

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS  
DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO  
RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO  $F'C= 210 \text{ KG/CM}^2$  EN  
PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL  
PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Andy Cristopher Rojas Mori  
Gustavo German Contreras Huaman

**Asesor:**

Mg. Ing. Juan Miguel De La Torre Ostos  
<https://orcid.org/0000-0001-8226-5376>

Lima - Perú

2024

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>ALEJANDRO VILDOSO FLORES</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>JUAN MIGUEL DE LA TORRE OSTOS</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>JVAN JOVANOVIC AGUIRRE</b>
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD

### INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c= 210$

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>12%</b>	<b>4%</b>	<b>10%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad de San Martín de Porres</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 1%

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres por la educación y apoyo incondicional brindado a lo largo de mi formación profesional.

A mis hermanas por el aliento constante.

A la Universidad Privada del Norte y a sus docentes, por habernos guiado por la senda del conocimiento, conocimientos de los cuales hoy echamos mano para ser los mejores.

**GUSTAVO GERMAN CONTRERAS HUAMAN**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicado a mi abuelo Sebastián Rojas, a mi padre Henry Rojas, a mi madre Milagros Mori por el apoyo incondicional brindado a lo largo de este largo camino de mi formación profesional orientado siempre por el camino de lo correcto y de la superación personal.

A mis hermanos y hermana por el aliento constante y el ánimo emocional brindado siempre.

**ANDY CRISTOPHER ROJAS MORI**

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que mis padres y hermanas me han brindado y de manera especial a nuestro asesor, quien nos guio durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. A la Universidad Privada del Norte por los conocimientos adquiridos todos estos años.

**GUSTAVO GERMAN CONTRERAS HUAMAN**

## AGRADECIMIENTO

Al concluir esta etapa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño. Esta mención en especial para mi abuelo por el apoyo incondicional, para mi madre por ser mi sostén emocional, para mi primo Poul Zuta por ser el modelo a seguir en el crecimiento profesional, para mis hermanos, hermana y a toda mi familia que junto a mí caminaron en todo momento siendo inspiración, apoyo y fortaleza.

¡Gracias infinitas a todos!

ANDY CRISTOPHER ROJAS MORI

## Tabla de contenido

Jurado calificador .....	2
Informe de similitud .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	6
TABLA DE CONTENIDO .....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
RESUMEN.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	16
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	52
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	125
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	148
REFERENCIAS .....	154
ANEXOS.....	157



## Índice de tablas

Tabla 1 Tipo de consistencia y Asentamiento.....	34
Tabla 2 Variaciones aceptables de la mezcla .....	35
Tabla 3 Descripción sobre las dimensiones del árido.....	42
Tabla 4 Granulometría del árido fino .....	43
Tabla 5 Matriz de Operacionalización de variables .....	54
Tabla 6 Matriz de Consistencia.....	56
Tabla 7 Muestra para la $f_c$ y trabajabilidad del concreto patrón.....	59
Tabla 8 Muestra para la $f_c$ y trabajabilidad del concreto convencional más de 1.5% tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado.....	59
Tabla 9 Muestra para la $f_c$ y trabajabilidad del concreto convencional más de 2.5% tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	60
Tabla 10 Muestra para la $f_c$ y trabajabilidad del concreto convencional más de 5% tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	60
Tabla 11 Análisis granulométrico del árido fino .....	72
Tabla 12 Análisis granulométrico del árido grueso.....	75
Tabla 13 Peso específico y absorción del árido fino .....	92
Tabla 14 Peso específico y absorción del árido grueso .....	96
Tabla 15 Peso específico del cemento.....	97
Tabla 16 Datos generales de los áridos fino y grueso de laboratorio .....	98
Tabla 17 Determinación de la resistencia promedio requerida para la elaboración de la mezcla con $f_c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	98
Tabla 18 Selección de la consistencia y asentamiento .....	99
Tabla 19 Determinar el factor del cemento para el concreto $f_c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	102

Tabla 20 Resultados del volumen por cada componente del concreto con diseño de $f_c=210\text{kg/cm}^2$ .....	103
Tabla 21 Resultados del peso del árido fino para $f_c=210\text{kg/cm}^2$ de diseño .....	104
Tabla 22 Masa de los componentes en estado seco para $f_c=210\text{kg/cm}^2$ de diseño .....	104
Tabla 23 Corrección del peso de los áridos por humedad para un $f_c= 210\text{kg/cm}^2$ de diseño .....	105
Tabla 24 Corrección de los áridos por absorción para un $f_c= 210\text{kg/cm}^2$ de diseño .....	105
Tabla 25 Resultado del cálculo del agua efectiva para un $f_c= 210\text{kg/cm}^2$ de diseño.....	106
Tabla 26 Resultado de la dosificación del diseño de $f_c =210 \text{ kg/cm}^2$ para un $1\text{m}^3$ .....	106
Tabla 27 Dosificación del diseño de la mezcla patrón de $f_c= 210\text{kg/cm}^2$ .....	107
Tabla 28 Determinación de la cantidad necesaria de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado del peso de cemento para la formulación de una mezcla con resistencia característica de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ . .....	112
Tabla 29 Dosificación del concreto patrón y concretos con porcentajes de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado para el diseño de $f_c=210\text{kg/cm}^2$ .....	112
Tabla 30 Cantidad de materiales para elaboración del concreto de $0.03\text{m}^3$ . .....	125
Tabla 31 Asentamiento del concreto patrón .....	126
Tabla 32 Cantidad de materiales para elaboración del concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	126
Tabla 33 Ensayo de slump del concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	127
Tabla 34 Cantidad de material para el concreto con adición de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	127
Tabla 35 Ensayo de asentamiento del concreto con inclusión de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	128
Tabla 36 Dosificación del concreto con inclusión de 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado .....	129

Tabla 37 Ensayo de slump del concreto con incorporación de 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado.....	129
Tabla 38 Resistencia a compresión del concreto a los 7 días.....	130
Tabla 39 Resistencia a compresión del concreto a los 14 días.....	134
Tabla 40 $F'_c$ del concreto a los 28 días.....	137

## Índice de figuras

Figura 1	Proceso de obtención del polvo de fibrocemento. ....	30
Figura 2	Ensayo de Asentamiento. ....	33
Figura 3	Dimensiones del cono de Abrams. ....	35
Figura 4	Medición del slump. ....	36
Figura 5	Granulometría del árido grueso. ....	44
Figura 6	Mezcladora de concreto ....	62
Figura 7	Máquina universal para realizar pruebas de rotura de probeta ....	62
Figura 8	Tamices ....	63
Figura 9	Tara y balanza ....	63
Figura 10	Horno a temperatura superior de 110°C ....	64
Figura 11	Moldes de probetas cilíndricas. ....	64
Figura 12	Agregado Grueso y fino. ....	65
Figura 13	Tiras de aluminio. ....	65
Figura 14	Polvo de fibrocemento reciclado. ....	66
Figura 15	Tiras de aluminio de papel aluminio. ....	69
Figura 16	Tamizado del polvo de fibrocemento. ....	70
Figura 17	Tamizado del árido fino ....	71
Figura 18	Curva granulométrica del árido fino ....	73
Figura 19	Tamizado del agregado grueso. ....	74
Figura 20	El peso del árido grueso ....	74
Figura 21.	Curva granulométrica del árido grueso. ....	76
Figura 22	Evaluación del Módulo de Finura del árido. ....	77
Figura 23	Cuarteo del árido fino. ....	79

Figura 24	Peso del árido fino suelto .....	80
Figura 25	Llenado árido grueso del recipiente de forma espiral .....	81
Figura 26	Enrasado y pesado del árido grueso suelto .....	81
Figura 27	Compactación del árido fino .....	82
Figura 28	Pesado del recipiente + árido fino compactado .....	83
Figura 29	Compactación del árido grueso.....	84
Figura 30	Pesado del recipiente + árido grueso compactado .....	84
Figura 31	Pesado de la muestra del árido fino .....	86
Figura 32	Muestra sumergida en agua y dejada en reposo durante un periodo de 24 horas .....	86
Figura 33	Extensión de muestra en una superficie plana expuesta al secado al aire libre .	87
Figura 34	Muestra siendo compactada dentro del molde de cono de absorción .....	88
Figura 35	Extracción del molde utilizado para la absorción y desintegración del árido....	88
Figura 36	Masa de la muestra en condición superficialmente seca y saturada .....	89
Figura 37	Introducción de la muestra Saturada Superficialmente Seca a la fiola .....	90
Figura 38	Agitamos la fiola de vidrio hasta que las burbujas de aire sean eliminadas y procedemos a medir el peso .....	91
Figura 39	Retiro de la muestra a un recipiente.....	92
Figura 40	Secado del árido grueso tras permanecer sumergido durante un período de 24 horas .....	94
Figura 41	Colocación del árido grueso dentro de la canastilla.....	94
Figura 42	Peso de la muestra sin humedad .....	95
Figura 43	Volumen unitario de agua.....	100
Figura 44	Contenido de aire atrapado.....	101
Figura 45.	Relación a/c para una $f'_{cr}= 294\text{kg/cm}^2$ .....	101

Figura 46. Peso del árido grueso por unidad de volumen del concreto.....	102
Figura 47 Prueba de slump del diseño patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	109
Figura 48 Prueba de slump del concreto con adición del 1.5% de tiras de aluminio + 1.5% de polvo fibrocemento del diseño de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	113
Figura 49 Preparación de los moldes para la fabricación de las muestras de concreto ....	114
Figura 50 Especímenes de concreto .....	116
Figura 51 Identificación de los especímenes de concreto y del tanque de curado. ....	117
Figura 52 Prueba de slump a las probetas de concreto.....	119
Figura 53 Probetas de concreto curadas a los 7, 14 y 28 días .....	121
Figura 54 Espécimen colocado en la prensa hidráulica.....	121
Figura 55 Rotura de especímenes debido a la prueba de compresión .....	122
Figura 56 Resistencia a compresión a los 7 días de las probetas de concreto.....	141
Figura 57 Resistencia a compresión a los 14 días de las probetas de concreto.....	142
Figura 58 Resistencia a compresión a los 28 días de las probetas de concreto.....	143
Figura 59. Comparación de $f'c$ del concreto patrón y con inclusión de 1.5%, 2.5% y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . .....	144
Figura 60. Resistencia a compresión de los concretos a los 28 días .....	146

## RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto de la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto con una resistencia característica  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, considerando proporciones de 1.5%, 2.5%, y 5% del peso del cemento. Esta investigación se llevó a cabo en Lima durante el año 2024, utilizando una metodología de tipo aplicativa cuasiexperimental. Los ensayos se realizaron en el laboratorio, siguiendo el método ACI para obtener el diseño de mezclas con una resistencia característica de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Como resultado de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en proporciones de 1.5%, 2.5%, y 5%, se observó una reducción en el asentamiento en comparación con la muestra estándar. Los resultados de laboratorio evidencian de manera concluyente la influencia positiva de la combinación específica de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la mejora de la  $f_c$  del concreto en diferentes períodos de curado. La inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en proporciones que oscilan entre el 1.5% y el 2.5% en la mezcla de concreto reveló que este rango representa el porcentaje óptimo para mejorar las propiedades mecánicas de los concretos con una resistencia característica de diseño de 210kg/cm<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** Asentamiento, Resistencia a compresión, Tiras de aluminio, Polvo de fibrocemento reciclado, Concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Según en el estudio realizado por Olivo y Paucar (2023), mencionan que el constante progreso e industrialización en el campo de la construcción impulsa a las personas a buscar opciones que mejoren las propiedades físico-mecánicas del concreto, al mismo tiempo que reducen los costos de fabricación. En este contexto, la humanidad busca de manera continua nuevos aglutinantes para garantizar la calidad y el rendimiento del concreto. Es importante destacar que el concreto en estado endurecido presenta una notable solidez y una adecuada resistencia mecánica frente a diversas cargas. Además, en su estado fresco, puede ser fácilmente moldeado en formas complejas según las necesidades. Sin embargo, se enfrenta a desafíos como la capacidad a tracción, compresión y su comportamiento en condiciones de humedad variable, además de generar impactos ambientales negativos debido a la sobreexplotación de materiales para la producción masiva de concreto. Estas limitaciones subrayan la necesidad de optimizar las características del concreto mediante la introducción de nuevos componentes en su dosificación. La incorporación de estos materiales busca mejorar las propiedades del concreto de manera que sea adecuado para diversas necesidades estructurales en ingeniería.

De acuerdo con la investigación de Bazán y Ruiz (2020), menciona que en la industria de la construcción, las empresas dedicadas a la fabricación de materiales y elementos de construcción buscan constantemente mejorar sus productos. El objetivo principal es lograr avances significativos en la reducción de costos, la creación de estructuras más livianas y la mejora de la resistencia a fisuras y deformaciones, especialmente en condiciones sísmicas. Con este propósito, se enfocan en la innovación de aditivos que



incorporan fibras naturales y superficiales. Estas empresas llevan a cabo una variedad de ensayos para evaluar y determinar si los nuevos aditivos realmente contribuyen al mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Es importante señalar que la tendencia de utilizar fibras naturales no es novedosa, ya que comenzó a desarrollarse en Europa en la década de 1980. En aquel entonces, se realizaron investigaciones sobre mezclas, aditivos y materiales compuestos que incluían fibras naturales.

Quille y Vilca (2022), mencionan que la humanidad ha utilizado extensamente el concreto en diversas construcciones, gracias a su facilidad de manejo, durabilidad y versatilidad. Además, el concreto ofrece una resistencia adecuada según su diseño para el uso previsto. Varios países han optado por desarrollar métodos que buscan optimizar las propiedades del concreto, a través de investigaciones enfocadas en la modificación del concreto con fibras de aluminio. Estas fibras representan una alternativa única para el diseño y la construcción de estructuras que requieran características especiales.

El impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión ( $f_c$ ) del concreto es un tema de gran relevancia en la ingeniería civil, especialmente en el contexto de Lima-2024. La búsqueda de soluciones sostenibles y la gestión eficiente de recursos son aspectos cruciales en el desarrollo de la construcción moderna. La introducción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en cantidades específicas (1.5%, 2.5% y 5% con respecto al peso del cemento) plantea desafíos y oportunidades. La trabajabilidad del concreto, esencial para su colocación y manejo durante la construcción, se verá afectada por la presencia de estos materiales adicionales. La habilidad de ajustarse a la estructura deseada, sin comprometer la resistencia, será un punto clave de análisis.

En términos de resistencia a la compresión, se espera evaluar cómo la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado influye en la habilidad del concreto para resistir fuerzas y sostener cargas. La variación de las proporciones permitirá entender cómo estos componentes afectan la durabilidad y estabilidad estructural del concreto, aspectos fundamentales en la ingeniería civil. Este estudio no solo aborda cuestiones técnicas, sino que también destaca la importancia de la sostenibilidad y el uso responsable de recursos. La reutilización de materiales como el fibrocemento reciclado contribuye a la reducción de residuos y a la promoción de prácticas más amigables con el medio ambiente.

En resumen, la investigación sobre el impacto de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en concretos  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup> en Lima-2024 no solo tiene implicaciones técnicas, sino que refleja el compromiso de la ingeniería civil con soluciones innovadoras y sostenibles para el futuro de la construcción. El concreto fabricado con polvo de fibrocemento reciclado y tiras de aluminio es una opción innovadora y ecológica. Mejorar la trabajabilidad del concreto y, al mismo tiempo, aumentar su resistencia a la compresión es el principal reto a la hora de realizar construcciones duraderas. Esta tesis pretende examinar los efectos de estas alteraciones en la fluidez del concreto durante su colocación y, mediante ensayos de resistencia a la compresión, en su capacidad portante. Además, el uso de materiales reciclados muestra un compromiso con la sostenibilidad medioambiental, que aborda la creciente cuestión de la gestión responsable de los recursos en el sector de la construcción. Al ampliar nuestros conocimientos sobre las propiedades del concreto mejorado, este estudio allanará el camino para futuros estudios y aplicaciones en el mundo real de la ingeniería civil, e incluso podría conducir a prácticas de construcción más respetuosas con el medio ambiente en la industria limeña.

Esquinas (2019), menciona que en la industria de la construcción, se observa un creciente empleo de materiales respetuosos, impulsado principalmente por un aumento en la conciencia social, el compromiso de empresas, diseñadores y marcas que promueven la idea de que es factible diseñar productos utilizando materiales ecológicos. En este contexto, nos enfocamos en examinar el fibrocemento, un material comúnmente utilizado en construcción, compuesto por cemento y fibras de refuerzo. Este material, además de cumplir con los principios de sostenibilidad debido a su composición, presenta características adecuadas para la propuesta de diseño colectivo que se plantea.

En relación con la antigua formulación del fibrocemento, esta se componía de fibras de refuerzo conocidas como asbesto, derivadas de un mineral tratado para formar las denominadas fibras flexibles. Debido a su alta resistencia a la combustión, se utilizó en la construcción de edificios hasta que organismos médicos identificaron su carácter altamente cancerígeno, lo que llevó a su exclusión como componente en la fabricación del fibrocemento. A partir de mediados de la década de 1980, se introdujo el crisolito como parte de la composición del fibrocemento. A pesar de la intención inicial de mantener el amianto en la mezcla, esta idea se vio truncada, y en 2002 se decretó la prohibición total del amianto en la fabricación de materiales de construcción. Hoy en día, el fibrocemento se produce mediante la combinación de cemento, fibra de vidrio o celulosa, siendo considerado una composición inofensiva para la sociedad. Además, proporciona una mayor resistencia en comparación con la antigua formulación que contenía amianto.

Por ello, se realiza la inclusión de fibras de celulosa en el concreto; García y Ortiz (2020), señalan que la aplicación de celulosa reciclado de papel periódico (CRPP) es una novedad en la industria de la construcción y se está utilizando en diversas áreas, como la

construcción industrial. Actualmente, se considera altamente beneficioso para mejorar las propiedades del concreto. Según la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, la composición de CRPP es similar a la del cemento Portland, lo que lo convierte en una alternativa factible para el sector construcción. Este material se vuelve especialmente interesante como adición al concreto. En consecuencia, se presenta como una alternativa sencilla, económica y factible en el ámbito de la construcción.

### **1.1.1. Antecedentes**

#### **Antecedentes Internacionales**

En su estudio de Esquinas (2019), titulado “El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo”, cuyo propósito fue ahondar en el análisis e investigación de las características y propiedades ofrecidas por el fibrocemento como un recurso material innovador, explorando sus posibles aplicaciones en el sector de la construcción y el diseño de productos. A través de la revisión de numerosos artículos y libros relacionados con el tema, se logró difundir ampliamente el gran potencial que posee este material. El objetivo principal del proyecto, centrado en el estudio y aplicación práctica del fibrocemento para la creación de un producto de uso colectivo, se ha alcanzado. Debido a sus características y composición, el fibrocemento ha emergido como uno de los principales materiales utilizados actualmente en construcción. Algunas de las propiedades destacadas de este material incluyen su ligereza, durabilidad, resistencia a cambios de temperatura y agentes químicos, incombustibilidad, excelentes capacidades como aislante acústico, impermeabilidad, facilidad de manipulación e instalación, y buenas propiedades mecánicas. En resumen, según la información recopilada, el fibrocemento se destaca como un elemento constructivo con notables propiedades físicas y mecánicas. Este producto sigue principios

de sostenibilidad a lo largo de su ciclo de vida y cumple con las expectativas para su implementación en espacios públicos.

En la investigación de Triana (2021), titulado “Adición de fibras en aluminio, para construcción de concreto en Cundinamarca”, cuyo objetivo es proponer un diseño que mejore la adherencia y resistencia del concreto para prevenir posibles fallas por fisuras a una edad temprana, se ha desarrollado una mezcla que incorpora fibras de aluminio reciclado. Esta mezcla está destinada a aplicarse en los pisos de construcciones de obra civil. La dosificación de las fibras de aluminio reciclado se realiza en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%. Se lleva a cabo un ensayo de compresión en cilindros, utilizando 12 cilindros de concreto que se someten a pruebas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos se comparan y analizan con el fin de determinar el porcentaje óptimo de inclusión que logre la mayor resistencia a compresión, fijada en 3000 PSI. Se concluye que el porcentaje de adición de fibras de aluminio reciclado que mostró el mejor rendimiento en resistencia a la compresión a los 28 días fue del 6%, alcanzando un valor de 3100 PSI. El costo total de 1m<sup>3</sup> de concreto con una adición del 6% de fibras de aluminio es de \$352,140, lo que representa un aumento del 31% en comparación con el concreto tradicional. Este incremento de costos se traduce en una mayor resistencia en comparación con el concreto convencional, lo cual es un aspecto positivo para su aplicación en pisos de construcciones, especialmente en áreas de alto tráfico como parqueaderos. Además, cabe destacar que esta iniciativa contribuye a la mitigación de la contaminación ambiental al utilizar aluminio reciclado.

En el estudio de Rodríguez (2021), titulado “Estudio del aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición “RCD” De Villavicencio – Meta”, menciona que hoy en día, la generación principal de RCD ocurre durante la ejecución de proyectos civiles o

públicos, como obras de demolición, excavación, construcción o renovación. Estos desechos son el resultado final de actividades esenciales para el progreso urbano, aportando de manera continua a la calidad de vida en las zonas donde se desarrollan estos proyectos. A pesar de su papel crucial, los RCD representan un desafío importante en la actualidad, obstaculizando el avance sostenible en la construcción y causando degradación ambiental. La gestión de estos residuos se realiza con el fin de preservar el medio ambiente, reconociendo la importancia de los desechos provenientes de actividades constructivas, los cuales impactan de manera significativa en el equilibrio del ecosistema. La meta es alcanzar una construcción autosostenible que reduzca al mínimo el impacto ambiental adverso.

Las problemáticas principales asociadas con la disposición inadecuada de los RCD incluyen el impacto ambiental en lugares públicos como andenes, calles, parques y áreas vacías. La falta de zonas apropiadas para la disposición final y el tratamiento adecuado de estos residuos, junto con la escasa conciencia y cultura ciudadana en temas ambientales, constituyen desafíos fundamentales en la gestión de los RCD. Un componente clave del papel del sector de la construcción en la consecución de una economía circular es el uso de materiales reciclados de RCD.

### **Antecedentes Nacionales**

Cornejo y Jimenez (2023), en su tesis titulada “Efecto del uso de fibra de aluminio reciclado en las propiedades mecánicas de un pavimento rígido - Piura 2022”, la estrategia metodológica adoptada se basa en un enfoque aplicado y un diseño experimental. La muestra consistió en pavimentos rígidos enriquecidos con fibra de aluminio, evaluándose mediante 36 probetas. Se introdujo la fibra de aluminio en proporciones del 2%, 4% y 6% con respecto al volumen total de la mezcla, utilizando los resultados como base de comparación en

relación con el concreto convencional. Los hallazgos respaldan la hipótesis planteada, indicando que la fibra de aluminio afecta las características mecánicas del concreto. En consecuencia, se concluye que al incorporar fibra de aluminio y sustituir parcialmente al agregado fino en los porcentajes mencionados, se logran esfuerzos a compresión a los 28 días en kg/cm<sup>2</sup> de 228, 229 y 232 respectivamente. Estos valores superan la resistencia del concreto convencional, que alcanzó los 215 kg/cm<sup>2</sup>. Se determinó que la resistencia necesaria es de 220 kg/cm<sup>2</sup>, confirmando que la resistencia del concreto con fibra de aluminio supera la especificación estándar  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Así mismo, Cabrera y Mayo (2020) en su estudio titulado “Incidencia de adición de partículas de aluminio en las propiedades físico-mecánicas del concreto Lima 2021”, cuyo propósito fue analizar el impacto de la incorporación de partículas de aluminio en el concreto y evaluar su influencia en sus propiedades físico-mecánicas, con el objetivo de alcanzar resultados equivalentes o superiores al diseño estándar. Se enfocó en investigar específicamente el efecto de añadir partículas de aluminio en las propiedades fisicomecánicas del concreto. El estudio se llevó a cabo de manera aplicada, utilizando un enfoque cuantitativo y explicativo. Se seleccionaron 72 probetas para realizar pruebas de resistencia a compresión y flexión a tres edades diferentes (7, 14 y 28 días). Los resultados indicaron que al reemplazar el aluminio en un rango del 1.5% al 3%, se logró conservar entre el 82% y el 95% de la resistencia de diseño. Además, se observaron mejoras en las propiedades físicas, como un aumento del 22% al 33% en el asentamiento y una reducción de la densidad que varió entre el 10% y el 29.40%, lo que resultó en un concreto más ligero.

En la tesis de Bustamante y Vásquez (2022), titulada “Diseño de concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de aluminio molido para mejorar la resistencia a compresión

Moyobamba, 2022”, la metodología empleada en la investigación es de naturaleza aplicada, adoptando un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. La muestra consistió en 48 probetas, divididas en 12 sin la incorporación de aluminio molido y 36 con cantidades específicas de aluminio molido añadido previamente. Estos especímenes se sometieron a pruebas de ruptura a intervalos de 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados obtenidos por el laboratorio en relación con las propiedades físicas del agregado grueso revelaron un peso específico de 2.56 gramos/cm<sup>3</sup>, absorción del 1.41.5%, humedad del 1.08% y un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. En cuanto al agregado fino, se registró un peso específico de 2.64 gramos/cm<sup>3</sup>, absorción del 1.04% y módulo de fineza de 2.79%. Utilizando estos materiales, se construyeron 48 probetas, de las cuales 36 contenían aluminio molido en proporciones específicas, mientras que las restantes no lo tenían. Cabe destacar que las adiciones de aluminio molido al 3%, 5% y 10% correspondieron a 0.160 kg, 0.267 kg y 0.534 kg respectivamente.

