: Módulo de Rotura a los 7 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 38, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con el 5% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 2.87 MPa, 2.92 MPa y 2.88 MPa.

Tabla 36: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra		Datos de ensayo				
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr		Mr promedio
		(kg/cm2)			(dias)					(cm3)	(Kg)	
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1380	15.40	15.32	25.89	2.54	2.57
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1411	15.32	15.30	26.68	2.62	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1376	15.37	15.24	26.13	2.56	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 36, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 1380 Kg, 1411 Kg y 1376 Kg; y el Mr obtenido promedio de 2.57 MPa según la carga.

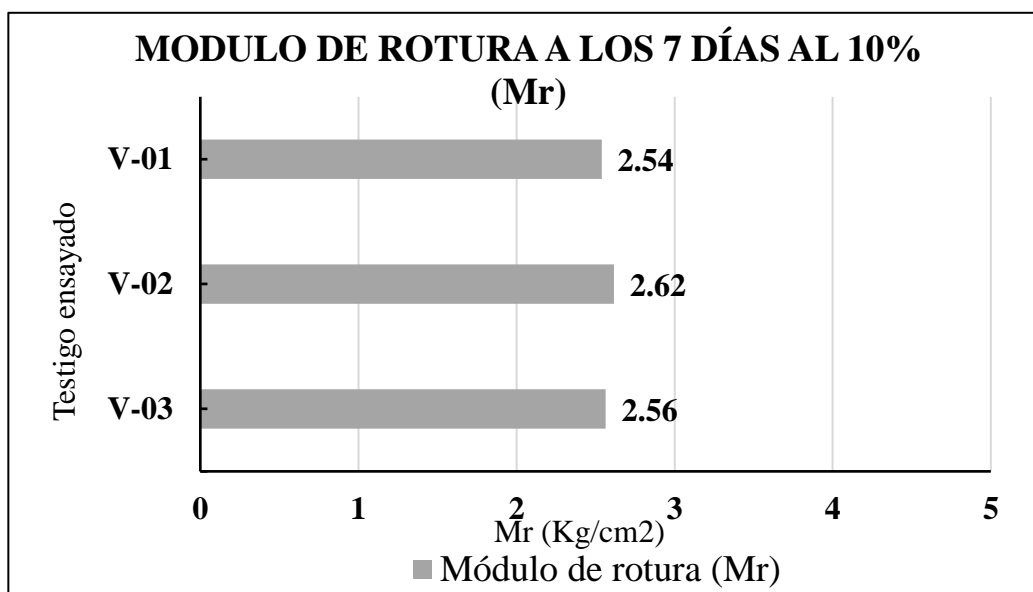


Imagen 39: Módulo de Rotura a los 7 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 39, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con el 10% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 2.54 MPa, 2.62 MPa y 2.56 MPa, podemos observar que los resultados son menores a los que poseen el 5% de adición.

Tabla 37: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO				
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (cm ³)	Carga (Kg)	Ancho de la falla (cm)	Altura de la falla (cm)	Mr		Mr promedio Mpa
										(kg/cm ²)	MPa	
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1150	15.40	15.32	21.57	2.12	2.11
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1123	15.32	15.30	21.23	2.08	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1143	15.37	15.24	21.71	2.13	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 37, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 1150 Kg, 1123 Kg y 1143 Kg; y el Mr promedio de 2.11 MPa obtenido según la carga.

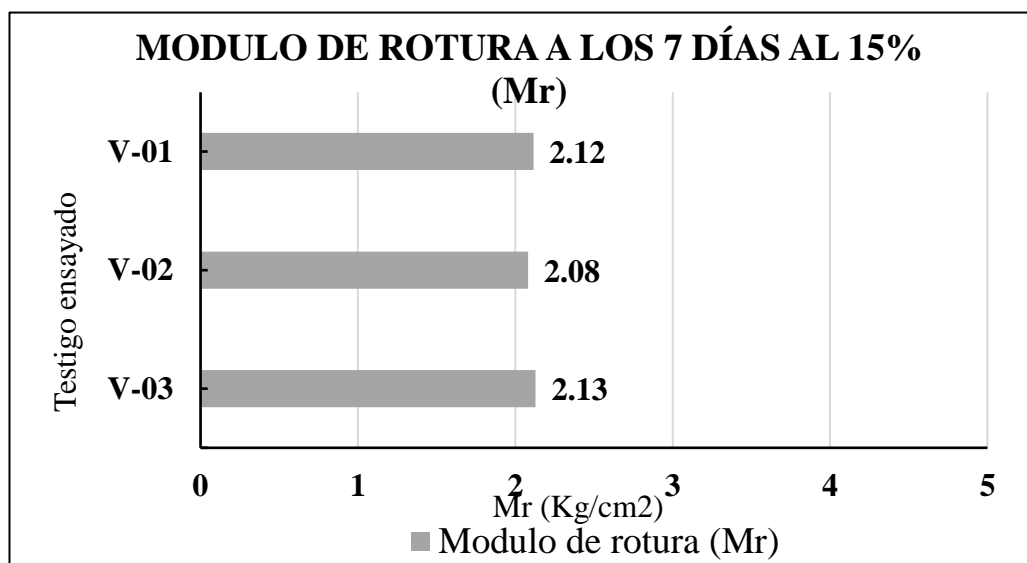


Imagen 40: Módulo de Rotura a los 7 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 40, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con el 10% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 2.12 Mpa, 2.08 Mpa y 2.13 Mpa, podemos observar que los resultados son menores a los que poseen el 15% de adición, sin embargo, observamos que los datos obtenidos son menores a los de las otras proporciones.

Tabla 38: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr Mpa	Mr promedio Mpa
		(kg/cm2)									
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	21366	154.00	153.20	4.01	4.06
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	21484	153.20	153.00	4.06	
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	21602	153.70	152.40	4.10	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 38, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 21366 N, 21484 N y 21602 N; y el Mr obtenido según la carga.

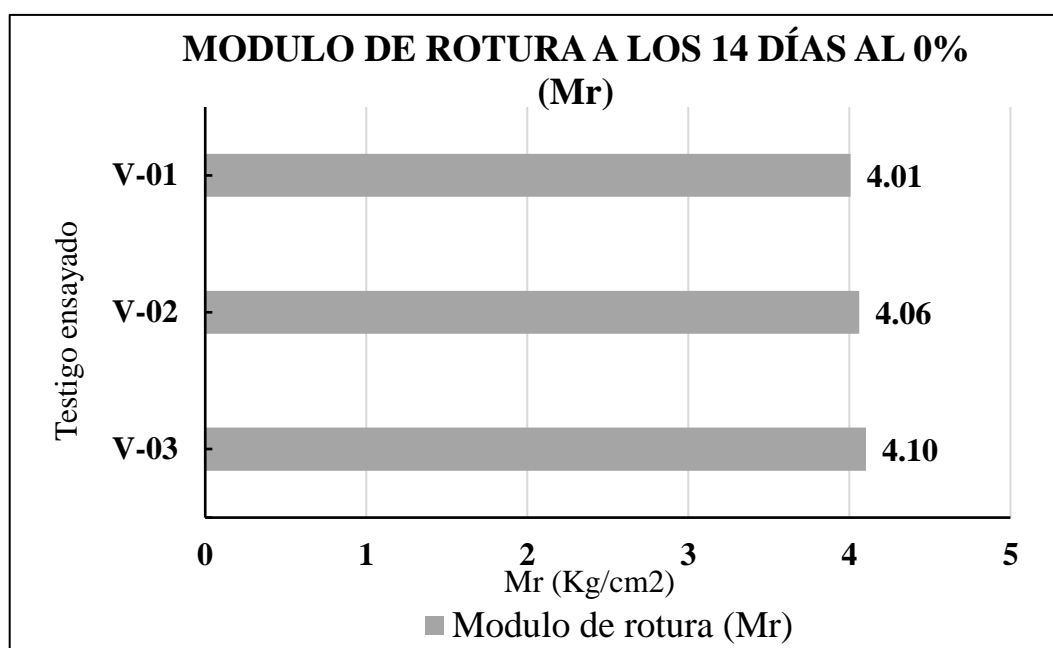


Imagen 41: Módulo de Rotura a los 14 días con 0% de adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 41, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 0% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 4.01 MPa, 4.06 MPa y 4.10 MPa.

Tabla 39: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr	Mr promedio
		(kg/cm ²)									
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452.00	16451	154.00	153.20	3.09	3.05
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452.00	15902	153.20	153.00	3.01	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452.00	16030	153.70	152.40	3.04	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 39, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 16451 N, 15902 N y 16030 N; y el Mr obtenido según la carga.

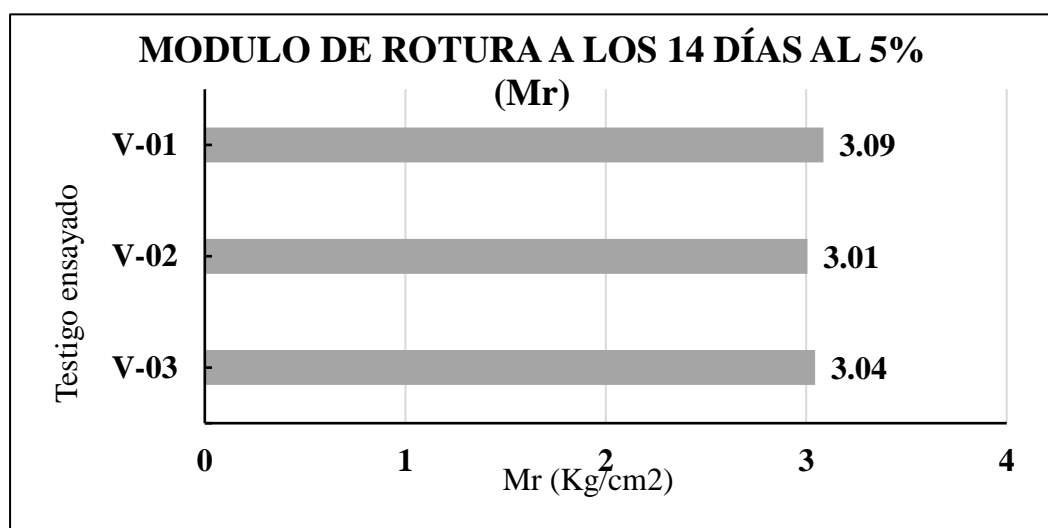


Imagen 42: Módulo de Rotura a los 14 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 42, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con el 5% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 3.09 MPa, 3.01 MPa Y 3.04 MPa en cada una de ellas como Módulo de Rotura.

Tabla 40: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos) (mm)	Carga (N)	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr (Mpa)	Mr promedio (Mpa)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13734	154.00	153.20	2.58	2.66
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13940	153.20	153.00	2.64	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	14499	153.70	152.40	2.75	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 40, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 13734 N, 13940 N y 14499 N; y el Mr obtenido promedio es 2.66 MPa según la carga.

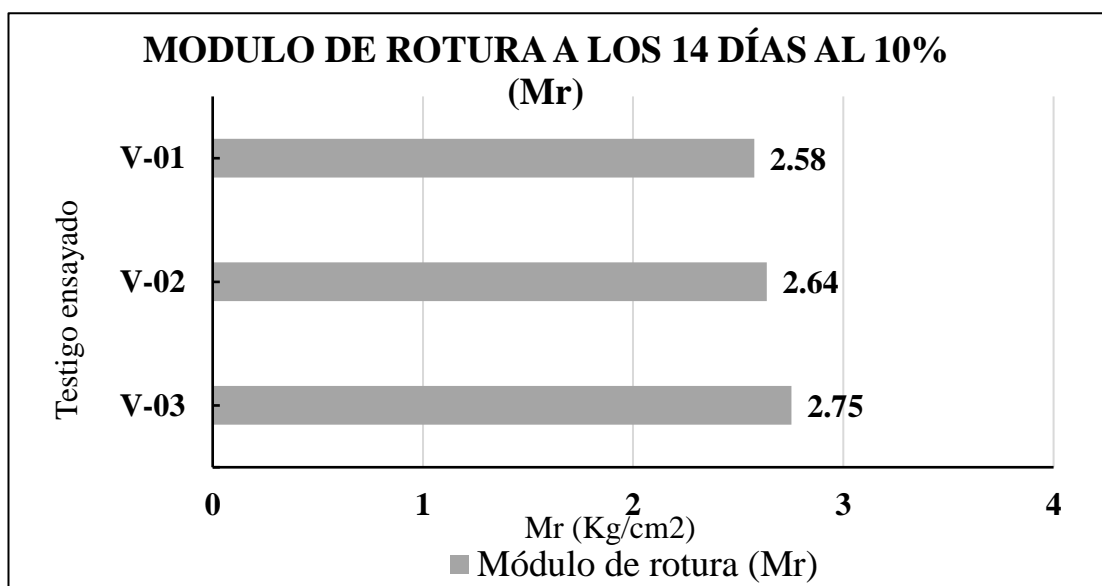


Imagen 43: Módulo de Rotura a los 14 días con 10% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 43, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días en el ensayo de la resistencia a la flexión, obteniendo como Módulo de Rotura 2.58 MPa, 2.64 MPa y 2.75 MPa.

Tabla 41: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr Mpa	Mr promedio Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13244	154.0	153.2	2.48	2.52
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13194	153.2	153.0	2.49	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13518	153.7	152.4	2.57	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 41, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 13244 N, 13194 N y 13518 N; y el Mr obtenido promedio de 2.52 MPa según la carga.

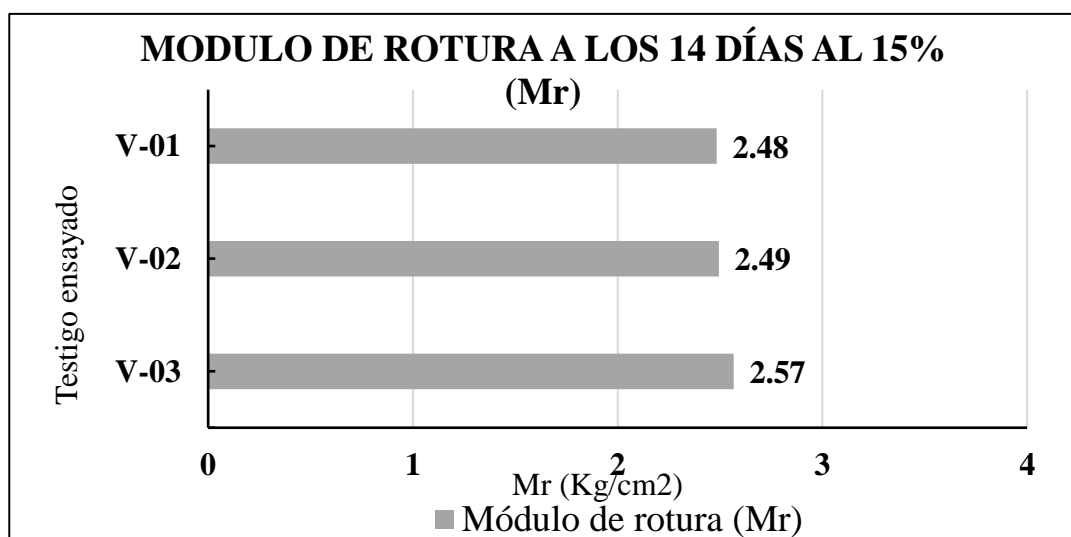


Imagen 44: Módulo de Rotura a los 14 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 44, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días en el ensayo de la resistencia a la flexión, obteniendo como Módulo de Rotura 2.48 MPa, 2.49 MPa Y 2.57 MPa.

Tabla 42: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		Muestra			DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr Mpa	Mr promedio Mpa
		(kg/cm ²)									
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	26016	154.00	153.20	4.88	4.81
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	24859	153.20	153.00	4.70	
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	25516	153.70	152.40	4.85	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 42, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 26016 N, 24859 N Y 25516 N; y el Mr obtenido promedio 4.81 MPa.

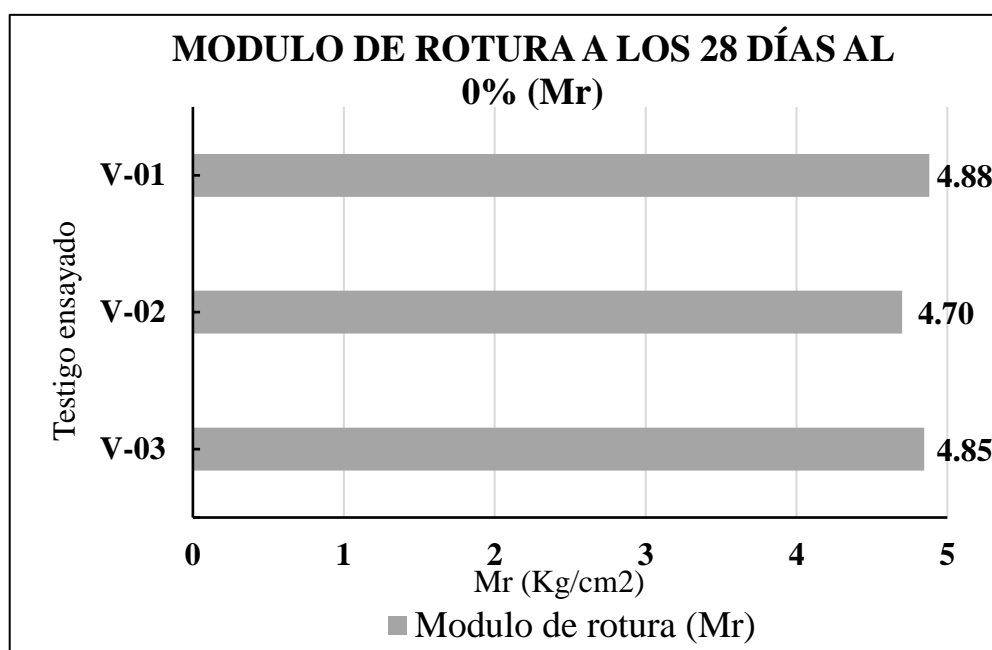


Imagen 45: Módulo de Rotura a los 28 días con 0% de adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 45, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 0% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 4.88 MPa, 4.70 MPa y 4.85 MPa.

Tabla 43: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga (N)	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr (Mpa)	Mr promedio (Mpa)
		(kg/cm ²)									
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452.00	17364	154.00	153.22	3.26	3.32
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452.00	17766	153.20	153.00	3.36	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452.00	17668	153.70	152.40	3.36	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 43, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 17364 N, 17766 N y 17668 N; y el Mr obtenido promedio de 3.32 MPa según la carga.

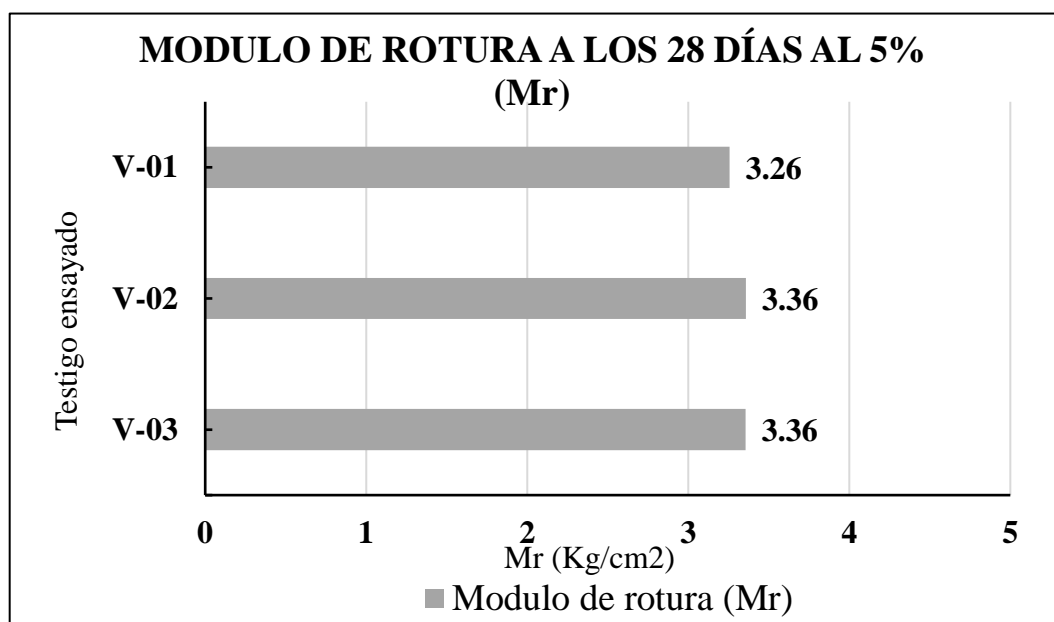


Imagen 46: Módulo de Rotura a los 28 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 46, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con el 5% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 3.26 MPa y 3.36 MPa.

Tabla 44: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos) (mm)	Carga (N)	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr (Mpa)	Mr promedio (Mpa)
		(kg/cm ²)			(días)						
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	6/7/2022	28	452	17854	154.00	153.20	3.35	3.37
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	6/7/2022	28	452	17315	153.20	153.00	3.27	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	6/7/2022	28	452	18404	153.70	152.40	3.50	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 44, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 17854 N, 17315 N y 18404 N; y el Mr obtenido promedio de 3.37 MPa según la carga.

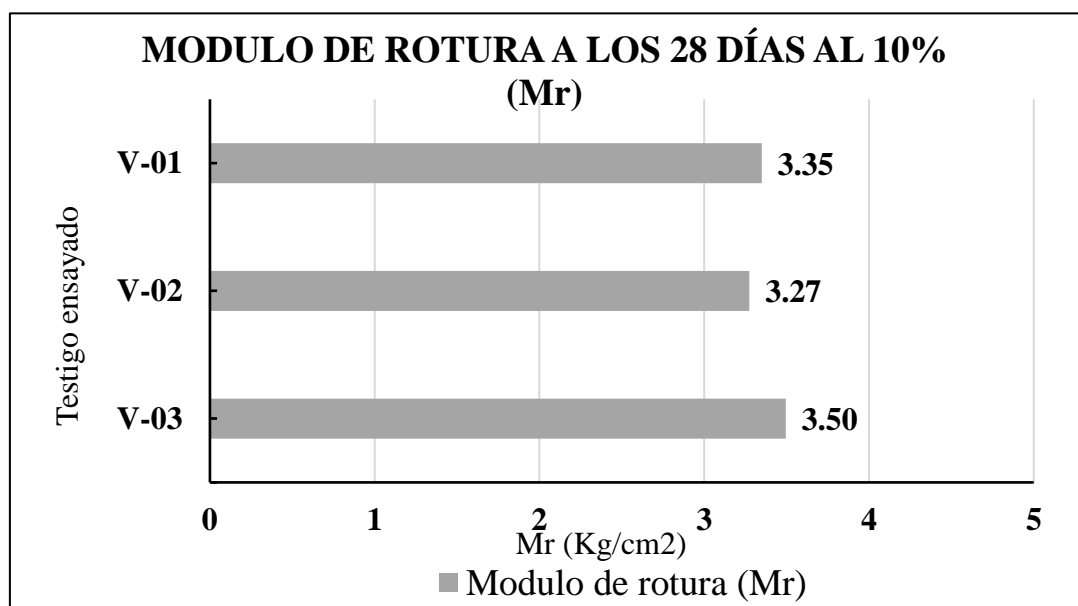


Imagen 47: Módulo de Rotura a los 28 días con 10% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 47, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con el 10% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 3.35 MPa, 3.27 MPa Y 3.5 MPa.

Tabla 45: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 15% de adición bacteriana.5

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr Mpa	Mr promedio Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	17462	154.00	153.20	3.28	3.29
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	17109	153.20	153.00	3.23	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	17668	153.70	152.40	3.36	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 45, observamos las cargas soportadas por cada viga las cuales fueron de 17462 N, 17109 N y 17668 N; y el Mr obtenido promedio según la carga.

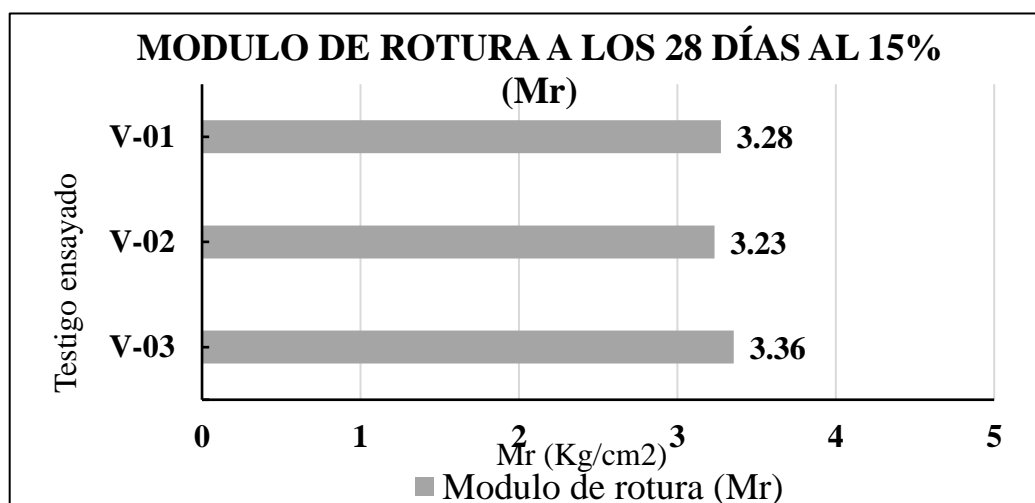


Imagen 48: Módulo de Rotura a los 28 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 48, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con el 15% de adición bacteriana a 3 vigas fueron de 3.28 MPa, 3.23 MPa y 3.36 MPa.

Los resultados del Objetivo específico número 7, el cual consiste en determinar el ensayo de tracción simple a los 7,14 y 28 días, se presentan a continuación separados por fecha de rotura y porcentaje de adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*.

Tabla 46: Ensayo de Tracción a 7 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					DATOS DE ENSAYO	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	7322	20.72
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	7434	21.03
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	7385	20.90

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 46, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 7322 Kg, 7434 Kg y 7385 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

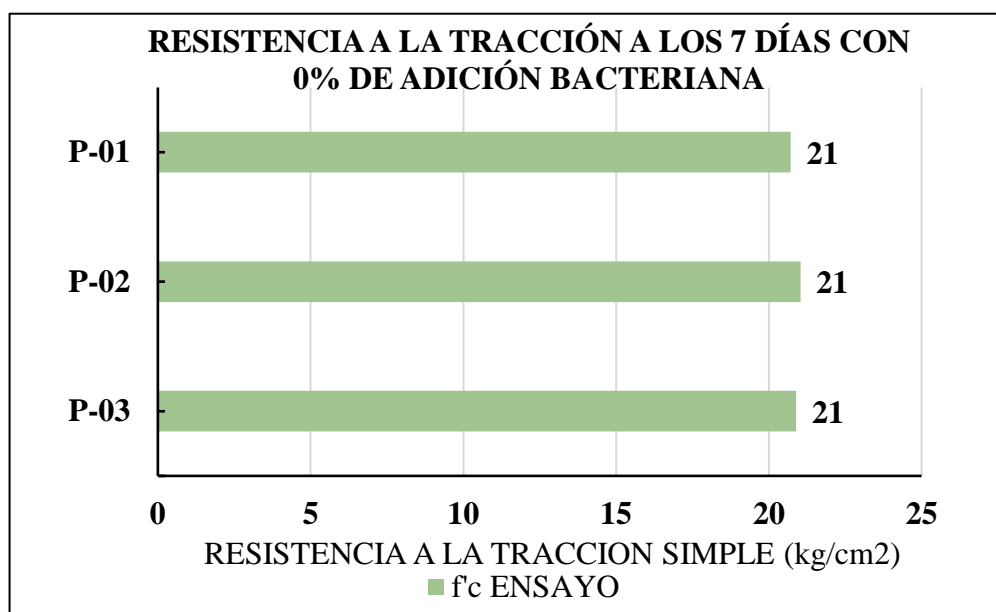


Imagen 49: Resistencia a la tracción a los 7 días con 0% de adición de la Bacteria *Bacillus Subtilis*.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 49, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 0% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 21 Kg/cm², 21 Kg/cm² y 21 Kg/cm², los cuales son muy bajos.

Tabla 47: Ensayo de Tracción a 7 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	6860	19.41
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	6943	19.64
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	6874	19.45

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 47, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 6860 Kg, 6943 Kg y 6874 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

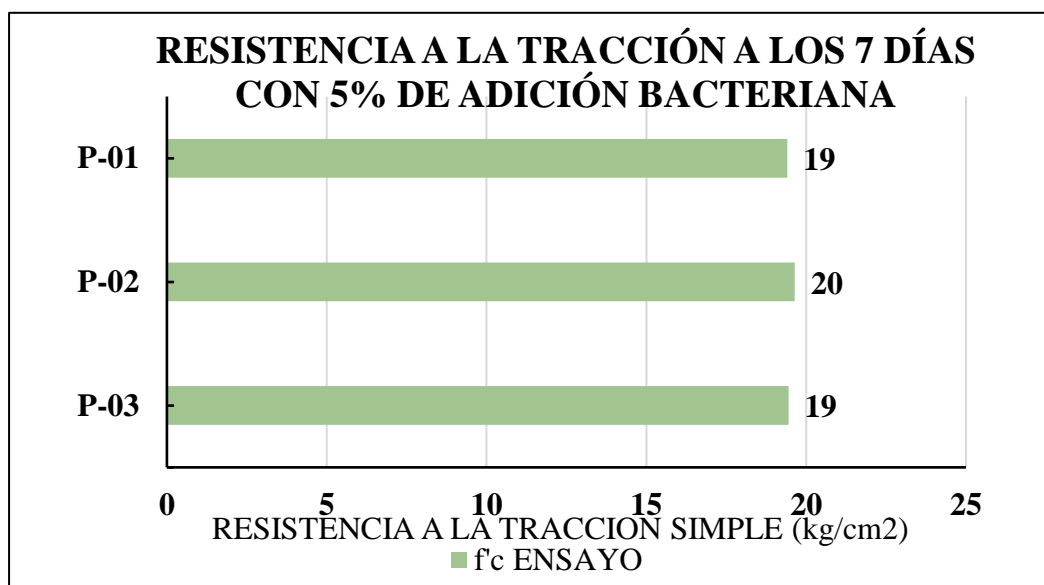


Imagen 50: Resistencia a la tracción a los 7 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 50, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 5% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 19 Kg/cm2, 20 Kg/cm2 y 19 Kg/cm2, con cargas aplicadas de 6860 Kg, 6943 Kg y 6874 Kg respectivamente en cada uno de los testigos ensayados.

Tabla 48: Ensayo de Tracción a 7 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm2)				(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	6140	17.37
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	6211	17.57
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	6201	17.55

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 48, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 6140 Kg, 6211 Kg y 6201 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

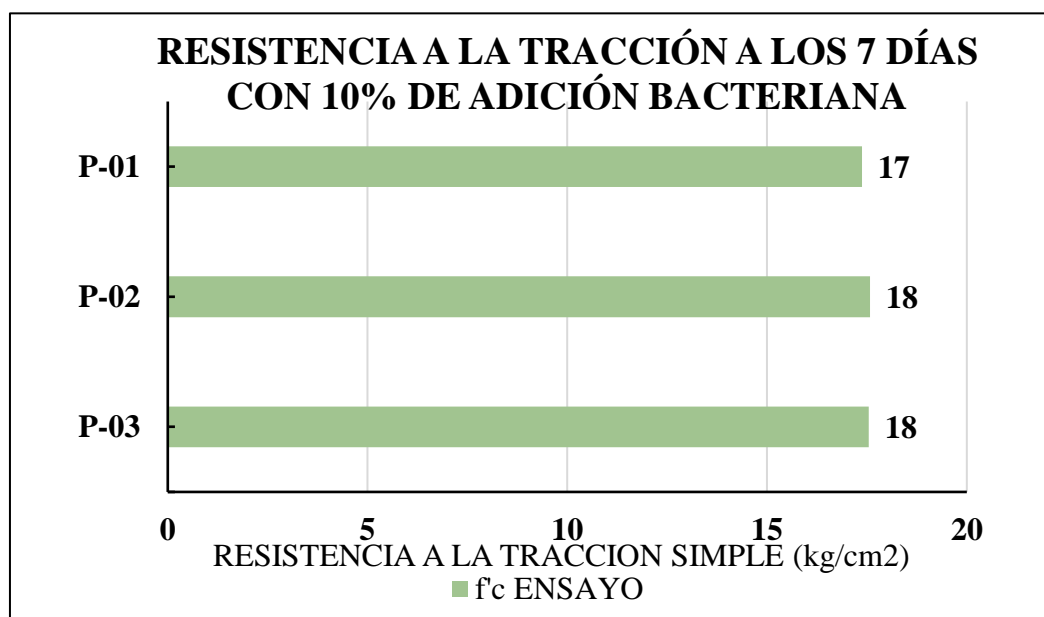


Imagen 51: Resistencia a la tracción a los 7 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 51, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 10% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 17 Kg/cm2, 18 Kg/cm2 y 18 Kg/cm2, con cargas aplicadas de 6140 Kg, 6211 Kg y 6201 Kg respectivamente en cada uno de los testigos ensayados.

Tabla 49: Ensayo de Tracción a 7 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	6926	19.60
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	6894	19.51
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	7016	19.85

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 49, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 6926 Kg, 6894 Kg y 7016 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

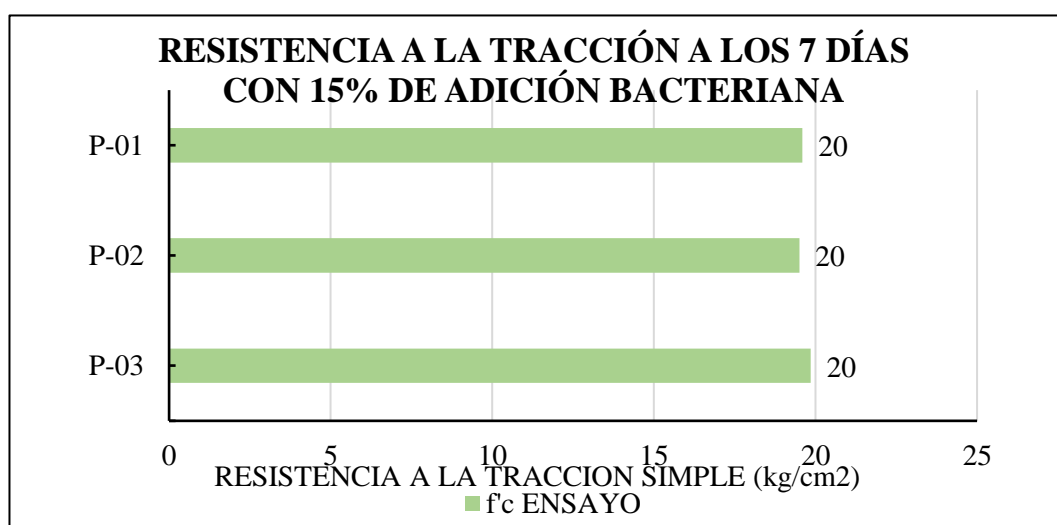


Imagen 52: Resistencia a la tracción a los 7 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 52, se puede observar que los resultados obtenidos a los 7 días con 10% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 19.6 Kg/cm², 19.51 Kg/cm² y 19.85 Kg/cm², con cargas aplicadas de 6140 Kg, 6211 Kg y 6201 Kg respectivamente en cada uno de los testigos ensayados. Obteniendo como resultado final a los 7 días un descenso en la resistencia según los porcentajes de adición de la bacteria, lo cual no es lo esperado.

Tabla 50: Ensayo de Tracción a 14 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	7781	22.02
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	7891	22.33
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	7845	22.20

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 50, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 7781 Kg, 7891 Kg y 7845 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

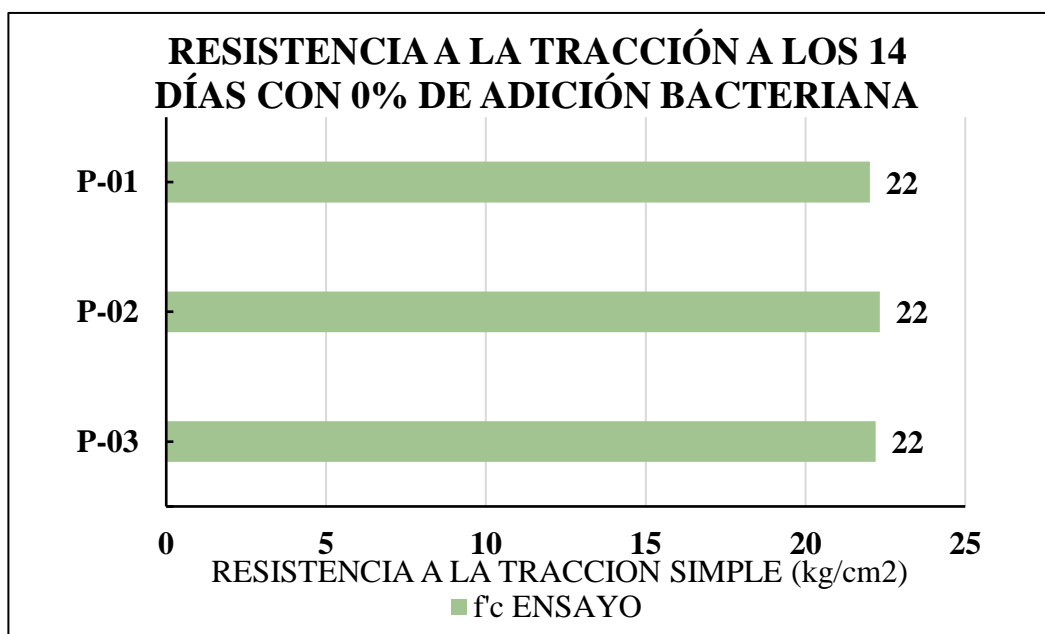


Imagen 53: Resistencia a la tracción a los 14 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 53, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 0% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 22 Kg/cm2, 22 Kg/cm2 y 22 Kg/cm2.

Tabla 51: Ensayo de Tracción a 14 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	7110	20.12
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	7019	19.86
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	7021	19.87

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 51, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 7110 Kg, 7019 Kg y 7021 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

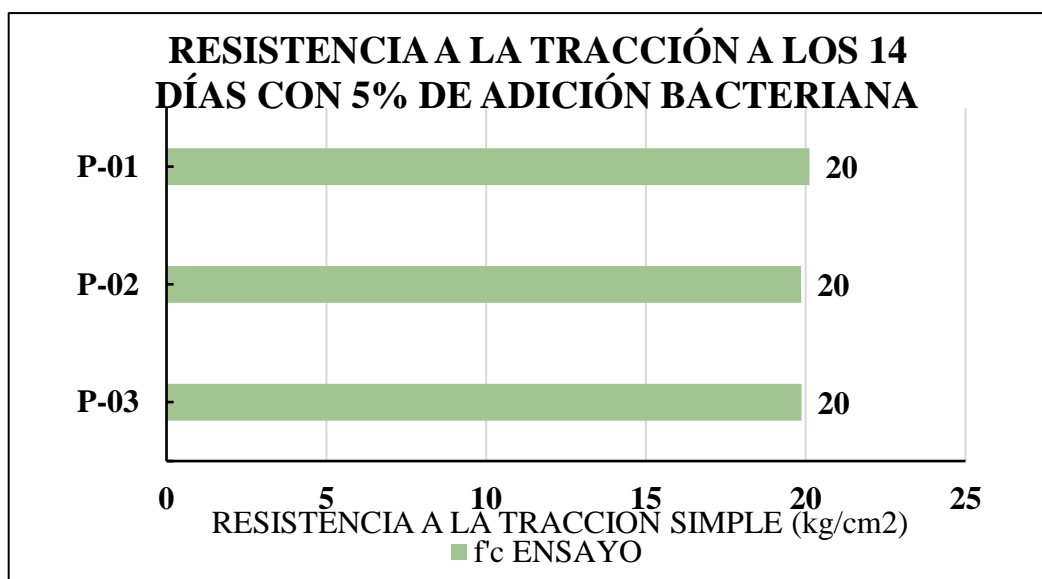


Imagen 54: Resistencia a la tracción a los 14 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 54, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 5% de adición bacteriana fueron de 20 Kg/cm² en las 3 muestras con cargas aplicadas de 7110 Kg, 7019 Kg y 7021 Kg en cada uno de los testigos ensayados.

Tabla 52: Ensayo de Tracción a 14 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	6940	19.64
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	6845	19.37
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	6984	19.76

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 52, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 6940 Kg, 6845 Kg y 6984 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

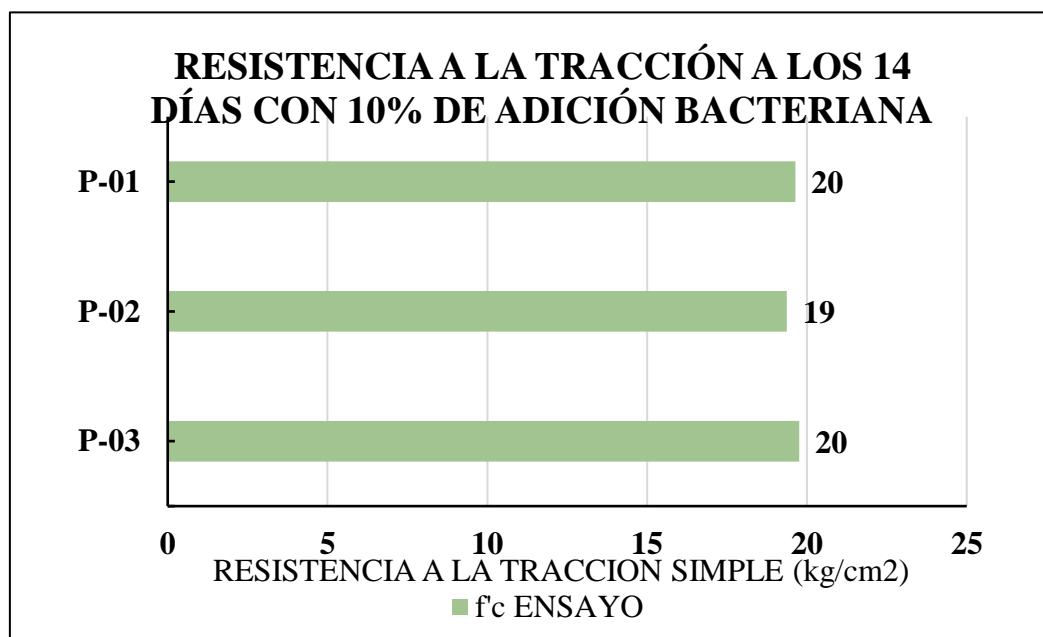


Imagen 55: Resistencia a la tracción a los 14 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 55, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 10% de adición bacteriana fueron de 20 Kg/cm2, 19 Kg/cm2 y 20 Kg/cm2 con cargas aplicadas de 6940 Kg, 6845 Kg y 6984 Kg en cada uno de los testigos ensayados.

Tabla 53: Ensayo de Tracción a 14 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm ²)										
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	7780	22.01
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	7812	22.10
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	7791	22.04

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 53, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 7780 Kg, 7812 Kg y 7791 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

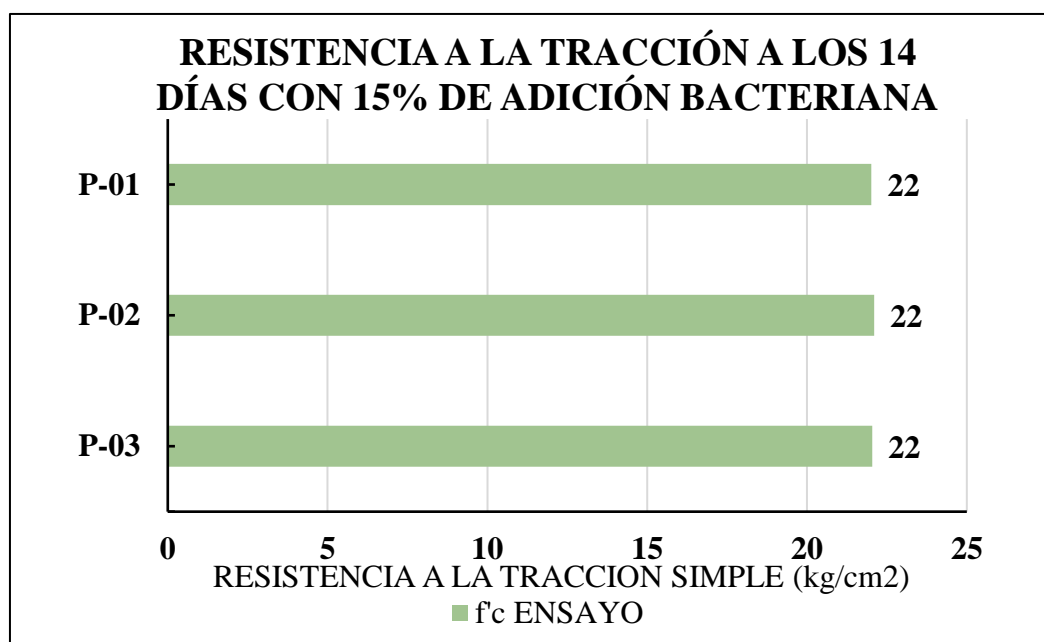


Imagen 56: Resistencia a la tracción a los 14 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 56, se puede observar que los resultados obtenidos a los 14 días con 15% de adición bacteriana fueron de 22 Kg/cm² con cargas aplicadas de 7780 Kg, 7812 Kg y 7791 Kg en cada uno de los testigos ensayados.

Tabla 54: Ensayo de Tracción a 28 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(dias)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	8233	23.29
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	8562	24.23
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	8423	23.83

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 54, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 8233 Kg, 8562 Kg y 8423 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

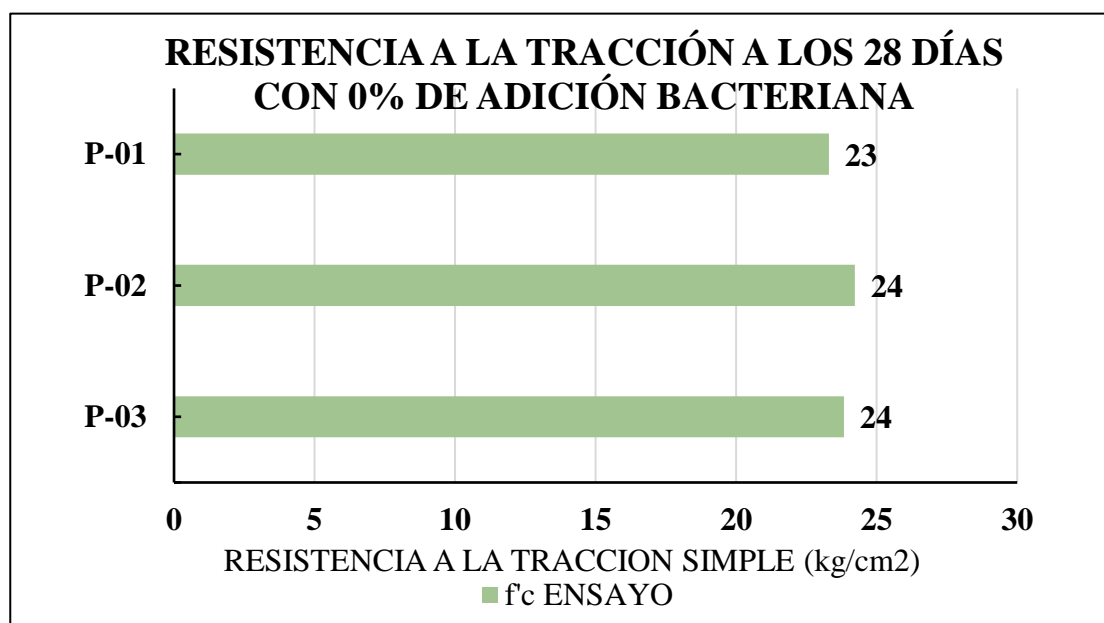


Imagen 57: Resistencia a la tracción a los 28 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 57, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 0% de adición bacteriana en 3 probetas fueron de 23 Kg/cm2, 24 Kg/cm2 y 24 Kg/cm2, los cuales son muy bajos.

Tabla 55: Ensayo de Tracción a 28 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm ²)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(Kg/m ³)	(kg)	(kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	8540	24.16
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	8612	24.37
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	8578	24.27

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 55, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 8540 Kg, 8612 Kg y 8578 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

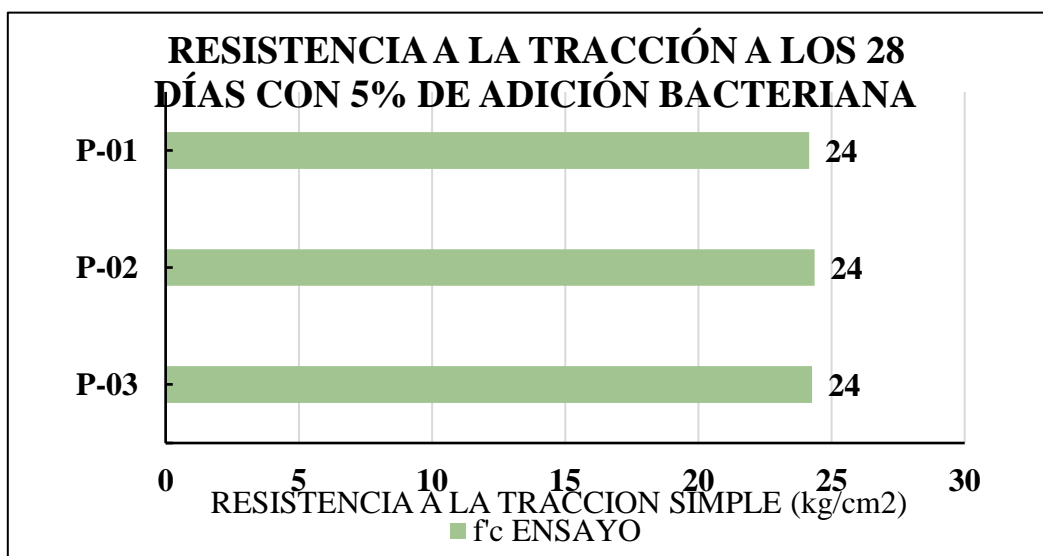


Imagen 58: Resistencia a la tracción a los 28 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 58, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 5% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 24 Kg/cm².