Los resultados de las pruebas de ruptura a los 7, 14, 21 y 28 días para la muestra estándar fueron 157.60, 183.31, 219.17 y 227.66 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para las muestras con adición de aluminio molido al 3%, se obtuvieron valores de 183.88, 204.74, 227.70 y 236.01 kg/cm<sup>2</sup> en los mismos periodos. Las muestras con adición al 5% mostraron resultados de 174.64, 183.84, 223.21 y 223.76 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las muestras con adición al 10% registraron valores de 138.90, 174.92, 198.80 y 202.49 kg/cm<sup>2</sup>. En consecuencia, se concluye que la inclusión de aluminio molido mejora la  $f_c$  en un 3% al sustituir parte del agregado fino.

Conforme la investigación de Bazán y Ruiz (2020), que lleva por título “Influencia de las fibras de celulosa en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,



Villa el Salvador - 2020”, se llevaron a cabo pruebas en estado endurecido, como la fuerza de compresión, flexión y tracción del concreto, empleando tres dosificaciones diferentes de fibra de celulosa: 0.5 kg, 1.0 kg y 1.5 kg. Estas dosificaciones reemplazaron un pequeño porcentaje de agregados tanto finos como gruesos, con el objetivo de evaluar y comparar el aumento de resistencia en relación con un concreto estándar (sin fibra). En el marco de la investigación, se empleó la escala de medición Razón, ya que todas las dimensiones e indicadores se evaluaron de manera cuantitativa, mediante valores numéricos, cálculos y fórmulas. La población de estudio consistió en todos los concretos con resistencia  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, tanto en estado fresco como endurecido. Se utilizaron instrumentos como balanzas de precisión, fichas técnicas, equipos de ensayo, normas técnicas peruanas (NTP) e informes de laboratorio. Se fabricaron un total de 108 probetas, incluyendo probetas cilíndricas (para compresión y tracción) y probetas prismáticas (para flexión). Se programaron pruebas de resistencia a la compresión, flexión y tracción a diferentes edades: 7 días, 14 días y 28 días, siguiendo la norma técnica peruana (NTP).

Posteriormente, se analizaron los resultados certificados por un laboratorio acreditado. Los ensayos revelaron que la mezcla de concreto con fibra de celulosa experimentó incrementos del 8.92%, 24.07% y 7.56% en compresión, tracción y flexión, respectivamente. En otras palabras, la resistencia del concreto aumentó considerablemente en comparación con la muestra estándar. En conclusión, los resultados positivos de este estudio señalan un incremento notable en las fuerzas resistentes a la compresión, flexión y tracción al incorporar fibra de celulosa en la mezcla de concreto.

Iberico y Camayo (2022), en su tesis titulada “Fibras celulósicas para mejorar las propiedades físico – mecánicas del hormigón”, realizaron un análisis de las fibras celulósicas

con la finalidad de mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto mediante la evaluación de aspectos como el asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a flexión y la relación agua/cemento. El propósito fundamental era alcanzar la mejor trabajabilidad y durabilidad posible en la mezcla de concreto. Dado que la investigación se desarrolló en el ámbito de la documentación e indagación bibliográfica, se fundamentó en la recopilación de artículos científicos y tesis nacionales e internacionales.

El análisis se llevó a cabo utilizando un enfoque deductivo, orientación aplicada, metodología cuantitativa y recolección retrolectiva de datos, por lo que se clasifica como un estudio correlativo, descriptivo y explicativo. El diseño adoptado fue de carácter experimental, longitudinal, retrospectivo y de causa-efecto. Los resultados demostraron que la incorporación de fibras celulósicas mejoró la resistencia a la flexión, compresión y durabilidad del concreto. El porcentaje óptimo de mejora se logró con la adición del 0.50% de fibra de sisal, alcanzando una  $f_c$  óptima de 417 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión ( $f_y$ ) óptima de 74 kg/cm<sup>2</sup>. Además, se observó que la durabilidad fue más favorable cuando la relación agua/cemento equivalía a 0.50, logrando así una  $f_c$  óptima de 417 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, se dedujo que la resistencia a la compresión y flexión, y durabilidad de la mezcla de concreto aumentan cuando se utiliza una relación agua/cemento más baja.

Torres (2023), en su estudio titulado “Evaluación de las propiedades Físico-Mecánicas de bloques de concreto Tipo P usando fibras de celulosa de papel reciclado”, llevaron a cabo pruebas con el fin de analizar las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto tipo P, los cuales incorporaban diferentes porcentajes de fibras de celulosa de papel reciclado (3%, 7%, 11.5% y 15%). En primer lugar, se realizó la caracterización física de los materiales pétreos utilizados en la fabricación de los bloques. Posteriormente, se

evaluaron las propiedades físico-mecánicas mediante ensayos. Se procedió a la elaboración de bloques utilizando las proporciones específicas de fibras determinadas. En cuanto a los resultados obtenidos, se observó una variación dimensional que osciló entre el 0.15% y el 0.52% con respecto al bloque de referencia. Además, se registró un alabeo mínimo de 0.22mm y un máximo de 0.41mm. En términos de absorción, los valores fluctuaron entre el 9.22% y el 13.74%, y el área de vacíos se situó en un rango del 34.80% al 35.10%. En relación a la densidad, se identificó una tendencia a disminuir a medida que se incorporaban las fibras. En cuanto a la succión, se observaron incrementos en los bloques conforme se agregaban fibras, siendo el porcentaje de 3% el de menor aumento (0.52%) y el de 15% el de mayor aumento (4.38%). En términos de resistencia a la compresión, el bloque con un 3% de fibras alcanzó un valor de 52.15kg/cm<sup>2</sup>, siendo superior a las otras proporciones. En cuanto a los prismas elaborados con un 3%, mostraron una resistencia axial de 7.33MPa, con una disminución del 2.14% en comparación con el prisma estándar. En el análisis de compresión diagonal, se observaron valores inferiores a los obtenidos en los muretes estándar, siendo el más cercano a los valores aceptables el murete con un 3% de fibras de celulosa de papel reciclado, con un valor de 5.04MPa, experimentando una disminución del 9.09% con respecto al murete estándar.

### **1.1.2. Marco Teórico**

#### **Tiras de aluminio**

Conforme Triana (2021), menciona que el aluminio, un elemento metálico cuyo símbolo en la tabla periódica es "Al", ocupa el tercer lugar como elemento más prevalente en nuestro planeta, constituyendo aproximadamente el 8% de su composición en diversos

compuestos. Este metal se destaca como uno de los materiales más valiosos y ampliamente utilizados en la industria, gracias a sus propiedades excepcionales de ligereza, maleabilidad y durabilidad, así como su capacidad para resistir la corrosión. Presenta una apariencia plateada muy ligera y su densidad relativa es de aproximadamente 2.7 kg/m<sup>3</sup>. La versatilidad del aluminio lo convierte en un recurso esencial en numerosas aplicaciones, contribuyendo significativamente a diversos sectores industriales y tecnológicos. Su presencia significativa en la corteza terrestre y sus características únicas lo posicionan como un material esencial en la vida moderna, siendo ampliamente utilizado debido a su combinación de propiedades físicas y químicas favorables.

Cerdán (2023), hace referencia a las virutas de aluminio como residuos que consisten en fragmentos de aluminio conformados en láminas curvas o espirales, los cuales se someten a procesamiento mediante cepillos y diversas herramientas como tornos, fresadoras y taladros. Estas virutas poseen un componente especial destinado a su reutilización, buscando otorgarles una segunda vida útil. Desde la perspectiva económica, estas virutas presentan ventajas considerables, dado que su peso, al tratarse de virutas, es aún más reducido, lo que las convierte en una opción más económica y rentable.

Las tiras de aluminio fabricadas con papel aluminio son elementos fundamentales en la ingeniería civil, desempeñando un papel crucial en diversas aplicaciones constructivas y estructurales. Estas bandas, producidas a través de un proceso especializado de laminación, presentan propiedades singulares que las hacen ideales para su implementación en la industria de la construcción. La combinación de la liviandad del aluminio y la durabilidad inherente al papel aluminio las convierte en elementos versátiles aptos para una variedad de aplicaciones, como el fortalecimiento de juntas y la impermeabilización de superficies. Su

flexibilidad les permite ajustarse fácilmente a distintas formas y estructuras, simplificando su instalación en ubicaciones de difícil acceso. Asimismo, resalta la resistencia a la corrosión de las bandas de aluminio de papel aluminio, convirtiéndolas en una elección confiable para proyectos a largo plazo en entornos exteriores. Estas bandas son efectivas en la prevención de filtraciones y en la protección contra la humedad, contribuyendo de manera significativa a la durabilidad y estabilidad de las estructuras. Su capacidad para resistir condiciones climáticas adversas las hace imprescindibles en la ingeniería civil, donde la integridad de las construcciones es de suma importancia.

### **Polvo de fibrocemento reciclado**

Según Patiño (2021), hace referencia al fibrocemento como un material utilizado en la industria de la construcción, conformado por un aglutinante inorgánico que puede disolverse en agua, como el cemento o un silicato de calcio, fortalecido mediante fibras. En sus primeras etapas, las fibras empleadas para el reforzamiento del fibrocemento eran de amianto, una variante de asbesto. Sin embargo, debido a la demostración de que esta sustancia puede causar malestares que podrían derivar en problemas cancerígenos, se ha optado por utilizar otros materiales, principalmente fibra celulósica y fibras sintéticas de PVA (poliacetato de vinilo). En años recientes, se ha vuelto común el uso de fibras de vidrio como alternativa. El fibrocemento suele aplicarse en revestimientos, aislamientos e impermeabilizaciones de diversas estructuras.

El polvo de fibrocemento reciclado, obtenido de residuos obtenidos de construcción, exhibe características que tienen el potencial de mejorar la facilidad de trabajo del concreto. La finura y la estructura fibrosa de este polvo pueden afectar la distribución de partículas y la capacidad de la mezcla para ajustarse a formas particulares durante el proceso

constructivo. El fibrocemento contiene fibra de celulosa y aditivos, los cuales evitan el agrietamiento del concreto. El polvo de fibrocemento reciclado es un importante residuo del proceso de ingeniería civil que se genera cuando se refinan los materiales de construcción de fibrocemento. Este polvo, obtenido como residuo, mediante los procesos constructivos, puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto y el mortero gracias a su alto contenido en fibra de cemento, lo que lo convierte en un producto versátil. Una manera de disminuir nuestra huella ambiental y ahorrar recursos naturales es utilizar polvo de fibrocemento reciclado en los materiales de construcción. Además, este material reciclado apoya las prácticas ecológicas en procesos constructivos.

### Figura 1

*Proceso de obtención del polvo de fibrocemento.*



*Nota.* En la figura, se observa las planchas recicladas como materiales no peligrosos aprovechables de obra, obteniéndose el polvo de fibrocemento. Elaboración propia.

### Concreto

Conforme el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS] (2019), lo define como la combinación de cemento Portland u otro tipo de cemento hidráulico, árido fino, árido grueso y agua, con la posibilidad de incluir aditivos.

Para Matallana (2019), el concreto se describe como una sustancia compuesta obtenida al combinar agua, arena, grava, y cemento o cal, que, al endurecerse, aumenta su resistencia. Los efectos de este material sobre la resistencia y la flexibilidad lo hacen vital en ingeniería civil. Los principales ingredientes, que varían en función de las necesidades de la estructura, son cemento, agua, áridos y aditivos. Puentes, edificios y otras obras civiles dependen de la mezcla óptima para garantizar los mayores niveles de características mecánicas, resistencia a la compresión y longevidad. El cemento, cuando se hidrata, forma una matriz sólida que une los materiales, creando una construcción sólida de una sola pieza. Otra razón por la que el concreto es tan versátil en arquitectura es que puede moldearse y dimensionarse fácilmente. Sin embargo, su susceptibilidad a la corrosión y a las grietas inducidas por el acero de refuerzo es un importante motivo de preocupación. La importancia básica del concreto como pilar del crecimiento de la ingeniería civil se ve reforzada por las continuas mejoras en las tecnologías de mezclado y tratamiento de superficies, que pretenden superar estos problemas.

En Colombia, y de manera más amplia en Latinoamérica, se adoptó el término "concreto", principalmente influenciado por textos estadounidenses. Este material puede ser considerado como una roca artificial creada por el ser humano, aprovechando su resistencia y durabilidad en la construcción. El componente cementante suele ser el cemento hidráulico, que desarrolla sus propiedades en presencia de agua y tiene como objetivo principal unir los agregados, además de las puzolanas si están presentes en la mezcla. El aire puede quedar atrapado de manera natural o ser incluido de manera controlada con propósitos específicos. Por lo general, los agregados se componen de una parte fina (arena) y una gruesa (grava), cumpliendo principalmente la función de relleno. Los aditivos son sustancias distintas a los

otros elementos (agregados, agua y cementantes) que se añaden a la mezcla para conferirle propiedades especiales. Cuando el concreto está en estado fresco, posee una consistencia maleable que le permite adoptar la forma deseada, como vigas, columnas, losas, entre otras; la capacidad de la mezcla para lograr esto se conoce como "manejabilidad" o "trabajabilidad", siendo una propiedad crucial en el estado plástico del concreto. Con el tiempo, la mezcla se transforma en una masa endurecida capaz de resistir esfuerzos mecánicos, especialmente los de compresión, y duradera frente a ciertas condiciones.

Según Velarde (2017), la composición del concreto se presenta en una consistencia semilíquida, permitiéndole adaptarse y adoptar diversas formas. Con el transcurso del tiempo, durante el proceso de fraguado, se transforma en un material robusto y perdurable. Esta característica lo convierte en un material ampliamente empleado en la construcción.

## **Propiedades del concreto**

- **Trabajabilidad**

Según Cango y Saca (2023), es una característica del concreto en su estado fresco que se relaciona con la facilidad con la que se puede llevar a cabo la mezcla, manipulado, desplazado, instalado y finalizado sin que pierda su uniformidad (sin exudar o segregar). En otras palabras, para que el concreto sea manejable, es esencial elegir adecuadamente las cantidades de los materiales constituyentes, como los áridos, considerando además el tipo de elemento estructural para el cual se ha diseñado el concreto.

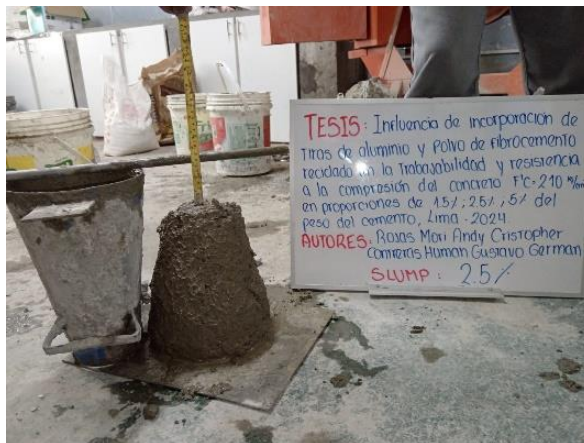
Matallana (2019), menciona que la evaluación de la manejabilidad se realiza a través del ensayo de asentamiento, también conocido como el ensayo del Cono de Abrams. Cuanto mayor sea la humedad, mayor será la consistencia y, en consecuencia, el asentamiento del



concreto. La facilidad para colocar, compactar y dar forma al concreto fresco depende directamente de su trabajabilidad, lo que lo convierte en una característica clave en la ingeniería civil. La homogeneidad y fluidez del material al manipularlo determinan este atributo. Factores como el porcentaje de agua, la granulometría de los áridos y la aplicación de aditivos influyen en la trabajabilidad. Cuando el concreto es trabajable, permite crear encofrados complicados y garantiza que el material se distribuya uniformemente alrededor de la armadura. Esto hace que el producto final sea mucho más resistente y duradero. Encuentre un término medio entre la trabajabilidad y otras características del concreto para obtener el mejor material que pueda soportar las condiciones ambientales y cumplir los criterios de diseño.

## Figura 2

*Ensayo de Asentamiento.*



*Nota.* En la representación visual, se observa la prueba de asentamiento o del cono de abrams para medir la trabajabilidad en un concreto liviano. Elaboración propia.

- **Consistencia**

Según Cerdán (2023), esta propiedad se caracteriza como el desplazamiento relativo de la mezcla de concreto, evaluada mediante el grado de asentamiento, y, por lo tanto,

está estrechamente vinculada con la trabajabilidad. Esta relación se encuentra influenciada por la cantidad de agua requerida, la cual tiende a incrementarse cuando los agregados adquieren una forma más angular y una mayor granulometría, al mismo tiempo que disminuye en presencia de áridos con una granulometría bien graduada.

### **Tipos de Consistencia:**

**Consistencia seca:** Posee una cantidad de agregado superior o inferior en comparación con los demás componentes, o tiene una proporción más elevada o reducida de agua.

**Consistencia plástica:** Es una combinación formulada con el propósito de fluir sin dificultad y ajustarse sin separación a los componentes para los que ha sido específicamente concebida.

**Consistencia fluida:** Se trata de una combinación que contiene una proporción más elevada de agua, lo que resulta evidente a simple vista debido a su fluidez cuando se encuentra dentro de los moldes o elementos de encofrado.

**Tabla 1**

*Tipo de consistencia y Asentamiento.*

<b>Tipo de consistencia</b>	<b>Asentamiento (cm)</b>
Seca	0 – 2
Plástica	3 – 5
Blanda	6 – 9
Fluida	10 - 15

*Nota.* En la tabla, se examina el grado de coherencia y la cantidad adecuada de hundimiento que debe presentar la mezcla, adaptada de la Norma Técnica Peruana NTP 339.035 (2015).

**Tabla 2**

*Variaciones aceptables de la mezcla*

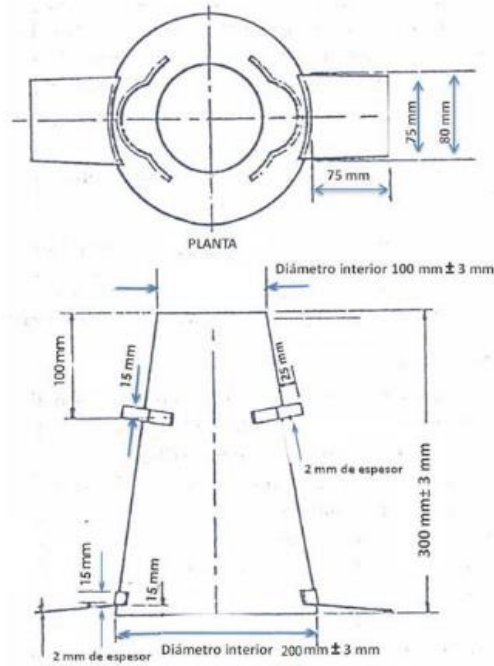
<b>Tipo de consistencia</b>	<b>Tolerancia (cm)</b>	<b>Intervalo</b>
Seca	0	0 – 2
Plástica	± 1	3 – 5
Blanda	± 1	6 – 9
Fluida	± 1	10 - 15

*Nota.* En la tabla, se evidencia la necesidad de mantener un nivel de tolerancia adecuado durante el proceso de confección de la mezcla, adaptada de la NTP 339.035 (2015).

- **Cono de Abrams – Slump:** Se trata de un análisis llevado a cabo en el concreto en estado fresco utilizando un molde de forma tronco-cónica, con el objetivo de cuantificar la disminución o descenso que experimenta la mezcla después de ser retirada del molde (Cabrera y Mayo, 2020).

**Figura 3**

*Dimensiones del cono de Abrams*



*Nota.* En la ilustración, Se observa las medidas del cono de Abrams, tomada de la NTP 339.035 (2015).

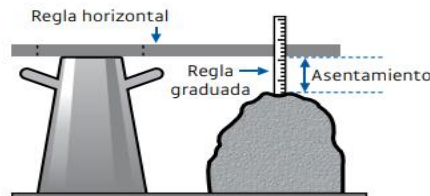
El procedimiento de la prueba del cono Abrams implica el vertido del material en tres estratos distintos, seguido por la compactación uniforme de cada capa mediante el uso de una varilla de acero de 16 mm de diámetro, aplicando 25 golpes en cada una de ellas.

#### **Figura 4**

#### *Medición del slump*



SLUMP



*Nota.* En la ilustración, se nota la forma correcta de llevar a cabo la medición del asentamiento, donde se sugiere que el slump debe ser medido desde un punto intermedio de su altura para evaluar su nivel de asentamiento. Obtenido de la plataforma en línea de Aceros Arequipa.

## PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

- **Módulo de Elasticidad:** Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019), menciona que es la conexión entre la fuerza normal aplicada y la correspondiente deformación unitaria, aplicable a tensiones o compresiones que no superan el límite de proporcionalidad del material.
- **Resistencia:** Según Espinoza y Villanueva (2021), mencionan que la determinación de la  $f_c$  se realiza mediante pruebas de ruptura de cilindros de concreto de 6 pulgadas por 12 pulgadas de diámetro, realizadas a los 28 días a una velocidad de carga específica. Durante este período, los cilindros generalmente se mantienen sumergidos en agua o en un entorno con temperatura constante y humedad del 100%. Los resultados obtenidos para la  $f_c$  del concreto, según lo determinado en las pruebas, varían significativamente según los tamaños y las formas de los especímenes de prueba, así como la forma en que

se aplican las cargas. En diversas naciones, los elementos de prueba suelen adoptar la forma de cubos con dimensiones de 200 mm (7.87 pulgadas) por lado. Para lotes de concreto similares, las pruebas en cilindros de 6 pulgadas por 12 pulgadas arrojan resistencias a la compresión de aproximadamente el 80% de los valores en libras por pulgada cuadrada obtenidos con los cubos. Con el fin de asegurar que la  $f'_c$  final del concreto en la estructura sea como mínimo igual a la especificada ( $f'_c$ ), el diseño de la mezcla de concreto debe orientarse hacia un valor superior,  $f'_{cr}$ .

Así mismo, la  $f'_c$  se comprende como la capacidad del concreto para resistir fuerzas internas, es decir, la capacidad de resistir el aplastamiento en materiales utilizados en diversas estructuras. No se debe subestimar la importancia de entender cómo el concreto se comportaría frente a fuerzas sísmicas, partiendo de su comportamiento bajo cargas estáticas. Esta es una característica fundamental en un elemento de concreto, ya que determina su capacidad para soportar esfuerzos axiales y está directamente relacionada con su módulo de elasticidad. En este contexto, un mayor valor en el módulo de elasticidad indica una mayor capacidad de resistencia. Es importante destacar que, al estar sometido a esfuerzos, el concreto no siempre se rompe; en ocasiones, simplemente se deforma.

El MVCS (2019), menciona que esta propiedad hace referencia a la habilidad de un material para resistir las fuerzas que buscan comprimirlo o reducir su volumen. En el contexto específico del concreto, se evalúa esta propiedad mediante pruebas de compresión, sometiendo muestras cilíndricas o cúbicas a cargas gradualmente crecientes hasta alcanzar el punto de fallo. La  $f'_c$  se cuantifica en relación de la presión máxima que el material puede soportar antes de experimentar un fallo estructural. Las unidades

de medida comúnmente utilizadas son los megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi).

## **Materiales y componentes del concreto**

- a) **Cemento:** Sustancia pulverizada que, al mezclarse con una cantidad adecuada de agua, genera una pasta aglutinante con la capacidad de endurecerse tanto en ambientes acuáticos como en el aire (MVCS, 2019).

Las infraestructuras modernas dependen del cemento, un material básico en ingeniería civil, como aglutinante. El cemento se fabrica a partir de una combinación de arcilla y piedra caliza, y su principal ingrediente, el clínker, se crea quemando estos materiales a altas temperaturas. Por su versatilidad, es el material ideal para construir carreteras, edificios y puentes. Sólo se necesitan tres ingredientes -cemento, áridos y agua- para fabricar concreto. Este material ha soportado los estragos del tiempo y los elementos porque es fuerte y resistente a la compresión. Los nuevos tipos de cemento, que van más allá del cemento Portland tradicional e incluyen alternativas más ecológicas, contribuyen al crecimiento continuo y a la durabilidad de las construcciones modernas.

- b) **Cemento Portland:** Material resultante de la molienda del clínker, posiblemente con la incorporación de sulfato de calcio. Se permite la inclusión de elementos alternativos en una proporción que no supere el 1.5% del peso total, siempre y cuando la normativa aplicable asegure que su presencia no afecta las características del cemento final. Es requisito esencial que todos los elementos adicionados sean sometidos al proceso de pulverización de manera simultánea con el clínker (MVCS, 2019).