Tabla 56: Ensayo de Tracción a 28 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	10480	29.65
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	10511	29.74
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	10491	29.68

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 56, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 10480 Kg, 10511 Kg y 10491 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

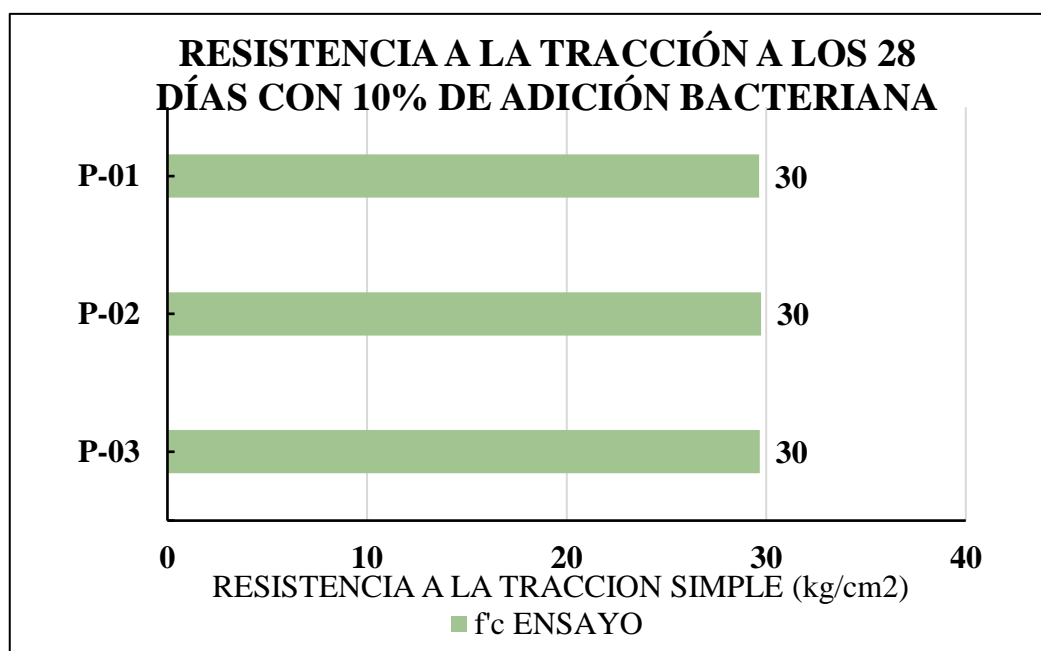


Imagen 59: Resistencia a la tracción a los 28 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 59, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 10% de adición bacteriana aún no alcanza el resultado que se espera, los resultados obtenidos realizados a 3 probetas fueron de 30 Kg/cm2 en cada una de ellas.

Tabla 57: Ensayo de Tracción a 28 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	8960	25.35
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	9090	25.72
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	8941	25.30

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 57, observamos las cargas soportadas por cada probeta las cuales fueron de 8960 Kg, 9090 Kg y 8941 Kg; y el f'c obtenido según la carga.

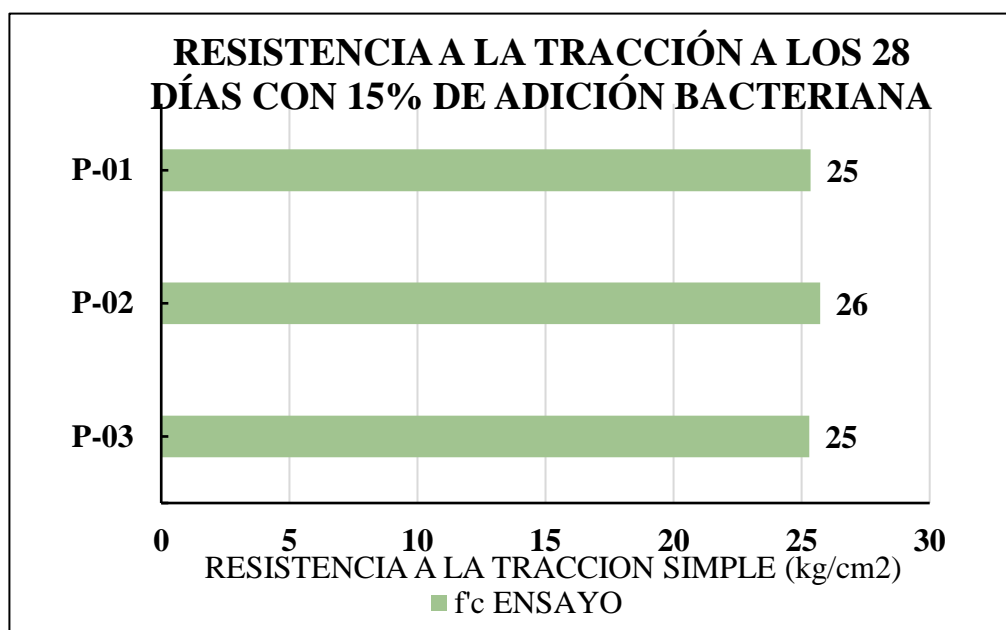


Imagen 60: Resistencia a la tracción a los 28 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 60, se puede observar que los resultados obtenidos a los 28 días con 15% no alcanzó las expectativas, siendo los resultados de 25 Kg/cm², 26 Kg/cm² y 25 Kg/cm².

Los resultados del Objetivo específico número 8 que es determinar la dosificación y productividad óptima del concreto celular con la Bacteria Bacillus Subtilis, se presentan a continuación una representación gráfica comparando todos los resultados por ensayo.

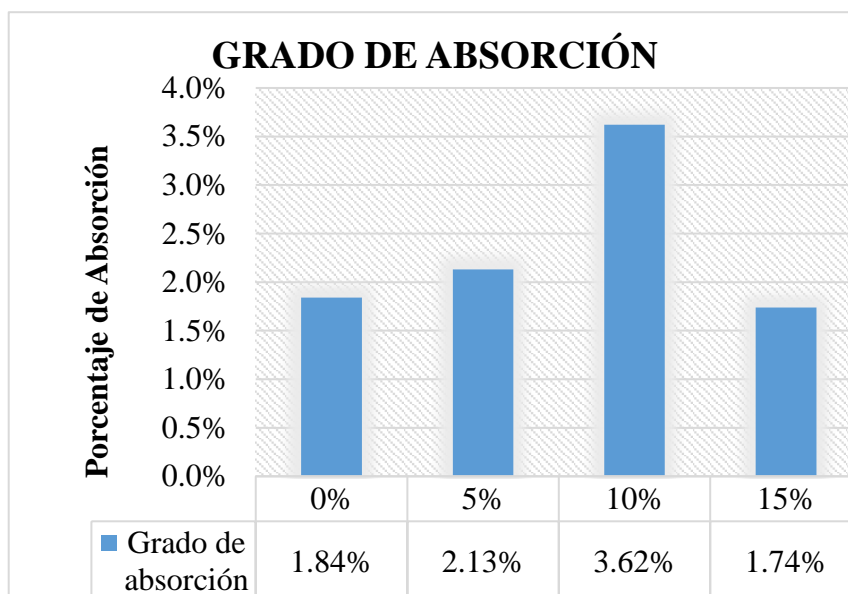


Imagen 61: Absorción del concreto celular con Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 61, podemos observar los porcentajes de absorción según el porcentaje de incorporación de bacteria Bacillus Subtilis, se ensayaron 4 especímenes para cada porcentaje en experimentación, de estos 4 se obtuvieron un promedio para hacer la comparación respectiva al momento de evaluarse $10\% > 5\% > 0\% > 15\%$. Obteniendo que los especímenes con 10% de agregado bacteriano poseen mayor porcentaje de grado de absorción. Siendo el concreto celular con 10% de Bacteria Bacillus mayor porcentaje de absorción con 3.62% y con menor absorción el concreto celular con 15% con 1.74% de absorción.

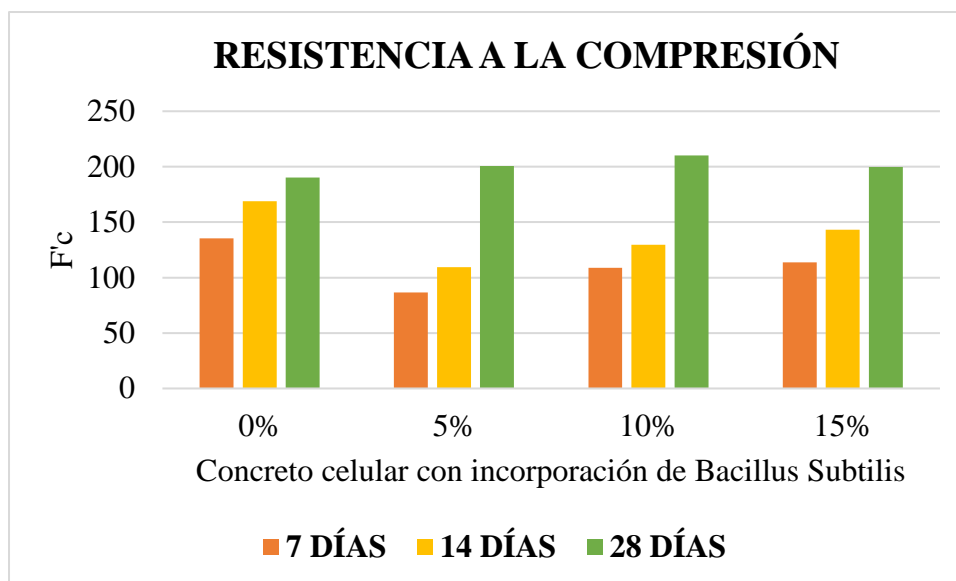


Imagen 62: Comparación de la resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 62, podemos observar los datos obtenidos en los Ensayos de Resistencia a la compresión, obteniendo el resultado más alto a los 28 días con 10% de incremento de la Bacteria Bacillus Subtilis a la mezcla del concreto celular una resistencia de 210 Kg/cm².

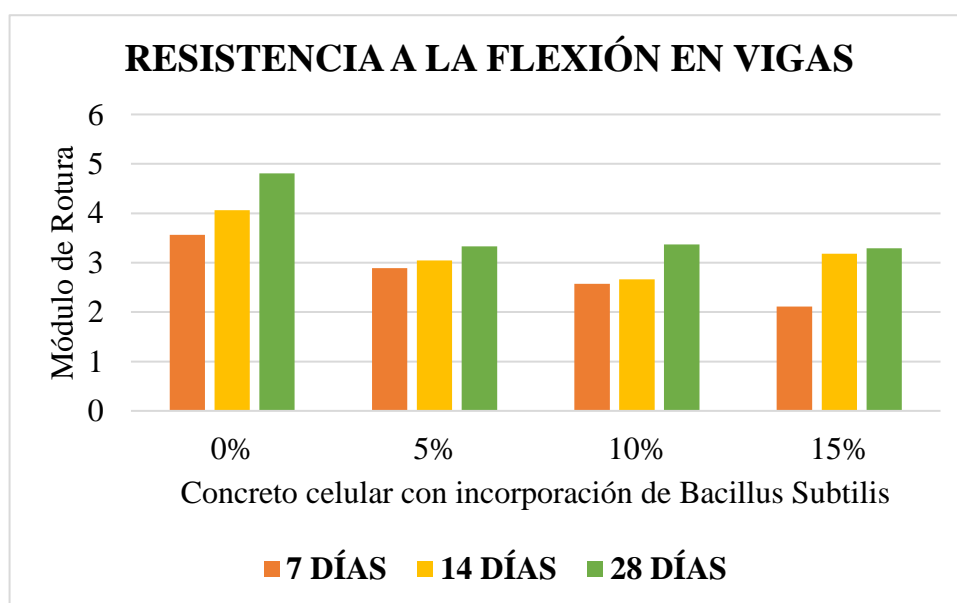


Imagen 63: comparación de la resistencia a la flexión en vigas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 63, podemos observar los datos obtenidos en los Ensayos de Resistencia a la Flexión en vigas, obteniendo el resultado más alto a los 28 días con 0% de incremento de la Bacteria Bacillus Subtilis a la mezcla del concreto celular.

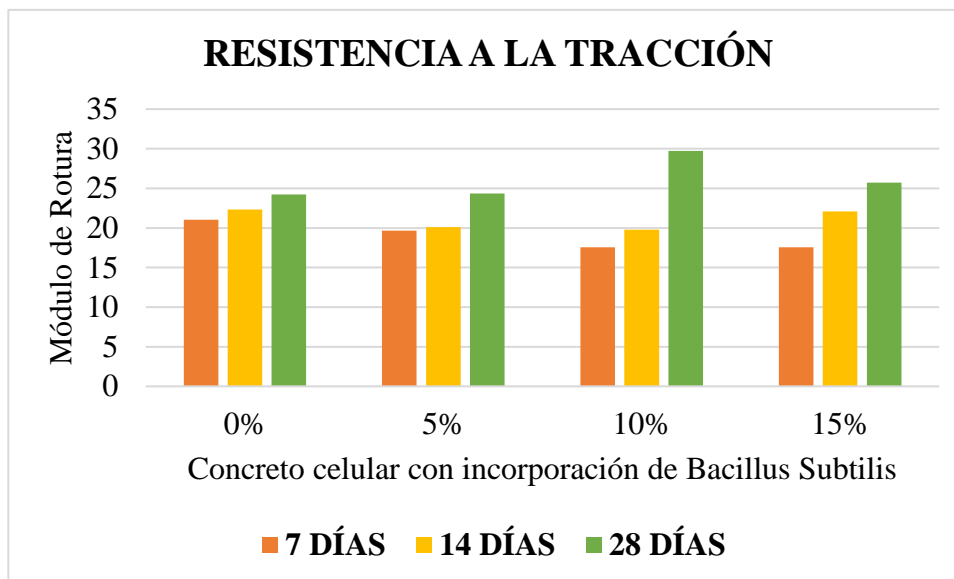


Imagen 64: Comparación de la resistencia a la tracción.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Imagen 64, podemos observar los datos obtenidos en los Ensayos de Resistencia a la Tracción, obteniendo el resultado más alto a los 28 días con 10% de incremento de la Bacteria Bacillus Subtilis a la mezcla del concreto celular.

Finalmente, como resultado del Objetivo específico número 9 el cual es estudiar el impacto ambiental que genera la producción del concreto celular con la adición de la Bacteria Bacillus Subtilis, se dedujo que la acción del proceso que más causa daño ambiental es el diseño de mezcla y siendo la incubación de la cepa y en el cepario los que no causan ningún tipo de impacto.

La elaboración del diseño de mezcla del concreto celular o liviano fue elaborada según la norma NTP, ASTM Y ACI; luego de analizar la lectura de estas, en el cual se obtuvo datos normales y lógicos para este tipo de concreto.

Según las teorías encontradas al revisar la bibliografía, la bacteria se cultivó siguiendo los procesos científicos y en un laboratorio certificado para el cultivo de bacterias el cual fue el Laboratorio de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Al igual que el diseño de mezcla del concreto celular, al elaborar el diseño de mezcla del concreto celular con la adición bacteriana al 5%, 10% y 15%, se siguieron las normas estudiadas luego de ser analizadas.

Para la proporción de porcentaje y adición se analizó estudios previos realizados al concreto convencional ya que este estudio aún no se realiza en concretos celulares, el cual es el que se está estudiando.

Uno de los estudios del que se basó para guiarnos en proporción bacteriana fue el del artículo “La bacteria *Bacillus subtilis* utilizada en el hormigón reforzado con fibra y sus efectos sobre la penetrabilidad del hormigón.”, en el cual realizan un diseño de mezcla con adición bacteriana en proporción al agua que se usará según el diseño de mezcla del concreto, teniendo como resultado un correcto actuar de la bacteria. [40]

Luego de la investigación ya realizada a las características de la bacteria se pudo conocer que la Bacteria *Bacillus Subtillis* proporciona mayor porcentaje de absorción de agua en el concreto convencional [40], al ser este un concreto liviano y para poder alcanzar resultados esperados también se determinó que el grado de absorción que la bacteria brindaría al concreto celular sería beneficioso.

Este ensayo se realizó luego de estudiar y analizar la normativa correspondiente, ASTM C642, y siguiendo los pasos adecuadamente teniendo resultados óptimos, especialmente con el diseño de mezcla al 10% de incremento de la bacteria, teniendo un porcentaje de absorción de 3.62% y siendo el mayor alcanzado a comparación de los otros diseños realizados, al 10% también se obtuvieron resultados positivos, siendo el único no compatible con los resultados esperados el diseño de mezcla al 15% de adición bacteriana ya que se obtuvo menor porcentaje de adición al del diseño de mezcla patrón, siendo el porcentaje de absorción del diseño patrón 1.84% y en el concreto celular con el incremento de la bacteria al 15% fue de 1.74% de absorción.

Uno de los ensayos importantes realizados es la resistencia a la compresión, ya que como se cita en la bibliografía, se han desarrollado varias investigaciones en el concreto convencional para evaluar esta resistencia.

Para esta investigación específicamente, con el concreto celular no se han investigado resultados con la adición de la Bacteria *Bacillus Subtilis*, no obstante, se han obtenido resultados favorables con los ensayos que se realizaron al concreto celular.

Siendo este un concreto liviano, las resistencias son mínimas ya que es un concreto que se usa para partidas no estructurales de una construcción, queriendo obtener un concreto estructural pero liviano se procedió con esta investigación. Luego de los ensayos realizados tanto a los 7, 14 y 28 días y siguiendo la normativa correspondiente, obtuvimos que al realizar el ensayo a los 28 días que, de todos los testigos y diseños de mezclas realizados, el diseño con el incremento al 10% de bacteria, obtuvo el resultado esperado, llegando a un $f'c$ 210, siendo un concreto liviano.

Si comparamos el resultado obtenido con el diseño del concreto celular patrón, el cual no posee porcentaje de adición bacteriana posee un $f'c$ de 189 kg/cm², podríamos deducir que el incremento de la bacteria generó un 11.11% de incremento en su resistencia a la compresión lo que comparado a otros estudios es un porcentaje bajo, ya que se han obtenido hasta un incremento de 32% como en el caso de la investigación “Impact of *Bacillus subtilis* bacterium on the properties of concrete” [11] , sin embargo, no se debe olvidar que los ensayos de las fuentes fueron realizados a concreto convencional y el de la investigación es un concreto celular.

Al igual que con la Resistencia a la compresión, para la resistencia a la flexión también se tendrá en cuenta la influencia de la bacteria en el concreto celular, ya que no podemos comparar directamente los resultados que se generaron por no haber estudios previos similares.

Se obtuvieron resultados aceptables del Mr., los cuales se encontraban dentro del rango del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, con el incremento bacteriano; sin embargo, los resultados obtenidos con el diseño patrón superan a los obtenidos en los diseños que poseen la bacteria bacillus.

Para el ensayo de tracción simple, al igual que con los anteriores ensayos, también se evaluará la influencia que genera la bacteria *Bacillus Subtilis* ya que no hay investigaciones previas en concreto celular con adición bacteriana con las que podamos comparar.

En este ensayo, si se pudieron obtener resultados favorables para la investigación, debido a que, el diseño con porcentaje bacteriano logro obtener mayor resistencia al concreto celular patrón. Siendo el resultado del diseño patrón a 28 días de 24 kg/cm² y el diseño de mezcla de concreto celular a comparar con una resistencia de 30 kg/cm² con el incremento del 10 % de Bacillus Subtilis.

Obteniendo un 25% de incremento de resistencia a la tracción en el concreto celular con la adición de la Bacteria Bacillus Subtilis al 10%.

Luego de realizar los ensayos pertinentes podemos deducir que el concreto celular con el incremento de la Bacteria Bacillus Subtilis posee una productividad optima a su 10% de adición bacteriana en comparación a las otras dosificaciones dados y los resultados obtenidos en estos.

A la fecha, no se ha usado la Bacteria Bacillus Subtillis en el concreto celular, se ha usado solo con en el concreto convencional, es por ello, que podemos deducir que la efectividad de la bacteria en general es positiva y beneficiosa si se requiere mejorar las propiedades mecánicas del concreto celular. Sin embargo, podemos calcular el porcentaje de adición de esta que se ajuste a un resultado más optimo como lo hemos verificado con la bibliografía, como con “Diseño de bioconcreto con Bacillus Subtilis para mejorar la resistencia en un concreto $f'c=210$ kg/cm² , Tarapoto - 2019” [12] quien con un 12% de adición se obtuvo resultados esperados y se acerca al trabajado en la presente investigación que es el incremento de la Bacteria Bacillus Subtillis al 10% en proporción al agua al concreto celular.

Finalmente, como se puede observar en la Matriz realizada, la mayor parte de los impactos ambientales evaluados se encuentra dentro de la escala de significancia de Muy Poco a Poco Significativos, lo cual se debe a que la Bacteria a utilizar es de origen vegetal y su proceso de desarrollo con el concreto celular no genera gran impacto durante la ejecución de este, por lo tanto, la producción del concreto celular con la adición de la Bacteria Bacillus Subtilis no altera características del medio ambiente.

Asimismo, se puede observar en la matriz de impactos, que el componente que más se ve afectado es la calidad de vida, principalmente por la emisión de gases del equipo, el ruido producido por los mismos y partículas de polvo debido al proceso del diseño de mezcla y los ensayos realizados.

CONCLUSIONES

Se empezó con el diseño patrón a lo cual se llegó a un concreto de $f'c=210$ kg/cm², el cual se encontró entre los parámetros deseados para proseguir con la investigación.

En esta investigación se ha determinado un diseño de mezcla para el concreto celular teniendo en cuenta un $f'c=210$ kg/cm², de esta manera se obtuvo un diseño de mezcla patrón con la resistencia para que el concreto actúe de manera estructural.

Se concluyó que la bacteria actúa beneficiosamente según sus características propias en el concreto celular, ya que se observó que le brindó al concreto celular incremento en sus resistencias y gracias a esta le brinda mayor porcentaje de absorción al agua a este tipo de concreto.

Según los resultados obtenidos utilizando las proporciones indicadas en base a la proporción de agua se alcanzaron resultados positivos en el aumento de las resistencias mecánicas con la influencia de la bacteria *Bacillus Subtilis* sobretodo en el diseño con el 10% de influencia bacteriana.

Se concluye que la bacteria duplica el grado de absorción que se genera en el diseño patrón en el diseño al 10% de adición bacteriana, alcanzando un 3.62% de absorción, incrementando un 99%.

Se concluyó que la influencia de la bacteria *Bacillus s.* produjo resultados positivos al aumentar la resistencia a la compresión del concreto celular puesto que las dosificaciones planteadas al 10% a los 28 días aumento un 11.11% en su resistencia.

Por los resultados obtenidos en los ensayos de la resistencia a la flexión en vigas, podemos decir la bacteria no influyó positivamente ya que el diseño patrón muestra mayor resistencia a las cargas que los diseños con porcentaje bacteriano, sin embargo, los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de aceptación ya que están dentro del 10% al 20% de la resistencia a la compresión.

A partir de la evidencia recolectada, se dedujo que la influencia de la bacteria *Bacillus Subtilis* actuó de manera positiva en el concreto celular para su resistencia a la tracción, llegando a obtener resultados favorables sobre todo con la incorporación bacteriana al 10% a los 28 días logrando 30 Kg/cm², en comparación al diseño patrón 0% alcanzando 24 kg/cm², el cual es el diseño sin la bacteria, alcanzando hasta un 25% de incremento.

En conclusión, según los resultados obtenidos en los ensayos para determinar la resistencia mecánica del concreto celular con la influencia de la bacteria, se determinó su dosificación más productiva fue la de 10% de incorporación en comparación a las otras y en productividad, que actúa de manera positiva en el concreto celular.

A partir del procedimiento realizado para la producción del Concreto Celular con la adición de la bacteria *Bacillus Subtilis*, desde la obtención de la bacteria hasta los resultados con los ensayos realizados, podemos concluir que el impacto que genera la producción del concreto celular con la bacteria es mínimo para el ambiente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda como una nueva línea de investigación, incorporar el aire al concreto celular de manera mecánica lo cual generaría mayores resultados en el comportamiento del concreto celular con la incorporación de la bacteria.

A partir de los resultados analizados, se recomienda dosificaciones bacterianas no sobrepasen el 10%, ya que fue este el porcentaje de adición de bacillus subtilis con el que se obtuvieron mejores resultados en esta investigación.

Basándose en los datos obtenidos del ensayo a la flexión en vigas los cuales no superaron su resistencia con la incorporación bacteriana, se recomienda cambiar el material de la probeta de ensayo de viga a una de acero u otro material no absorbente diferente al usado en la investigación.

La investigación fue realizada en la región costa, cerca al mar y un clima húmedo y templado, por lo que se sugiere realizar la investigación en un clima diferente al del realizado, de preferencia en la zona sierra o zonas muy frías ya que esta bacteria depende mucho de los factores ambientales.

REFERENCIAS

- [1] M. . I. Izquierdo Cárdenas y O. E. Ortega Rivera, «REPOSITÓRIO ACADÉMICO UPC,» 17 Octubre 2017. [En línea]. Available: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622468/ORTEGA_R_O.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- [2] Gaspar, 1984.
- [3] S. Zhang, K. Cao, C. Wang, X. Wang, J. Wang y B. Sun, «Effect of silica fume and waste marble powder on the mechanical and durability properties of cellular concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 241, 30 April 2020.
- [4] S. Zhang, K. Cao, C. Wang, X. Wang, G. Deng y P. Wei, «Influence of the porosity and pore size on the compressive and splitting strengths of cellular concrete with millimeter-size pores,» *Influence of the porosity and pore size on the compressive and splitting strengths of cellular concrete with millimeter-size pores*, vol. 235, 2020.
- [5] H. Wang, W. Guo, C. Zheng, D. Wang y H. Zhan, «Effect of temperature on foaming ability and foam stability of typical surfactants used for foaming agent,» *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 27, pp. 1-8, 2017.
- [6] E. Kuzielová, L. Pach y M. Palou, «Effect of activated foaming agent on the foam concrete properties,» *Construction and Building Materials*, vol. 125, pp. 998-1004, 2016.
- [7] B. C. d. R. d. Perú, «Banco Central de Reserva del Perú,» [En línea].
- [8] J. S. HITUYAN DUSSAN y L. J. VALENCIA BARRERA, *ANÁLISIS SISTEMÁTICO DE LITERATURA SOBRE PATOLOGÍAS DEL CONCRETO AUTO REPARADAS A PARTIR DE REACCIONES DE MINERALIZACIÓN CON BACTERIAS*, COLOMBIA, 2020.
- [9] P. M., «Importancia de la Precipitación de calcita por Bacillus Subtilis,» 2015.
- [10] L. Rubio Garde, «Caracterización de la recuperación de las propiedades mecánicas en hormigones autosanables. Aplicación práctica en una nave industrial en Benifaió, Valencia.,» 2016. [En línea]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69817/01_Memoria.pdf?sequence=1.
- [11] J. Shradha, B. Bidyadhar, P. Kishor y S. Naresh, «Impact of Bacillus subtilis bacterium on the properties of concrete,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 32, pp. 651-656, 2020.
- [12] C. P. Ascate Mego y M. A. d. J. Miranda Torres, «Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo,» 2019. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46462>.
- [13] R. H. Mendoza Nina y J. M. Sánchez Quijano, «Universidad Andina del Cusco,» 12 10 2017. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1163>.

- [14] J. LAZO ARRAYA, «REPOSITORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2381/IClaarJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [15] G. B. ARAUJO HUAMAN, «REPOSITORIO DE TESIS USAT,» 2020. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4042/1/TIB_AraujoHuamanGeorck.pdf.
- [16] M. G. FARFÁN CÓRDOVA y H. H. PASTOR SIMÓN, «Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto,» *UCV HACER Revista de Investigación y Cultura - Universidad César Vallejo*, vol. 7, n° 3, p. 8, 2018.
- [17] O. R. Juárez Ocaña, «UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7420>.
- [18] B. S. Miller, *Practical Handbook of Microbiology*, Florida: CRC Press, 1996.
- [19] S. Caulier, C. Nannan, A. Gills, F. Licciardi, C. Bragard y J. Mahillon, «Overview of the Antimicrobial Compounds Produced by Members of the *Bacillus subtilis* Group,» *Novel Research on Metabolites Secreted by Gram-Positive Bacteria*, vol. 10, n° 302, 2019.
- [20] Torsten Stein, «*Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions,» *Molecular Microbiology*, vol. 56, n° 4, pp. 845-857, 2005.
- [21] H. Wiesemeyer, T. Hezareh, E. Kreysa, A. Weiss, R. Güsten, K. M. Menten, G. Siringo, F. Schuller y A. Kovacs, «Submillimeter Polarimetry with PolKa, a Reflection-Type Modulator for the APEX Telescope,» *Astronomical Society of the Pacific*, vol. 126, n° 945, pp. 1027-1047, 2014.
- [22] Bergey, *Bergey's Manual of systematic bacteriology*, vol. 3, Springer, 1984-1989.
- [23] K. Metha y P. Monteiro, *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*, México DF: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1998.
- [24] J. D. Osorio, «360 EN CONCRETO,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/diseno-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos>.
- [25] A. Muciño Vélez y P. Lozada, «PRÁCTICA 9, DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO,» 2018.
- [26] D. Sanchez de Guzman, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*, Santafé de Bogotá: Bhandar Editores Ltda., 2001.
- [27] C. Y. S. MINISTERIO DE VIVIENDA, «NORMA E-060 CONCRETO ARMADO,» de *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*, 2021.
- [28] A. C. Institute, *Manual de diseño de mezclas de concreto ACI 211*.

- [29] INDECOPI, «Agregados 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global,» de *Norma técnica peruana*, 2018.
- [30] INDECOPI, «NTP 339.185. Agregados, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados finos,» de *NORMA TECNICA PERUANA*, 2018.
- [31] INDECOPI, «NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino,» de *NORMA TECNICA PERUANA*, 2013.
- [32] INDECOPI, «NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado fino, respecto al agregado fino,» de *NORMA TECNICA PERUANA*.
- [33] INDECOPI, «NTP 339.034. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas,» de *NORMA TECNICA PERUANA*, 2021.
- [34] INDECOPI, «NTP 339.078. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo,» de *NORMA TECNICA PERUANA*, 2022.
- [35] INDECOPI, «NTP 339.084. Concreto. Metodo de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica,» de *NORMA TECNICA PERUANA*, 2017.
- [36] A. S. f. T. a. Materials, «ASTM C33. Especificaciones estándar de los agregados del concreto,» de *ASTM*, 2018.
- [37] A. S. f. T. a. Materials, «ASTM C642. Método de prueba estándar para densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido,» de *ASTM*.
- [38] H. Ñaupas Paitán, E. Mejía Mejía, E. Novoa Ramirez y A. Villagómez Paucar, *Metodología de la investigación*, 4 ed., Bogotá: Ediciones de la U, 2014.
- [39] A. Caballero Romero, *Metodología integral innovadora para planes y tesis*, México DF: Cengage Learning Editores, 2014.
- [40] N. Karimi y D. Mostofinejad, «Bacillus subtilis bacteria used in fiber reinforced concrete and their effects on concrete penetrability,» *Construction and Building Materials*, vol. 230, 2020.
- [41] I. Vásquez Hidalgo, «Tipos de estudio y métodos de investigación,» 2016. [En línea]. Available: <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tipos-de-estudio-y-m%C3%A9todos-de-investigaci%C3%B3n.pdf>.

ANEXOS

Anexo 01: Identificación de Variables.

Tabla 58: Variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Bacteria Bacillus Subtilis	La especie Bacillus Subtilis es una bacteria aeróbica que consisten en pequeñas células vegetativas , que se encuentran comúnmente en el suelo, las fuentes de agua y en asociación con las plantas.	Resistencia	Termica
			Desecación
			Radiación
		Aplicabilidad	Acidez
			Sellador
			Descomponedor

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 59: Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Concreto Celular	El concreto celular es una mezcla de cemento, agregado fino, agua y aire incorporado, puede ser definido como un tipo de concreto con un agente expansivo que incrementa su volumen mientras gana cualidades de trabajabilidad y pérdida de peso.	Diseño de mezcla	Calidad de los materiales
			Relación agua-cemento
			Dosificación
		Propiedades físicas en estado fresco	Trabajabilidad
			Densidad
		Propiedades mecánicas en estado endurecido	Resistencia a Compresion
			Resistencia a la Flexión
			Resistencia a la Tracción
			Absorción
		Productividad	Economía
Impacto Ambiental			

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 02: Ensayo de Absorción.

Tabla 10: Masa seca de 4 probetas al 0% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 0%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	12333.00	12326.85	0.05	OK	12326.85
2	12566.00	12563.86	0.02	OK	12563.86
3	12678.00	12675.34	0.02	OK	12675.34
4	12344.00	12342.92	0.01	OK	12342.92

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 0%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	12548.00	12548.39	0.00	OK	12548.39
2	12791.00	12793.06	0.02	OK	12793.06
3	12899.00	12905.37	0.05	OK	12905.37
4	12576.00	12579.54	0.03	OK	12579.54

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12: Porcentaje de absorción al 0% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCION DESPUES DE INMERSION		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	1.80	1.84
2	1.82	
3	1.81	
4	1.92	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13: Masa seca de 4 probetas al 5% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 5%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	12872.00	12870.57	0.01	OK	12870.57
2	12734.00	12725.62	0.07	OK	12725.62
3	12712.00	12692.94	0.15	OK	12692.94
4	12823.00	12816.95	0.05	OK	12816.95

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 5%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	13122.00	13123.06	0.01	OK	13123.06
2	12987.00	12991.02	0.03	OK	12991.02
3	12990.00	12990.06	0.00	OK	12990.06
4	13087.00	13092.68	0.04	OK	13092.68

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15: Porcentaje de absorción al 5% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	1.96	2.13
2	2.09	
3	2.34	
4	2.15	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16: Masa seca de 4 probetas al 10% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 10%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	3627.00	3625.70	0.04	OK	3625.70
2	3658.00	3657.00	0.03	OK	3657.00
3	3622.00	3621.75	0.01	OK	3621.75
4	3664.00	3665.15	0.03	OK	3665.15

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 10%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	3770.00	3770.26	0.01	OK	3770.26
2	3780.00	3780.05	0.00	OK	3780.05
3	3759.00	3760.08	0.03	OK	3760.08
4	3786.00	3786.87	0.02	OK	3786.87

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18: Porcentaje de absorción al 10% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	3.99	3.62
2	3.36	
3	3.82	
4	3.32	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19: Masa seca de 4 probetas al 15% de adición bacteriana.

SECADO EN HORNO DE PROBETAS AL 15%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA SECA FINAL (g)
1	12356.00	12354.86	0.01	OK	12354.86
2	12211.00	12208.34	0.02	OK	12208.34
3	12512.00	12509.73	0.02	OK	12509.73
4	12433.00	12432.69	0.00	OK	12432.69

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20: Masa luego de la inmersión al agua de las probetas.

INMERSIÓN AL AGUA EN PROBETAS AL 15%					
NÚMERO DE PROBETA	1 DÍA	2 DÍAS	Δ%	OBSERVACIÓN	MASA DESPUÉS DE INMERSIÓN FINAL (g)
1	12566.00	12568.06	0.02	OK	12568.06
2	12432.00	12432.87	0.01	OK	12432.87
3	12734.00	12729.85	0.03	OK	12729.85
4	12634.00	12635.23	0.01	OK	12635.23

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21: Porcentaje de absorción al 15% de adición de Bacteria Bacillus Subtilis.

ABSORCIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN		
PROBETA	RESULTADO	PROMEDIO
1	1.73	1.74
2	1.84	
3	1.76	
4	1.63	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 03: Resistencia a la Compresión.

Tabla 22: Resistencia a la Compresión a 7 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	F _c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)										
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/5/2022	7	12945	30.00	15.00	5301	2442	22433	127
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/5/2022	7	12816	30.00	15.00	5301	2417	22644	128
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/5/2022	7	12861	30.00	15.00	5301	2426	23922	135

Fuente: Elaboración Propia.

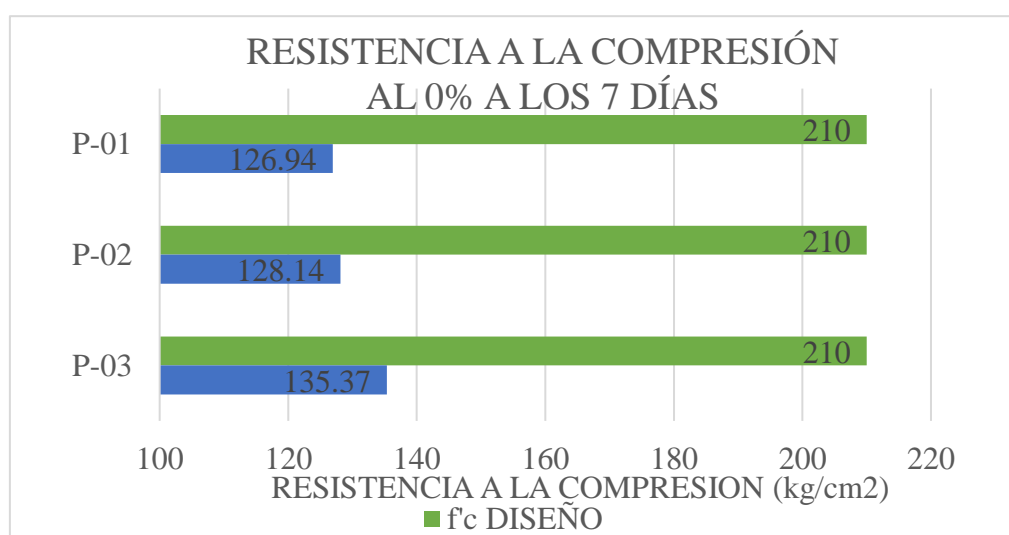


Imagen 25: Resistencia a la compresión al 0% a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23: Resistencia a la Compresión a 7 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	30.00	15.00	5301	2442	14180	80
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	30.00	15.00	5301	2417	15323	87
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	30.00	15.00	5301	2426	14765	84

Fuente: Elaboración Propia.

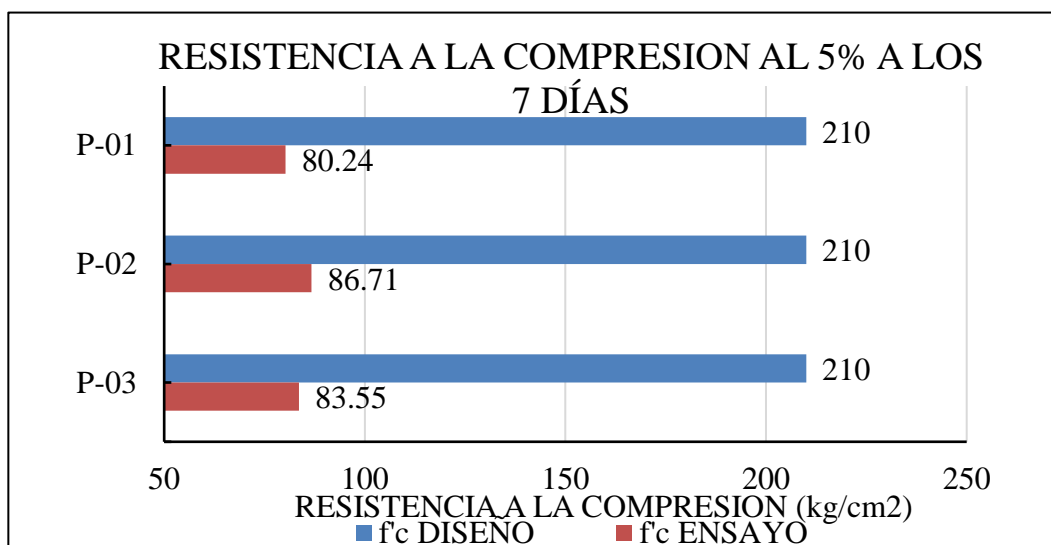


Imagen 26: Resistencia a la compresión al 5% a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24: Resistencia a la Compresión a 7 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	30.00	15.00	5301	2442	19180	109
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	30.00	15.00	5301	2417	19211	109
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	30.00	15.00	5301	2426	19211	109

Fuente: Elaboración Propia.

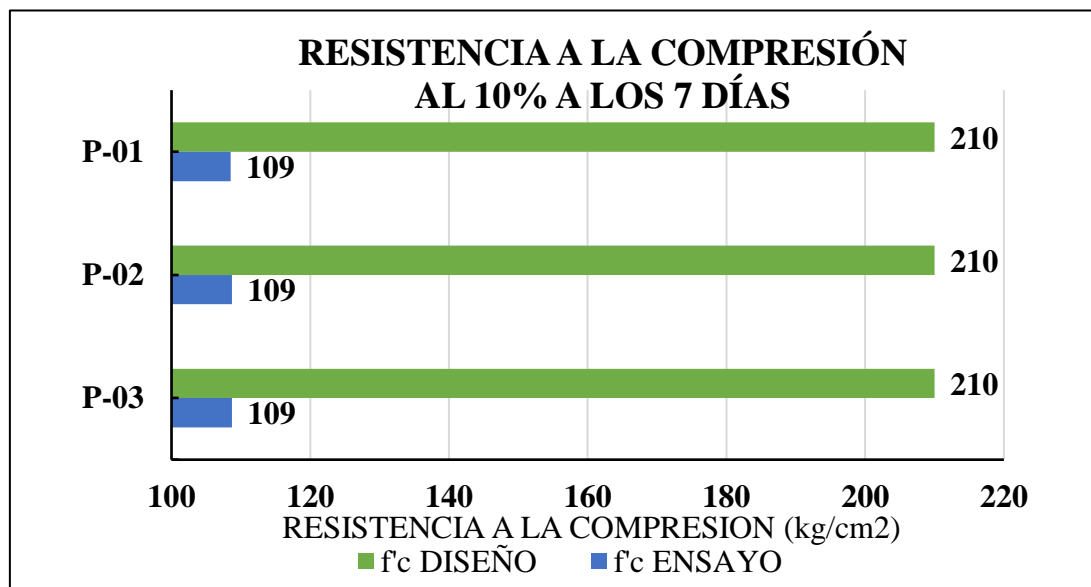


Imagen 27: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 10%.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25: Resistencia a la Compresión a 7 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra				Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)									
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	30.00	5301	2442	19930	113
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	30.00	5301	2417	20111	114
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	30.00	5301	2426	20092	114

Fuente: Elaboración Propia.

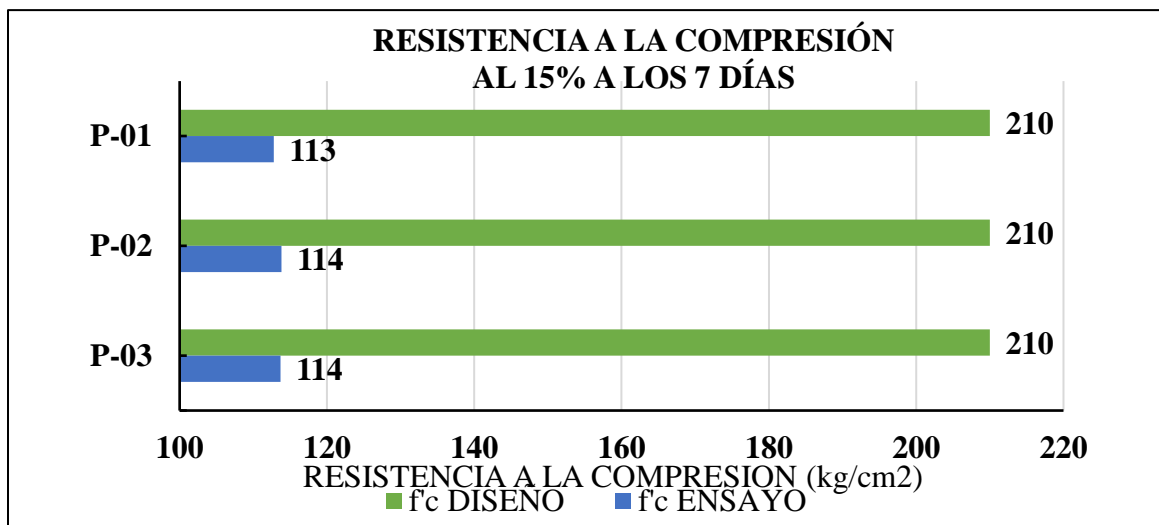


Imagen 28: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 15% a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26: Resistencia a la Compresión a 14 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)		(dias)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)	
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12845	30.00	15.00	5301	2423	29822	169
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12814	30.00	15.00	5301	2417	28722	163
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12859	30.00	15.00	5301	2426	29782	169

Fuente: Elaboración Propia.

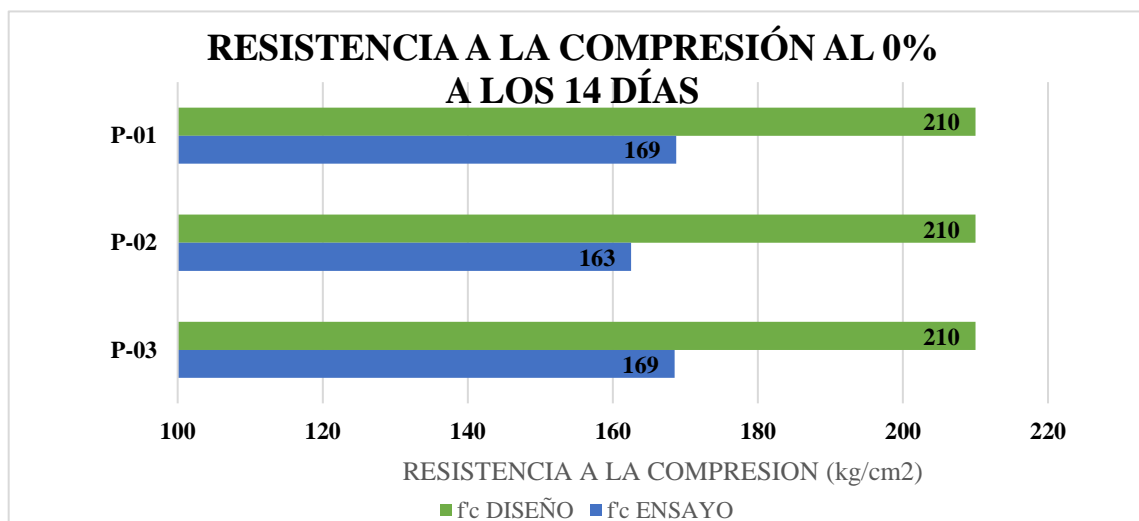


Imagen 29: Resistencia a la compresión al 0% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27: Resistencia a la Compresión a 14 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)				(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12895	30.00	15.00	5301	2432	18450	104
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12827	30.00	15.00	5301	2420	19322	109
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12859	30.00	15.00	5301	2426	18734	106

Fuente: Elaboración Propia.

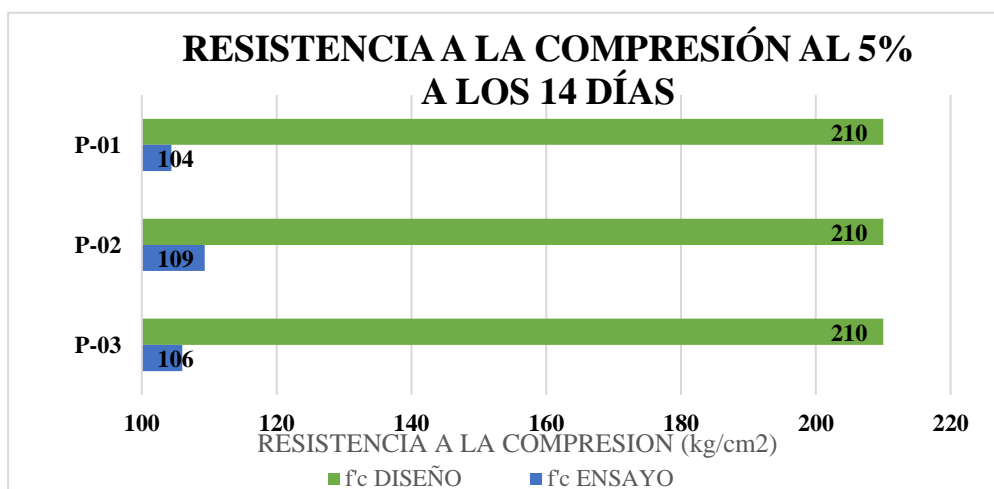


Imagen 30: Resistencia a la compresión al 5% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28: Resistencia a la Compresión a 14 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)			(dias)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12884	30.00	15.00	5301	2430	22710	129
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	1E+05	30.00	15.00	5301	24253	22912	130
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12932	30.00	15.00	5301	2439	22378	127

Fuente: Elaboración Propia.

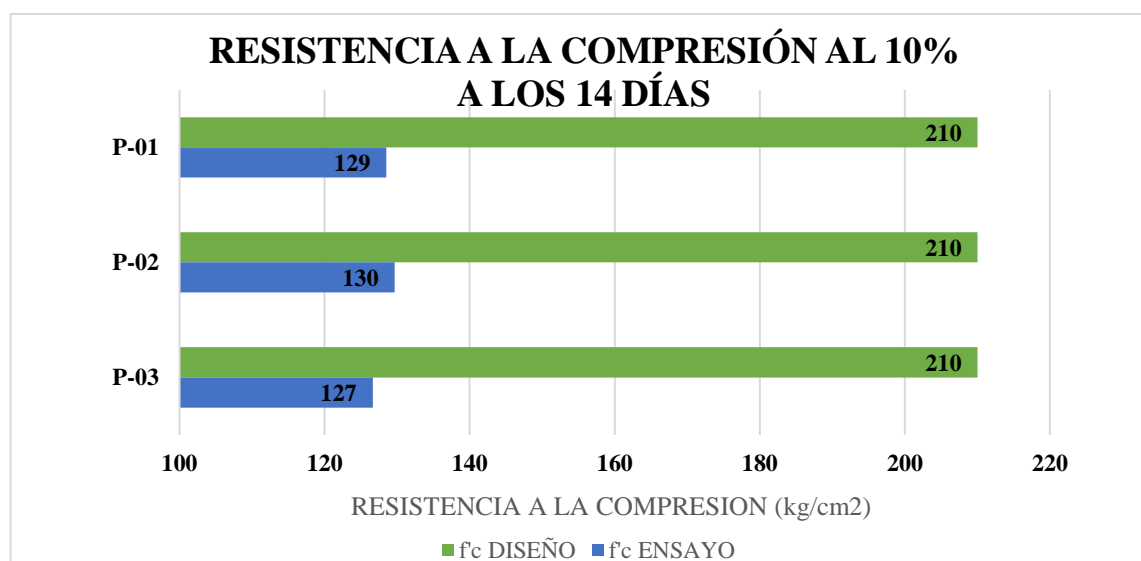


Imagen 31: Resistencia a la compresión al 10% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29: Resistencia a la Compresión a 14 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	30.00	15.00	5301	2442	24350	138
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	30.00	15.00	5301	2417	25311	143
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	30.00	15.00	5301	2426	24734	140

Fuente: Elaboración Propia.