## Tipo de Cemento Portland

- **Cemento tipo I:** Tiene aplicaciones amplias y es adecuado para cualquier uso en el que no se necesiten las características específicas de otros tipos de cemento. En otras palabras, se utiliza en la construcción de puentes, pavimentos, edificaciones, mampostería, elementos prefabricados, tanques y una variedad de otros proyectos (Cemex, 2019).
- **Cemento tipo II (MH):** Con una resistencia moderada ante la acción de sulfatos y la generación de calor durante la hidratación, este tipo de cemento presenta propiedades que limitan su susceptibilidad a los sulfatos gracias a su contenido, que no excede el 8% de aluminato tricálcico. En otras palabras, se aplica en entornos propensos a suelos o aguas subterráneas, como en la construcción de bases estructurales (Cemex, 2019).
- **Cemento tipo III (Alta resistencia inicial):** En la composición de este material aglomerante, las partículas se someten a una molienda más fina en comparación con el cemento tipo I. Se emplea cuando se requiere retirar el encofrado durante las primeras etapas de fraguado o cuando se pretende poner la estructura en servicio de manera rápida (Cemex, 2019).
- **Cemento tipo IV (Bajo calor de hidratación):** Se emplea con el propósito de reducir la velocidad y la cantidad de calor producido por el proceso de hidratación. En consecuencia, este tipo de cemento presenta un desarrollo de resistencia más gradual en comparación con otras variedades. Su aplicación es adecuada en estructuras de concreto de gran masa que podrían verse afectadas por elevadas temperaturas generadas durante el fraguado, las cuales deben ser controladas y minimizadas. Esto resulta especialmente relevante en



entornos con temperaturas ambientales elevadas, donde el calor generado durante el proceso de fraguado podría comprometer la integridad de las estructuras (Cemex, 2019).

- **Cemento tipo V (Alta resistencia a sulfatos):** Se emplea en concretos que enfrentan a la fuerte corrosión causada por sulfatos, especialmente en entornos donde el suelo y el agua subterránea presentan concentraciones elevadas de estos compuestos. La notable resistencia de este tipo de cemento se debe a su baja concentración de aluminio tricálcico, que no excede el 5%. Su aplicación es más frecuente en construcciones ubicadas en proximidad al mar o en áreas con una exposición significativa a sales, ya que sus propiedades contribuyen a contrarrestar los efectos corrosivos de estas condiciones ambientales adversas (Cemex, 2019).

- c) **Agua:** Este líquido constituye uno de los elementos fundamentales en la mezcla de concreto. Facilita que el cemento, en conjunto con los áridos, mejore su trabajabilidad. Además, desempeña un papel significativo para lograr la  $f_c$  del concreto mediante el curado después de completar el proceso de vertido de los elementos de la estructura. Es recomendable que el agua empleada en la elaboración del concreto tenga una calidad potable y esté exenta de componentes como sales y materia orgánica, entre otros (MVCS, 2019).

El agua desempeña un papel esencial en la ingeniería civil, ya que es un componente esencial de la mezcla de concreto. El cemento fragua y se refuerza con su ayuda, ya que acelera el proceso de hidratación. Sin embargo, la cantidad de agua utilizada debe controlarse cuidadosamente, ya que un exceso de agua podría producir porosidad y acabar arruinando la construcción. La mejora de las propiedades finales del concreto,

como su resistencia y durabilidad, se consigue regulando las cantidades de agua y otros ingredientes. Esto permite un trabajo más eficaz del material durante la instalación. En ingeniería civil, la gestión eficaz del agua es fundamental para construir edificios fuertes y duraderos.

- d) Agregados:** Sustancia granular, de procedencia natural o fabricada, como arena, grava, fragmentos de piedra, o escoria de alto horno, que se utiliza junto con un agente cementante para crear concreto o mortero, según lo establecido en las normativas (RNE E.060). Estos componentes requieren someterse a un riguroso control de calidad previo a su incorporación en la mezcla de concreto, constituyendo la parte predominante en términos de volumen total del material final (MVCS, 2019).

**Tabla 3**

*Descripción sobre las dimensiones del árido*

Tamaño (mm)	Mayor a 50	Entre 50 y 19,0	Entre 19,0 y 4,75	Entre 4,75 y 2,36	Entre 2,36 y 0,42	Entre 0,42 y 0,074	Entre 0,074 y 0,002	Menor a 0,002
Denominación	Piedra	Grava	Gravilla	Arena Gruesa	Arena media	Arena fina	Limo	Arcilla
Denominación	Árido grueso			Árido fino			Fracción muy fina	
Recomendación	Material adecuado para elaborar concreto			Material bueno para producir concreto			Material no recomendable	

*Nota.* En este cuadro, se expone el proceso de categorización de los áridos según su dimensión y tipo, junto con las recomendaciones correspondientes para su aplicación.

Adaptado de Ferreira y Torres (2014).

- **Agregado fino:** Material fragmentado resultante de la desintegración, ya sea de forma natural o artificial, que tiene la capacidad de pasar a través de un tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada) (MVCS, 2019).

El concreto no puede fabricarse sin áridos finos, cuando se combina con cemento y áridos gruesos, el árido fino también conocido como arena, es crucial para crear una combinación fuerte y duradera. La resistencia y la trabajabilidad del concreto se ven afectadas por el tamaño y la composición de las partículas. Para conseguir una mezcla uniforme y cumplir los criterios de calidad, la cuidadosa selección del árido fino es crucial. Para maximizar la resistencia a la compresión y prolongar la vida útil de los edificios, es esencial controlar la gradación y textura de la arena. El árido fino es un componente esencial de la ingeniería civil, ya que aumenta la resistencia y la longevidad de un edificio.

#### Tabla 4

##### *Granulometría del árido fino*

<b>Tamiz Estándar</b>	<b>% en peso del material que pasa el tamiz</b>
9.5mm (3/8")	100
4.75mm (#4)	95 a 100
2.36mm (#8)	80 a 100
1.18mm (#16)	50 a 85
600um (#30)	25 a 60
300um (#50)	05 a 60
150um (#100)	0 a 10

*Nota.* El cuadro, señala el tanto por ciento de retención del material fino a través de cada tamiz, por la NTP 400.037 (2021).

- **Agregado grueso:** Material atrapado en el tamiz de 4,75 mm (malla número 4), derivado de la descomposición natural o procesos mecánicos de rocas (MVCS, 2019).

El árido grueso es una parte esencial de todo proyecto de ingeniería civil y un ingrediente clave del concreto. El tamaño de las partículas de piedra oscila entre 4,75 y 37,5 milímetros, y en su mayoría son grava o piedra triturada. Como refuerza la matriz del concreto, aporta estabilidad y longevidad a los edificios. Además de mejorar la trabajabilidad y durabilidad del concreto, el árido grueso aumenta su capacidad de carga. Para que el producto final, el concreto, tenga las propiedades deseadas, hay que tener muy en cuenta su composición, forma y textura. Los ingenieros civiles deben prestar mucha atención a la selección y gestión de los áridos gruesos, ya que afectan directamente a la integridad estructural.

## **Figura 5**

### *Granulometría del árido grueso*

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 1/2 pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2 pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37,5 mm (1 1/2 pulg.)	25,0 mm (1 pulg.)	19,0 mm (3/4 pulg.)	12,5 mm (1/2 pulg.)	9,5 mm (3/8 pulg.)	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	1,18 mm (N°16)
1	900 mm a 37,5 mm (3 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
2	6,3 mm a 37,5 mm (2 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg. a 1 pulg.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg. a N°4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 pulg. a 3/4 pulg.)	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a N°4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg. a 1/2 pulg.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg. a 3/8 pulg.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a N°4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg. a 3/8 pulg.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg. a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a N°8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg. a 3/8 pulg.)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9 <sup>a</sup>	4,75 mm a 1,18 mm (N°4 a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

*Nota.* En esta figura se evidencia la utilización de agregados que no se ajusten a las gradaciones establecidas, siempre y cuando se cuenten con investigaciones debidamente calificadas y que hayan sido aprobadas por las partes involucradas. Estas investigaciones deben garantizar que el material empleado generará concreto que cumpla con los estándares de calidad exigidos, por la NTP 400.037 (2021).

- e) **Aditivo:** Sustancia diferente a los áridos, agua o cemento, es empleado como parte integrante del concreto, y que se incorpora a este antes o en su transcurso de su proceso de mezcla para alterar sus características (MVCS, 2019).
- **Curado del concreto:** Es un procedimiento implementado con el fin de preservar las condiciones óptimas de humedad y temperatura en una mezcla de cemento recién dispuesta. De este modo, se favorece la hidratación del cemento hidráulico y las reacciones puzolánicas, facilitando así el desarrollo de las características de la mezcla. Además, estas medidas tienen como objetivo evitar la contracción del

fraguado hasta que el hormigón alcance una resistencia mínima suficiente para soportar las fuerzas ejercidas sobre él (Cerdán ,2023).

## 1.2. Planteamiento del problema

A nivel global y no solo en el contexto peruano, el concreto se destaca como un material ampliamente utilizado, presentando ciertas ventajas respecto a otros materiales. Sin embargo, sufre limitaciones en términos de resistencia mecánica, lo cual restringe su aplicación en trabajos que involucran compresión y flexión. Es por esta razón que numerosos investigadores se han dedicado a buscar nuevas alternativas para la composición del concreto, buscando mejorar sus propiedades. La viruta de aluminio emerge como una opción prometedora, considerando que proviene de uno de los metales más abundantes y ampliamente utilizados en la industria: el aluminio. Este metal es conocido por ser altamente dúctil, resistente a la corrosión, tener baja densidad y ser extremadamente ligero. La consideración de la viruta de aluminio como alternativa puede ser clave para superar las debilidades mecánicas del concreto, proporcionando una solución innovadora respaldada por las propiedades únicas del aluminio (Cerdán, 2023).

Por otro lado, hablar sobre sostenibilidad en la actualidad implica abordar la satisfacción de las necesidades actuales de la población sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras. De manera similar, el diseño sostenible se define como aquel que, a lo largo de su ciclo de vida, incorpora los principios de sostenibilidad desde su concepción hasta su eliminación. Dada la importancia de estos conceptos en el diseño contemporáneo, se observa el surgimiento de tendencias y filosofías basadas en un enfoque ecológico. Debido al inadecuado uso de los recursos naturales y los problemas asociados con esta mala gestión, se está prestando una mayor atención a la construcción sostenible. La construcción

sostenible promueve el uso de materiales ecológicos y energías renovables para preservar el medio ambiente, considerándolos como los pilares de este nuevo enfoque en la edificación. Para ser considerada sostenible, una construcción debe cumplir con requisitos como el uso de materiales naturales y reciclados, la reducción de las fases productivas y, por ende, la minimización de la contaminación en comparación con materiales más perjudiciales desde el punto de vista ambiental (Esquinas, 2019).

Entre las alternativas interesantes de materiales sostenibles se encuentran el vidrio reciclado, la fibra de celulosa de papel y el uso de plásticos, todos reconocidos por su contribución a la conservación del medio natural. En este contexto, se destaca el fibrocemento como material a analizar, comúnmente utilizado en construcción, compuesto por cemento y fibras de refuerzo, que no solo cumple con los principios de sostenibilidad debido a su composición, sino que también presenta características apropiadas para la propuesta de diseño colectivo que se plantea.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema General**

¿Cómo influye la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024?

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

##### **Problema específico 1**

¿Cómo influye la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad del concreto  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>?

### **Problema específico 2**

¿Cómo influye la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>?

### **Problema específico 3**

¿Aumentando la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logrará mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto?

## **1.4. Justificación del Estudio**

La justificación de este estudio radica en la búsqueda constante de alternativas sostenibles y eficientes en la industria de la construcción. La incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la elaboración de concreto con una  $f_c$  especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup> ofrece una oportunidad única para explorar el potencial de estos materiales en la mejora de propiedades clave del concreto.

La inclusión de tiras de aluminio, reconocidas por su ligereza y durabilidad, podría influir positivamente en la resistencia y ductilidad del concreto, lo que podría traducirse en un mejor rendimiento mecánico y durabilidad de las estructuras resultantes. Además, la incorporación inicial de tiras de aluminio en la mezcla de concreto se convierte en una inversión que genera beneficios financieros a largo plazo al extender la vida útil de las estructuras, disminuir los gastos de mantenimiento y mitigar los riesgos vinculados a



problemas de humedad. Esta elección posiciona a las tiras de aluminio como una decisión económica justificada para elevar la durabilidad y la calidad en proyectos de ingeniería civil.

Por otro lado, el uso de polvo de fibrocemento reciclado, obtenido de desechos de procesos constructivos, presenta la posibilidad de mejorar la trabajabilidad del concreto. La finura y la naturaleza fibrosa de este polvo pueden tener un impacto significativo en la distribución de partículas y en la capacidad de la mezcla para adaptarse a formas específicas durante la construcción.

En un contexto donde la sostenibilidad y el reciclaje son imperativos, este estudio se justifica al ofrecer una evaluación integral de cómo la incorporación de materiales reciclados en proporciones específicas puede afectar tanto la trabajabilidad como la  $f_c$  del concreto. Los resultados obtenidos contribuirán al conocimiento técnico y práctico en la aplicación de estos materiales en la construcción de estructuras sólidas y resistentes.

### **1.5. Límites del Estudio**

La investigación llevada a cabo enfrentó ciertas limitaciones en la obtención del polvo de fibrocemento, ya que era necesario adquirirlo en una forma lo más fina posible y en cantidades considerables. Este requisito resultó desafiante, ya que las empresas dedicadas a la fabricación de planchas de fibrocemento no suelen disponer fácilmente de este tipo de polvo, ya que tendrían que realizar cortes en cantidades significativas para obtener la cantidad necesaria de un gramo de este polvo. Además, la calidad del polvo adquirido presentaba impurezas, por lo que era necesario tamizarlo a través de una malla N° 30 con el objetivo de obtener un polvo de fibrocemento lo más puro posible.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

#### **Objetivo específico 1**

Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad del concreto  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Objetivo específico 2**

Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la resistencia a la compresión del concreto  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Objetivo específico 3**

Evaluar si aumentando la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logra mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1. Hipótesis General**

La adición de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado influyen en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

### **1.7.2. Hipótesis Específicas**

#### **Hipótesis Especifica 1**

La inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado mejora la trabajabilidad del concreto  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Hipótesis Especifica 2**

La inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado mejora la resistencia a la compresión del concreto  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Hipótesis Especifica 3**

Al aumentar la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logra mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

Este estudio se caracteriza por ser del tipo aplicativo, según Arias et al. (2022), este enfoque se destaca por su búsqueda activa de la aplicación de los conocimientos previamente adquiridos, al mismo tiempo que implica la obtención de nuevos conocimientos a través de la implementación y sistematización de prácticas basadas en la investigación. En este sentido, la ejecución de este proyecto se fundamenta en la aplicación de investigaciones, donde se exploran nuevas alternativas a través de emplear estos materiales con el objetivo de mitigar los problemas relacionados con la trabajabilidad y resistencia del concreto.

### 2.2. Diseño de Investigación

Este estudio es de diseño cuasiexperimental, según Arias et al. (2022), este diseño específico involucra la existencia de un conjunto de control o comparativo. Los cuasiexperimentos se aplican en caso no sea factible emplear sujetos de manera aleatoria, en otras palabras, similar que el preexperimental, los sujetos ya están preseleccionados. En síntesis, este tipo de investigación tiene la capacidad de controlar la variable independiente mediante la graduación de los niveles en diferentes momentos, con el propósito de explorar los resultados óptimos logrados.

### 2.3. Enfoque de Investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo no probabilístico al ser de naturaleza cuasiexperimental, Arias et al. (2022), la cual utiliza datos numéricos y técnicas estadísticas para analizar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y en la  $f_c$  del concreto, con una  $f_c$  especificada de 210kg/cm<sup>2</sup>

y proporciones variables (1.5%, 2.5% y 5%) del peso del cemento. Este enfoque cuantitativo permitirá obtener resultados numéricos precisos que se pueden analizar estadísticamente, brindando una evaluación rigurosa de los efectos de estas adiciones en las características del concreto.

Se utilizará un diseño experimental para recopilar datos cuantitativos sobre la trabajabilidad y  $f_c$  del concreto bajo diferentes proporciones de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado. Los resultados obtenidos se analizarán utilizando herramientas estadísticas para identificar patrones, tendencias y relaciones significativas entre las variables estudiadas.

El enfoque cuantitativo proporcionará una base sólida para tomar decisiones informadas sobre la viabilidad y eficacia de la incorporación de estos materiales reciclados en el concreto, contribuyendo así al conocimiento técnico y científico en el campo de la ingeniería civil.

### **Tipo de Variables**

Estas variables pueden clasificarse en dos categorías distintas:

#### **Variable dependiente**

- Trabajabilidad
- Resistencia a la compresión

#### **Variable independiente**

- Tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado.

## 2.4. Matriz de Operacionalización de variables

**Tabla 5**

*Matriz de Operacionalización de variables*

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
<b>V.I.:</b> Tira de aluminio	"La fibra de aluminio es un refuerzo estructural que, al ser añadido al concreto, mejora sus propiedades mecánicas y durabilidad, fortaleciendo así las estructuras".	Concreto con inclusión de tiras de aluminio.	- Dosificación. - Moldeo. - Fraguado. - Curado.	- Formatos y masa. - Rellenado apropiado de moldes y desmoldado. - Duración.
<b>V.I.:</b> Polvo de fibrocemento reciclado	"El polvo de fibrocemento reciclado, obtenido de residuos de procesos constructivos, exhibe características que tienen el potencial de mejorar la facilidad de trabajo del concreto	Concreto con adición de fibrocemento reciclado.	- Dosificación. - Moldeo. - Fraguado. - Curado.	- Formatos y peso. - Rellenado apropiado de moldes y desmoldado. - Tiempo.

El fibrocemento contiene fibra de celulosa y aditivos, los cuales evitan el agrietamiento del concreto”.

<b>V. D.:</b> Resistencia a la compresión	"La resistencia a compresión se comprende como la capacidad del concreto para resistir fuerzas internas”.	F'c para el concreto empleando diferentes % de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado.	- Carga máxima de rotura. - Dimensiones en longitud, ancho y espesor del espécimen.	- Máquina para evaluar la resistencia a la compresión y documentos estándar – kg/cm <sup>2</sup> . - Observación.
<b>V. D.:</b> Trabajabilidad	“Es una característica del concreto en su estado fresco que se relaciona con la facilidad con la que puede ser combinado, manipulado, movido, ubicado y terminado sin perder su uniformidad.	Consistencia de la mezcla.	- Slump - Cono de abrams	- Cinta métrica - Varilla de acero

*Nota.* En la tabla mostrada, se presentan los tipos de variables junto con sus respectivas definiciones e indicadores que serán objeto de estudio en nuestra investigación.





		concreto	$f'_c=210$				NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo	
PE2: ¿Cómo influye la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ?	OE2: Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	HE2: La adición de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	Resistencia a la compresión en el concreto	a la compresión del concreto empleando diferentes porcentajes de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado.	Carga máxima de rotura.	Máquina de prueba a la compresión y formatos – kg/cm <sup>2</sup>	Kgf	Kgf/cm <sup>2</sup>
PE3: ¿Aumentando la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logrará mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto?	OE3: Evaluar si aumentando la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logra mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto.	HE3: Al aumentar la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logra mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto.			Dosificación del concreto	Carga máxima de rotura.	Máquina de ensayo a la compresión	Kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* En la tabla mostrada, se presenta la matriz de consistencia de nuestra investigación.

## 2.6. Población

Como es definido por Arias (2021), la población se refiere a un grupo de individuos, ya sea infinito o finito, que comparten características comunes. Este conjunto de elementos constituye la totalidad del estudio y es definido por el investigador según los parámetros establecidos en la investigación. En este contexto, la población y el universo presentan características similares, de modo que se pueden utilizar indistintamente los términos población o universo para referirse al conjunto completo de elementos en estudio. En este contexto, la población consiste en 48 testigos cilíndricos de 4" de concreto para cada nivel de resistencia.

## 2.7. Muestra

De acuerdo con Arias (2021), no existe una cantidad establecida de antemano para la muestra; sin embargo, es esencial definirla adecuadamente según los objetivos y la problemática del estudio. La muestra se configura como un subconjunto que se percibe como representativo de la población o del conjunto completo. Los datos recolectados se derivarán de esta muestra, y la población se conceptualiza en base a la problemática objeto de investigación.

En este estudio, la muestra se compone de un conjunto de probetas elaboradas con tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en concentraciones del 1.5%, 2.5% y 5% respecto a la masa del cemento, con una  $f'_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>. En total, se fabricaron 48 probetas, siguiendo el siguiente procedimiento:

**Muestra patrón para resistencia a compresión****Tabla 7***Muestra para la  $f_c$  y trabajabilidad del concreto patrón*

7 días	14 días	28 días
4 T	4 T	4 T

*Nota.* T: Testigos de concreto. Elaboración propia.

**Concreto convencional más 1.5 % de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado en relación con el peso del cemento para resistencia a la compresión**

**Tabla 8***Muestra para la  $f_c$  y trabajabilidad del concreto convencional más de 1.5% tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado.*

7 días	14 días	28 días
4 T	4 T	4 T

*Nota.* T: Testigos de concreto. Elaboración propia.

**Concreto convencional más 2.5 % de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado en relación con el peso del cemento para resistencia a compresión**

**Tabla 9**

*Muestra para la  $f_c$  y trabajabilidad del concreto convencional más de 2.5% tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado*

7 días	14 días	28 días
4 T	4 T	4 T

*Nota.* T: Testigos de concreto. Elaboración propia.

**Concreto convencional más 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado en relación con el peso del cemento para resistencia a compresión.**

**Tabla 10**

*Muestra para la  $f_c$  y trabajabilidad del concreto convencional más de 5% tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado*

7 días	14 días	28 días
4 T	4 T	4 T

*Nota.* T: Testigos de concreto. Elaboración propia.

## 2.8. Técnicas de análisis de datos e instrumentos de recolección

### ➤ **Técnica de análisis de datos**

Este estudio se basará en un enfoque de observación y análisis, ya que las probetas serán creadas y examinadas en el laboratorio de concreto. Se llevarán a cabo ensayos utilizando el método ACI (American Concrete Institute, Comité 211) y la

normativa técnica peruana (NTP), además se medirá la trabajabilidad de las probetas de concreto realizadas.

### ➤ Instrumentos

La herramienta empleada para llevar a cabo estos ensayos consiste en una ficha de registro que facilita la anotación de la información derivada de las pruebas en el laboratorio, el análisis de los áridos y el diseño de mezcla del concreto. Los materiales y equipos utilizados cumplen con las especificaciones establecidas por la norma ASTM C-172 y la NTP 339.036, que es el procedimiento estandarizado para la toma de muestras de la mezcla de concreto en estado fresco.

### ➤ Equipos y material

- Mezcladora de concreto
- Prensa hidráulica para rotura de probetas
- Tamices
- Taras de aceros
- Horno
- Balanza
- Cono de Abrams
- Piscina de curado
- Molde de probetas cilíndricas
- Tiras de Aluminio
- Polvo de Fibrocemento Reciclado
- Áridos (Finos y gruesos) y cemento

- Agua potable

### Figura 6

*Mezcladora de concreto*



*Nota.* En la figura, se puede apreciar la máquina mezcladora de concreto que fue empleada para la creación del material conforme a las especificaciones del diseño.

### Figura 7

*Máquina universal para realizar pruebas de rotura de probeta*



*Nota.* En la figura, se presenta el equipo que nos proporciona información sobre la resistencia alcanzada por las muestras o probetas, de acuerdo con el diseño y el tiempo de curado.

**Figura 8**

*Tamices*



*Nota.* En la figura, examinamos los tamices empleados en la evaluación del tamaño de partículas tanto del árido fino como del grueso, con el propósito posterior de su aplicación en la elaboración de mezclas.

**Figura 9**

*Tara y balanza*



*Nota.* En la figura, mostramos los dispositivos utilizados para la medición de muestras en kilogramos y gramos durante los diversos análisis llevados a cabo en el laboratorio.

### Figura 10

*Horno a temperatura superior de 110°C*



*Nota.* En la figura, se examina el dispositivo utilizado para desecar muestras en los distintos análisis llevados a cabo en el laboratorio.

### Figura 11

*Moldes de probetas cilíndricas*



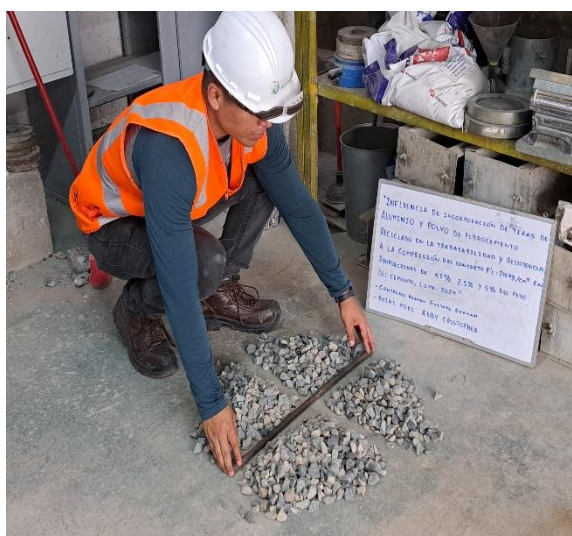


*Nota.* En la figura, se muestra los moldes para las probetas para cada diseño.



**Figura 12**

*Agregado Grueso y fino*



*Nota.* En la figura presenciamos la fragmentación de los materiales antes de comenzar los experimentos en el laboratorio.

**Figura 13**

*Tiras de aluminio*



*Nota.* En la figura, se muestran las tiras de aluminio de dimensiones de 5 x 1.5 cm.

Elaboración propia.