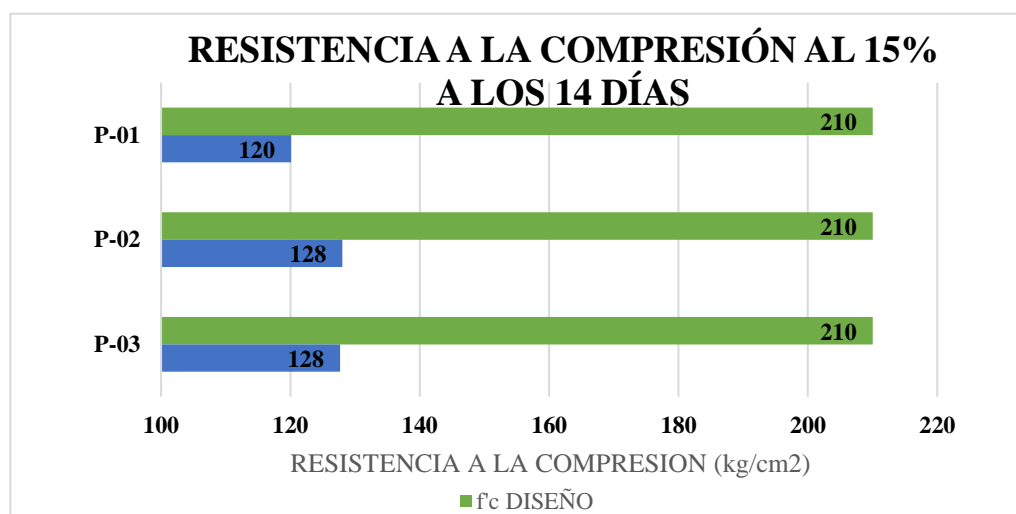


Imagen 32: Resistencia a la compresión al 15% a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 30: Resistencia a la Compresión a 28 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	F _c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso (gr)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (Kg/m ³)	Carga (kg)	f _c alcanzado (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	32222	182
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	33444	189
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	33612	190

Fuente: Elaboración Propia.

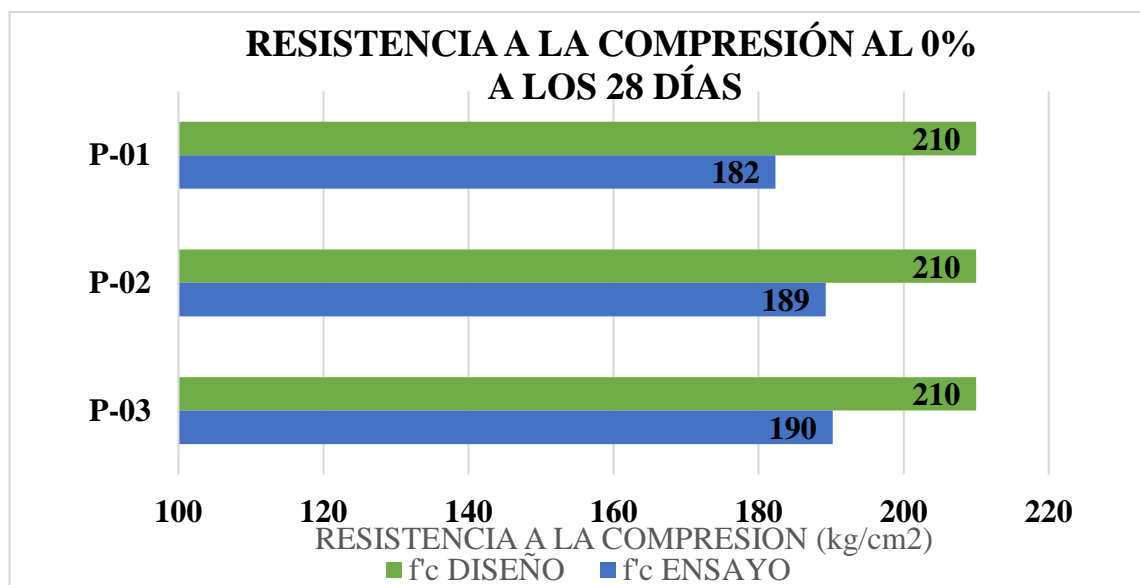


Imagen 33: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 0% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31: Resistencia a la Compresión a 28 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F _c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	34410	195
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	35444	201
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	34655	196

Fuente: Elaboración Propia.

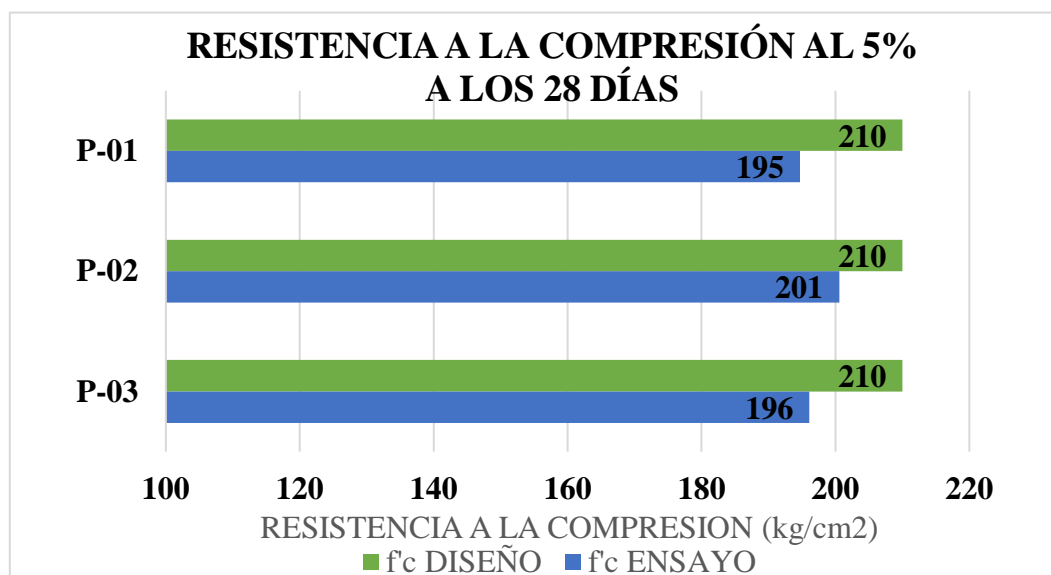


Imagen 34: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 5% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32: Resistencia a la Compresión a 28 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)			(dias)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	36980	209
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	37111	210
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	36912	209

Fuente: Elaboración Propia.

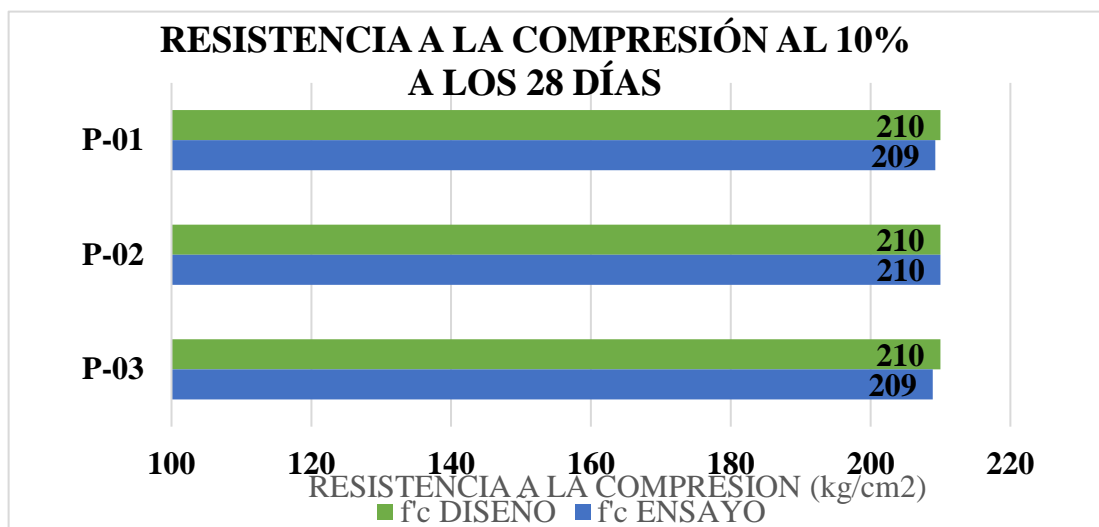


Imagen 35: Resistencia de Diseño VS resistencia de ensayo al 10% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33: Resistencia a la Compresión a 28 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	F'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra					Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c alcanzado
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	30.00	15.00	5301	2442	34350	194
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	30.00	15.00	5301	2417	35311	200
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	30.00	15.00	5301	2426	34734	197

Fuente: Elaboración Propia.

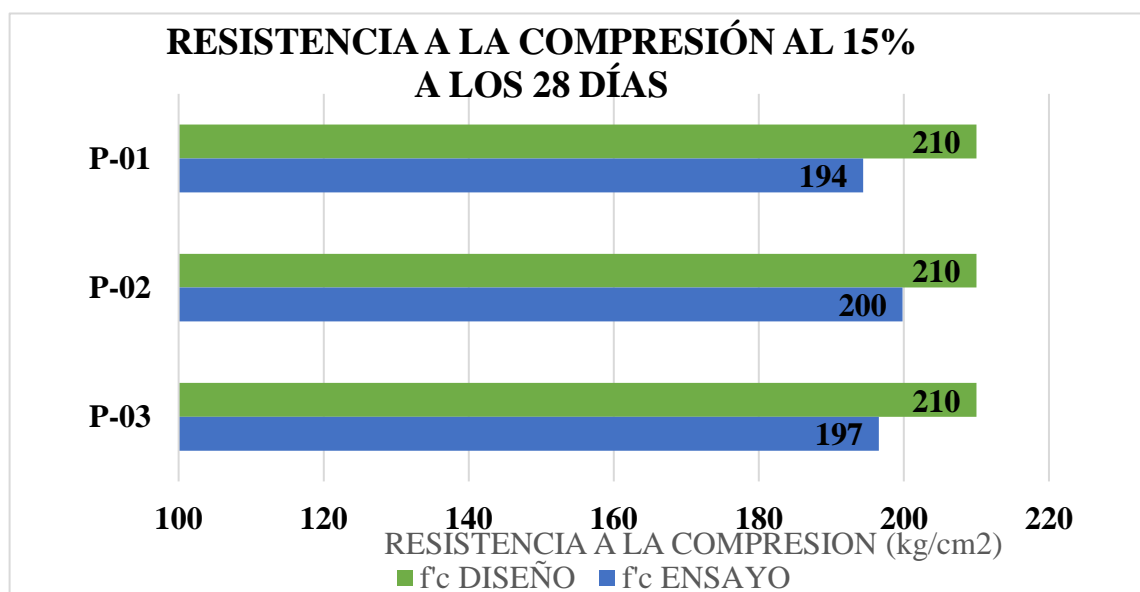


Imagen 36: Resistencia a la compresión al 15% a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 04: Resistencia a la flexión en vigas

Tabla 34: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana (0%)	f _c Diseño	Tiempo		Muestra			DATOS DE ENSAYO				
			Elaboración	Ensayo	E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr		Mr promedio
		(kg/cm ²)								(días)	(cm ³)	
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1923	15.40	15.32	36.07	3.5375	3.5597
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1911	15.32	15.30	36.13	3.5430	
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1932	15.37	15.24	36.69	3.5985	

Fuente: Elaboración Propia.

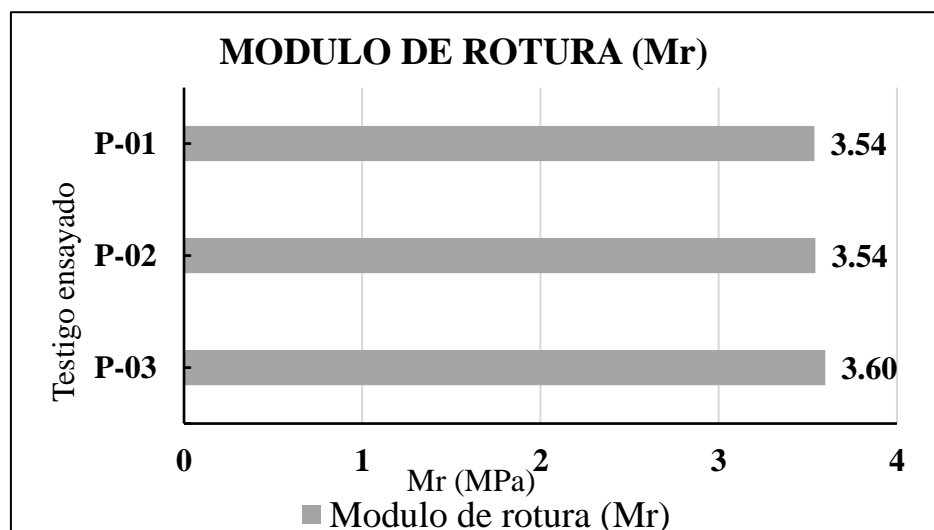


Imagen 37: Módulo de Rotura a los 7 días con 0% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		Muestra			DATOS DE ENSAYO				
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (cm3)	Carga (Kg)	Ancho de la falla (cm)	Altura de la falla (cm)	Mr		Mr promedio
		(kg/cm2)								(kg/cm2)	MPa	Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1560	15.40	15.32	29.26	2.87	2.89
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	10/5/2022	7	45.20	1573	15.32	15.30	29.74	2.92	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	10/5/2022	7	45.20	1545	15.37	15.24	29.34	2.88	

Fuente: Elaboración Propia.

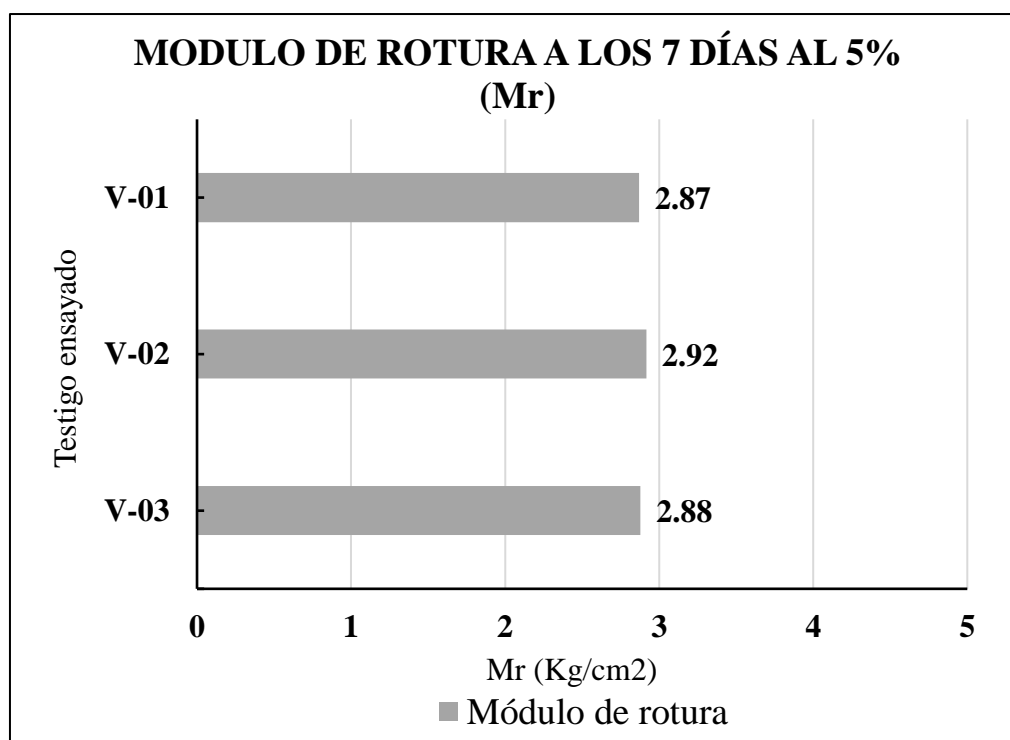


Imagen 38: Módulo de Rotura a los 7 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra			Datos de ensayo			Mr promedio
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr		
		(kg/cm2)			(dias)					(cm3)	(Kg)	(cm)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1380	15.40	15.32	25.89	2.54	2.57
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1411	15.32	15.30	26.68	2.62	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1376	15.37	15.24	26.13	2.56	

Fuente: Elaboración Propia.

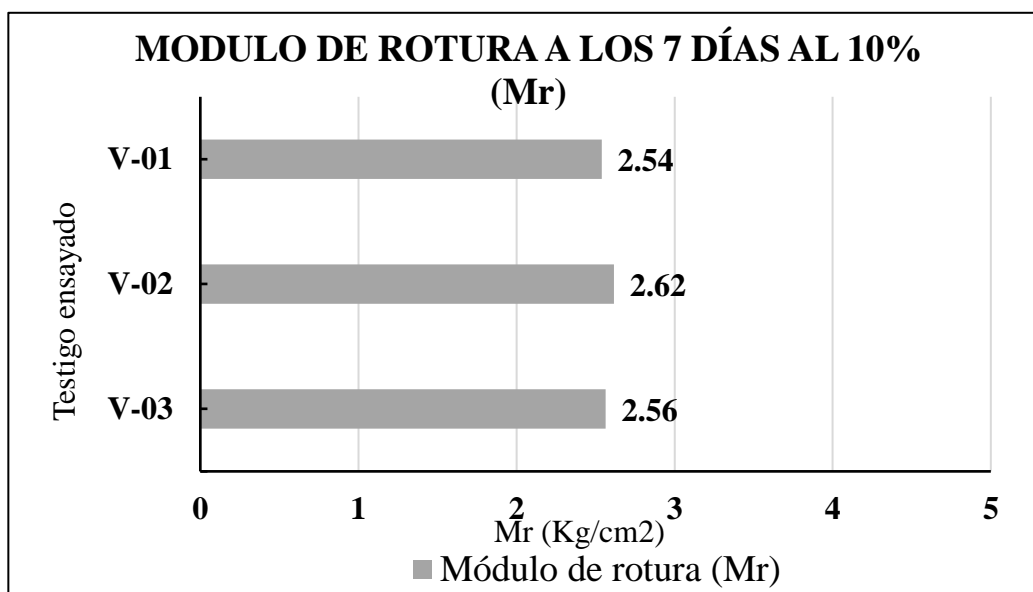


Imagen 39: Módulo de Rotura a los 7 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 37: Resistencia a la Flexión en Vigas a 7 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO				
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (cm ³)	Carga (Kg)	Ancho de la falla (cm)	Altura de la falla (cm)	Mr		Mr promedio
										(kg/cm ²)	MPa	Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1150	15.40	15.32	21.57	2.12	2.11
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1123	15.32	15.30	21.23	2.08	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	45.20	1143	15.37	15.24	21.71	2.13	

Fuente: Elaboración Propia.

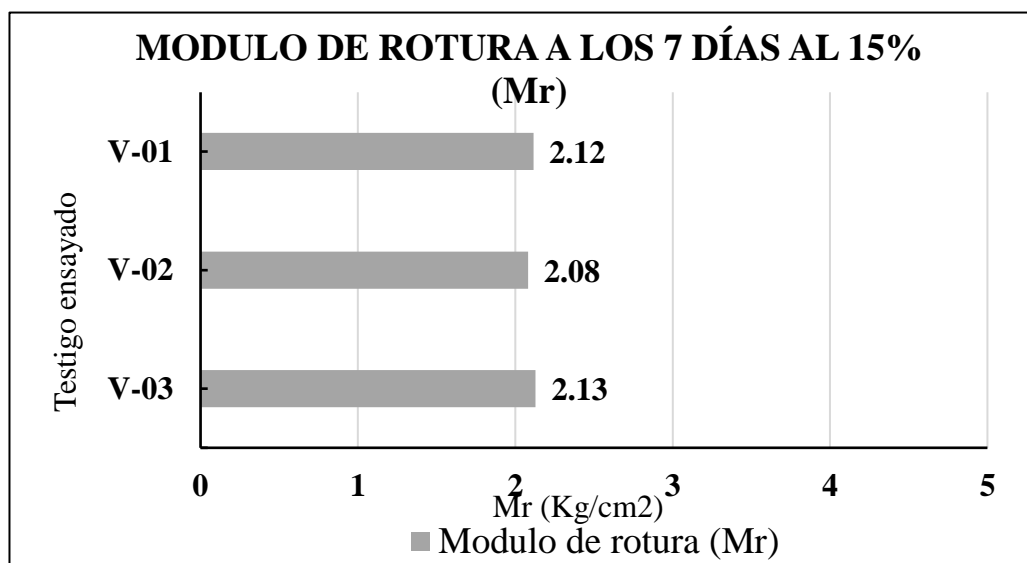


Imagen 40: Módulo de Rotura a los 7 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 38: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr Mpa	Mr promedio Mpa
		(kg/cm2)			(días)						
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	21366	154.00	153.20	4.01	4.06
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	21484	153.20	153.00	4.06	
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	21602	153.70	152.40	4.10	

Fuente: Elaboración Propia.

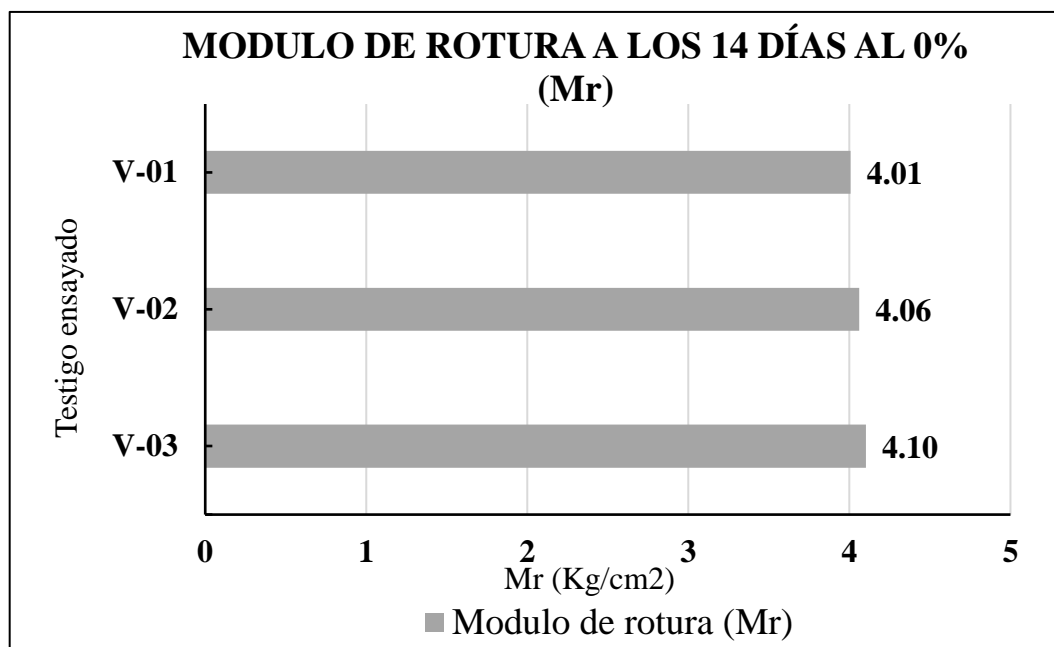


Imagen 41: Módulo de Rotura a los 14 días con 0% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr	Mr promedio
		(kg/cm ²)									
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452.00	16451	154.00	153.20	3.09	3.05
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452.00	15902	153.20	153.00	3.01	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452.00	16030	153.70	152.40	3.04	

Fuente: Elaboración Propia.

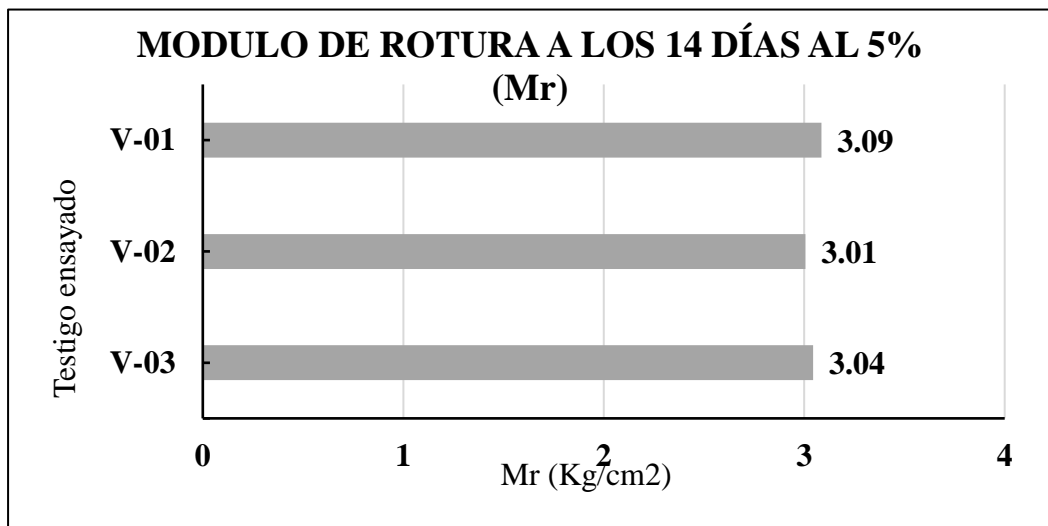


Imagen 42: Módulo de Rotura a los 14 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 40: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr	Mr promedio
		(kg/cm ²)			(días)						
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13734	154.00	153.20	2.58	2.66
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13940	153.20	153.00	2.64	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	14499	153.70	152.40	2.75	

Fuente: Elaboración Propia.

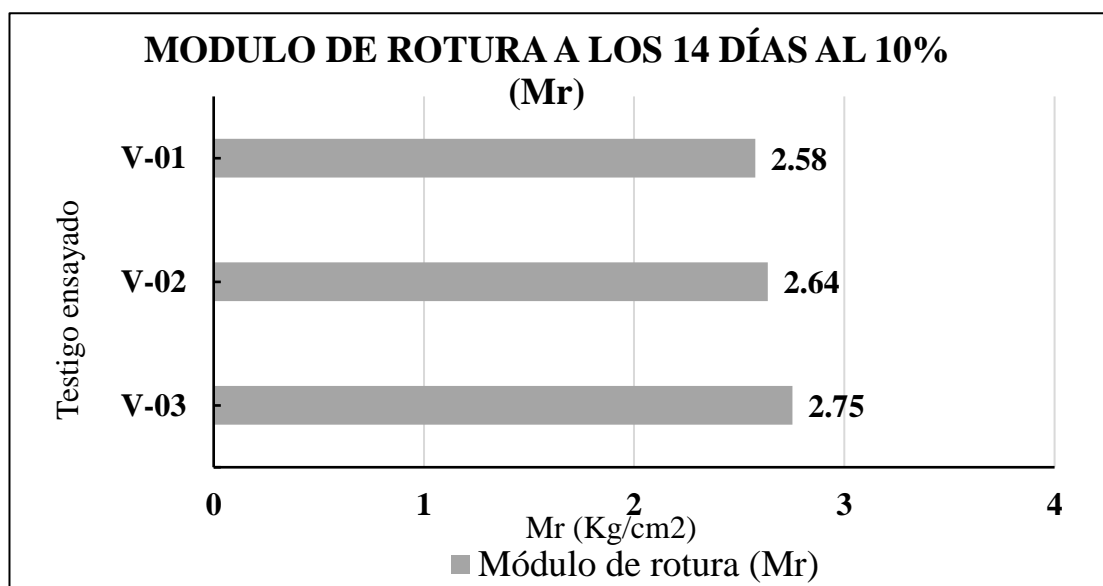


Imagen 43: Módulo de Rotura a los 14 días con 10% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 41: Resistencia a la Flexión en Vigas a 14 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm2)	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr Mpa	Mr promedio Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13244	154.0	153.2	2.48	2.52
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13194	153.2	153.0	2.49	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	452	13518	153.7	152.4	2.57	

Fuente: Elaboración Propia.

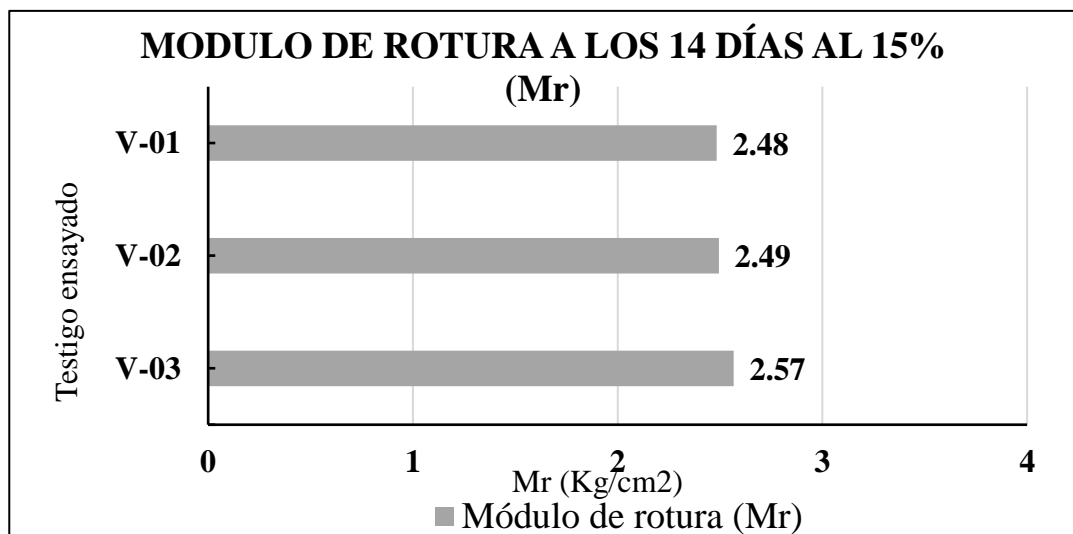


Imagen 44: Módulo de Rotura a los 14 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		Muestra			DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr	Mr promedio
		(kg/cm2)			(días)	(mm)	N	(mm)	(mm)	Mpa	Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	26016	154.00	153.20	4.88	4.81
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	24859	153.20	153.00	4.70	
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	25516	153.70	152.40	4.85	

Fuente: Elaboración Propia.

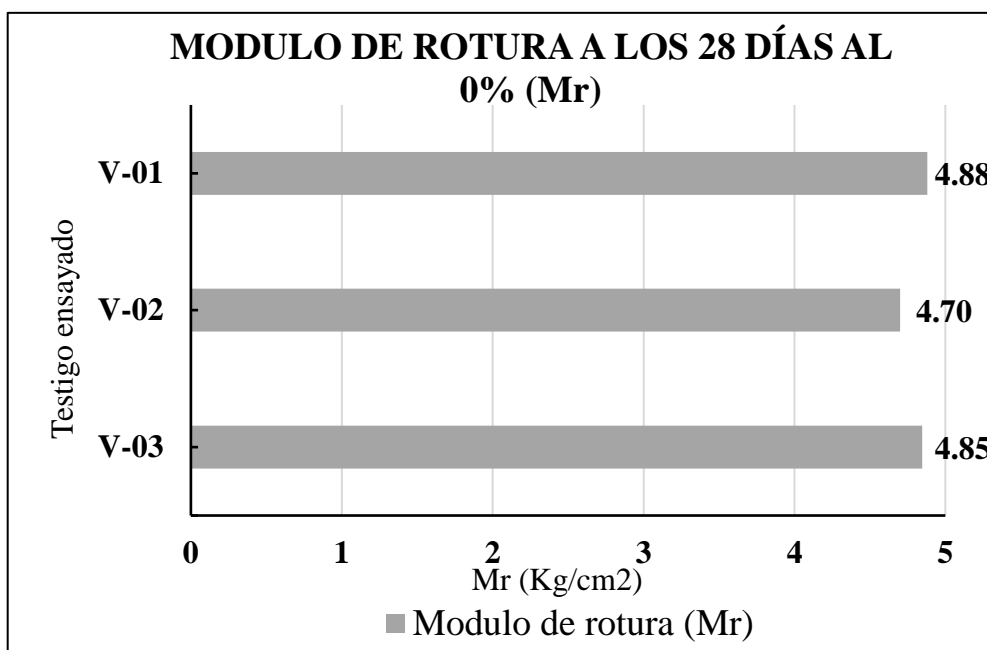


Imagen 45: Módulo de Rotura a los 28 días con 0% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga (N)	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr (Mpa)	Mr promedio
		(kg/cm2)									(mm)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452.00	17364	154.00	153.22	3.26	3.32
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452.00	17766	153.20	153.00	3.36	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452.00	17668	153.70	152.40	3.36	

Fuente: Elaboración Propia.

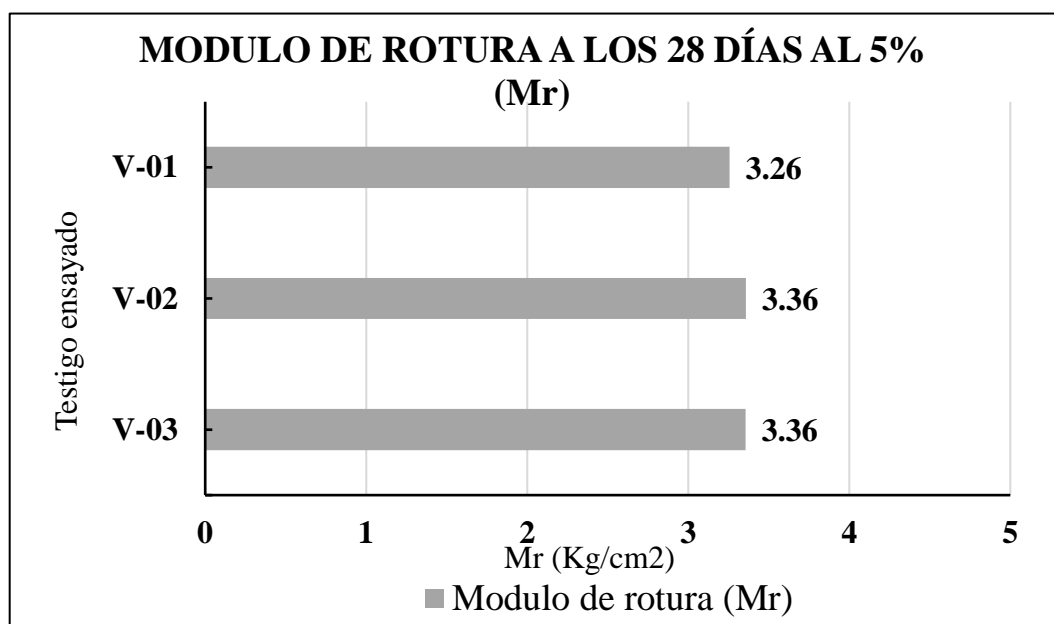


Imagen 46: Módulo de Rotura a los 28 días con 5% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo		E d a d	Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo		Luz libre (apoyos) (mm)	Carga (N)	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr (Mpa)	Mr promedio (Mpa)
		(kg/cm2)			(días)						
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	6/7/2022	28	452	17854	154.00	153.20	3.35	3.37
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	6/7/2022	28	452	17315	153.20	153.00	3.27	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	10/5/2022	6/7/2022	28	452	18404	153.70	152.40	3.50	

Fuente: Elaboración Propia.

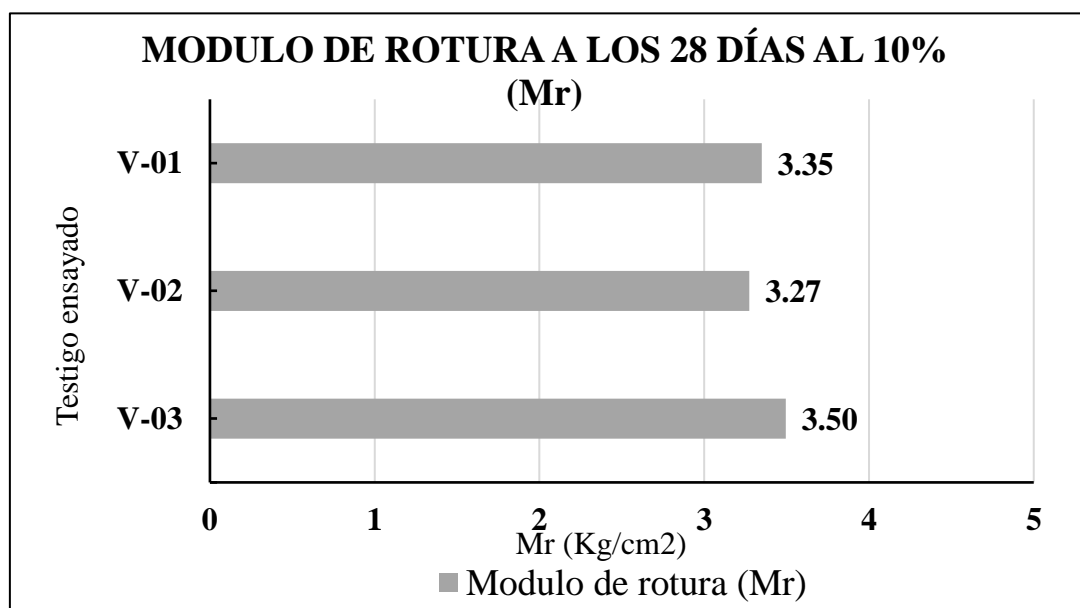


Imagen 47: Módulo de Rotura a los 28 días con 10% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45: Resistencia a la Flexión en Vigas a 28 días con 15% de adición bacteriana.5

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño (kg/cm ²)	Tiempo			Muestra		DATOS DE ENSAYO			
			Elaboración	Ensayo	E d a d (días)	Luz libre (apoyos) (mm)	Carga N	Ancho de la falla (mm)	Altura de la falla (mm)	Mr	Mr promedio
										Mpa	Mpa
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	17462	154.00	153.20	3.28	3.29
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	17109	153.20	153.00	3.23	
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	452	17668	153.70	152.40	3.36	

Fuente: Elaboración Propia.

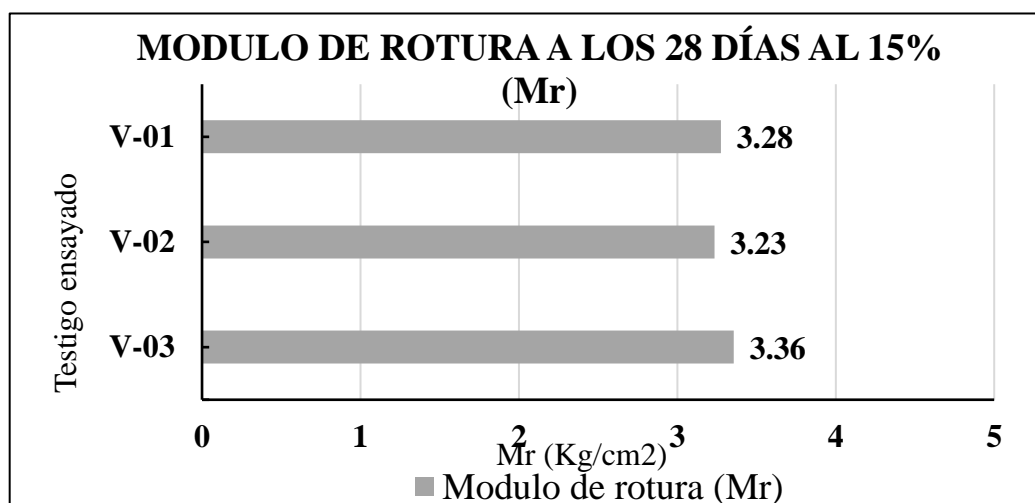


Imagen 48: Módulo de Rotura a los 28 días con 15% de adición de la bacteria Bacillus Subtilis..

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 03: Resistencia a la tracción.

Tabla 46: Ensayo de Tracción a 7 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					DATOS DE ENSAYO	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	7322	20.72
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	7434	21.03
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	7385	20.90

Fuente: Elaboración Propia.

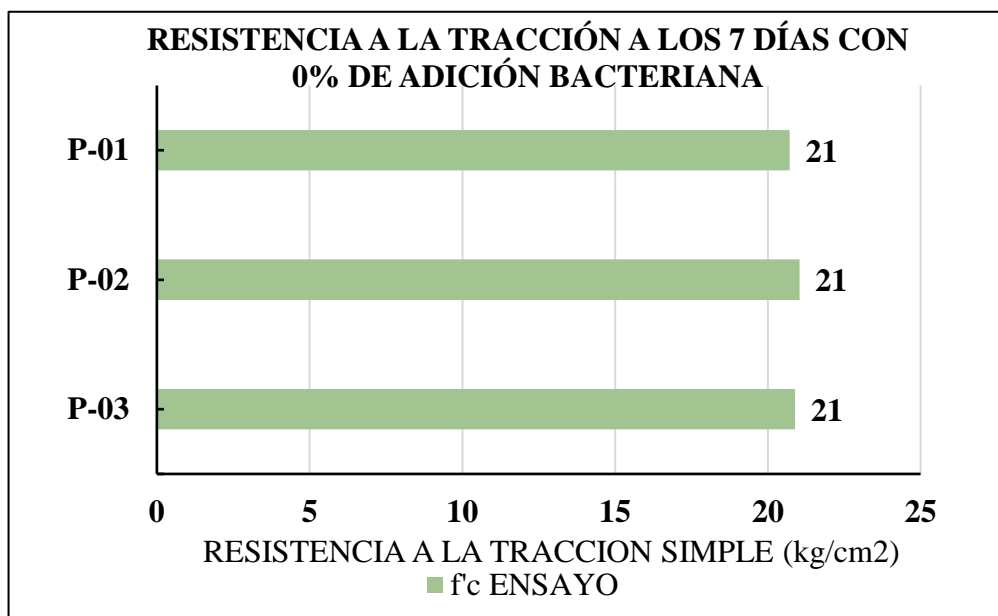


Imagen 49: Resistencia a la tracción a los 7 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 47: Ensayo de Tracción a 7 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f _c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f _c Obtenido
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	6860	19.41
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	6943	19.64
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	6874	19.45

Fuente: Elaboración Propia.

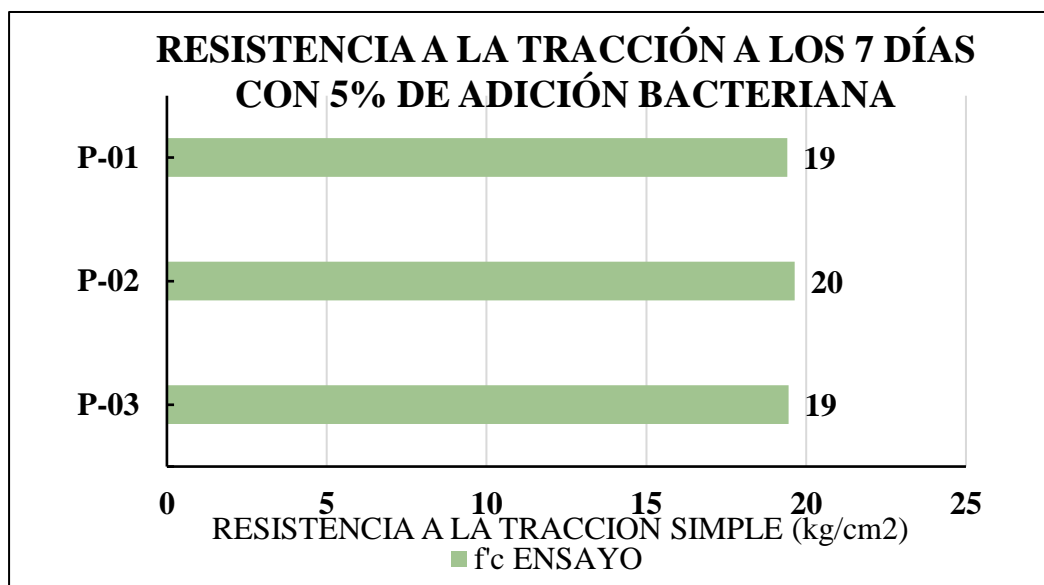


Imagen 50: Resistencia a la tracción a los 7 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 48: Ensayo de Tracción a 7 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	6140	17.37
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	6211	17.57
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	6201	17.55

Fuente: Elaboración Propia.

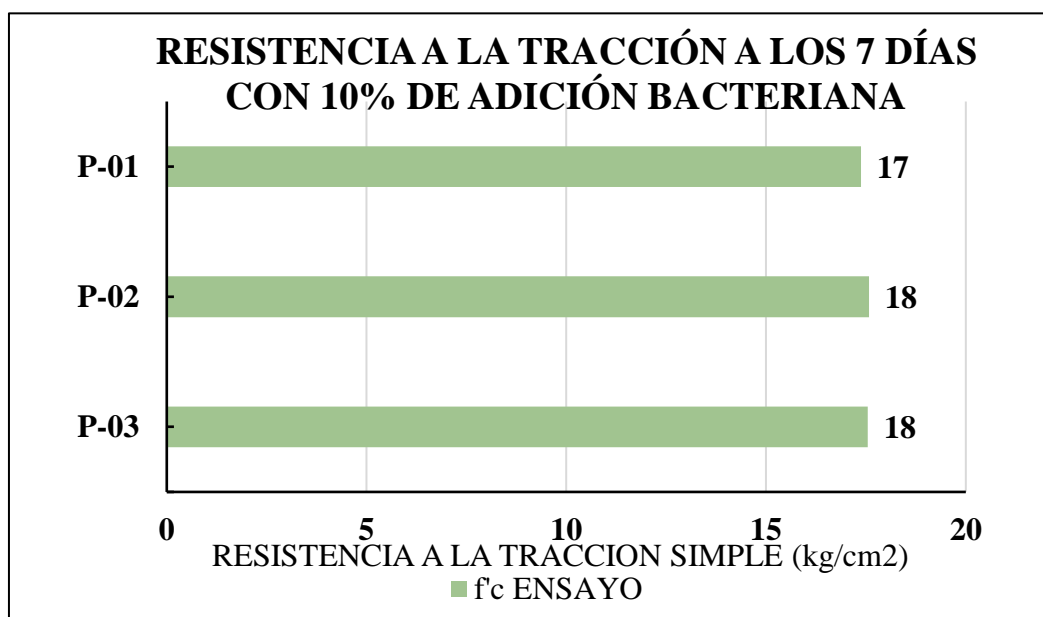


Imagen 51: Resistencia a la tracción a los 7 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 49: Ensayo de Tracción a 7 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12945	15.00	15.00	2651	4884	6926	19.60
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12816	15.00	15.00	2651	4835	6894	19.51
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	17/05/2022	7	12861	15.00	15.00	2651	4852	7016	19.85

Fuente: Elaboración Propia.

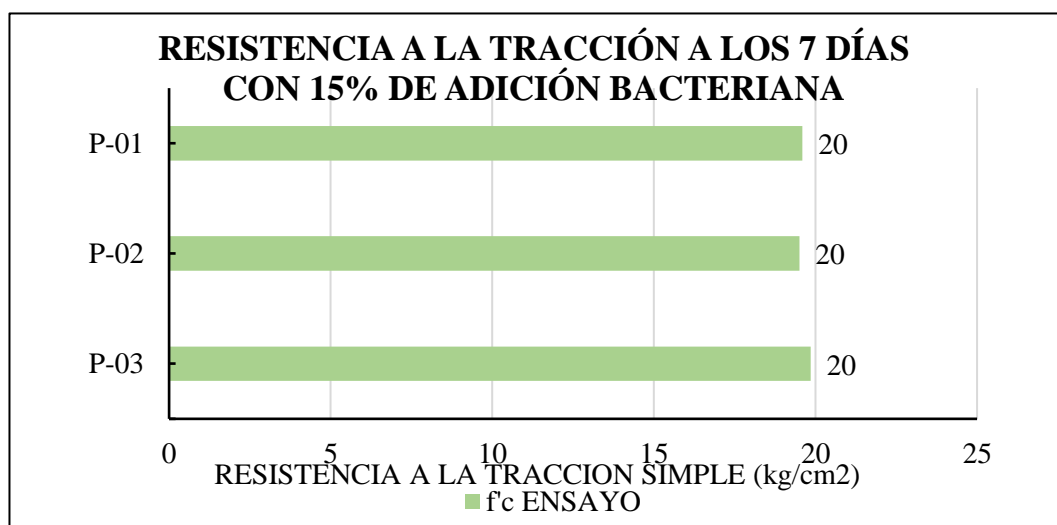


Imagen 52: Resistencia a la tracción a los 7 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 50: Ensayo de Tracción a 14 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	7781	22.02
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	7891	22.33
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	7845	22.20

Fuente: Elaboración Propia.

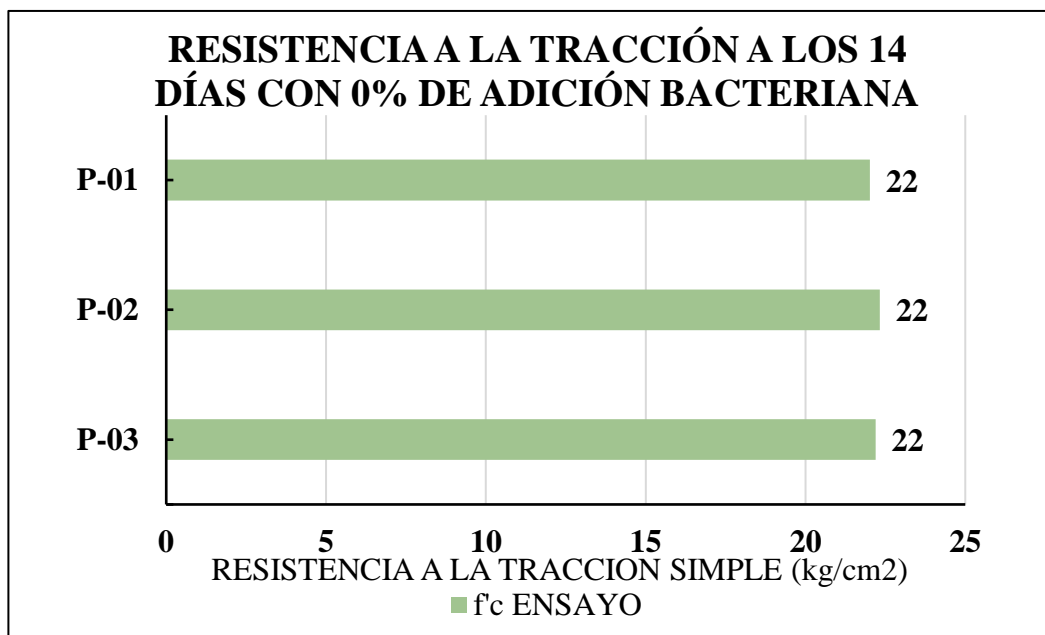


Imagen 53: Resistencia a la tracción a los 14 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51: Ensayo de Tracción a 14 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)										
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	7110	20.12
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	7019	19.86
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	7021	19.87

Fuente: Elaboración Propia.