#### **Figura 14**

*Polvo de fibrocemento reciclado*



*Nota.* En la figura, vemos la obtención del polvo de fibrocemento reciclado.

## 2.9. Procedimiento de recolección de Datos

Para llevar a cabo la investigación, se inició el proceso de adquisición de los agregados y materiales necesarios para la elaboración de la mezcla, los cuales se detallan a continuación:

### ➤ **Recolección de árido grueso y fino**

Los componentes requeridos para la preparación de las pruebas y la formulación de la mezcla se obtuvieron de la Cantera Trapiche, localizada en el Distrito de Carabayllo perteneciente a la Provincia y Departamento de Lima. Los análisis, llevados a cabo conforme a la normativa E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se llevaron a cabo en el laboratorio de MTL GEOTECNIA S.A.C. situado en el Distrito de San Martín de Porres, Lima.

### ➤ **Recolección de Polvo de fibrocemento reciclado**

Este elemento proviene de la sección de placas de fibrocemento, se obtuvo de las planchas recicladas como materiales no peligrosos aprovechables de la obra denominada “Ejecución de obra: creación de la base operativa Labarthe de la Gerencia de Servicios Norte de Sedapal, en el Distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao. Al efectuar un corte continuo de estas planchas, se acumula un residuo conocido como polvo de fibrocemento reciclado, el cual fue utilizado en nuestra tesis. Hemos recolectado un total de 15 kg de este material.

### ➤ **Recolección de tiras de aluminio**

La recolección de tiras de aluminio primario de pureza 98 % en cortes aproximados de 5 x 1.5 cm a partir de láminas de aluminio de manera manual, es preciso indicar que para

un uso en mayor escala de diseño de concreto estas tiras pueden ser recortadas en máquinas industriales. Hemos recolectado un total de 5 kg de este material.

## **2.10. Procedimiento de Tratamiento y Evaluación de Datos de los Materiales**

Este estudio involucró la realización de diversos ensayos sobre los materiales que conforman el concreto, así como los aspectos que pueden afectar la resistencia en compresión de dichos materiales. En una primera etapa, se realizaron las pruebas necesarias para los materiales empleados en el diseño de concreto, como el análisis granulométrico para los áridos finos y gruesos, y el paso del polvo de fibrocemento reciclado a través de un tamiz con una malla N° 30 para eliminar impurezas recolectadas durante la recopilación.

Como segundo paso, después de completar las pruebas en los áridos, se procedió a diseñar la mezcla de concreto. Se realizó un diseño para la probeta de concreto estándar con  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>. Luego, con base en estos diseños, se añadieron tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en cantidades del 1.5%, 2.5% y 5% en relación con el peso del cemento tipo I. Según estas dosificaciones, se calculó la cantidad de agua necesaria para cada diseño del concreto. Una vez establecido la composición de la mezcla con y sin tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, se llevaron a cabo ensayos para determinar el contenido de aire.

En una tercera etapa, se emplearon fichas técnicas de observación para registrar datos de los procedimientos y pruebas técnicas realizadas. Se incluyeron fechas de la elaboración de las probetas para cada resistencia, así como las fechas de las rupturas de estas mediante los ensayos de resistencia a la compresión axial conforme a la norma ASTM C39 y la NTP 339.034.

### ➤ Procedimiento con las tiras de aluminio

La fase primordial de este procedimiento implica la extracción de las tiras de aluminio, donde se realizó el corte de manera manual. Después de obtener el material, se procedió a calcular el peso correspondiente a las proporciones del 1.5%, 2.5% y 5% con respecto al peso del cemento en la formulación del diseño de mezclas.

### Figura 15

*Tiras de aluminio de papel aluminio*



*Nota.* En la figura, se visualiza las tiras de aluminio de medidas de 5 x 1.5 cm.

### ➤ Procedimiento con el polvo de fibrocemento reciclado

Una vez que se recolectó el polvo de fibrocemento reciclado, se llevó a cabo el proceso de eliminación de las impurezas que podrían haberse unido durante la recopilación del material, esto se realizó en el laboratorio. Utilizando un tamiz de malla N° 30, se procedió a pasar todo el polvo de fibrocemento a un envase limpio, teniendo cuidado de minimizar la pérdida de polvo durante este procedimiento.

Posteriormente, se realizaron divisiones en porcentajes de 1.5%, 2.5% y 5% en recipientes, según lo establecido en el diseño de mezcla estándar para concreto con  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>. Este polvo de fibrocemento se pesó en gramos para llevar a cabo el proceso.

## Figura 16

### *Tamizado del polvo de fibrocemento*



*Nota.* El procedimiento de cribado del polvo de fibrocemento reciclado a través de la malla #30, con el objetivo de eliminar cualquier impureza que pueda estar presente.

### ➤ **Procedimiento de los agregados**

Continuando con la secuencia de pasos en nuestro estudio experimental, nos dirigimos a llevar a cabo las pruebas correspondientes en los agregados con el fin de evaluar su granulometría, densidad, módulo de finura (en el caso de los agregados finos), peso volumétrico y peso unitario. Estas evaluaciones se realizan de acuerdo con las especificaciones establecidas en la NTP.

## Ensayo de granulometría del árido fino

En lo que respecta al tamaño de partículas de la arena fina, se llevó a cabo la evaluación mediante diversas mallas, incluyendo tamices de malla de 3/8" y aquellos de malla N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie Tyler. Es esencial que la distribución de tamaños de partículas del agregado fino cumpla con los estándares especificados en las normas NTP 400.012 o la ASTM C 136.

En este informe, empleamos los instrumentos siguientes:

- Taras
- Tamices
- Balanzas

### Figura 17

#### *Tamizado del árido fino*



*Nota.* En la figura, observamos la operación de tamizado de la arena a través de distintas mallas con el propósito de determinar el porcentaje de retención.

**Tabla 11**

*Análisis granulométrico del árido fino*

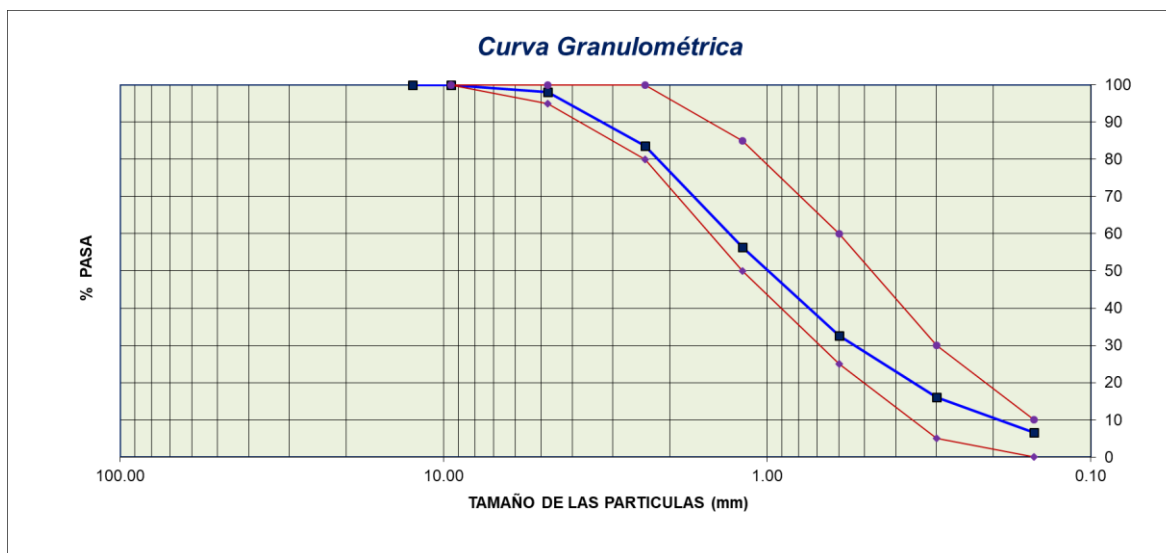
MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	Huso	Arena
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.76	11.3	2.0	2.0	98.0	95	100
N° 08	2.38	81.4	14.5	16.5	83.5	80	100
N° 16	1.19	153.1	27.2	43.7	56.3	50	85
N° 30	0.60	133.4	23.7	67.4	32.6	25	60
N° 50	0.30	93.3	16.6	84.0	16.0	5	30
N° 100	0.15	52.5	9.3	93.3	6.7	0	10
<b>FONDO</b>		37.40	6.7	100.0	0.0		

*Nota.* En el cuadro, se visualiza los efectos de la retención del árido fino en cada malla de tamizado realizado en laboratorio.



**Figura 18**

*Curva granulométrica del árido fino*



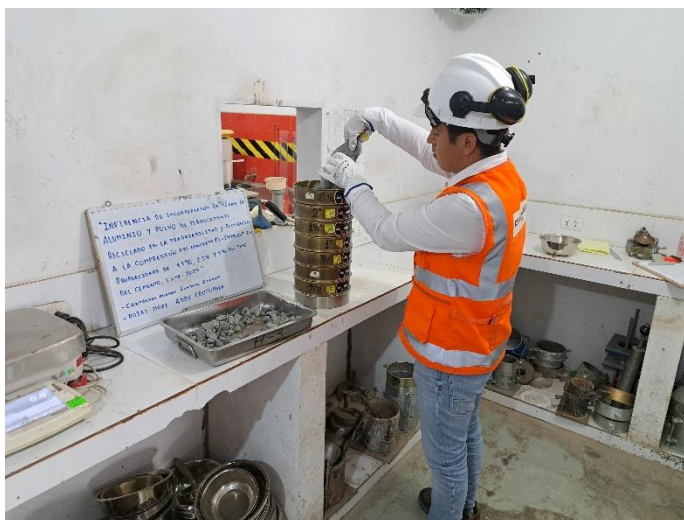
*Nota.* En la gráfica se visualiza que el diagrama obtenido del ensayo de laboratorio para el árido fino se encuentra dentro de los parámetros establecidos en el diseño destinado para la aplicación en el concreto.

### Ensayo de granulometría del árido grueso

En el ámbito de la granulometría del árido grueso, identificamos con precisión el tamaño del material mediante la utilización de una cantidad específica que se somete al tamizado a través de diferentes mallas. Este análisis se llevó a cabo dentro de los parámetros establecidos y normalizados de acuerdo con la normativa NTP-400.012 o ASTM C 136. Los instrumentos empleados en este ensayo incluyeron tamices, una balanza y taras.

**Figura 19**

*Tamizado del agregado grueso*



*Nota.* En la figura, podemos observar el tamizado realizado a la piedra por distintas mallas para determinar el porcentaje de retención.

**Figura 20**

*El peso del árido grueso*



*Nota.* En la figura, observamos primero el registro del peso de la tara, seguido por la medición del peso de los agregados retenidos en cada tamiz.

**Tabla 12**

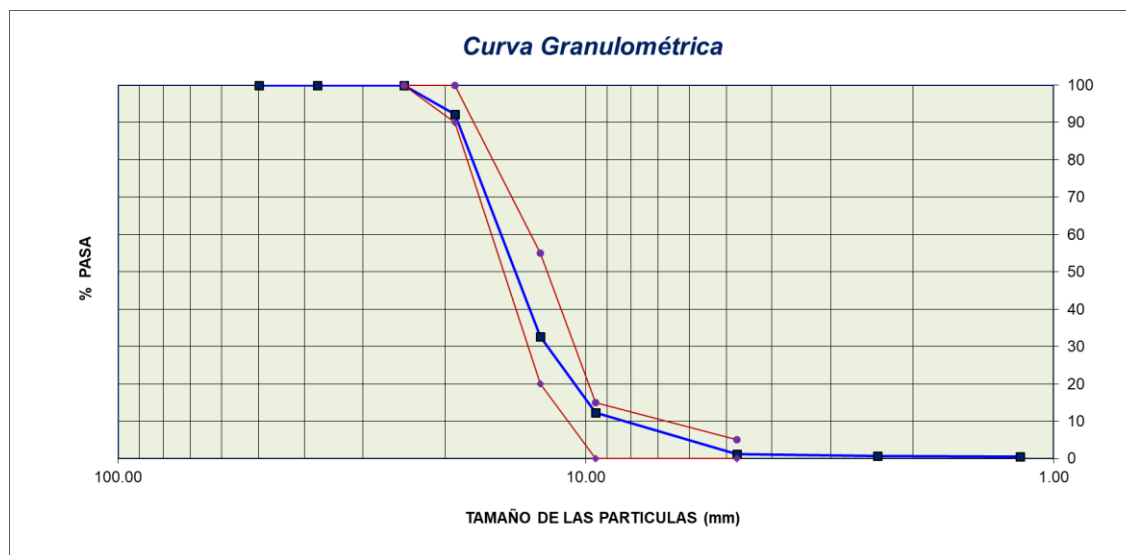
*Análisis granulométrico del árido grueso*

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	Huso #6	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.05	434.1	7.9	7.9	92.1	90	100
1/2"	12.50	3285.5	59.5	67.4	32.6	20	55
3/8"	9.53	1121.2	20.3	87.7	12.3	0	15
N° 04	4.76	612.0	11.1	98.8	1.2	0	5
N° 08	2.38	30.0	0.5	99.3	0.7		
N° 16	1.18	11.4	0.2	99.5	0.5		
<b>FONDO</b>		26.10	0.5	100.0	0.0		

*Nota.* En el cuadro, se visualiza los resultados de retención del agregado grueso en cada malla de tamizado obtenidos de laboratorio.

**Figura 21.**

*Curva granulométrica del árido grueso.*



*Nota.* En la figura, se observa que la representación gráfica del árido grueso obtenido de laboratorio cumple con los parámetros de diseño establecidos para su utilización en la mezcla de concreto.

**Módulo de Finura (MF):** El índice de finura de un agregado está directamente relacionado con su módulo de finura, siendo un indicador de la granulometría del mismo. Cuanto mayor sea el MF, más grueso será el árido. Aunque áridos con diferentes granulometrías pueden tener el mismo MF, la determinación de este parámetro para el agregado fino se realiza mediante la norma NPT 400.011. Este cálculo implica sumar los porcentajes acumulados del árido en cada tamiz y luego dividir el resultado entre 100.

Para evaluar la idoneidad de una arena en la fabricación de concreto, se establece un rango óptimo de 2.3 a 3.1 para el módulo de finura. Un resultado inferior de 2.0 significa que la arena es fina, mientras que un valor de 2.5 representa una arena con finura media. Por otro lado, un valor superior a 3.0 señala que la arena es gruesa. En este contexto, es crucial

seleccionar una arena cuyo módulo de finura se encuentre dentro de estos límites para asegurar su adecuación en la elaboración de concreto.

### Figura 22

#### Evaluación del Módulo de Finura del árido

Tamiz	Porcentaje de la fracción individual retenida, en masa	Porcentaje acumulado que pasa, en masa	Porcentaje retenido acumulado, en masa
9.5 mm (¾ pulg.)	0	100	0
4.75 mm (No. 4)	2	98	2
2.36 mm (No. 8)	13	85	15
1.18 mm (No. 16)	20	65	35
600 µm (No. 30)	20	45	55
300 µm (No. 50)	24	21	79
150 µm (No. 100)	18	3	97
Charola	3	0	—
Total	100		283

Módulo de finura  
=  $283 \div 100 = 2.83$

*Nota.* En la figura, se puede apreciar el proceso mediante el cual se determina el modelo de finura, obtenido del libro Diseño y Control de mezclas de Kosmatka et al. (2004).

El módulo de finura del **árido fino** es:

$$MF = \frac{2.0 + 16.5 + 43.7 + 67.4 + 84.0 + 93.3}{100}$$

$$MF = 3.07$$

Así se estableció que el índice de finura del árido fino es de 3.07.

El cálculo del M.F. para el **árido grueso** es:

$$MF = \frac{7.9 + 67.4 + 87.7 + 98.8 + 99.3 + 99.5}{100}$$

$$MF = 6.92$$

Así que se estableció que el índice de finura del árido grueso es de 6.92.

**Tamaño máximo (T.M.) y tamaño máximo nominal (T.M.N.):** Conforme a la normativa NPT 400.037, el TM del árido grueso se define como el correspondiente al tamiz más pequeño por el cual la muestra de agregado pasa y produce el primer material retenido. En este contexto, al observar que el primer material retenido en la muestra de agregado se encuentra en la malla 3/4", se concluye que el T.M.N. del árido grueso es de **3/4"**.

**Peso unitario:** En cuanto al peso unitario, se llevará a cabo el ensayo siguiendo las pautas establecidas por las normas ASTM C 29 y NTP 400.017. Este ensayo implica la división del peso del material entre el volumen total, incluyendo los espacios vacíos. Para llevar a cabo este procedimiento, se requieren los implementos específicos mencionados a continuación.

#### **Equipos y materiales:**

- Envases cilíndricos
- Balanzas
- Varilla de acero
- Arena y piedra

**Procedimiento del peso unitario suelto (P.U.S.) del árido fino:** Con el fin de determinar el P.U.S. del árido fino, se llevó a cabo el siguiente protocolo:

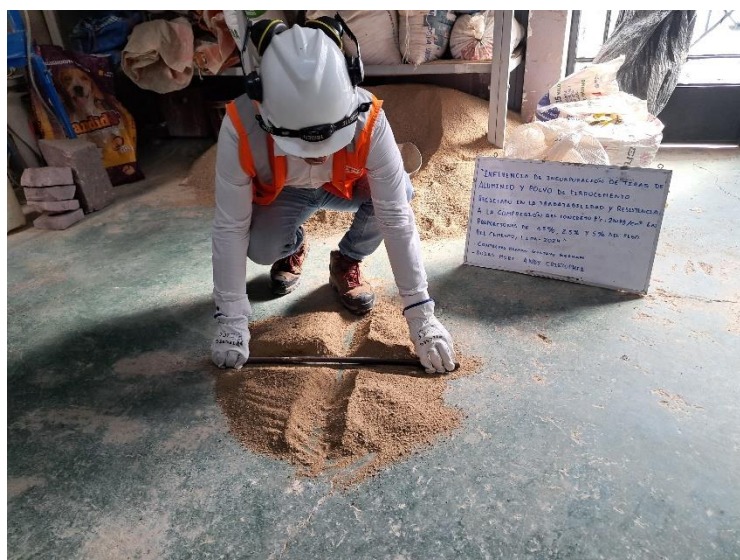
1. Inicialmente, llevamos a cabo la subdivisión de la arena mediante cuarteo, dividiéndola posteriormente en cuatro porciones uniformes con el propósito de obtener una muestra representativa para llenar el recipiente cilíndrico.
2. Realizamos las mediciones del envase con el fin de determinar su volumen.
3. Registraremos el peso del recipiente cuando se encuentra vacío.

4. Procedemos a llenar el recipiente con la arena, siguiendo un patrón espiral, nivelándola con una varilla de metal y eliminando los excesos de árido.
5. Luego, llevamos a cabo la pesada del recipiente con la arena, repitiendo este proceso en dos ocasiones; a partir de los resultados obtenidos, calculamos un promedio para obtener una medida más precisa.

El resultado del PUS del **árido fino** es de **1410 kg/m<sup>3</sup>**.

### Figura 23

*Cuarteo del árido fino*



*Nota.* En la figura, observamos el proceso de cuarteo del agregado fino, llevado a cabo con el propósito de realizar el ensayo de peso unitario.

## Figura 24

### *Peso del árido fino suelto*



*Nota.* En la figura, después de realizar el cuarteo y llenado del contenedor, se lleva a cabo la medición del peso unitario en estado suelto.

**Procedimiento del peso unitario suelto para el agregado grueso:** Para calcular el P.U.S. del árido grueso, llevamos a cabo el mismo proceso que se efectuó en el caso del árido fino:

1. Inicialmente, llevamos a cabo el proceso de cuarteo de la piedra, dividiéndola posteriormente en cuatro secciones uniformes con el fin de extraer una muestra para llenar el recipiente cilíndrico.
2. Realizamos las mediciones del envase con el objetivo de determinar su volumen.
3. Registrarnos el peso del recipiente cuando se encuentra vacío.
4. Procedemos al llenado del envase con la piedra, utilizando un método espiral; luego nivelamos la superficie utilizando una varilla de metal, eliminando cualquier exceso de agregado.
5. Posteriormente, pesamos el recipiente con la piedra; este proceso se repite dos veces y se calcula un promedio a partir de los resultados obtenidos.



El resultado del PUS del árido grueso es de **1506 kg/m<sup>3</sup>**.

**Figura 25**

*Llenado árido grueso del recipiente de forma espiral*



*Nota.* En la imagen, se registra el procedimiento de llenado del contenedor que contiene el agregado grueso como parte de la prueba para determinar el peso unitario suelto.

**Figura 26**

*Enrasado y pesado del árido grueso suelto*



*Nota.* En la figura, luego de completar el llenado, llevamos a cabo el enrasado del agregado, seguido por la medición del peso del árido grueso para determinar el P.U.S.

**Procedimiento del peso unitario compactado (P.U.C.) del árido fino:** Para determinar la densidad compactada por unidad de peso de la arena, llevamos a cabo las siguientes acciones:

1. Iniciamos el proceso llenando el molde en forma de espiral, con un total de tres capas de arena.
2. Para cada capa, se emplea una varilla de metal para realizar 25 golpes de manera continua con movimientos circulares, asegurándose de que la varilla no entre en contacto con el fondo del molde.
3. Luego de completar la última capa, se nivela la superficie, se eliminan los excesos y se procede a pesar el conjunto. En este caso, se realizaron dos mediciones de muestra, y se calcula un promedio a partir de los resultados obtenidos.

El resultado del PUC del árido fino es de **1544 kg/m<sup>3</sup>**.

### Figura 27

#### Compactación del árido fino



*Nota.* En la figura, se presencia la etapa de compactación que incluye el uso de la varilla de acero, la cual constituye una parte esencial del procedimiento para determinar el P.U.C. del árido fino.

## Figura 28

*Pesado del recipiente + árido fino compactado*



*Nota.* En la figura, después de que el agregado fino ha sido comprimido y nivelado, se procede a medir su peso con el fin de obtener la densidad unitaria compactada del material.

**Procedimiento del peso unitario compactado del árido grueso:** Para determinar el P.U.C. de la piedra, se emplean los mismos métodos utilizados previamente en el caso del árido fino, los cuales incluyen:

1. Iniciamos el proceso llenando el recipiente en una disposición en espiral, asegurándonos de crear tres capas de piedra.
2. En cada una de las capas, se utiliza una varilla de metal para aplicar 25 golpes consecutivos de forma circular, evitando que la varilla toque el fondo del recipiente.
3. Después de completar la última capa con este agregado, se nivelan los excesos, y posteriormente se procede a pesar el contenido. En este caso, se llevaron a cabo dos

mediciones de muestra, y a partir de los resultados alcanzados se calcula un valor promedio.

El resultado del PUC del árido grueso es de **1611 kg/m<sup>3</sup>**.

### Figura 29

#### *Compactación del árido grueso*



*Nota.* En la imagen, se evidencia la compactación del agregado grueso mediante el uso de una varilla de metal como parte de la prueba para determinar el peso unitario compactado.

### Figura 30

#### *Pesado del recipiente + árido grueso compactado*



*Nota.* En la figura, se visualiza la medición del peso del agregado grueso después de haber sido compactado y nivelado.

**Peso específico:** De acuerdo con la normativa NPT 400.022, la especificidad de peso se refiere a la densidad de partículas individuales del árido y no a su masa total. Es importante tener en consideración que este parámetro sirve como un indicador que refleja la calidad del material.

### **Procedimiento de peso específico y absorción del árido fino**

Conforme a las directrices establecidas en la norma ASTM C128 y NPT 400.022, este análisis se lleva a cabo para calcular el peso específico en seco, saturado en superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del árido fino. Estos valores se determinan con el propósito de emplearlos en el diseño de mezclas del concreto. Los materiales y equipos siguientes serán utilizados en la ejecución de este ensayo:

- Arena
- Balanza
- Molde cónico metálico de absorción con dimensiones de  $40\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  en la parte superior,  $90\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  en la parte inferior y una altura de  $75\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ , equipado con una varilla de metal.
- Frasco volumétrico (fiola) con capacidad de 500 ml
- Taras, gotero

A continuación, llevamos a cabo la prueba de la siguiente manera:

1. Medimos el peso de la muestra de árido fino, en este caso, aproximadamente 1000g.

Posteriormente, sumergimos la muestra en agua y la dejamos en reposo durante un periodo de 24 horas.

### Figura 31

*Pesado de la muestra del árido fino*



*Nota.* En la figura, se registra el peso aproximado de 1000 gramos de agregado fino con el propósito de llevar a cabo el ensayo.

### Figura 32

*Muestra sumergida en agua y dejada en reposo durante un periodo de 24 horas*



*Nota.* En la figura, se examinan las muestras del agregado fino en su estado saturado como parte del análisis de absorción.

2. Después, extendemos la muestra que ha reposado en agua sobre una superficie plana y la dejamos al aire libre. Durante este proceso, la removemos con regularidad para asegurar un secado uniforme. La remoción constante se mantiene hasta que los granos del árido fino ya no se adhieren entre sí.

### Figura 33

*Extensión de muestra en una superficie plana expuesta al secado al aire libre*



*Nota.* En la figura, se examina la muestra mientras se seca al aire libre, esperando a que las partículas del árido no se peguen entre sí.

3. Luego, se procede con el cono metálico de absorción, el cual se ubica sobre la muestra en el molde en 3 estratos; se compacta delicadamente 25 veces con la varilla de metal después de cada capa. Posteriormente, se eleva verticalmente el molde, y en caso de que el agregado no experimente desintegración, es necesario repetir el

proceso de secado y aplicación del cono de absorción hasta lograr la desintegración del agregado fino. En ese momento, se puede determinar que se encuentra en un estado de saturación superficialmente seco.

**Figura 34**

*Muestra siendo compactada dentro del molde de cono de absorción*



*Nota.* En la figura, presenta la técnica de compactación de la muestra en tres estratos, utilizando 25 varillas en cada uno de ellos.

**Figura 35**

*Extracción del molde utilizado para la absorción y desintegración del árido*



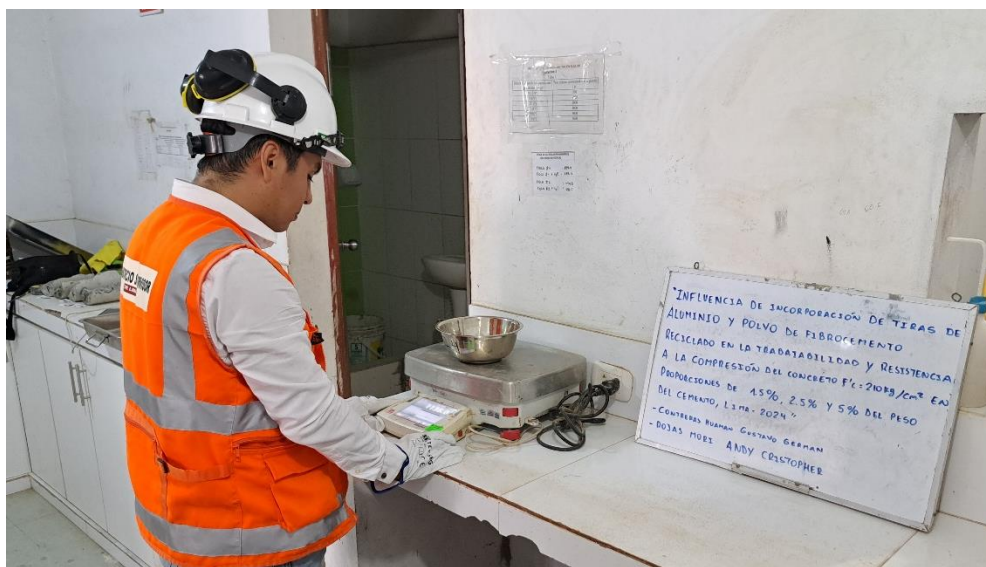


*Nota.* La figura, muestra el estado en que se encuentra la muestra cuando está saturada superficialmente, pero seca.

4. Continuando, se realizó el análisis del agregado en condición de saturación superficialmente seco (SSS), es necesario determinar un peso de aproximadamente 500g para la muestra. Se procede a pesar el recipiente inicial y luego se realiza la medición del recipiente con agua. En este caso, se emplean dos recipientes para obtener 2 muestras y calcular el valor promedio del porcentaje de absorción.

### Figura 36

*Masa de la muestra en condición superficialmente seca y saturada*



*Nota.* En la imagen, observamos la cantidad de muestra necesaria, que es de 500 gramos, para proseguir con el análisis.

Luego, empleamos dos matraces para calcular la media del resultado obtenido de la muestra. Medimos el peso completo de las botellas llenas de agua hasta su capacidad máxima.

5. En la fiola, se añaden los 500 gramos de la muestra previamente preparada; posteriormente, se utiliza una pipeta o gotero para llenar la fiola con agua hasta alcanzar el 90% de su capacidad, con el fin de eliminar cualquier aire atrapado.

### Figura 37

#### *Introducción de la muestra Saturada Superficialmente Seca a la fiola*



*Nota.* Utilizamos un embudo para verter la muestra dentro de la fiola.

6. Mezclamos de manera constante el frasco hasta que se hayan eliminado por completo todas las burbujas de aire. Después de este paso, permitimos que repose un tiempo. Posteriormente, utilizamos un gotero o pipeta para llenar el contenido con agua hasta alcanzar los 500 ml, y procedemos a determinar el peso total.

**Figura 38**

*Agitamos la fiola de vidrio hasta que las burbujas de aire sean eliminadas y procedemos a medir el peso*



*Nota.* En la imagen, se puede apreciar el proceso mediante el cual llevamos a cabo la eliminación de las burbujas de aire de la ampolla, seguido por la medición de su peso.

7. Al concluir, se procede con precaución a transferir todo el contenido a un recipiente, el cual es introducido en el horno durante un período de 24 horas. Posteriormente, se extrae, se permite enfriar al aire y se realiza una medición de su peso para obtener el peso definitivo.

**Figura 39**

*Retiro de la muestra a un recipiente*



*Nota.* La ilustración muestra cómo la muestra se extrae de la fiola con precaución y se coloca en un recipiente para su adecuado proceso de secado.

**Tabla 13**

*Peso específico y absorción del árido fino*

<b>Peso específico y absorción</b>		
Peso de Muestra Seca	gr	485.40
Peso de fiola + Agua	gr	647.00
Peso de Fiola + Muestra SSS + Agua	gr	961.10
Peso de Muestra SSS	gr	500.00
Peso Específico de la Masa (SSS)	gr/cc	2.69
Peso Específico de la Masa (OD)	gr/cc	2.61
Peso Específico de la Masa (Aparente)	gr/cc	2.83

---

Absorción	%	1.77
-----------	---	------

---

*Nota.* En la tabla se evidencia un peso específico de masa aparente del agregado fino del 2.83 gr/cc.

El porcentaje de absorción del árido fino es del 1.77%, según los resultados de laboratorio en base a la normativa ASTM C128.

### **Procedimiento del peso específico y absorción del árido grueso**

De acuerdo con la normativa ASTM C128 o NPT 400.021, este análisis contribuye a calcular el peso específico y la absorción del árido grueso. Estos resultados se emplean en el proceso de diseño de la mezcla de concreto. En la ejecución de este ensayo, se emplearán los siguientes materiales y equipo:

- Agregado grueso (piedra)
- Balanza
- Depósito de agua, para la inmersión de la cesta de alambre.
- Tamiz N° 4, para la separación de árido grueso respecto al fino.

A continuación, llevamos a cabo la prueba de la forma siguiente:

1. Medimos una cantidad específica de árido grueso, lo sometemos al tamizado mediante la malla N° 4, eliminando todo el material que haya pasado a través de ella. Posteriormente, lavamos el agregado para eliminar cualquier polvillo presente, lo sumergimos en agua y permitimos que repose durante un periodo de 24 horas.
2. Después de transcurrido el plazo de 24 horas, retiramos la muestra y la colocamos sobre una franela para secarla, eliminando así el agua superficial. Seguidamente, procedemos a pesar la muestra para obtener su peso correspondiente.

### Figura 40

*Secado del árido grueso tras permanecer sumergido durante un período de 24 horas*



*Nota.* Utilizamos una tela limpia para eliminar el agua superficial durante el proceso de secado de la muestra.

3. Procedemos pesando la canastilla sumergida en el agua para obtener un dato, y luego procedemos a cargar la canastilla sumergida con el árido grueso, con el fin de registrar el peso de la muestra que se encuentra completamente saturada en su superficie pero seca en su interior.

### Figura 41

*Colocación del árido grueso dentro de la canastilla.*



*Nota.* En la imagen se aprecia la etapa de llenado de la canastilla que contiene el agregado grueso, como parte integral del procedimiento para determinar el peso específico y la absorción en el ensayo correspondiente. Luego se realiza la medición del peso del agregado grueso mientras se encuentra inmerso en la canastilla.

4. Después extraemos la muestra de la cesta, la ubicamos en un recipiente destinado a ser introducido en el horno durante un periodo de 24 horas. Posteriormente, se permite que se enfríe antes de proceder a su pesaje para obtener el peso definitivo. Repetimos el ensayo en dos ocasiones con el fin de calcular un promedio de los pesos obtenidos.

### **Figura 42**

*Peso de la muestra sin humedad*



*Nota.* El pesado del árido se realiza después de haber sido sometida a un proceso de secado durante 24 horas en el horno y posteriormente enfriada al aire libre.

- Llevamos a cabo los cálculos correspondientes para determinar el peso específico y el % de absorción. Observamos que el porcentaje de absorción resultante fue del 0.62%, como se indica en la tabla siguiente.

**Tabla 14**

*Peso específico y absorción del árido grueso*

<b>Peso específico y absorción</b>		
Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	gr	2590.0
Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	gr	4193.0
Peso de la Muestra Seca	gr	4167.0
Peso específico de Masa (SSS)	gr/cc	2.62
Peso específico de Masa (OD)	gr/cc	2.60
Peso específico de Masa (Aparente)	gr/cc	2.64



---

Absorción	%	0.62
-----------	---	------

---

*Nota.* En el cuadro se aprecian los cálculos efectuados con el fin de derivar el valor promedio del peso específico y absorción, proporcionando un resultado del 2.64 gr/cc y 0.62%.

## 2.11. Aspectos Éticos

En este estudio, aseguramos y exponemos la investigación llevada a cabo sobre la incorporación del fibrocemento en el concreto, respaldándonos en diversas fuentes tanto internacionales como nacionales. Garantizamos el respeto a todos los derechos de los autores utilizados en este trabajo, cumpliendo con las normativas establecidas (ACI, ASTM y NTP) para su correcta ejecución. Como responsables de este proyecto, nos comprometemos a que la información empleada en su desarrollo, así como los resultados de los ensayos de laboratorio, sean auténticos y válidos. Además, hemos elaborado y presentado el trabajo siguiendo las normativas de citas y referencias bibliográficas de acuerdo con el estilo APA de la séptima edición.

## 2.12. Procedimiento para el diseño de mezcla con el método ACI

Para la elaboración de la mezcla, siguiendo las pautas del método ACI-211 para una resistencia a la compresión  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se emplearon los resultados alcanzados de los análisis realizados en el laboratorio sobre los áridos.

### Diseño de mezcla patrón de $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>

#### Tabla 15

*Peso específico del cemento*

Marca	Tipo	Peso Específico	Superficie Específica (cm <sup>2</sup> /gr)
Sol	I	3.12	3300

*Nota.* En este cuadro se muestran los resultados obtenidos de cada prueba llevada a cabo en el laboratorio MTL Geotecnia.

**Tabla 16**

*Datos generales de los áridos fino y grueso de laboratorio*

ÁRIDOS	FINO	GRUESO
Peso unitario suelto kg/m <sup>3</sup>	1410	1506
Peso unitario compactado kg/m <sup>3</sup>	1544	1611
Peso específico kg/m <sup>3</sup>	2610	2600
Módulo de fineza	3.07	6.92
Tamaño Máximo nominal	-	3/4"
% absorción	1.77	0.62
% W (humedad)	0.69	0.38

*Nota.* En este cuadro se muestran los resultados obtenidos de cada prueba llevada a cabo en el laboratorio.

Paso 1: Calculamos la resistencia media.

**Tabla 17**

*Determinación de la resistencia promedio requerida para la elaboración de la mezcla con  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

$f_c$	$f_{cr}$
Menos de 210	$f_c+70$
<b>210 - 350</b>	<b><math>f_c+84</math></b>
> 350	$f_c+98$

*Nota.* La información presente en la tabla ha sido obtenida del Comité ACI-211.

La resistencia media necesaria es de:

$$f_{cr} = 210 + 84 = \mathbf{294 \text{ kg/cm}^2}$$

Paso 2: Tenemos que identificar la consistencia y el asentamiento necesario para la mezcla.

### Tabla 18

*Selección de la consistencia y asentamiento*

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	$\geq 5"$ (125mm)

*Nota.* En el cuadro utilizado para el diseño, tomamos en cuenta la consistencia, también conocida como Slump plástica, conforme a la información proporcionada en el cuadro del Comité ACI-211.

Paso 3: Calculamos la cantidad de agua que se utilizará en la mezcla, determinando su volumen.

**Figura 43**

*Volumen unitario de agua.*

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----

*Nota.* En relación con la figura que presenta el límite nominal máximo para el tamaño del agregado grueso, en nuestro caso es de 3/4 de pulgada. Según los datos presentados en el cuadro del Comité ACI-211, para el árido grueso con TMN de 3/4, la cantidad de agua requerida para la mezcla es de **205** litros por metro cúbico.

Paso 4: Se estableció el porcentaje de aire presente.

**Figura 44**

*Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

*Nota.* De acuerdo con la información proporcionada en la figura que presenta el TMN obtenido del árido grueso es de 3/4 de pulgada, se indica que el contenido de aire atrapado es del **2%**. Esta referencia se toma del cuadro del Comité ACI-211.

Paso 5: Se estableció la proporción entre el agua y el cemento (a/c).

**Figura 45.**

*Relación a/c para una  $f'cr= 294$ kg/cm<sup>2</sup>*

$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

*Nota.* La información presentada en la figura se extrae de la tabla proporcionada por el Comité ACI-211.

Para determinar la relación agua/cemento (a/c) correspondiente al  $f'cr$  de 294 kg/cm<sup>2</sup>, llevamos a cabo una interpolación. La determinación para la  $f'cr$  de 294 kg/cm<sup>2</sup> muestra que la relación a/c es de 0.56 en términos de peso.

Paso 6: Determinamos el factor cemento

### Tabla 19

*Determinar el factor del cemento para el concreto  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup>*

Descripción	Cantidad
Cemento	368 kg/m <sup>3</sup>
1 bolsa de cemento 42.5 kg	8.70 bolsas

*Nota.* La información presentada en la tabla se brinda el cálculo del factor cemento del diseño de mezclas  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.

Paso 7: Para determinar el peso del árido grueso, hacemos referencia al siguiente cuadro:

### Figura 46.

*Peso del árido grueso por unidad de volumen del concreto*

Vólumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volúmen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. (  $b / b_o$  )

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

*Nota.* La información del cuadro se obtiene del Comité ACI-211.

Con base en las pruebas de los agregados, se determina que el Módulo de Finura (MF) es 6.92 y el TMN es de 3/4", obteniendo un peso seco del agregado grueso de 955kg/m<sup>3</sup> conforme los resultados de laboratorio.

Paso 8: Se llevó a cabo la determinación del volumen total de los materiales, dividiendo el peso de los áridos y el cemento entre su densidad respectiva, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 20**

*Resultados del volumen por cada componente del concreto con diseño de  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup>*

**PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)**

C	1.0
A.F	2.12

<b>A.G</b>	2.59
<b>H2o</b>	26.0

*Nota.* Se muestra la proporción en volumen de los materiales por pies cubico.

Paso 9: Para determinar el peso del árido fino, se obtiene multiplicando el volumen de la arena por su densidad, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 21**

*Resultados del peso del árido fino para  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> de diseño*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de árido fino	729 kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se muestran los resultados del peso del agregado fino del diseño de mezclas obtenido de los resultados de laboratorio.

Paso 10: Calcular la configuración en condiciones de sequedad por metro cúbico de concreto.

**Tabla 22**

*Masa de los componentes en estado seco para  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> de diseño*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	368 kg/m <sup>3</sup>
Agua	215 lt/m <sup>3</sup>
Arena	729 kg/m <sup>3</sup>
Piedra	955 kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se muestran los resultados del peso de los componentes del concreto en estado seco.



Paso 11: Para calcular la corrección debida a la humedad, emplearemos la fórmula siguiente:

$$\text{peso seco} = \left( \frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$$

Donde se obtienen los siguientes resultados mostrados en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Corrección del peso de los áridos por humedad para un  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup> de diseño*

Descripción	Cantidad
Árido fino	734.5 kg/m <sup>3</sup>
Árido grueso	959 kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se muestran los resultados del peso de los agregados por humedad del laboratorio, ver Anexo 6.

Paso 12: En cuanto a la contribución de agua a la mezcla, se emplea la siguiente fórmula para calcular la cantidad de absorción de los agregados.

$$\text{peso seco} = \left( \frac{\% \text{ absorción} - \% \text{ humedad}}{100} \right)$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la absorción de los agregados.

**Tabla 24**

*Corrección de los áridos por absorción para un  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup> de diseño*

Descripción	Valor
Árido fino	7.9 lt/m <sup>3</sup>

Árido grueso	2.3 lt/m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>10.2 lt/m<sup>3</sup></b>

*Nota.* Se muestran los resultados de absorción de los agregados obtenido del laboratorio.

Paso 13: Determinar el contenido de agua efectiva implica tomar los datos iniciales del diseño del agua en estado seco y sustraer la cantidad total de agua proveniente de los agregados finos y gruesos. A continuación, se muestran los resultados.

### Tabla 25

*Resultado del cálculo del agua efectiva para un  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> de diseño*

Descripción	Cantidad
Agua efectiva	225.2 lt/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se muestran los resultados del agua efectiva para el diseño de mezclas.

Paso 14: Después de llevar a cabo todas las evaluaciones numéricas, obtenemos la síntesis del diseño de la mezcla destinada al concreto estándar de 1 m<sup>3</sup>.

### Tabla 26

*Resultado de la dosificación del diseño de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> para un 1m<sup>3</sup>*

Descripción	Peso	Proporciones del diseño
Cemento	368 kg/m <sup>3</sup>	1.0
Ag. Fino	735 kg/m <sup>3</sup>	1.99
Ag. Grueso	959 kg/m <sup>3</sup>	2.60
Agua	225 lt/m <sup>3</sup>	26.0

*Nota.* Se muestran los resultados de dosificación del diseño de mezclas para 1m<sup>3</sup> de concreto.

### **Elaboración de la mezcla patrón de $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup> para un volumen de 0.03m<sup>3</sup>.**

Una vez que disponemos del diseño estándar para 1 metro cúbico de concreto con una  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, procedemos a ajustar las proporciones para obtener 0.03 metros cúbicos. Con esta mezcla, elaboramos 12 probetas de dimensiones 4" x 8" y realizamos el ensayo correspondiente para determinar el contenido de aire, teniendo en cuenta un margen de desperdicio.

#### **Tabla 27**

*Dosificación del diseño de la mezcla patrón de  $f_c= 210$ kg/cm<sup>2</sup>*

<b>Materiales</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Und.</b>
Cemento	11.05	kg
Agr. Fino	6.76	kg
Agr. Grueso	22.04	kg
Agua	28.77	lt

*Nota.* Para calcular los pesos, es necesario dividir las cantidades derivadas del diseño de concreto de 1 m<sup>3</sup> entre el volumen de 0.03 m<sup>3</sup> establecido en nuestra especificación de diseño.

Paso 1: Llevamos a cabo la medición del peso de los áridos, el cemento y el agua conforme a las especificaciones de la **Tabla 27**, utilizando instrumentos como una balanza, baldes, cucharón, manguera pala y tara.

Paso 2. Una vez que se cuenta con el peso de los áridos, cemento y agua, se lleva a cabo humedecer la mezcladora con el fin de prevenir que la mezcla se adhiera al interior de esta.

Paso 3. Introducimos la piedra en la mezcladora y procedemos a realizar la mezcla con el 50% del agua durante unos minutos. Luego, se agrega la arena y se continúa con el proceso de mezclado. En una etapa posterior, se incorpora el cemento y el 50% restante del agua. Para prevenir la salida de partículas de cemento del trompo mezclador, se utiliza una tapa circular en la abertura del equipo hasta que la mezcla esté completamente homogénea con los demás componentes.

Paso 4. Después de finalizar el agitado, procedemos a verter la combinación en una carretilla y, empleando una pala, realizamos nuevamente el agitado para asegurar la homogeneidad de la mezcla.

Paso 5. Se realiza la medición de la temperatura ambiente y de la mezcla preparada.

### **Ensayo de concreto en su estado fresco**

#### **Ensayo de asentamiento - Slump**

Realizamos el ensayo de consistencia conocido como Slump, siguiendo las pautas establecidas por la normativa (ASTM 143/ NTP 339.035). Los instrumentos y materiales empleados en esta evaluación son los siguientes:

- Cono de Abrams
- Bandeja metálica
- Varilla metálica de 5/8"
- Cucharón metálico

- Cinta métrica (Wincha)

## Procedimiento

1. Se humedecen las superficies internas del cono.
2. Situamos el cono sobre el recipiente metálico, asegurándonos de que esta esté ubicada en una superficie nivelada.
3. Sujetamos el molde agarrándolo por las aletas con los pies.
4. La mezcla de concreto se vierte en el cono de Abrams en 3 estratos, siendo cada capa equivalente a 1/3 del volumen del cono. Se apisona cada capa con una varilla de 5/8", realizando 25 compactaciones en sentido horario por cada estrato. Al finalizar la última capa, se nivela utilizando la varilla.
5. Los bordes del cono se limpian, eliminando el concreto excedente que pudiera haberse esparcido.
6. Retiramos los soportes de las aletas del cono y lo elevamos gradualmente en posición vertical.
7. Invertimos la posición del cono.
8. Colocamos la varilla sobre el cono para medir el slump del concreto, utilizando una cinta métrica.
9. La mezcla de concreto estándar presentó un asentamiento de 4".

## Figura 47

*Prueba de slump del diseño patrón de  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>*



*Nota.* En la imagen se observa la medición de slump del concreto fresco.

### Contenido de aire en la mezcla de concreto patrón por el método de presión

Para llevar a cabo este análisis, nos adherimos a la normativa NTP-339.080 y ASTM C231-

97. Los elementos necesarios para la realización de este estudio son los siguientes:

- Olla de Washington
- Varilla lisa de 5/8"
- Trapo industrial (Para la eliminación de residuos de concreto derramados alrededor del borde del recipiente de Washington)
- Regla metálica
- Bombín
- Tara
- Martillo de goma

### Procedimiento

1. Iniciamos mojando el interior de la vasija (olla) y la situamos en una superficie nivelada y plana.

2. Luego, vertemos el hormigón en la vasija en tres estratos, compactando cada estrato 25 veces con una varilla lisa de 5/8". Después de la compactación, golpeamos la parte exterior de la olla con un martillo de goma de 10 a 15 veces; este procedimiento se repite para cada estrato de concreto.
3. En la capa final, nivelamos utilizando la regla metálica y eliminamos cualquier exceso en el borde superior de la olla con un paño, asegurándonos de lograr un cierre hermético. Luego, procedemos a colocar la tapa, asegurándonos de que quede asegurada al recipiente mediante las abrazaderas.
4. A continuación, procedemos a cerrar la válvula de aire y abrir la válvula de purga para introducir agua a través de la válvula A hasta que esta fluya por la válvula B. Una vez completado este paso, golpeamos suavemente el recipiente para expulsar cualquier aire que pueda contener.
5. Posteriormente, cerramos una de las válvulas de purga y bombeamos aire hacia la cámara, hasta el momento en que el indicador del medidor de presión retorne a su posición inicial. Tras esperar unos momentos, cerramos ambas válvulas A y B, y abrimos la válvula de aire para tomar la lectura indicada. En el caso específico de la mezcla de concreto patrón que hemos utilizado, el contenido de aire registrado fue del 2%.

### **Dosificación para el diseño de mezcla con inclusión de polvo de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado**

Una vez que se tienen las proporciones establecidas para el diseño de la mezcla patrón con  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, se incorporan tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en cantidades equivalentes al 1.5%, 2.5%, y 5% del peso del cemento.

**Tabla 28**

*Determinación de la cantidad necesaria de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado del peso de cemento para la formulación de una mezcla con resistencia característica de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

Materiales	Diseño patrón	1.5% del	2.5 % del	5% del
		peso del cemento	peso del cemento	peso del cemento
Cemento	11.05 kg	11.05 kg	11.05 kg	11.05 kg
Tiras de aluminio	0 kg	165.8 g	276.3 g	552.6 g
Polvo de fibrocemento reciclado	0 kg	165.8 g	276.3 g	552.6 g

*Nota.* Resumen de la cantidad de materiales necesarios para la elaboración de 0.03 metros cúbicos de concreto, incluyendo la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado.

**Tabla 29**

*Dosificación del concreto patrón y concretos con porcentajes de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado para el diseño de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>*

Materiales	Diseño patrón	% de tiras de aluminio + polvo fibrocemento		
		1.5%	2.5%	5%
Cemento	368 kg	368 kg	368 kg	368 kg
Agregado fino	225 kg	225 kg	225 kg	225 kg
Agregado grueso	735 kg	735 kg	735 kg	735 kg
Agua	959 lt	959 lt	959 lt	959 lt

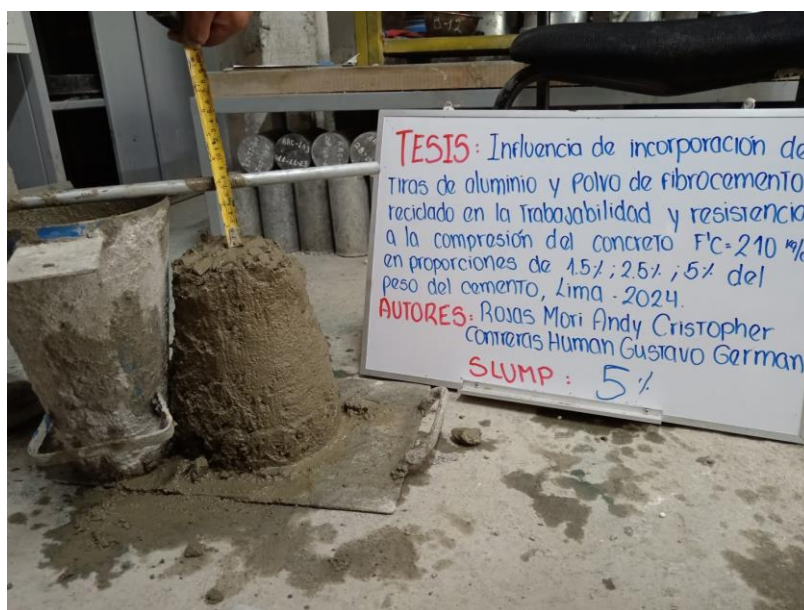


Tiras de aluminio	0.00 kg	5.526 kg	9.21 kg	18.42 kg
Polvo de fibrocemento reciclado	0.00 kg	5.526 kg	9.21 kg	18.42 kg

*Nota.* Resumen de dosificación con los porcentajes de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado para el diseño de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 48**

*Prueba de slump del concreto con adición del 1.5% de tiras de aluminio + 1.5% de polvo fibrocemento del diseño de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>*



*Nota.* La mezcla de concreto con una resistencia nominal de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, a la que se incorporó un 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento, presenta un slump de 4".