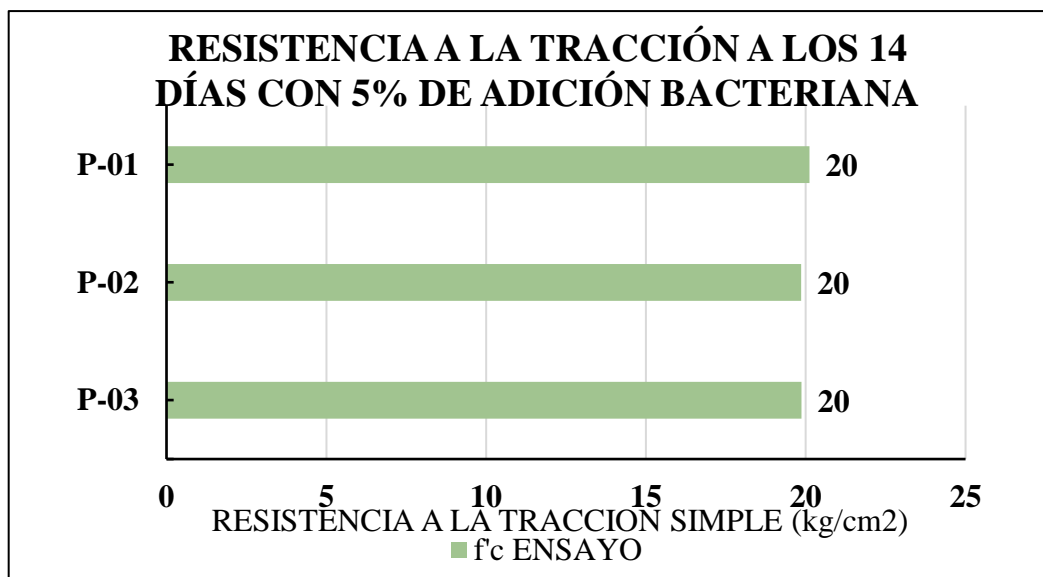


Imagen 54: Resistencia a la tracción a los 14 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 52: Ensayo de Tracción a 14 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	6940	19.64
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	6845	19.37
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	6984	19.76

Fuente: Elaboración Propia.

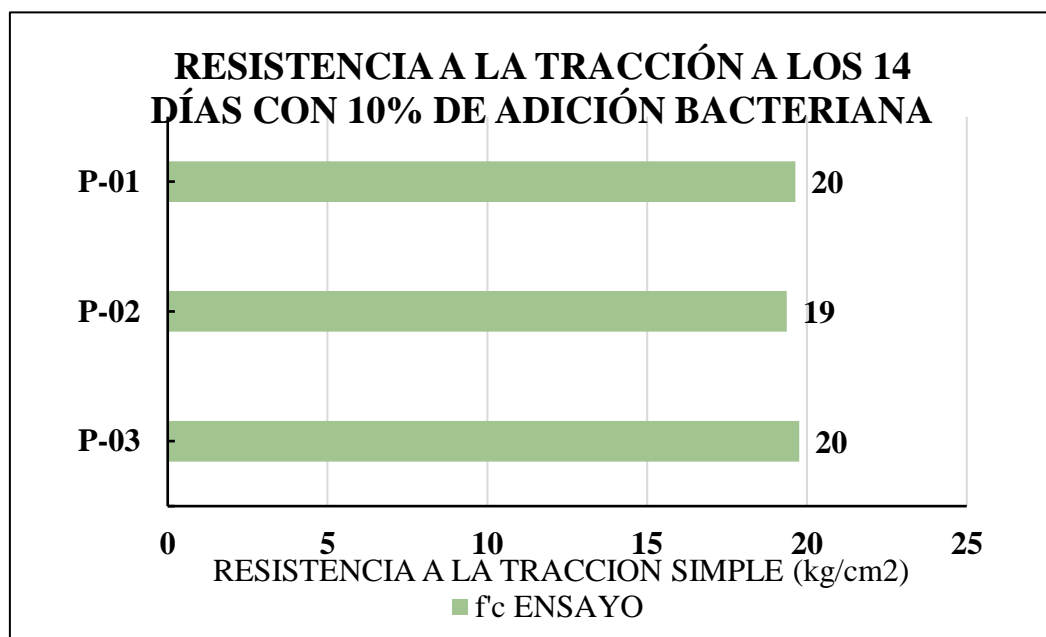


Imagen 55: Resistencia a la tracción a los 14 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 53: Ensayo de Tracción a 14 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm ²)			(días)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	7780	22.01
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	7812	22.10
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	24/05/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	7791	22.04

Fuente: Elaboración Propia.

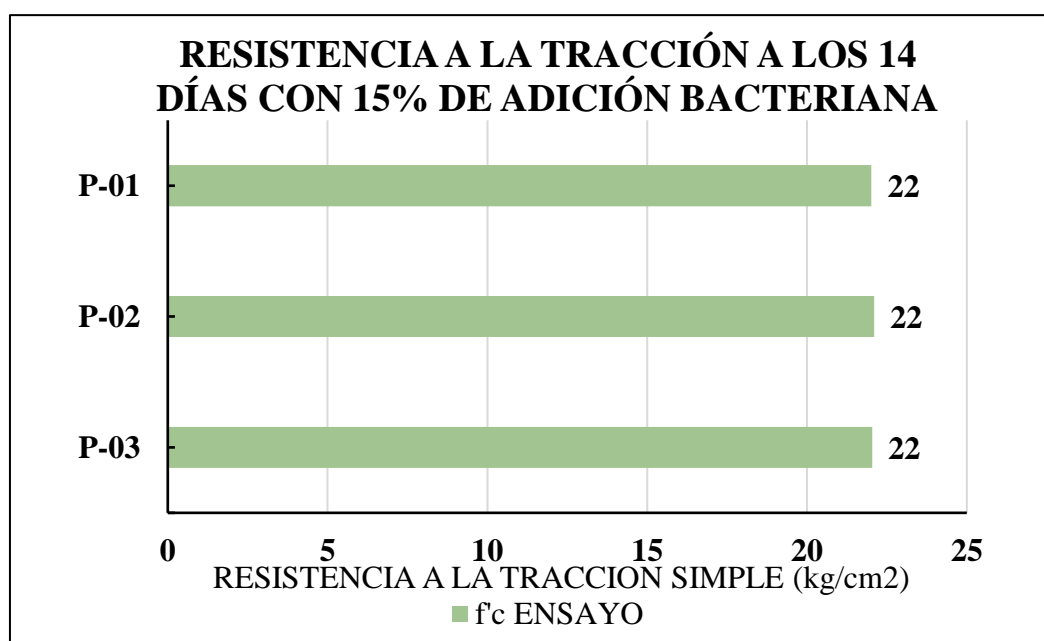
Imagen 56: Resistencia a la tracción a los 14 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 54: Ensayo de Tracción a 28 días con 0% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(dias)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	8233	23.29
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	8562	24.23
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	8423	23.83

Fuente: Elaboración Propia.

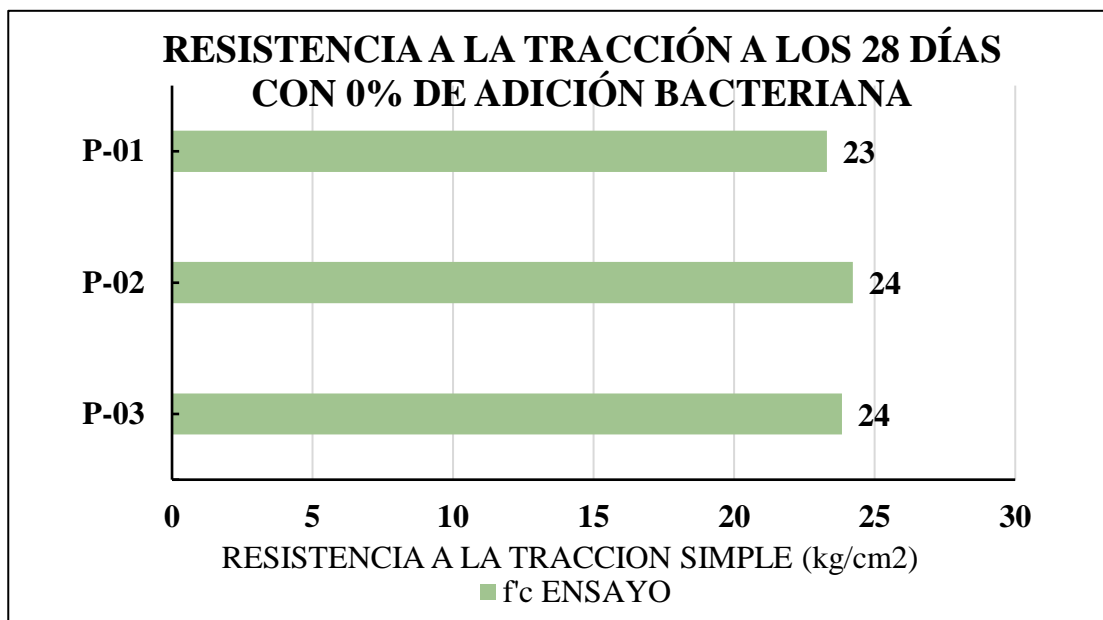


Imagen 57: Resistencia a la tracción a los 28 días con 0% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 55: Ensayo de Tracción a 28 días con 5% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f _c Ddiseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(dias)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	8540	24.16
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	8612	24.37
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	8578	24.27

Fuente: Elaboración Propia.

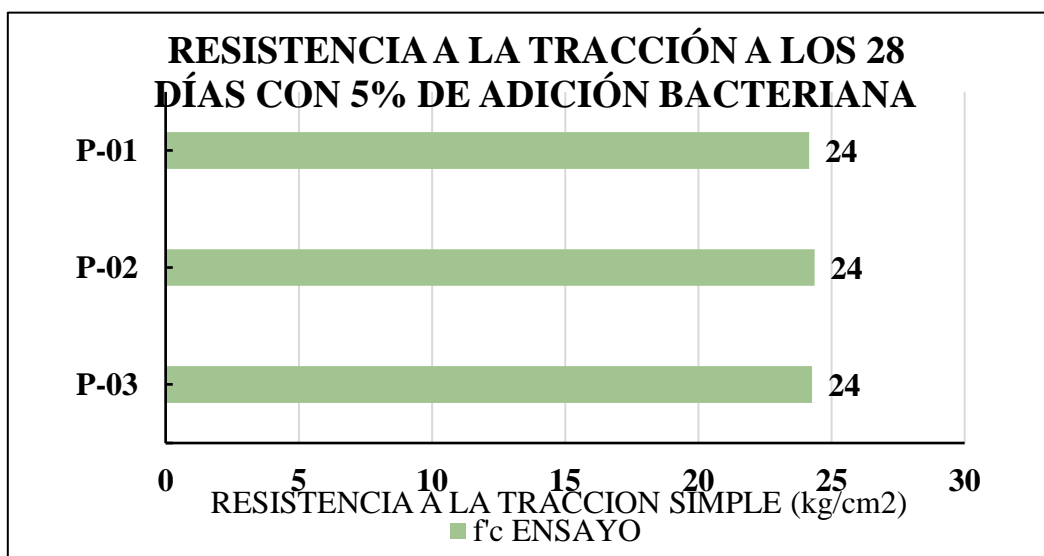


Imagen 58: Resistencia a la tracción a los 28 días con 5% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 56: Ensayo de Tracción a 28 días con 10% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	fct Obtenido
		(kg/cm2)			(días)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm3)	(Kg/m3)	(kg)	(kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	10480	29.65
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	10511	29.74
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	10491	29.68

Fuente: Elaboración Propia.

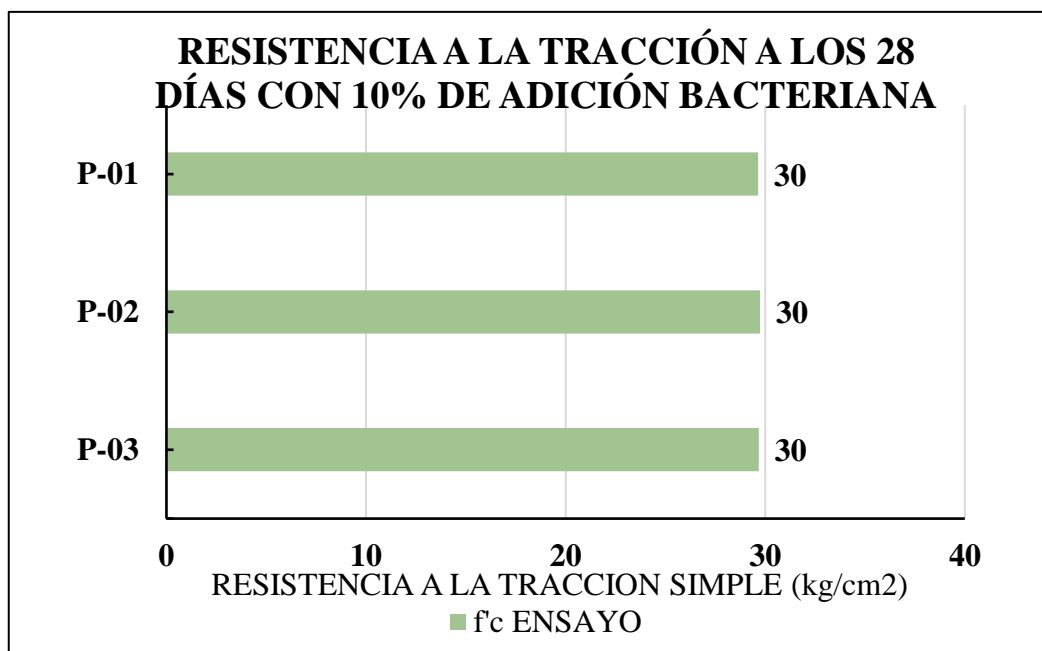


Imagen 59: Resistencia a la tracción a los 28 días con 10% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 57: Ensayo de Tracción a 28 días con 15% de adición bacteriana.

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Fechas		E d a d	Muestra					Datos de ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso	Altura	Diámetro	Volumen	Densidad	Carga	f'c Obtenido
		(kg/cm2)			(dias)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12945	15.00	15.00	2651	4884	8960	25.35
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12816	15.00	15.00	2651	4835	9090	25.72
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	10/5/2022	7/6/2022	28	12861	15.00	15.00	2651	4852	8941	25.30

Fuente: Elaboración Propia.

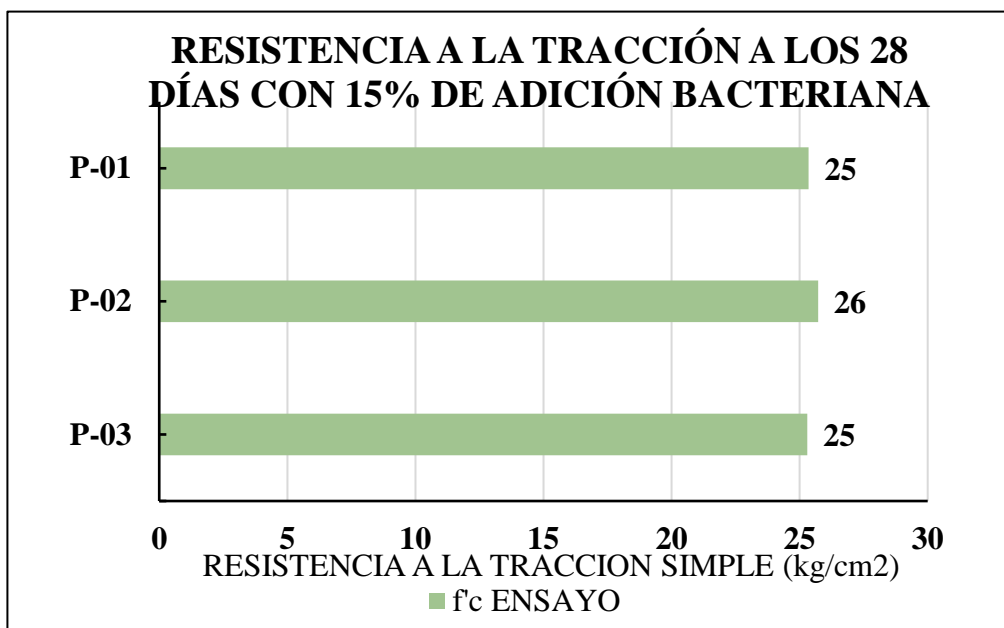


Imagen 60: Resistencia a la tracción a los 28 días con 15% de adición de la Bacteria Bacillus Subtilis.
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 06: Matriz de Leopold.

Tabla 60: Identificación de impactos.

FACTORES AMBIENTALES	MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	AGUA	SUELO	CULTURAL	HUMANOS	ECONOMICO	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR												
								PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BACTERIA				CONCRETO CELULAR CON LA ADICIÓN DE LA BACTERIA				ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA				
								PRESERVACIÓN DE LA CPA	ELABORACIÓN DEL CALDO NUTRICIO	INCUBACIÓN DE LA CPA	CRECIMIENTO DE LAS COLONIAS	INCUBACIÓN EN CEPARIO	TRANSPORTE DE MATERIALES	DISeÑO DE MEZCLA	VACADO DE CONCRETO CÉLULAR SEGÚN LOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE LA BACTERIA A LOS MOLDES O TESTIGOS CORRESPONDIENTES	ENSAYO DE ABSORCIÓN	ROTURA DE PROBETAS A LOS 7 DÍAS	ROTURA DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS	ROTURA DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS	
Calidad del aire	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	
Nivel de polvo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Nivel de olores	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Nivel de ruidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Clima	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Calidad del agua	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Calidad/Capacidad suelo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Permeabilidad del suelo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Factores Educativos	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Estilo de vida	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Calidad de vida	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Salud	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Relaciones Sociales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Renta	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Grado de Aceptación	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 61: Matriz de Leopold.

		INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR										MAGNITUD		PROMEDIO									
		PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BACTERIA					CONCRETO CELULAR CON LA ADICIÓN DE LA BACTERIA					ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA			I M P O R T A N C I A								
		PRESERVACIÓN DE LA CEP	ELABORACIÓN DEL CALDO NUTRICIO	INCUBACIÓN DE LA CEP	CRECIMIENTO DE LAS COLONIAS	INCUBACIÓN EN CEPARIO	TRANSPORTE DE MATERIALES	DISEÑO DE MEZCLA	VACIADO DE CONCRETO CELULAR SEGÚN LOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE LA BACTERIA A LOS MOLDES O TESTIGOS CORRESPONDIENTES	ENSAYO DE ABSORCIÓN	ROTURA DE PROBTAS A LOS 7 DÍAS	ROTURA DE PROBTAS A LOS 14 DÍAS	ROTURA DE PROBTAS A LOS 28 DÍAS										
FACTORES AMBIENTALES	MEDIO AMBIENTE	Calidad del aire	0	0	0	0	0	-6	-2	0	-3	-3	-3	-17	-3								
		Nivel de polvo	0	0	0	0	0	-3	0	0	0	-4	-4	-4		-6							
		Nivel de olores	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			-3						
		Nivel de ruidos	0	0	0	0	0	-6	-5	-3	0	-5	-5	-5				-3					
		Clima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					-3				
		Calidad del agua	-2	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0						-1			
		Calidad/Capacidad del suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0		
		Permeabilidad del suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								0	
		Factores Educativos	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									13
		Estilo de vida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
Salud	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Relaciones Sociales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0									
Renta	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	-3	-3			0								
Grado de aceptación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0							
MAGNITUD	5	8	0	4	0	13	-15	-21	7	3	16	16					-11						
		IMPORANCIA										-408											
		PROMEDIO										-68											

Anexo 07: Panel Fotográfico.



Imagen 65: Resistencia a la Compresión a 7 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 66: Ensayo a la Tracción al 10% a los 7 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 67: Resistencia a la Flexión en vigas a 7 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 68: Ensayo a la Tracción al 10% a los 7 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 69: Resistencia a la Tracción a los 14 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 70: Ensayo a la Compresión a los 14 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 71: Resistencia a la Flexión en vigas a 14 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 72: Ensayo a la Tracción al 10% a los 14 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 73: Resistencia a la Flexión en vigas a 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 74: Ensayo de Resistencia a Compresión a 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 75: Inmersión a 2 días en agua.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 76: Ensayo a la Tracción al 10% a los 14 días.
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 08: Certificados de laboratorio.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
UNIVERSIDAD DEL PERÚ, DECANA DE AMÉRICA
LABORATORIO DE BIOPROCESOS INDUSTRIALES



El que suscribe, jefe del laboratorio de investigación de Bioprocesos Industriales de la Facultad de Ciencias Biológicas, deja

C O N S T A N C I A

Que la cepa de *Bacillus subtilis* ATCC 6633 fue reactivada en este laboratorio a solicitud de la Srta. Emely Nicole Castañeda Soto, para ser utilizada en la tesis Influencia de la aplicación de la Bacteria *Bacillus Subtilis* en la resistencia mecánica del concreto.

Se expide a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Lima 07 de mayo de 2022

Mg. Mario Alcarraz Curi

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA <i>BACILLUS SUBTILIS</i> EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR			
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE			
ESTRUCTURA:	-	Fc DISEÑO (kg/cm ²):	210	
FECHA:	miércoles, abril 27, 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	001-2022/C/SAL	
DATOS		MATERIALES		
Fc DISEÑO (kg/cm ²)	210	CEMENTO	PORTLAND TIPO MS	
ESTRUCTURA	CONCRETO CELULAR	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)	
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (RP. 3'-4')	ADITIVOS	---	
AIRE INCORPORADO	SI	ENSAYO	UNO	
EXPOSICIÓN A INTERFERIE	NO PRECISA	P. ESPECÍFICO DE MASA	A. FINO	
OBSERVACIONES	NINGUNA	% DE ABSORCIÓN	2.48	
		CONTENIDO DE HUMEDAD	2.73	
		MODULO DE FINEZA	3.38	
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	3/8"	
		P. LÍMIT. COMPACTADO	1607	
		P. LÍMIT. SUELTO	1394	
PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)				
RESISTENCIA PROMEDIO	f _{cr}	=	294 kg/cm ²	
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.550	
AGUA DE MEZCLADO		=	228 lt/m ³	
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	3.0 %	
FACTOR CEMENTO	F.C	=	9.8 bol/m ³	
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE(0.05%)	A.G	=	0.21 kg/m ³	
DISEÑO				
1. CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS		4. CORRECCION POR HUMEDAD		
CEMENTO	= 0.139 m ³	PESOS HUMEDOS		
AGUA	= 0.228 m ³	A. FINO HUMEDO	1516.86 kg/m ³	
AIRE	= 0.030 m ³	HUMEDAD SUPERFICIAL		
ADITIVO	= 0.007 m ³	A. FINO	0.27 %	
TOTAL	= 0.404 m ³	APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO		A. FINO	4.04 lt/m ³	
VOLUMEN ABSOLUTO:	0.596 m ³	AGUA EFECTIVA	223.96 lt	
PESO SECO:	1476.55 kg/m ³	5. PESOS CORREGIDOS		
3. VALORES DE DISEÑO		CEMENTO	414.85 kg/m ³	
CEMENTO :	414.85 kg/m ³	AGUA EFECTIVA	223.96 lt	
AGUA DE DISEÑO :	228.00 lt	A. FINO HUMEDO	1516.86 kg/m ³	
A. FINO SECO :	1476.55 kg/m ³	ADITIVO	0.21 kg/m ³	
ADITIVO	0.21 kg/m ³			
PROPORCIONES FINALES				
	CEMENTO	A. FINO	ADITIVO	AGUA
	(bolsa)		INCORPORADOR	(litro)
PROPORCIÓN EN PESO	1.00	3.66	0.001	22.9
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.001	22.9

Observaciones:

- Pedirle la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPI Nº 00130288


CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 94733


CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 967185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 78: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.
 Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	EMELY NICOLE CASTAÑEDA SOTO		
ESTRUCTURA:	-	f'c DISEÑO (kg/cm2):	210

DATOS		MATERIALES		
f'c DISEÑO (kg/cm2)	210	CEMENTO	PORTLAND TIPO MS	
ESTRUCTURA	CONCRETO CELULAR	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)	
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	ADITIVOS	INCORPORADOR DE AIRE - SIKKA AE	
AIRE INCORPORADO	SI	ENSAYO		
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA		UNO	A. FINO
OBSERVACIONES	NINGUNA	P. ESPECIFICO DE MASA	g/cm3	2.48
		% DE ABSORCIÓN	%	2.46
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.73
		MODULO DE FINEZA	-	3.38
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	3/8"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m3	1801
		P. UNIT. SUELTO	kg/m3	1394

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f'c	=	294	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.550	
AGUA DE MEZCLADO		=	228	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	3.0	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	9.8	bol/m3
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE (0.05%)	A.G	=	0.21	kg/m3

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.139	m3
AGUA	=	0.228	m3
AIRE	=	0.030	m3
ADITIVO	=	0.007	m3
TOTAL	=	0.404	m3