### **2.13. Elaboración de probetas cilíndricas de concreto y curado**

Para preparar las muestras de concreto y llevar a cabo el proceso de curado, se ha seguido lo estipulado en la normativa NTP 339.033. Esta reglamentación aborda los pasos esenciales para la fabricación y el tratamiento de cilindros y vigas de hormigón destinados a proyectos de construcción, siendo compactados mediante el uso de varillas o vibraciones. En la ejecución de este procedimiento, se hace necesario contar con los siguientes materiales y equipos:

- Muestra de mezcla de concreto definido
- Moldes de probetas cilíndricas de 4” de diámetro por 8” de ancho
- Varilla de metal
- Martillo de goma
- Barrilejo y cucharón de metal
- Compresora para desmoldar
- Piscina de curado

#### **Procedimiento para el llenado de los moldes**

1. Comenzamos limpiando y lubricando los moldes para prevenir que el concreto se adhiera a ellos. Posteriormente, los situamos sobre una superficie nivelada con el fin de evitar cualquier vibración.

#### **Figura 49**

*Preparación de los moldes para la fabricación de las muestras de concreto*



*Nota.* En la figura se observa los moldes de las probetas para luego aplicar la lubricación a los estas con el fin de prevenir que la mezcla de concreto se adhiera a ellos, facilitando así el proceso de desmoldeo.

2. Después de haber elaborado la mezcla de concreto según el diseño establecido, tanto con cómo sin la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5%, y tras haber medido el slump y el contenido de aire para los diseños con  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, se extrae una cantidad específica de la mezcla que se vierte en los moldes. Utilizando un cucharón, se llena cuidadosamente los bordes para garantizar una distribución uniforme y minimizar la segregación del concreto.
3. El proceso continúa llenando el molde en 3 estratos de igual volumen. Después de cada capa, se compacta con 25 penetraciones de una varilla que tiene una punta semiesférica. Estas penetraciones se distribuyen uniformemente, y con un martillo de goma, se dan ligeramente entre 10 y 15 golpes a los lados de los moldes para liberar burbujas de aire generadas durante la compactación. Este procedimiento se repite para la segunda y tercera capa, siendo la varilla insertada una pulgada (25mm) en la capa anterior. Finalmente, se retira el exceso de la

mezcla con la varilla, y utilizando un barrilejo, se nivela la superficie hasta obtener una superficie lisa. Cada probeta se identifica con los porcentajes específicos de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento para su posterior evaluación.

4. Después de transcurrir un periodo de 24 horas, procedemos a retirar los moldes de las probetas utilizando una compresora de aire. Durante este proceso, identificamos las probetas, distinguiendo aquellas diseñadas con una resistencia característica  $f_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> y las que incorporan un porcentaje de añadido de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado. Posteriormente, llevamos las probetas a la piscina de curado, donde permanecerán durante 7, 14 y 28 días, conforme a los requisitos necesarios para llevar a cabo el ensayo de resistencia a la compresión.

### Figura 50

*Especímenes de concreto*



*Nota.* En la imagen se observa las probetas de concreto, para luego utilizando una compresora de aire, se lleva a cabo el desmoldeo de las probetas.

### Figura 51

*Identificación de los especímenes de concreto y del tanque de curado.*



*Nota.* Las probetas son categorizadas de acuerdo con su diseño y fecha correspondiente, con el fin de sumergirlas en la piscina de curado.

## 2.14. Procedimiento del desarrollo de los objetivos específicos

### Objetivo específico 1

Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad del concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Este análisis se emplea en el concreto con el propósito de medir su cohesión, o, dicho de otra manera, determinar el nivel de humedad presente en la mezcla.

- Probetas de concreto con una resistencia característica de  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, que incluyan una muestra de referencia y variantes con adiciones del 1.5%, 2.5% y

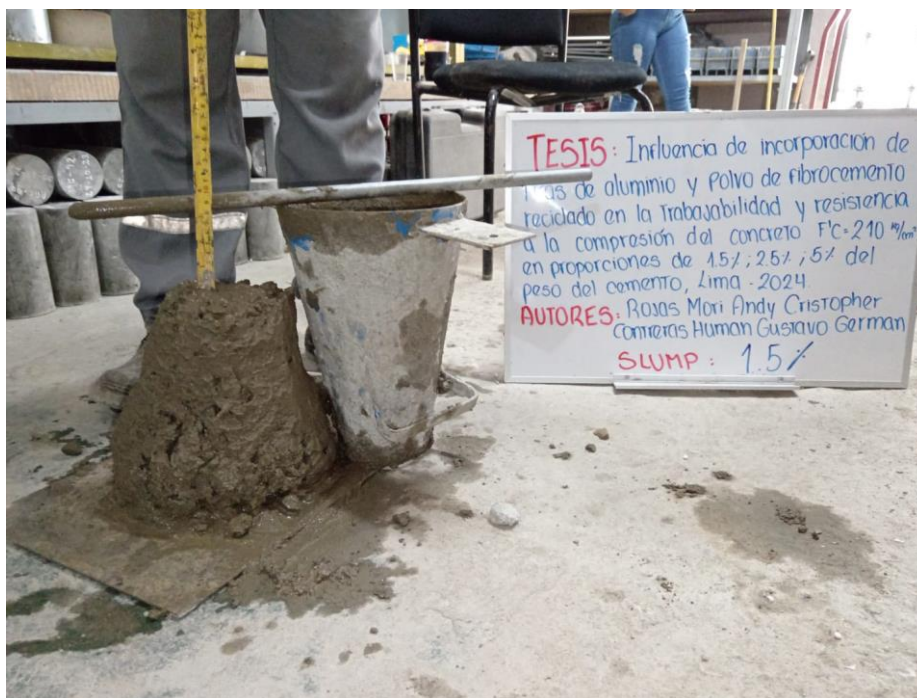
5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en cada nivel de resistencia. Para ello se utilizaron los siguientes equipos y herramientas:

- Molde
  - Barra compactadora
  - Regla de medida
  - Cucharón
1. Se procede a humedecer el molde antes de colocarlo en una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente; en esta instancia, se emplea una base metálica. Para asegurar su fijación, se presionan las aletas ubicadas en la zona de mayor diámetro.
  2. Una muestra representativa del concreto fresco se obtiene directamente de la mezcladora estacionaria, extrayéndola del centro a una profundidad que garantiza la homogeneidad y humedad del material.
  3. El llenado del molde se realiza en tres capas, vertiendo el concreto alrededor del perímetro en cada ocasión. Cada capa se compacta con 25 pasadas uniformes de una varilla a lo largo de toda la sección. Cada capa debe representar aproximadamente un tercio del volumen interior del molde. Se procura que cada inserción de la varilla alcance el fondo del molde en la primera capa y penetre aproximadamente 1 pulgada en la capa anterior a partir de la segunda capa. Se mantiene el perímetro del molde limpio.
  4. En la última capa, se excede la capacidad del molde, permitiendo que luego pueda nivelarse con la varilla utilizada en el paso anterior.

5. Para ajustar el molde lleno contra la superficie, se colocan las manos en las alas superiores, se levanta verticalmente el molde unos 300 mm en un tiempo de 5 a 7 segundos, evitando movimientos laterales o torsionales y retirando los pies de las aletas inferiores.
6. Inmediatamente después, se toma la medida de la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

### Figura 52

#### *Prueba de slump a las probetas de concreto*



*Nota.* Se muestra el slump de las probetas de concreto.

### Objetivo específico 2

Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

### Procedimiento del objetivo

El proceso para llevar a cabo los ensayos en los especímenes de concreto está detallado en la norma NTP 339.034, la cual establece las pautas para evaluar la resistencia a la compresión. Este análisis permite conocer la capacidad de carga que puede soportar la estructura por unidad de área, expresando los resultados en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y, en determinadas situaciones, en libras por pulgada cuadrada. Se puede concluir que este ensayo se emplea como un punto de referencia para el control de calidad del concreto, con el propósito de comprobar si el material cumple con la resistencia predefinida, en esta situación, para concretos con valores de  $f'_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Para esta prueba se necesitan los siguientes equipos:

- Las probetas de concreto con resistencia característica  $f'_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> fueron sometidas a períodos de curado de 7, 14 y 28 días. Durante este proceso, se incluyeron variaciones en las muestras, que abarcaron desde el patrón convencional hasta la adición de tiras de aluminio y polvo reciclado en proporciones del 1.5%, 2.5% y 5%.
- Wincha
- Prensa hidráulica

#### **Procedimiento para evaluar la resistencia a compresión del concreto:**

1. Se extraen las probetas de la piscina de curado, siendo necesario para la prueba un total de 48 probetas curadas a intervalos de 7, 14 y 28 días. Este requisito aplica para cada diseño de concreto con resistencia  $f'_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, ya sea la muestra estándar o aquellas con la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento en proporciones del 1.5%, 2.5% y 5%.



**Figura 53**

*Probetas de concreto curadas a los 7, 14 y 28 días*



*Nota.* Se muestran las probetas de concreto que serán sometidas a la prensa hidráulica a los 7, 14 y 28 días de curado.

2. Las muestras de concreto se protegen con discos de acero en la parte inferior y superior para lograr una distribución uniforme de la carga. Posteriormente, son posicionadas en el centro de la máquina para su posterior fractura.

**Figura 54**

*Especimen colocado en la prensa hidráulica*



*Nota.* La probeta se ubica en la máquina de ruptura, recomendándose la asistencia de personal experto en su operación para prevenir posibles accidentes. La información proviene de la fuente original.

3. Después, se lleva a cabo la prueba de carga a compresión, continuando hasta que la muestra se fracture, momento en el cual se registra la información observada.

### **Figura 55**

*Rotura de especímenes debido a la prueba de compresión*



*Nota.* En la imagen se pueden apreciar las probetas después de haber sido sometidas a la prueba de  $f_c$  en la máquina universal.

### **Objetivo específico 3**

Evaluar si aumentando la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logra mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto.

### **Procedimiento del objetivo**

Con el fin de alcanzar este propósito, es necesario contar con los materiales y equipos siguientes para llevar a cabo el procedimiento correspondiente.

#### 1. Elaboración de probetas:

Antes de llevar a cabo la prueba, es necesario confeccionar probetas cilíndricas que sean representativas del concreto utilizado en la construcción. Estas probetas se fabrican conforme a estándares específicos, y sus dimensiones y propiedades deben cumplir con las normativas correspondientes.

#### 2. Instalación en la máquina universal:

Las probetas preparadas se disponen con precaución en la máquina universal de ensayos de compresión. Esta máquina aplica gradualmente fuerzas crecientes sobre la probeta hasta que se produce su fractura.

#### 3. Registro de datos:

Durante el ensayo, se registran datos relevantes, como la carga aplicada y la deformación experimentada por la probeta. Estos datos resultan esenciales para el análisis subsiguiente de la resistencia del concreto.

#### 4. Observación de la ruptura:

Conforme se aplica la carga, se observa la fractura de la probeta. El tipo de falla puede clasificarse en tres categorías principales: compresión, tracción o corte. La compresión se caracteriza por una ruptura abrupta y sin fisuras notables. La tracción exhibe un desarrollo de fisuras verticales, mientras que la rotura por corte implica una separación a lo largo de una superficie diagonal.

#### 5. Análisis de los resultados:

Posterior al ensayo, se lleva a cabo un análisis detallado de los resultados obtenidos. Esto incluye la evaluación de la carga máxima soportada, la deformación asociada y, de manera crucial, la identificación del tipo de fractura ocurrido. Este análisis proporciona información valiosa sobre la resistencia y calidad del concreto utilizado.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos durante la investigación que evaluó los efectos de la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en el concreto de resistencia nominal  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, variando las proporciones en 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento. Estos aditivos fueron seleccionados con la finalidad de mejorar tanto la trabajabilidad como la resistencia a la compresión del concreto, contribuyendo así a la innovación y sostenibilidad en la industria de la construcción.

### 3.1 Resultados obtenidos por cada objetivo

#### Resultado del objetivo específico 1

OE1: Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- Diseño de mezclas para el concreto patrón y ensayo de asentamiento.

A) Cantidad de materiales (30 Lt.)

#### Tabla 30

*Cantidad de materiales para elaboración del concreto de 0.03m<sup>3</sup>.*

CANTIDAD DE MATERIALES (30 lts.)		
CEMENTO	11.05	Kg
AGUA	6.76	Lts
AGREGADO FINO	22.04	Kg
AGREGADO GRUESO	28.77	Kg

*Nota.* En la tabla se muestra la dosificación de los componentes para el diseño de mezclas del concreto patrón de 0.03m<sup>3</sup>. Elaboración propia.

B) Ensayo de asentamiento para el concreto patrón.

**Tabla 31**

*Asentamiento del concreto patrón*

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG
PATRÓN	4	4

*Nota.* En la tabla se muestra que el asentamiento promedio del concreto patrón es de 4 pulgadas. Elaboración propia.

- Diseño de mezclas para el concreto con adición de 1.5% de incorporación de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado respecto al peso del cemento.

A) Cantidad de materiales (30 lt.)

**Tabla 32**

*Cantidad de materiales para elaboración del concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado*

Cantidad de Materiales (30 Lt.)		
Cemento	11.05179	Kg
Agua	6.75513405	Lts
Agregado Fino	22.0353349	Kg
Agregado Grueso	28.7685968	Kg
Tiras De Aluminio (1.5% del Peso del Cemento)	165.77685	g
Polvo Fibrocemento Reciclado (1.5% del Peso Del Cemento)	165.77685	g

*Nota.* En la tabla se muestra la dosificación de los materiales para el diseño de mezclas.

Elaboración propia.

B) Ensayo de asentamiento

**Tabla 33**

*Ensayo de slump del concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado*

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	3 1/4	3 1/4

*Nota.* En la tabla se muestra que el slump del concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado es de 3 1/4 pulgadas. Elaboración propia.

- Diseño de mezclas para el concreto con adición de 2.5% de incorporación de tiras de aluminio y 2.5 % de polvo de fibrocemento reciclado con respecto al peso del cemento.

A) Cantidad de materiales (30 lt.)

**Tabla 34**

*Cantidad de material para el concreto con adición de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado*

CANTIDAD DE MATERIALES (30 lt.)		
CEMENTO	11.05179	Kg

AGUA	6.75513405	Lts
AGREGADO FINO	22.0353349	Kg
AGREGADO GRUESO	28.7685968	Kg
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)	276.29475	g
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)	276.29475	g

*Nota.* En la tabla se muestra la dosificación del concreto con adición de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado para el diseño de mezclas. Elaboración propia.

B) Ensayo de asentamiento

### Tabla 35

*Ensayo de asentamiento del concreto con inclusión de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado*

#### ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO

MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	3	3

*Nota.* En la tabla se muestra que el slump del concreto con adición de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado es de 3 pulgadas. Elaboración propia.

- Diseño de mezclas para el concreto con adición de 5% de incorporación de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado con respecto al peso del cemento.

A) Cantidad de materiales (30 lt.)



**Tabla 36**

*Dosificación del concreto con inclusión de 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado*

<b>CANTIDAD DE MATERIALES (30 lt.)</b>		
CEMENTO	11.05179	Kg
AGUA	6.75513405	Lts
AGREGADO FINO	22.0353349	Kg
AGREGADO GRUESO	28.7685968	Kg
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)	552.5895	g
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)	552.5895	g

*Nota.* En la tabla se muestra la dosificación del concreto con adición de 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado para el diseño de mezclas del concreto.

Elaboración propia.

B) Ensayo de asentamiento

**Tabla 37**

*Ensayo de slump del concreto con incorporación de 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado*

<b>ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO</b>		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	2 1/2	2 1/2

*Nota.* En la tabla se muestra que el slump del concreto con adición de 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado es de 2 1/2 pulgadas. Elaboración propia.

## **Resultado del objetivo específico 2**

OE2: Determinar el impacto de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la resistencia a compresión del concreto  $f'_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

- Resistencia a compresión a los 7 días

### **Tabla 38**

*Resistencia a compresión del concreto a los 7 días*

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	L/D	ÁREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C (L/D)	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14112.6	3	1.00	179.7	210	85.6
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	13225.5	3	1.00	168.4	210	80.2
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14357.4	3	1.00	182.8	210	87.0
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14000.5	2	1.00	178.3	210	84.9
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	13888.3	3	1.00	176.8	210	84.2
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14734.7	3	1.00	187.6	210	89.3

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14000.5	3	1.00	178.3	210	84.9
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	13990.3	2	1.00	178.1	210	84.8
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14245.2	2	1.00	181.4	210	86.4
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	15275.1	2	1.00	194.5	210	92.6
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14806.0	3	1.00	188.5	210	89.8

2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14520.5	3	1.00	184.9	210	88.0
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14897.8	3	1.00	189.7	210	90.3
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14061.7	3	1.00	179.0	210	85.3
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14704.1	3	1.00	187.2	210	89.2
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14551.1	3	1.00	185.3	210	88.2

*Nota.* En el cuadro se muestran las resistencias a compresión del concreto a los 7 días. Creación propia.

Se puede observar que la  $f_c$  promedio del concreto patrón a los 7 días es 177.3 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado se obtiene 180.2 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto modificado con 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento obtuvo 187.3 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente el concreto que fue adicionado con el 5% de mencionados materiales, alcanzó 185.3 kg/cm<sup>2</sup>.

- Resistencia a compresión a los 14 días

**Tabla 39**

*Resistencia a compresión del concreto a los 14 días*

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	L/D	ÁREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C (L/D)	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17069.8	3	1.00	217.3	210	103.5
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	16784.3	3	1.00	213.7	210	101.8
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17355.3	3	1.00	221.0	210	105.2
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	16386.6	3	1.00	208.6	210	99.4

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17222.7	3	1.00	219.3	210	104.4
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17080.0	3	1.00	217.5	210	103.6
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17477.7	3	1.00	222.5	210	106.0
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17722.4	2	1.00	225.6	210	107.5
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	18742.1	3	1.00	238.6	210	113.6

2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17916.1	3	1.00	228.1	210	108.6
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17661.2	3	1.00	224.9	210	107.1
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	18334.2	2	1.00	233.4	210	111.2
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17722.4	3	1.00	225.6	210	107.5
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17161.6	3	1.00	218.5	210	104.1



5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17916.1	3	1.00	228.1	210	108.6
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	18089.5	3	1.00	230.3	210	109.7

*Nota.* En el cuadro se muestran las resistencias a compresión del concreto a los 14 días. Creación propia.

Se puede visualizar que la  $f'_c$  promedio del concreto patrón a los 14 días es 215.2 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con adición de 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado se obtiene 221.2 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto modificado con 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento obtuvo 231.3 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente el concreto que fue adicionado con el 5% de mencionados materiales, alcanzó 225.6 kg/cm<sup>2</sup>.

- Resistencia a compresión a los 28 días

#### **Tabla 40**

*F'c del concreto a los 28 días*

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	L/D	ÁREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C (L/D)	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
PATRÓN	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	19619.0	3	1.00	249.8	210	119.0
PATRÓN	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	19384.5	3	1.00	246.8	210	117.5
PATRÓN	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	19741.4	3	1.00	251.4	210	119.7
PATRÓN	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	20057.5	3	1.00	255.4	210	121.6
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	20781.5	3	1.00	264.6	210	126.0
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	20975.2	3	1.00	267.1	210	127.2

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	20312.4	2	1.00	258.6	210	123.2
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	21097.6	2	1.00	268.6	210	127.9
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	21801.2	3	1.00	277.6	210	132.2
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	21026.2	2	1.00	267.7	210	127.5
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	21709.4	3	1.00	276.4	210	131.6

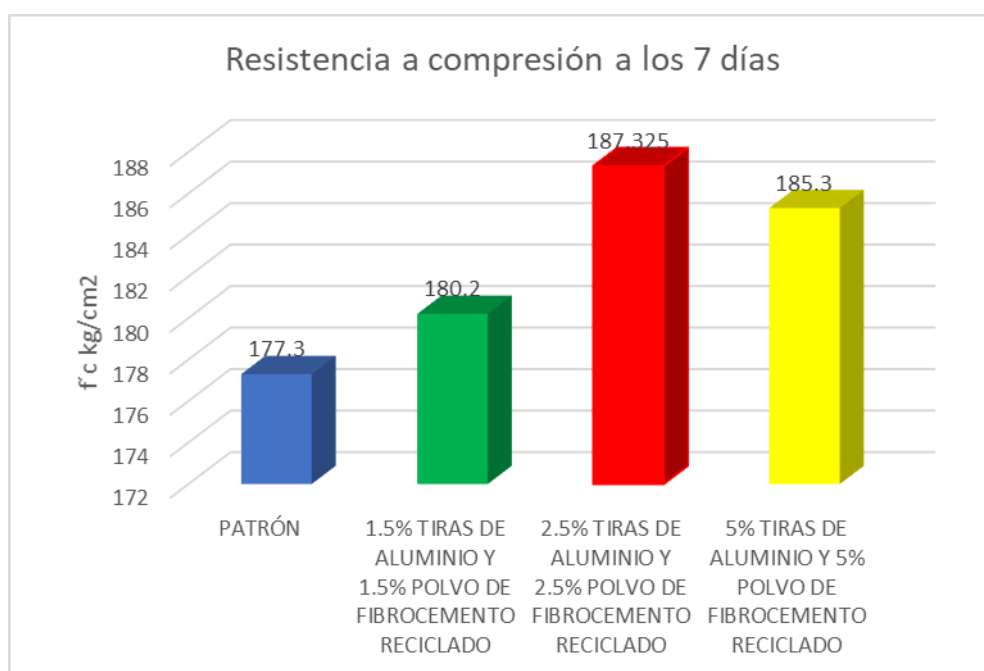
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	20679.5	3	1.00	263.3	210	125.4
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	18446.4	3	1.00	234.9	210	111.8
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	18844.1	3	1.00	239.9	210	114.3
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	19221.3	3	1.00	244.7	210	116.5
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	08/01/2024	28	2.0	78.5	18925.6	3	1.00	241.0	210	114.7

*Nota.* En el cuadro se muestran las resistencias a compresión del concreto a los 28 días. Creación propia.

Se observa que el concreto patrón se obtiene una  $f_c$  promedio a los 28 días de 250.8 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con inclusión de 1.5% tiras de aluminio y 1.5% polvo de fibrocemento reciclado se obtiene el 264.7 kg/cm<sup>2</sup>, y con inclusión de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado se obtiene el 271.3 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto con adición del 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado obtuvo el 240.1 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 56**

*Resistencia a compresión a los 7 días de las probetas de concreto*



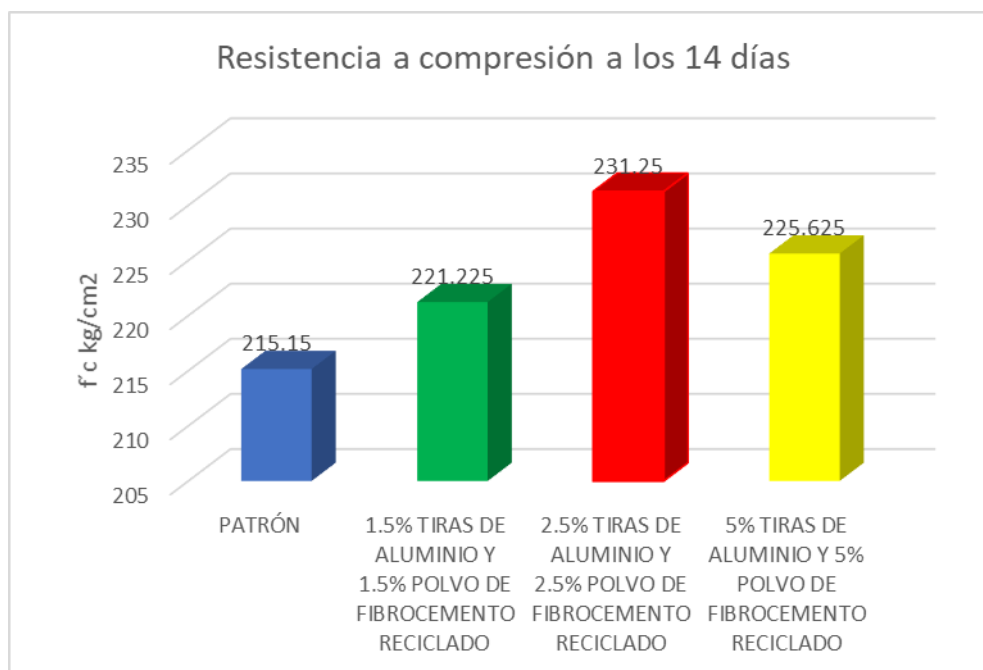
*Nota.* En la gráfica muestran las resistencias a compresión del concreto a los 7 días. Creación propia.