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.596	m3
PESO SECO:	1476.55	kg/m3

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	414.85	kg/m3
AGUA DE DISEÑO :	228.00	lt
A. FINO SECO :	1476.55	kg/m3
ADITIVO	0.21	kg/m3

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	1516.86	kg/m3

HUMEDAD SUPERFICIAL

A. FINO	0.27	%
---------	------	---

APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

A. FINO	4.04	lt/m3
---------	------	-------

AGUA EFECTIVA	223.96	lt
---------------	--------	----

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	414.85	kg/m3
AGUA EFECTIVA	223.96	lt
A. FINO HUMEDO	1516.86	kg/m3
ADITIVO	0.21	kg/m3
BACILLUS SUBTILIS (5%)	11.20	lt

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante.
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPRI Nº 00130266


VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 94733

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of. Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo


JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 79: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGUN EL METODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	EMELY NICOLE CASTAÑEDA SOTO		
ESTRUCTURA:	-	Fc DISEÑO (kg/cm²):	210
FECHA:	sábado, enero 00, 1900	COD. DE EXPEDIENTE:	001-2022/CISAC

DATOS		MATERIALES		
Fc DISEÑO (kg/cm ²)	210	CEMENTO	PORTLAND TIPO MS	
ESTRUCTURA	CONCRETO CELULAR	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)	
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SR. 3"-4")	ADITIVOS	INCORPORADOR DE AIRE - SICA AER	
AIRE INCORPORADO	SI		ENSAYO	UNO
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA		P. ESPECIFICO DE MASA	gr/cm ³
OBSERVACIONES	NINGUNA		% DE ABSORCIÓN	%
			CONTENIDO DE HUMEDAD	%
			MODULO DE FINESA	-
			TAMANO MÁX. NOMINAL	3/8"
			P. UNIT. COMPACTADO	kg/m ³
			P. UNIT. SUELTO	kg/m ³

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	Per	=	294	kg/cm ²
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.550	
AGUA DE MEZCLADO		=	228	l/m ³
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	3.0	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	9.8	bol/m ³
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE(0.05%)	A.G	=	0.21	kg/m ³

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.139	m ³
AGUA	=	0.228	m ³
AIRE	=	0.030	m ³
ADITIVO	=	0.007	m ³
TOTAL	=	0.404	m ³

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.596	m ³
PESO SECO:	1476.55	kg/m ³

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	414.85	kg/m ³
AGUA DE DISEÑO :	228.00	lt
A. FINO SECO :	1476.55	kg/m ³
ADITIVO :	0.21	kg/m ³

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	1516.86	kg/m ³

HUMEDAD SUPERFICIAL

A. FINO	0.27	%
---------	------	---

APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

A. FINO	4.04	l/m ³
---------	------	------------------

AGUA EFECTIVA

	223.96	l
--	--------	---

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	414.85	kg/m³
AGUA EFECTIVA	223.96	lt
A. FINO HUMEDO	1516.86	kg/m³
ADITIVO	0.21	kg/m³
BACILLUS SUBTILIS (10%)	22.40	lt

PROPORCIONES FINALES

	CEMENTO (traba)	A. FINO	BACTERIA (litro)	ADITIVO INCORPORA (litro)	AGUA (litro)	
PROPORCION EN PESO	1.00	3.66	0.054	0.001	22.9	l/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.058	0.001	22.9	l/bol

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPI Nº 00130268

CORPORACION INCELL S.A.C
RUC: 20602429998
Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

CORPORACION INCELL
VICTOR MANUEL TEPE ATOCHE
INGENIERO CIVIL
CIP. Nº 87733

CORPORACION INCELL
JORGE M. LLICANUACINTO
LABORATORISTA

Celular: 943135318/ 957185415
Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 80: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL METODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR					
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE					
ESTRUCTURA:		Fc DISEÑO (kg/cm²):	210			
DATOS		MATERIALES				
Fc DISEÑO (Kg/cm ²)	210	CEMENTO	PORTLAND TIPO MS			
ESTRUCTURA	CONCRETO CELULAR	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)			
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	ADITIVOS	INCORPORADOR DE AIRE - SIKKA AER			
AIRE INCORPORADO	SI	ENSAYO	UND			
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA	P. ESPECIFICO DE MASA	A. FINO			
OBSERVACIONES	NINGUNA	% DE ABSORCIÓN	2.48			
		CONTENIDO DE HUMEDAD	2.46			
		MODULO DE FINEZA	2.73			
		TAMANO MAX. NOMINAL	3.38			
		P. UNIT. COMPACTADO	3/8"			
		P. UNIT. SUELTO	1601			
			1394			
PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)						
RESISTENCIA PROMEDIO	F _{cr}	=	294 kg/cm ²			
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.550			
AGUA DE MEZCLADO		=	228 lt/m ³			
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	3.0 %			
FACTOR CEMENTO	F.C	=	9.8 bo/m ³			
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE(0.05%)	A.G	=	0.21 kg/m ³			
DISEÑO						
1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS		4. CORRECCION POR HUMEDAD				
CEMENTO	= 0.139 m ³	PESOS HUMEDOS				
AGUA	= 0.228 m ³	A. FINO HUMEDO	1516.86 kg/m ³			
AIRE	= 0.030 m ³	HUMEDAD SUPERFICIAL				
ADITIVO	= 0.007 m ³	A. FINO	0.27 %			
TOTAL	= 0.404 m ³	APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO		A. FINO	4.04 lt/m ³			
VOLUMEN ABSOLUTO:	0.596 m ³	AGUA EFECTIVA	223.96 lt			
PESO SECO:	1476.55 kg/m ³	5. PESOS CORREGIDOS				
3. VALORES DE DISEÑO		CEMENTO	414.85 kg/m ³			
CEMENTO :	414.85 kg/m ³	AGUA EFECTIVA	223.96 lt			
AGUA DE DISEÑO :	228.00 lt	A. FINO HUMEDO	1516.86 kg/m ³			
A. FINO SECO :	1476.55 kg/m ³	ADITIVO	0.21 kg/m ³			
ADITIVO	0.21 kg/m ³	BACILLUS SUBTILIS (15%)	33.59 lt			
PROPORCIONES FINALES						
	CEMENTO (bolsa)	A. FINO	BACTERIA (litro)	ADITIVO INCORPORA (litro)	AGUA (litro)	
PROPORCION EN PESO	1.00	3.66	0.081	0.001	22.9	lt/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	3.94	0.087	0.001	22.9	lt/bol

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPI Nº 00130268

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 94752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20802429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 81: Constancia de laboratorio en el que se realizó el diseño de mezcla.-

Fuente: Elaboración Propia.



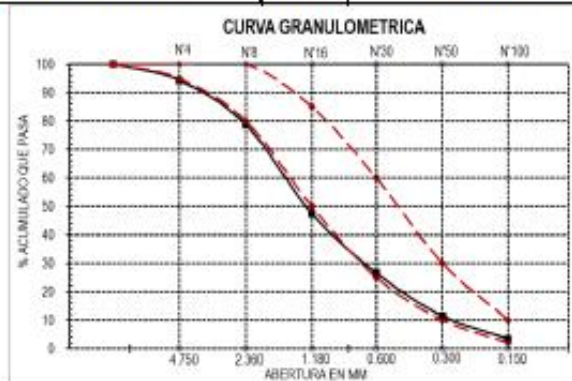
CERTIFICADO DE ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

gr.

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	EMELY NICOLE CASTAÑEDA SOTO		
ESTRUCTURA:	CONCRETO CELULAR	PROCEDENCIA:	CANTERA PATAPO
FECHA ENSAYO:	miércoles, 27 de abril de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0054-2022/CISAC

Tamiz		Peso seco inicial de la muestra		211.15		Especificaciones	
pulg.	mm.	Peso Retenido	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Mínimo	Máximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	12.00	5.68	5.68	94.32	95.00	100.00
Nº 08	2.36	33.00	15.63	21.31	78.69	80.00	100.00
Nº 16	1.18	66.00	31.28	52.57	47.43	50.00	85.00
Nº 30	0.60	44.00	20.84	73.41	26.59	25.00	60.00
Nº 50	0.30	32.00	15.16	88.56	11.44	10.00	30.00
Nº 100	0.15	17.17	8.13	96.69	3.31	2.00	10.00
Fondo		6.98	3.31	100.00	0.00		
Abertura de malla de referencia		9.50		Módulo de Fineza		3.38	



Observaciones:
 - Materiales proporcionados por el solicitante.
 - Normativa
 NTP 400.002, Agregados, Análisis granulométrico del agregado grueso.
 CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0337-032-2021, BALANZA
 CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0320-032-2021, HORNO DE LABORATORIO
 CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0344-032-2021, TAMIZ 1/2"
 REGISTRO INDECOPI Nº 00130268

INCELL
 VICTOR MANUEL TEPEAYOCHE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 84752

INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

ORPORACION INCELL S.A.C
 UC: 20602429998
 f: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 82: Constancia de laboratorio de análisis granulométrico.

Fuente: Elaboración Propia.



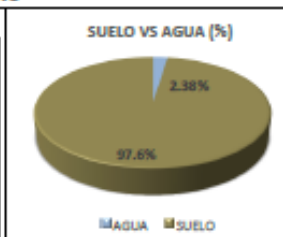
CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	EMELY NICOLE CASTAÑEDA SOTO		
ESTRUCTURA	CONCRETO CELULAR	PROCEDENCIA	CANTERA PATAPO
FECHA ENSAYO:	miércoles, 27 de abril de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0054-2022/CISAC

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARRO	-
TARRO + SUELO HUMEDO	1203
TARRO + SUELO SECO	1175
PESO DEL AGUA	28
PESO DEL TARRO	0
PESO DEL SUELO SECO	1175
PORCENTAJE DE HUMEDAD	2.38%



- Normativa
 NTP 339.185. Agregados.Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados finos por secado
 NTP 339.185. Agregados.Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados gruesos por secado
 CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0337-032-2021 , BALANZA
 CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0320-032-2021 , HORNO DE LABORATORIO
 REGISTRO INDECOPI Nº 00130268

CORPORACION INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 94752

CORPORACION INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 83: Constancia de laboratorio del contenido de humedad del agregado fino.

Fuente: Elaboración Propia.

CERTIFICADO DE ENSAYO:
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILLIS EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	EMELY NICOLE CASTAÑEDA SOTO		
ESTRUCTURA	CONCRETO CELULAR	PROCEDENCIA	CANTERA PATAPO
FECHA ENSAYO:	miércoles, 27 de abril de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0054-2022/CISAC
DATOS			
Muestra	-	1	2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	106	102
Peso de la muestra + fiola + agua	g	753	751
Peso de la fiola + agua	g	690	690
Peso de la muestra seca	g	103	100
CALCULOS			
Peso de la muestra sumergida	g	63	61
Volumen de la muestra	cm ³	43	41
Peso específico seco	g	2.40	2.44
Peso específico suelo saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.47	2.49
Absorción del agregado grueso	%	2.91	2.00
RESULTADOS			
PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO	g/cm ³	2.48	
GRADO DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO	%	2.46	

Observaciones:

- Materiales proporcionados por el solicitante.
- Normativa

NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino
 CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021, BALANZA CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0320-032-2021, HORNO
 DE LABORATORIO CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0323-032-2021, TAMIZ # 4

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPETAOICHE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 84752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 84: Constancia de laboratorio de peso específico y absorción del agregado fino.

Fuente: Elaboración Propia.

**CERTIFICADO DE ENSAYO:****PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO**

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILLIS EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CELULAR				
UBICACIÓN:	CHICLAYO - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE				
SOLICITANTE:	EMELY NICOLE CASTAÑEDA SOTO				
ESTRUCTURA:	CONCRETO CELULAR	PROCEDENCIA:	CANTERA PATAPO		
FECHA ENSAYO:	miércoles, 27 de abril de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0054-2022/CISAC		
PESOUNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	12642	12736	12725	12701
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4162	4256	4245	4221
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1375	1406	1402	1394
PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	13297	13338	13342	13328
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4817	4858	4862	4846
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario compactado	kg/m ³	1591	1605	1606	1601
RESULTADOS					
PESO UNITARIO SUELTO SECO			Kg/m3	1394	
PESO UNITARIO COMPACTADO			Kg/m3	1601	

Observaciones:

.- Materiales proporcionados por el solicitante.

.- Normativa

NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado fino

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021, BALANZA

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sao@gmail.com

Imagen 85: Constancia de laboratorio de peso unitario suelto y compactado del agregado fino-.

Fuente: Elaboración Propia.



**CERTIFICADO DE ENSAYO:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	CASTAÑEDA SOTO EMBELY NICOLE		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	---
FECHA:	martes, mayo 24, 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0057-2022/CSIC

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	CARGA (kg)	R _t OBTENIDO (kg/cm ²)	F _c ESPESADO (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	#####	14	15.00	15.00	2651	7781	22.02	143
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	#####	14	15.00	15.00	2651	7891	22.33	143
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	#####	14	15.00	15.00	2651	7845	22.20	143

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	CARGA (kg)	R _t OBTENIDO (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	15.00	15.00	2651	7110	26.12
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	15.00	15.00	2651	7019	19.86
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	15.00	15.00	2651	7021	19.87

CORPORACION INCELL
VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 84752

CORPORACION INCELL
JORGE M. LLICANUACINTO
LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
RUC: 20602429998
Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Imagen 86: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		PESO (gr)	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (Kg/m ³)	CARGA (kg)	f _c OBTENIDO (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	12945	15.00	15.00	2651	4884	6940	19.64
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	12816	15.00	15.00	2651	4835	6845	19.37
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	12861	15.00	15.00	2651	4852	6864	19.76

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	CARGA (kg)	f _c OBTENIDO (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	15.00	15.00	2651	7780	22.01
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	15.00	15.00	2651	7812	22.10
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	5/24/2022	14	15.00	15.00	2651	7791	22.04

Observaciones:
 - Normativa: NTP 339.084. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
 - Testigos de concreto proporcionados por el solicitante.
 CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-03745-2022, PRESNA HIDRAULICA PARA CONCRETO
 REGISTRO INDECOPI N° 00130268
 -SLUMP 4"
 REGISTRO INDECOPI N° 00130268

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE ATOCHE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 94752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 87: Constancia de laboratorio de ensayo.
 Fuente: Elaboración Propia.



CERTIFICADO DE ENSAYO:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	CASTAÑEDA SOFO EMELY NICOLE		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	---
FECHA:	martes, mayo 24, 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0057-2022/CSAC

Testigo	Diseño sin adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo	Muestra		DATOS DE ENSAYO		
			E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr
			(kg/cm2)	(días)	(mm)	N	(mm)	(mm)
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	14	452	21366	154.00	153.20	4.01
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	14	452	21484	153.20	153.00	4.06
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	14	452	21602	153.70	152.40	4.10

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo	Muestra		DATOS DE ENSAYO		
			E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr
			(kg/cm2)	(días)	(mm)	N	(mm)	(mm)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	14	452.00	16451	154.00	153.20	3.09
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	14	452.00	15902	153.20	153.00	3.01
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	14	452.00	16030	153.70	152.40	3.04

INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOCHÉ
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 94732

INCELL
 JORGE M. LLICÁN JACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
RUC: 20602429998

Celular: 943135318/ 957185415

Imagen 88: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 89: Constancia de laboratorio de ensayo.



Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo	Muestra		DATOS DE ENSAYO		
			E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr
			(kg/cm ²)	(días)	(mm)	N	(mm)	(mm)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	14	452	13734	154.00	153.20	2.58
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	14	452	13940	153.20	153.00	2.64
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	14	452	14499	153.70	152.40	2.75

Testigo	Diseño con adición bacteriana	f'c Diseño	Tiempo	Muestra		DATOS DE ENSAYO		
			E d a d	Luz libre (apoyos)	Carga	Ancho de la falla	Altura de la falla	Mr
			(kg/cm ²)	(días)	(mm)	N	(mm)	(mm)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	14	452	13244	154.0	153.2	2.48
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	14	452	13194	153.2	153.0	2.49
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	14	452	13518	153.7	152.4	2.57

Observaciones:

- Normativa NTP 339.0378. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo.
- Testigos de concreto proporcionados por el solicitante.
- Los datos del elemento estructural al que pertenece cada espécimen y la fecha de vaciado indicados por el solicitante y marcados en la probeta.
- CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-03745-2022, PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO, REGISTRO INDECOPi Nº 00130208



CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Df: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Fuente: Elaboración Propia.

CERTIFICADO DE ENSAYO:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR									
UBICACIÓN:	LAMBAYEQUE									
SOLICITANTE:	CASTAÑEDA SOTO EMELY NICOLE									
ESTRUCTURA:	CONCRETO					PROCEDENCIA:		---		
FECHA:	2022, mayo 24, 2022					CODIGO DE EXPEDIENTE:		0057-2022/CISAC		
Testigo	DENOMINACION/ CODIFICACION	F'c Diseño (kg/cm2)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra			Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (Kg/m3)	Carga (kg)	f'c alcanzado (kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12845	5301	2423	29822	169
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12814	5301	2417	28722	163
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm2 - PATRON	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12859	5301	2426	29782	169

Testigo	DENOMINACION/ CODIFICACION	F'c Diseño (kg/cm2)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra			Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (Kg/m3)	Carga (kg)	f'c alcanzado (kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12895	5301	2432	18450	104
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12827	5301	2420	19322	109
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12859	5301	2426	18734	106


CORPORACION INCELL
VICTOR MANUEL TEPE AYOCHE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 982 3


CORPORACION INCELL
JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

Imagen 90: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

Testigo	DENOMINACION/ CODIFICACION	F'c Diseño (kg/cm2)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra		Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso (gr)	Volumen (cm3)	Carga (kg)	f'c al canzado (kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12884	5301	22710	129
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	1E+05	5301	22912	130
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12932	5301	22378	127

Testigo	DENOMINACION/ CODIFICACION	F'c Diseño (kg/cm2)	Tiempo		E d a d (días)	Muestra		Datos del ensayo	
			Elaboración	Ensayo		Peso (gr)	Volumen (cm3)	Carga (kg)	f'c al canzado (kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12945	5301	24350	138
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12816	5301	25311	143
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%)	210	5/10/2022	5/24/2022	14	12861	5301	24734	140

Observaciones:

- Normativa: NTP 339.034, Concreto, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- Testigos de concreto proporcionados por el solicitante.
- CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-03745-2022, PRESNA HIDRAULICA PARA CONCRETO
- REGISTRO INDECOPI Nº 00130308
- Los datos del elemento estructural al que pertenece cada espécimen y la fecha de vaciado indicados por el solicitante y marcados en la probeta.

CORPORACION INCELL
 INGENIERIA, CONSTRUCCION Y SERVICIOS GENERALES
 VICTOR MANUEL TEPE ATOCHE

CORPORACION INCELL
 INGENIERIA, CONSTRUCCION Y SERVICIOS GENERALES

Imagen 91: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

CERTIFICADO DE ENSAYO:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILLIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	CASTAÑEDA SOTO EMELY NICOLE		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	---
FECHA:	París, Junio 07, 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0057-2022/CSAC

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	CARGA (kg)	f _{ct} OBTENIDO (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8233	23.29
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8562	24.23
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8423	23.83

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	CARGA (kg)	f _{ct} OBTENIDO (kg/cm ²)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8540	24.16
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8612	24.37
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/5/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8578	24.27

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE ATOCHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N.º 84752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

Imagen 92: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F'c DISEÑO (kg/cm2)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm3)	CARGA (kg)	f _c OBTENIDO (kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	5/5/2022	*****	28	15.00	15.00	2651	10480	29.65
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	5/5/2022	*****	28	15.00	15.00	2651	10511	29.74
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm2	210	5/5/2022	*****	28	15.00	15.00	2651	10491	29.68

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F'c DISEÑO (kg/cm2)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm3)	CARGA (kg)	f _c OBTENIDO (kg/cm2)
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm2	210	5/5/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8960	25.35
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm2	210	5/5/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	9090	25.72
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm2	210	5/5/2022	6/7/2022	28	15.00	15.00	2651	8941	25.30

Observaciones:

-- Normativa: NTP 339.084. Concreto. Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la traccion simple del concreto por compresion diametral de una probeta cilindrica.

-- Testigos de concreto proporcionados por el solicitante.

CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-03745-2022, PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

-SLUMP 4"

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 64752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 93: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

CERTIFICADO DE ENSAYO:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	CASTAÑEDA SOTO EMBY NICOLE		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	---
FECHA:	martes, junio 07, 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0057 2022/CSAC

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACION	ENSAYO		LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LIZ LIBRE (APOYOS) (cm ³)	CARGA (Kg)	ANCHO DE FALLA (cm)	ALTURA DE FALLA (cm)	Mr (kg/cm ²)
V-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	2652	15.40	15.32	49.75
V-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	2534	15.32	15.30	47.91
V-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	2601	15.37	15.24	49.40

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACION	ENSAYO		LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LIZ LIBRE (APOYOS) (cm ³)	CARGA (Kg)	ANCHO DE FALLA (cm)	ALTURA DE FALLA (cm)	Mr (kg/cm ²)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	1770	15.40	15.32	33.20
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	1811	15.32	15.30	34.24
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	1801	15.37	15.24	34.21

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPETAYOCHE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 84752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

Imagen 94: Constancia de laboratorio de ensayo.
 Fuente: Elaboración Propia.

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO			
			ELABORACION	ENSAYO		LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LIZ LIBRE (APOYOS) (cm ³)	CARGA (Kg)	ANCHO DE FALLA (cm)	ALTURA DE FALLA (cm)	Mr (kg/cm ²)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	1820	15.40	15.32	34.14
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	1765	15.32	15.30	33.37
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	60.00	15.00	15.00	45.20	1876	15.37	15.24	35.63

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	F _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (dias)	DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACION	ENSAYO		LIZ LIBRE (APOYOS) (cm ³)	CARGA (Kg)	ANCHO DE FALLA (cm)	ALTURA DE FALLA (cm)	Mr (kg/cm ²)
V-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	45.20	1780	15.40	15.32	33.39
V-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	45.20	1744	15.32	15.30	32.97
V-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	45.20	1801	15.37	15.24	34.21

Observaciones

- Normativa NTP 339.0578. Concreto. Metodo de ensayo normalizado para la determinacion a la flexion del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo.
 - Testigos de concreto proporcionados por el solicitante.
 - Los datos del elemento estructural al que pertenece cada espécimen y la fecha de vaciado indicados por el solicitante y marcados en la probeta.
- CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-03745-2022, PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO
 REGISTRO INDECOPI Nº 00330268

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPEAYOCHÉ
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 84752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 95: Constancia de laboratorio de ensayo.
 Fuente: Elaboración Propia.

CERTIFICADO DE ENSAYO:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LA BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR		
UBICACIÓN:	LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	CASTAÑEDA SOTO EMBRY NICOLE		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	---
FECHA:	martes, junio 07, 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0057-2022/CSAC

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO	FECHAS		E D A D	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA	DIAMETRO	VOLUMEN	CARGA	f _c OBTENIDO
P-01	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	30.00	15.00	5301	32222	182
P-02	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	30.00	15.00	5301	33444	189
P-03	CONCRETO CELULAR FC 210 Kg/cm ² - PATRON	210	5/10/2022	6/7/2022	28	30.00	15.00	5301	33612	190

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO	FECHAS		E D A D	DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		ALTURA	DIAMETRO	VOLUMEN	CARGA	f _c OBTENIDO
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	30.00	15.00	5301	34410	195
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	30.00	15.00	5301	35444	201
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (5%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	30.00	15.00	5301	34655	196

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 64752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.U.
 RUC: 20602429998
 Of: Ca. Francisco Cabrera 1136 - Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415
 Correo: corp.incell.sac@gmail.com

Imagen 96: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO	FECHAS		E D A D	DATOS DE LA		DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		DIAMETRO	VOLUMEN	CARGA	f _c OBTENIDO
		(kg/cm ²)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	5501	56950	209
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	5501	57111	210
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILIS (10%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	5501	56912	209

TESTIGO	DENOMINACION/ CODIFICACION	f _c DISEÑO	FECHAS		E D A D	DATOS DE LA		DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACION	ENSAYO		DIAMETRO	VOLUMEN	CARGA	f _c OBTENIDO
		(kg/cm ²)							
P-01	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	5301	34350	194
P-02	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	5301	35311	200
P-03	CONCRETO CELULAR CON BACILLUS SUBTILLIS (15%) FC 210 Kg/cm ²	210	5/10/2022	6/7/2022	28	15.00	5301	34734	197

Observaciones

- Normativa: NTP 399.034. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- Testigos de concreto proporcionados por el solicitante.
- CERTIFICADO DE CALIBRACION TC-03745-2022, PRESA HIDRAULICA PARA CONCRETO
REGISTRO INDECOPI Nº 003.30268
- Los datos del elemento estructural al que pertenece cada espécimen y la fecha de vaciado indicados por el solicitante y marcados en la probeta.

CORPORACIÓN INCELL
 VICTOR MANUEL TEPE AYOACHE
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 84752

CORPORACIÓN INCELL
 JORGE M. LLICANUACINTO
 LABORATORISTA

CORPORACION INCELL S.A.C

RUC: 20602429998

Calle San Mateo de los Andes 4428, Chiclayo

Celular: 943135318/ 957185415

Corporacion Incell S.A.C. @gmail.com

Imagen 97: Constancia de laboratorio de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.