Se observa que la resistencia a la compresión del concreto, al incorporar un 2.5% de tiras de aluminio y un 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado, alcanza los 187.32 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días. Por otro lado, al añadir un 5% de estos materiales, la resistencia es de 185.3

kg/cm<sup>2</sup>. Estos concretos muestran una  $f_c$  superior en comparación con los demás diseños de mezcla.

**Figura 57**

*Resistencia a compresión a los 14 días de las probetas de concreto*

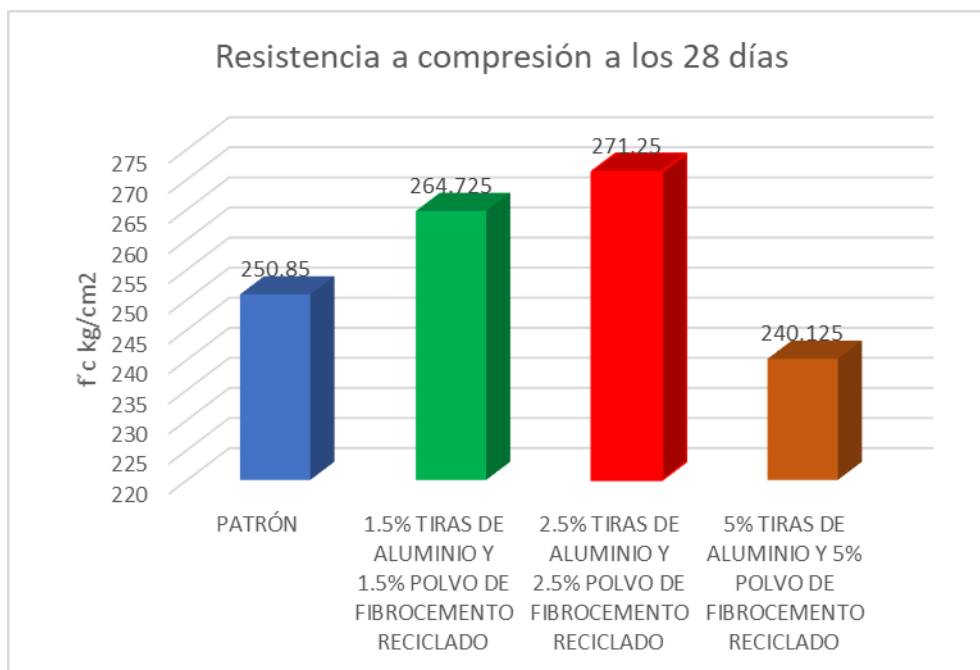


*Nota.* En la gráfica muestran las resistencias a compresión del concreto a los 14 días.  
Creación propia.

Se observa que el concreto con adición de 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado presenta una  $f_c$  a los 14 días de 231.25 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto con adición del 5% de los materiales antes mencionados, se obtiene 225.63 kg/cm<sup>2</sup>, siendo los concretos con mayor resistencia a compresión, a comparación de los demás diseños de mezcla.

**Figura 58**

*Resistencia a compresión a los 28 días de las probetas de concreto*



*Nota.* En la gráfica muestran las resistencias a compresión del concreto a los 28 días. Creación propia.

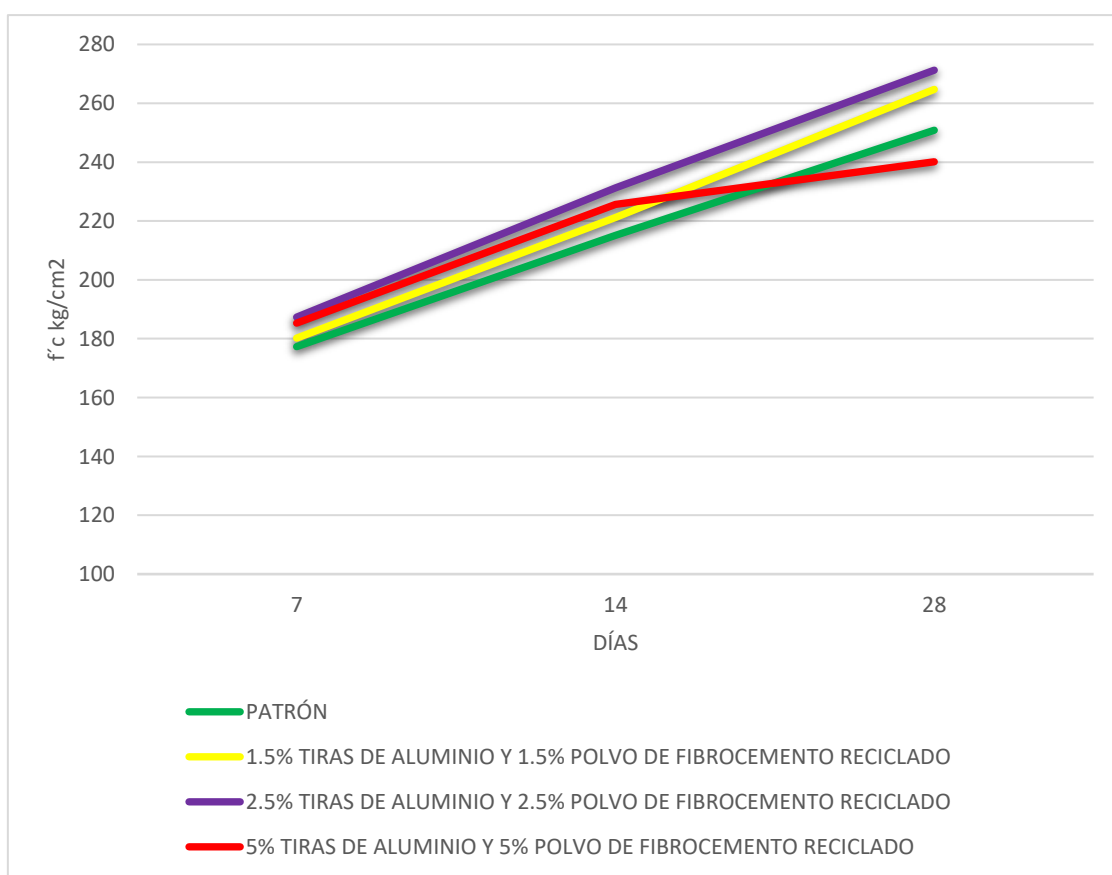
La  $f'_c$  de diseño del concreto convencional se establece en  $210 \text{ kg/cm}^2$ . En las pruebas de ruptura de las probetas de concreto a los 28 días, se observa que la resistencia a la compresión supera  $40.85 \text{ kg/cm}^2$  de la resistencia característica  $f'_c$  establecida en el diseño.

En el caso del concreto modificado con adiciones del 1.5%, 2.5%, y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, se registraron notables incrementos en la  $f'_c$  a los 28 días. Específicamente, se observaron aumentos de  $54.725 \text{ kg/cm}^2$ ,  $61.25 \text{ kg/cm}^2$  y  $30.125 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, en comparación con la resistencia de diseño inicial de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Estos resultados indican una mejora significativa en la resistencia a compresión del

concreto con la incorporación de estas adiciones, destacando su potencial para superar las expectativas de resistencia previamente establecidas.

**Figura 59.**

*Comparación de  $f'c$  del concreto patrón y con inclusión de 1.5%, 2.5% y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.*



*Nota.* En la gráfica muestran las resistencias a compresión de los especímenes de concreto a los 7, 14 y 28 días. Elaboración propia.

En la Figura 58, se presentan los resultados de la  $f'c$  promedio (expresada en kg/cm<sup>2</sup>) de las probetas de concreto diseñadas con  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> y con la incorporación de 1.5%,



2.5% y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, evaluadas a los 7, 14 y 28 días. La observación visual revela que la resistencia a los 28 días del diseño con un 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento es menor que la muestra estándar en el mismo período, aunque supera la resistencia requerida del diseño  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto al diseño con 2.5% y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, ambas muestras presentan valores superiores al concreto estándar con diseño necesario de  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

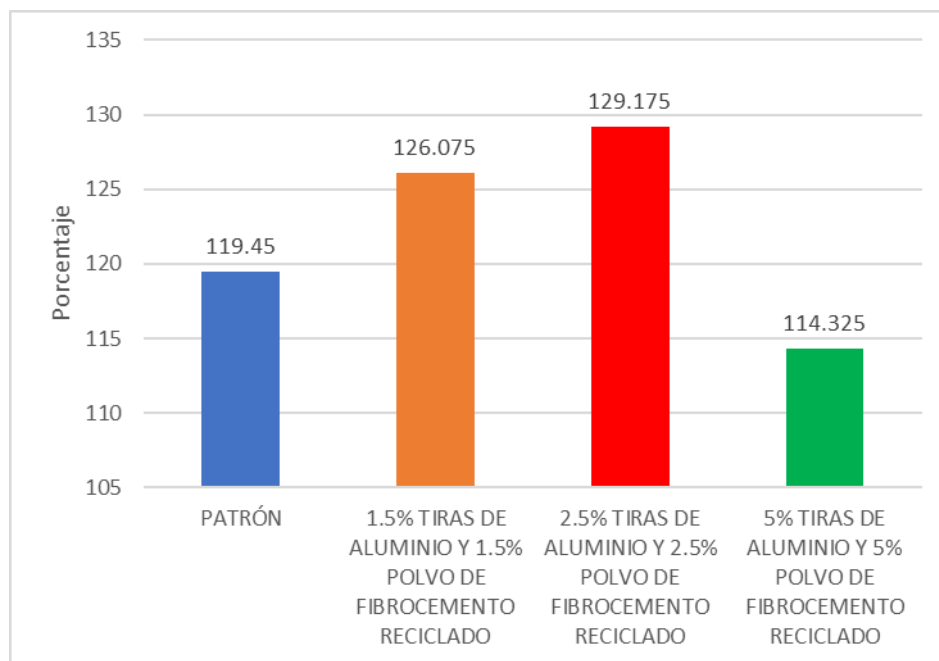
### **Resultado del objetivo específico 3**

OE3: Evaluar si aumentando la proporción de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado se logra mejorar la eficacia de las propiedades mecánicas del concreto.

Se observó un incremento en la  $f'_c$  en las mezclas que contenían una proporción óptima de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado.

**Figura 60.**

*Resistencia a compresión de los concretos a los 28 días*



*Nota.* En la gráfica muestran las resistencias a compresión del concreto en porcentaje a los 28 días. Elaboración propia.

La resistencia a la compresión de los concretos con una resistencia característica de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  revela mejoras notables al incorporar tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en proporciones del 1.5% y 2.5%. Estas adiciones demuestran avances significativos en las propiedades mecánicas del concreto, logrando resultados que superan la resistencia de diseño inicial y oscilan entre el 114.325% y el 129.75% respecto al porcentaje del  $f_c$  de diseño.

La opción más efectiva para mejorar las propiedades mecánicas del concreto es la adición del 2.5% de tiras de aluminio como de polvo de fibrocemento reciclado, ya que supera la resistencia de diseño en un 29.175%.

Según los resultados obtenidos, al incorporar un rango del 1.5% al 2.5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, la  $f_c$  experimenta un aumento gradual, variando del 26.075% al 29.175% en comparación con la resistencia de diseño  $f_c$ . Sin embargo, al aumentar la proporción al intervalo del 2.5% al 5%, se observa una disminución en la resistencia, oscilando entre el 29.175% y el 14.325%, a pesar de que aún supera la resistencia de diseño. Es importante destacar que al exceder el 5% de adición de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, la resistencia disminuirá en comparación con la resistencia de diseño  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Limitaciones

Las restricciones identificadas durante el desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

- La obtención del polvo de fibrocemento reciclado se lleva a cabo mediante cortes de planchas de fibrocemento. La adquisición de este tipo de polvo, en cantidades considerables, presenta el desafío de contener numerosas impurezas, por lo que es necesario realizar un proceso de tamizado para purificarlo. El material recolectado proviene de la obra "Ejecución de obra: creación de la base operativa Labarthe de la Gerencia de Servicios Norte de Sedapal, en el Distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao". Durante la ejecución constante de cortes en estas planchas, se genera un residuo conocido como polvo de fibrocemento reciclado, el cual ha sido empleado en nuestra investigación.

Es importante destacar que la recolección de este material ha sido exhaustiva, acumulando un total de 15 kg durante el desarrollo de la investigación. Este polvo, obtenido a partir de un proceso controlado y de calidad, se ha integrado de manera significativa en nuestra tesis, contribuyendo a la evaluación y mejora de las propiedades del concreto.

### 4.2. Discusión

#### Discusión 1

Para Quille y Vilca (2022), en su investigación titulada "Influencia de las virutas de aluminio en las propiedades físico – mecánicas en el concreto  $F'_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> Juliaca,

Puno 2022” mencionan que el concreto convencional, con una  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, registró un asentamiento de 8.26 cm. No obstante, al incorporar virutas de aluminio en proporciones del 0.5%, 1%, y 1.5%, los niveles de asentamiento experimentaron reducciones significativas, alcanzando valores de 7.11 cm, 3.81 cm y 2.82 cm, respectivamente. En nuestro trabajo de investigación, el asentamiento medio del concreto convencional se sitúa en 4 pulgadas. En contraste, el concreto modificado con una adición del 1.5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado exhibe un asentamiento de 3 1/4 pulgadas. Para la mezcla con una adición del 2.5%, el asentamiento se reduce a 3 pulgadas, y para la variante con una adición del 5%, el asentamiento disminuye aún más, alcanzando las 2 1/2 pulgadas.

## Discusión 2

Para Bustamante y Vásquez (2022), en su tesis titulada “Diseño de concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de aluminio molido para mejorar la resistencia a compresión Moyobamba, 2022”, mencionan que se logró establecer el diseño del concreto con una resistencia característica  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, incorporando aluminio molido en proporciones del 3%, 5%, y 10% con el fin de mejorar la resistencia a la compresión. El diseño óptimo se determinó al utilizar un 3% de incorporación de aluminio molido en lugar del agregado fino, logrando una resistencia de 236.01 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Esta resistencia resulta superior tanto a las muestras estándar como a aquellas con un 5% y 10% de incorporación de aluminio, respectivamente. En nuestra investigación, se exponen los resultados de la  $f_c$  promedio (expresada en kg/cm<sup>2</sup>) de las probetas elaboradas con una resistencia característica  $f_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, incorporando 1.5%, 2.5%, y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, evaluadas a intervalos de 7, 14 y 28 días. A través de la observación visual, se evidencia que, a los 28 días, la resistencia del diseño que incluye un 5% de tiras

de aluminio y polvo de fibrocemento es inferior a la muestra estándar en el mismo periodo, aunque supera la resistencia requerida del diseño  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>. En relación con los diseños que contienen 2.5% y 5% de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado, ambas muestras exhiben valores superiores tanto a la muestra estándar como al diseño necesario de  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Discusión 3**

Según el estudio titulado “Polvo de aluminio fundido para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto ligero” de Mendez & Vargas (2021), los resultados de su investigación señalan que los porcentajes óptimos para la mezcla de concreto incluyen la adición de 0.05% a 0.25% de polvo de aluminio fundido, logrando resistencias a la compresión superiores a la especificada  $f'c$ . En nuestro estudio, hemos identificado que la opción más efectiva para mejorar las propiedades mecánicas del concreto es incorporar entre el 1.5% y el 2.5% de tiras de aluminio, así como polvo de fibrocemento reciclado. Esta combinación supera la resistencia de diseño, demostrando ser una estrategia eficaz para optimizar las características del material.

### **4.3. Conclusiones**

#### **Conclusión 1**

Tras realizar los ensayos a través de la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en diversas dosificaciones en la mezcla de concreto, se ha determinado que este proceso impacta significativamente en el comportamiento del asentamiento, especialmente en concretos con una resistencia especificada de  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>. El asentamiento promedio del concreto estándar se establece en 4 pulgadas.

En el caso del concreto adicionado con un 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado, observamos un asentamiento reducido a 3 1/4 pulgadas. Para la mezcla que se incorpora un 2.5% de dichos materiales, el asentamiento disminuye aún más, alcanzando las 3 pulgadas. Finalmente, al agregar un 5% de tiras de aluminio y 5% de polvo de fibrocemento reciclado, logramos un notable asentamiento de 2 1/2 pulgadas.

Estos resultados evidencian de manera concluyente que la inclusión de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en proporciones específicas no solo modifica el comportamiento del asentamiento, sino que también ofrece oportunidades para adaptar las propiedades del concreto de acuerdo con los requisitos establecidos en un proyecto de construcción.

## **Conclusión 2**

En consecuencia, de los ensayos realizados mediante la incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en diversas dosificaciones a la mezcla de concreto, se analizó su impacto en la resistencia a compresión en concretos de  $f'_c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados revelan que la resistencia a compresión promedio del concreto estándar a los 7 días es de 177.3 kg/cm<sup>2</sup>. En contraste, el concreto enriquecido con un 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado alcanza 180.2 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la modificación con un 2.5% de mencionados materiales en el peso del cemento logra 187.3 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, el concreto adicionado con un 5% de estos materiales obtuvo una resistencia a la compresión de 185.3 kg/cm<sup>2</sup>.

A los 14 días, la resistencia a compresión promedio del concreto patrón aumenta a 215.2 kg/cm<sup>2</sup>. En paralelo, el concreto con la adición del 1.5% de tiras de aluminio y 1.5%

de polvo de fibrocemento reciclado logra 221.2 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la variante con un 2.5% alcanza 231.3 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto modificado con un 5% de estos materiales logra una  $f_c$  de 225.6 kg/cm<sup>2</sup>.

Finalmente, a los 28 días, el concreto patrón exhibe una  $f_c$  promedio de 250.8 kg/cm<sup>2</sup>. En comparación, el concreto enriquecido con un 1.5% de tiras de aluminio y 1.5% de polvo de fibrocemento reciclado alcanza los 264.7 kg/cm<sup>2</sup>. La variante con la adición del 2.5% de tiras de aluminio y 2.5% de polvo de fibrocemento reciclado logra 271.3 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mezcla con un 5% de estos materiales alcanza una resistencia de 240.1 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados indican claramente la influencia positiva de la combinación específica de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la mejora de la resistencia a compresión del concreto en diferentes periodos de curado.

### **Conclusión 3**

A partir de los ensayos llevados a cabo, en los cuales se incorporaron tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en proporciones que oscilan entre el 1.5% y el 2.5% en la mezcla de concreto, se concluyó que este rango representa el porcentaje óptimo para mejorar las propiedades mecánicas de concretos con una resistencia característica de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados de los ensayos de resistencia indican mejoras notables cuando se introducen tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en proporciones del 1.5% al 2.5%, superando la resistencia de diseño inicial en un rango entre el 114.325% y el 129.75%.

La opción más efectiva para potenciar las propiedades mecánicas del concreto se identificó al adicionar un rango que va desde el 1.5% hasta el 2.5% de tiras de aluminio y



polvo de fibrocemento reciclado genera un incremento gradual en la resistencia, variando del 26.075% al 29.175% en comparación con la resistencia de diseño  $f'_c$ . Sin embargo, al aumentar la proporción al intervalo del 2.5% al 5%, se observa una disminución en la resistencia, oscilando entre el 29.175% y el 14.325%, aunque aún supera la resistencia de diseño establecida. Estos hallazgos destacan la importancia de cuidadosamente seleccionar las proporciones de adición para optimizar las propiedades mecánicas del concreto.

## Referencias

- Arias Gonzáles, J. L. (2021). Diseño y metodología de la investigación (ENFOQUES C, Vol. 01).
- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T., & Vasquez, M. (2022). Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis. In Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>
- Bazán Huayna, L. E., & Ruiz López, D. F. (2020). “Influencia de las fibras de celulosa en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Villa el Salvador - 2020.” Universidad César Vallejo, 1–123.
- Bustamante Alvarez, D., & Vásquez Medina, L. A. (2022). Diseño de concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de aluminio molido para mejorar la resistencia a compresión Moyobamba, 2022. Repositorio Institucional - UCV, 1–139.
- Cabrera Chirinos, D. R., & Mayo Sanchez, M. B. (2020). Incidencia de adición de partículas de aluminio en las propiedades físico-mecánicas del concreto Lima 2021. Universidad Andina Del Cusco, 1–143.
- Camayo Chavarría, E. A., & Iberico Barrera, V. F. (2022). Fibras celulósicas para mejorar las propiedades físico – mecánicas del hormigón. Universidad Ricardo Palma, 1–182. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/5684/T030\\_74659259\\_T\\_IBERICO\\_BARRERA\\_VIVIAN\\_FIORELLA.pdf?sequence=1](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/5684/T030_74659259_T_IBERICO_BARRERA_VIVIAN_FIORELLA.pdf?sequence=1)
- Cango Cunyarache, A. E., & Saca Sanchez, S. (2023). “Influencia de la adición de polvo de capilaridad y el efecto de eflorescencia en el concreto  $f'c = 210$  y  $280$  kg / cm<sup>2</sup> en proporciones de 1 %, 2 . 5 % y 5 % del peso del cemento , Lima , 2022 ” Tesis para optar al título profesional de : Ingeniera Civil.
- CEMEX. (2019). CEMEX. Obtenido de CEMENTO: <https://www.cemex.com.pe/productos/cemento>
- Cerdán Ramos, H. M. (2023). “Influencia de la adición de viruta de aluminio en la resistencia mecánica de un concreto de  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en la Ciudad de Cajamarca.” Universidad Nacional de Cajamarca, 1–139.

- Cornejo Carnero, K. A., & Jimenez Abad, E. J. (2023). Efecto del uso de fibra de aluminio reciclado en las propiedades mecánicas de un pavimento rígido - Piura 2022. Universidad Cesar Vallejo, 1–94.
- Esquinas Herrera, Á. (2019). El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo. Universitat Politècnica de València, 136. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/126350/Esquinas - El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/126350/Esquinas_-_El_fibrocemento_como_recurso_material_al_diseño_de_productos_de_uso_colectivo.pdf?sequence=1)
- Ferreira Cuellar, D. A., & Torres López, K. milena. (2014). Caracterización física de agregados pétreos para concretos caso: vista hermosa (Mosquera) y mina cemex (Apulo). <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/e8d6bda2-03d1-4cd4-9219-bf9b03d42592/content>
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. In Portland Cement Association: Vol. Primera Ed.
- Matallana Rodríguez, R. (2019). El concreto Fundamentos y nevas tecnologías.
- MENDEZ LINO, J. B., & VARGAS RAMÍREZ, J. L. (2021). Polvo de aluminio fundido para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto ligero. Universidad Ricardo Palma, 1–119.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2019). Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. DS 010-2009-Vivienda, 201. [http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO](http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO)
- Norma Técnica Peruana NTP 339.035. (2015). Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. 14.
- Olivo Huerta, E. J., & Paucar Meza, E. M. (2023). La influencia de fibra de aluminio reciclado en el concreto  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con agregado de la cantera de Tacllán, Huaraz 2022. In Universidad Andina del Cusco.

- Pablo García, M., & Ortiz Mandujano, C. R. (2020). “Efecto de la incorporación de celulosa del papel bond reciclado en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Lima – 2020”. Universidad Cesar Vallejo, 1–156.
- Patiño Madueño, L. G. (2021). Evaluación comparativa de las propiedades físico - mecánicas y de conductividad térmica entre placas de fibrocemento y placas de fibrocemento adicionado con fibras de envases tetrabrik, fibras de aluminio y fibras de polietileno. 1–230.
- Quille Mamani, M. E., & Vilca Noa, M. A. (2022). Influencia de las virutas de aluminio en las propiedades físico – mecánicas en el concreto  $F'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> Juliaca, Puno 2022. Universidad Cesar Vallejo, 1–283.
- Rodríguez Ríos, D. A. (2021). Estudio Del Aprovechamiento De Los Residuos De Construcción Y Demolición “RCD” De Villavicencio – Meta.
- Torres Carrasco, T. E. (2023). Evaluación de las propiedades Físico-Mecánicas de bloques de concreto Tipo P usando fibras de celulosa de papel reciclado. Universidad Señor de Sipán, 1–215.
- Triana Waldrón, F. A. (2021). Adición de fibras en aluminio, para construcción de concreto en Cundinamarca. Corporación Universitaria Minuto de Dios, 1–69. <https://hdl.handle.net/10656/12651>
- Velarde Rubio, A. R. (2017). “Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017.” Universidad Privada Del Norte, 116.

**Anexos**

**ANEXO N° 1: Panel fotográfico**

**Fotografía 1**

*Cuarteo del árido grueso*



**Fotografía 2**

*Tamizado del árido grueso*



**Fotografía 3**

*Introducción de los agregados en el horno.*



**Fotografía 4**

*Prueba de densidad del árido fino*



Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

**Fotografía 5**

*Elaboración de probetas de concreto*



**Fotografía 6**

*Especímenes de concreto en poza de agua*



**Fotografía 7**

*Rotura de probetas de concreto  
 $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días*



**Fotografía 8**

*Rotura de las probetas de concreto con  
 $f'c=210$ kg/cm a los 14 días.*



## Fotografía 9

*Probetas de concreto*







## Fotografía 10

*Rotura de probetas de concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días*



Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

## Anexo N° 2: Certificado de calibración de la balanza de 250g.

 <p>Laboratorio PP</p>	<p><b>Punto de Precisión SAC</b> LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033</p>
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-763-2023</b>		
Página: 1 de 3		
<b>Expediente</b>	: 246-2023	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2023-08-16	
<b>1. Solicitante</b>	: MTL GEOTECNIA S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.  PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Dirección</b>	: CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
<b>2. Instrumento de Medición</b>	: BALANZA	
<b>Marca</b>	: Denver Instrument Company	
<b>Modelo</b>	: AA-250	
<b>Número de Serie</b>	: B032845	
<b>Alcance de Indicación</b>	: 250 g	
<b>División de Escala de Verificación ( e )</b>	: 1 mg	
<b>División de Escala Real (d)</b>	: 0,1 mg	
<b>Procedencia</b>	: USA	
<b>Identificación</b>	: MYE-LAB-BPQ-01.01	
<b>Tipo</b>	: ELECTRÓNICA	
<b>Ubicación</b>	: ÁREA DE QUÍMICOS	
<b>Fecha de Calibración</b>	: 2023-08-14	
<b>3. Método de Calibración</b>	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.	
<b>4. Lugar de Calibración</b>	ÁREA DE QUÍMICOS de MTL GEOTECNIA S.A.C. CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
 <p>LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C</p>	<p>Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631</p>	
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02		
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106		
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		





Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-763-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	22,4	22,5
Humedad Relativa	64,0	64,0

**6. Trazabilidad**

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud E2)	PE22-C-1004-2022

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 249,9814 g para una carga de 250,0000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud I, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 19 °C a 25 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	NO TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición	Carga L1= 125,00000 g			Carga L2= 249,99994 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	125,0052	0,0	5,2	250,0096	0,0	9,7
2	125,0047	0,0	4,7	250,0087	0,0	8,8
3	125,0046	0,0	4,6	250,0088	0,0	8,9
4	125,0044	0,0	4,4	250,0091	0,0	9,2
5	125,0045	0,0	4,5	250,0094	0,0	9,5
6	125,0046	0,0	4,6	250,0083	0,0	8,4
7	125,0045	0,0	4,5	250,0080	0,0	8,1
8	125,0045	0,0	4,5	250,0081	0,0	8,2
9	125,0047	0,0	4,7	250,0085	0,0	8,6
10	125,0046	0,0	4,6	250,0085	0,0	8,6
Diferencia Máxima			0,8			1,6
Error máximo permitido	± 2 mg			± 3 mg		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

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

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



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-763-2023

Página: 3 de 3



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de $E_e$				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	$E_o$ (mg)	Carga L (g)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	$E_c$ (mg)
1	0,01000	0,0101	0,0	0,1	79,99998	80,0039	0,0	3,9	3,8
2		0,0113	0,0	1,3		80,0043	0,0	4,3	3,0
3		0,0116	0,0	1,6		80,0045	0,0	4,5	2,9
4		0,0100	0,0	0,0		80,0051	0,0	5,1	5,1
5		0,0104	0,0	0,4		80,0032	0,0	3,2	2,8
									Error máximo permitido: $\pm$ 2 mg

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				$\pm$ emp (mg)
	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	$E_c$ (mg)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	$E_c$ (mg)	
0,01000	0,0111	0,0	1,1	0,0	0,0517	0,0	1,7	0,6	1
0,05000	0,0520	0,0	2,0	0,9	0,5018	0,0	1,8	0,7	1
2,00001	2,0017	0,0	1,7	0,6	2,0019	0,0	1,9	0,8	1
10,00001	10,0020	0,0	2,0	0,9	10,0023	0,0	2,3	1,2	1
20,00001	20,0025	0,0	2,5	1,4	20,0019	0,0	1,9	0,8	1
49,99997	50,0043	0,0	4,3	3,2	50,0047	0,0	4,7	3,6	1
99,99999	100,0066	0,0	6,6	5,5	100,0069	0,0	6,9	5,8	2
149,99996	150,0085	0,0	8,5	7,4	150,0082	0,0	8,2	7,1	2
199,99997	200,0086	0,0	8,6	7,5	200,0088	0,0	8,8	7,7	2
249,99994	250,0010	0,0	1,1	0,0	250,0010	0,0	1,1	0,0	3

e.m.p.: error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 3,45 \times 10^{-5} \times R$$

**Incetidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{3,16 \times 10^{-1} \text{ mg}^2 + 3,29 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza     $\Delta L$ : Carga Incrementada    E: Error encontrado     $E_e$ : Error en cero     $E_c$ : Error corregido

R: en mg

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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






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

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


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

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

### Anexo N° 3: Certificado de calibración de la balanza de 24 000g.


	<b>Punto de Precisión SAC</b> LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1077-2023</b>		
Página: 1 de 3		
Expediente : 342-2023	Fecha de Emisión : 2023-10-18	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
<b>1. Solicitante</b> : MTL GEOTECNIA S.A.C.	<b>Dirección</b> : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
<b>2. Instrumento de Medición</b> : BALANZA	<b>Marca</b> : OHAUS	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
<b>Modelo</b> : EX24001	<b>Número de Serie</b> : B639089407	
<b>Alcance de Indicación</b> : 24 000 g	<b>División de Escala de Verificación ( e )</b> : 1 g	Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
<b>División de Escala Real (d)</b> : 0,1 g	<b>Procedencia</b> : CHINA	
<b>Identificación</b> : MYE-LAB-BGR-01.01	<b>Tipo</b> : ELECTRÓNICA	PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Ubicación</b> : LABORATORIO	<b>Fecha de Calibración</b> : 2023-10-17	
<b>3. Método de Calibración</b>	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.	
<b>4. Lugar de Calibración</b>	LABORATORIO de MTL GEOTECNIA S.A.C. CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
		
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02	Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106		
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.



### Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1077-2023  
Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	23,9	24,7
Humedad Relativa	66,0	67,0

**6. Trazabilidad**  
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE23-C-0134-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0778-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-257-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-254-2023


**7. Observaciones**  
No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.  
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.  
Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".  
Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 22 °C a 28 °C.  
La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

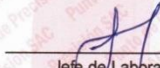
**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1= 12 000,02 g			Carga L2= 24 000,01 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	11 999,7	0,03	-0,30	24 000,0	0,07	-0,03
2	11 999,8	0,02	-0,19	23 999,9	0,03	-0,06
3	11 999,8	0,04	-0,21	23 999,9	0,04	-0,10
4	11 999,8	0,03	-0,20	24 000,0	0,06	-0,04
5	11 999,8	0,05	-0,22	23 999,9	0,02	-0,08
6	11 999,8	0,04	-0,21	23 999,9	0,04	-0,10
7	11 999,8	0,02	-0,19	23 999,9	0,03	-0,09
8	11 999,8	0,05	-0,22	23 999,9	0,05	-0,11
9	11 999,8	0,03	-0,20	23 999,9	0,04	-0,10
10	11 999,8	0,04	-0,21	23 999,9	0,03	-0,09
Diferencia Máxima	0,11			0,08		
Error máximo permitido ±	2 g			3 g		



LABORATORIO  
PUNTO DE PRECISIÓN  
S A C

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02



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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



**Punto de Precisión SAC**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1077-2023  
Página: 3 de 3

2	5
3	4

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Carga mínima (g)	Determinación de $E_p$			Determinación del Error corregido				
		I (g)	$\Delta L$ (g)	$E_o$ (g)	Carga L (g)	I (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	$E_c$ (g)
1	10,00	10,0	0,05	0,00	8 000,01	7 999,9	0,04	-0,10	-0,10
2		10,0	0,07	-0,02		8 000,1	0,06	0,08	0,10
3		10,0	0,06	-0,01		8 000,0	0,07	-0,03	-0,02
4		10,0	0,08	-0,03		7 999,6	0,03	-0,39	-0,36
5		10,0	0,07	-0,02		7 999,7	0,04	-0,30	-0,28

Temp. (°C) Inicial: 24,5 Final: 24,1

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido :  $\pm$  2 g

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				$\pm$ emp (g)
	I (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	$E_c$ (g)	I (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	$E_c$ (g)	
10,00	9,9	0,03	-0,08		50,0	0,07	-0,02	0,06	1
50,00	50,0	0,08	-0,03	0,05	500,0	0,05	0,00	0,08	1
500,00	500,0	0,05	0,00	0,08	1 000,0	0,08	-0,03	0,05	1
1 000,00	1 000,0	0,07	-0,02	0,06	2 000,0	0,06	-0,01	0,07	1
2 000,00	2 000,0	0,09	-0,04	0,04	4 999,9	0,03	-0,08	0,00	1
5 000,00	4 999,9	0,04	-0,09	-0,01	6 999,9	0,04	-0,10	-0,02	2
7 000,01	6 999,9	0,02	-0,08	0,00	9 999,9	0,02	-0,09	-0,01	2
10 000,02	9 999,9	0,03	-0,10	-0,02	14 999,9	0,03	-0,10	-0,02	2
15 000,02	14 999,8	0,04	-0,21	-0,13	20 000,1	0,07	0,07	0,15	2
20 000,01	20 000,1	0,08	0,06	0,14	24 000,0	0,06	-0,02	0,06	3
24 000,01	24 000,0	0,06	-0,02	0,06					

Temp. (°C) Inicial: 24,1 Final: 23,9

e.m.p.: error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 3,79 \times 10^{-7} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{3,68 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 4,05 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza     $\Delta L$  : Carga Incrementada    E : Error encontrado     $E_o$  : Error en cero     $E_c$  : Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

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

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

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.

### Anexo N° 4: Certificado de calibración del horno.



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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023**

Página 1 de 9

<b>Expediente</b> : 246-2023		La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
<b>Fecha de emisión</b> : 2023-08-16		Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
<b>1. Solicitante</b> : MTL GEOTECNIA S.A.C.		Al solicitante le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
<b>Dirección</b> : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA		PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>2. Instrumento de medición</b> : MEDIO ISOTERMICOS ( HORNO )		
<b>Marca</b> : PERUTEST		
<b>Modelo</b> : PT-H76		
<b>Número de Serie</b> : 458		
<b>Procedencia</b> : NO INDICA		
<b>Código de Identificación</b> : NO INDICA		
<b>Tipo de Indicador del Ind.</b> : DIGITAL		
<b>Alcance del Indicador</b> : NO INDICA		
<b>Resolución del Indicador</b> : 0,1 °C		
<b>Marca del Indicador</b> : AUTCOMP		
<b>Modelo del Indicador</b> : TCD		
<b>Serie del Indicador</b> : NO INDICA		
<b>Tipo de indicador del selc.</b> : DIGITAL		
<b>Alcance del Selector</b> : NO INDICA		
<b>División de Escala</b> : 0,1 °C		
<b>Clase</b> : NO INDICA		
<b>Punto de calibración</b> : 60°C ± 5°C ; 110°C ± 5°C ; 180°C ± 5°C		
<b>Fecha de calibración</b> : 2023-08-14		
<b>3. Método de calibración</b>		
La calibración se realizó según la PC-018 "Procedimiento de calibración para medios isotermicos usando aire como medio conductor".		
<b>4. Lugar de calibración</b>		
CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA		





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

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

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

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



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 2 de 9

**5. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,9	24,6
Humedad relativa (%hr)	56,0	57,0

**6. Trazabilidad**

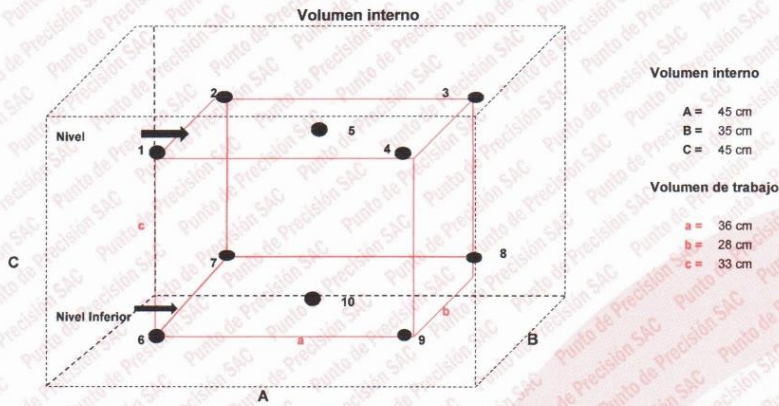
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	N° de Certificado	Trazabilidad
Termómetro digital de 10 sensores termopares tipo T con una incertidumbre en el orden de 0,1 °C a 0,1 °C.	CT-1086-2023	TOTAL WEIGHT & SYSTEMS S.A.C.

**7. Observaciones**

- La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada apartir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
- Se colocó una etiqueta adherido al instrumento de medición con la indicación "CALIBRADO".
- La carga para La prueba consistió en plato de aluminio.
- Se seleccionó el selector del equipo en 60 °C, para obtener una temperatura de trabajo aproximada a 60 °C.

**8. Ubicación dentro del volumen interno del equipo**



A, B, C = Dimensiones del volume interno del equipo.  
a, b, c = Aproximadamente 1/10 a 1/4 de las paredes de las dimensiones del volumen interno.  
Los sensores ubicados en las posiciones 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.  
Distancia de la pared inferior del equipo al nivel inferior: 8,5 cm  
Distancia de la pared superior del equipo al nivel superior: 3,5 cm



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



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 3 de 9

9. Resultados de la calibración

Temperaturas registradas en el primer punto de calibración :  $60 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Tiempo hh:mm	Indicador del equipo (°C)	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C												T. prom. °C	ΔT. °C	
		Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8	Posición 9	Posición 10	Posición 11	Posición 12			
00:00	60	59,5	59,1	59,7	59,2	59,6	64,2	62,4	60,7	60,0	65,4				61,0	6,4
00:02	60	59,5	59,2	60,0	59,4	59,5	64,3	62,5	60,7	59,9	65,3				61,0	6,2
00:04	60,1	59,7	59,2	60,1	59,4	59,7	64,6	62,6	60,9	60,6	66,0				61,3	6,9
00:06	60,2	59,7	59,2	59,8	59,4	59,9	64,6	62,6	60,9	60,6	65,7				61,3	6,6
00:08	60	59,5	59,1	59,7	59,2	60,1	64,3	62,3	60,6	60,0	65,5				61,0	6,5
00:10	59,9	59,3	58,9	59,6	59,0	59,0	64,1	62,3	60,6	59,6	65,6				60,8	6,8
00:12	59,9	59,4	58,9	59,8	59,1	60,1	64,2	62,5	60,7	59,7	65,3				61,0	6,5
00:14	60	59,7	59,2	60,3	59,5	59,7	64,8	62,5	60,8	60,3	65,8				61,3	6,7
00:16	60,1	59,5	59,0	59,8	59,2	59,8	64,2	62,6	60,8	59,9	65,7				61,1	6,8
00:18	60	59,4	58,9	59,6	59,1	59,6	64,1	62,3	60,6	59,9	65,5				60,9	6,7
00:20	60,2	59,7	59,1	59,7	59,5	60,0	64,8	62,6	60,8	59,7	65,4				61,1	6,4
00:22	60	59,5	59,2	59,7	59,0	60,1	64,3	62,5	60,7	60,3	65,3				61,1	6,3
00:24	60	59,7	59,1	59,8	59,4	60,2	64,6	62,6	60,8	59,9	66,0				61,2	7,0
00:26	60,2	59,7	58,9	60,1	59,2	60,0	64,1	62,5	60,9	60,1	65,7				61,1	6,9
00:28	60	59,5	59,1	60,0	59,5	60,1	64,8	62,3	60,6	60,0	65,5				61,2	6,5
00:30	60,2	59,4	58,9	59,7	59,0	59,8	64,1	62,5	60,7	59,6	65,6				60,9	6,8
00:32	59,9	59,5	59,0	59,8	59,4	59,7	64,2	62,5	60,9	59,7	65,3				61,0	6,4
00:34	60	59,7	59,2	59,8	59,5	59,8	64,8	62,6	60,8	60,3	66,0				61,3	6,9
00:36	60,1	59,6	58,9	60,3	59,1	59,9	64,2	62,3	60,7	60,1	65,7				61,1	6,9
00:38	60	59,6	59,2	59,8	59,2	60,1	64,6	62,4	60,6	60,0	65,5				61,1	6,4
00:40	60,2	59,4	59,1	59,6	59,0	60,1	64,1	62,6	60,7	60,0	65,6				61,0	6,6
00:42	60	59,7	58,9	60,0	59,5	60,0	64,8	62,5	60,8	59,6	65,3				61,1	6,5
00:44	60,1	59,5	59,2	60,1	59,4	59,8	64,3	62,3	60,6	60,1	66,0				61,1	6,9
00:46	60,2	59,4	59,2	60,1	59,2	59,7	64,6	62,6	60,9	59,7	65,7				61,1	6,6
00:48	60	59,7	58,9	59,7	59,0	59,1	64,3	62,6	60,6	60,0	65,5				61,0	6,7
00:50	60,2	59,5	59,1	59,7	59,1	60,2	64,8	62,3	60,9	59,6	65,6				61,1	6,6
00:52	60	59,7	59,1	59,8	59,5	61,0	64,2	62,6	60,6	59,7	65,3				61,2	6,3
00:54	60,1	59,7	59,2	60,3	59,0	60,8	64,3	62,5	60,8	60,3	65,8				61,3	6,8
00:56	60,2	59,4	59,0	59,8	59,1	60,1	64,6	62,6	60,7	60,6	65,9				61,2	7,0
00:58	60	59,6	58,9	59,6	59,5	60,4	64,2	62,3	60,6	59,7	65,7				61,1	6,9
01:00	60,1	59,7	59,2	60,2	59,0	59,7	64,6	62,5	60,9	59,6	65,4				61,1	6,4

T. Promedio	57,90	57,30	58,20	57,50	58,20	62,50	60,60	59,00	58,30	63,70						Temperatura promedio general (°C)
T. Máximo	59,70	59,20	60,30	59,50	61,00	64,80	62,60	60,90	60,60	66,00						
T. Mínimo	0,10	0,00	0,50	0,40	1,80	0,60	0,30	0,30	0,70	0,40						
DTT	59,70	59,20	59,80	59,10	59,10	64,20	62,30	60,60	60,00	65,60						61,10

Tabla de resumen de resultados

Magnitudes obtenidas	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima temperatura registrada durante la calibración	66,0	0,1
Mínima temperatura registrada durante la calibración	0,0	0,1
Desviación de temperatura en el tiempo (DTT)	65,6	0,1
Desviación de temperatura en el espacio (DTE)	6,4	0,2
Estabilidad (±)	32,80	0,04
Uniformidad	7,0	0,1



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

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

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

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



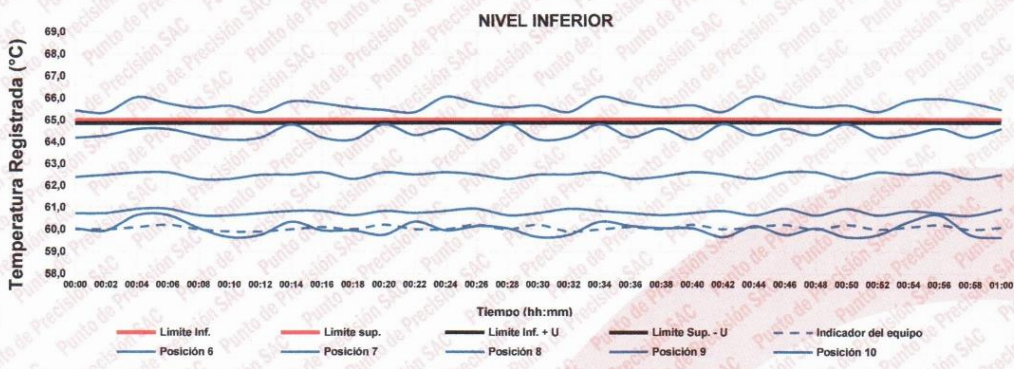
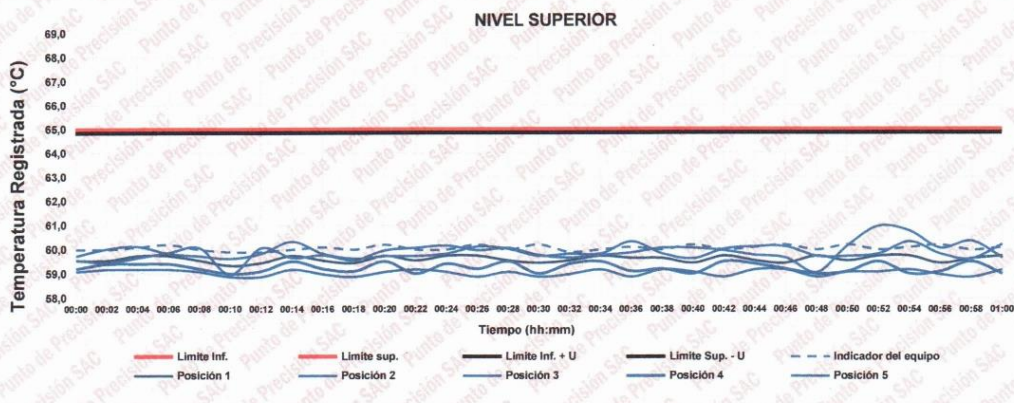


**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 4 de 9

10. Gráfico de resultados durante la calibración del equipo

TEMPERATURA DE TRABAJO  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 5 de 9

**11. Resultados de la calibración**

Temperaturas registradas en el segundo punto de calibración : 110 °C ± 5 °C

Tiempo hh:mm	Indicador del equipo (°C)	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C												T. prom. °C	ΔT. °C
		Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8	Posición 9	Posición 10	Posición 11	Posición 12		
00:00	109,7	114,1	113,1	111,6	111,7	114,2	114,0	112,9	118,0	114,5	112,6			113,7	6,4
00:02	109,6	114,2	113,6	111,9	111,9	113,3	113,9	113,5	118,3	114,5	112,8			113,8	6,4
00:04	110,0	114,5	113,5	112,6	112,3	114,2	114,1	113,3	118,8	115,5	113,5			114,2	6,4
00:06	110,3	114,4	113,5	112,7	112,2	114,1	113,9	112,4	119,1	114,6	114,1			114,1	6,8
00:08	110,3	114,3	113,2	112,1	112,2	114,3	114,3	113,1	118,6	114,5	113,5			114,0	6,5
00:10	110,0	114,2	113,0	111,7	111,9	113,9	113,9	113,6	118,3	114,2	112,6			113,7	6,6
00:12	109,1	114,3	114,0	111,5	111,9	114,0	113,7	113,3	118,0	114,6	113,6			113,9	6,5
00:14	109,7	114,4	113,8	112,2	112,0	113,3	114,3	112,7	118,4	114,9	113,3			113,9	6,3
00:16	110,0	114,4	114,4	112,2	112,5	114,7	113,9	113,3	118,6	114,8	112,8			114,2	6,4
00:18	110,1	114,8	114,3	112,6	112,7	113,8	113,8	113,3	118,8	115,6	113,0			114,3	6,2
00:20	109,6	114,2	112,9	111,6	112,0	114,0	113,9	113,3	118,6	114,0	114,1			113,9	7,0
00:22	109,6	114,2	113,0	111,9	112,3	113,0	114,3	112,6	118,3	114,5	112,6			113,7	6,4
00:24	110,0	114,7	113,0	112,6	112,3	114,2	114,1	113,3	118,8	114,5	113,0			114,1	6,4
00:26	109,8	114,4	113,6	112,5	112,2	114,3	114,6	113,8	118,0	114,0	113,5			114,1	5,7
00:28	110,3	114,3	113,2	112,1	112,2	114,0	113,9	112,5	118,6	114,6	113,9			113,9	6,5
00:30	110,0	114,2	113,0	111,7	111,9	114,2	113,9	113,1	118,3	114,5	113,5			113,8	6,6
00:32	109,1	114,3	114,0	111,5	111,9	114,0	113,7	113,3	118,6	114,2	112,6			113,8	7,1
00:34	109,7	114,7	114,3	112,6	112,0	113,6	114,3	113,6	118,6	114,5	112,8			114,1	6,5
00:36	110,0	114,5	114,4	112,2	112,5	114,7	114,9	112,7	118,6	114,6	113,8			114,3	6,4
00:38	110,1	114,9	114,3	112,7	111,7	113,8	113,9	113,3	118,8	114,0	113,0			114,0	7,0
00:40	109,7	114,8	113,0	111,6	112,0	113,8	114,0	111,9	118,0	112,6	113,5			113,5	6,4
00:42	109,6	114,2	113,8	111,9	111,9	113,0	113,7	112,5	118,6	114,0	112,6			113,6	6,7
00:44	110,0	114,5	113,6	112,4	112,3	114,2	114,1	112,3	118,8	114,9	113,7			114,1	6,5
00:46	110,1	114,4	113,5	112,7	112,0	114,1	113,9	113,8	119,1	114,5	112,8			114,1	7,0
00:48	110,3	114,6	114,3	112,1	112,5	113,3	113,7	113,8	118,4	114,0	113,5			114,0	6,3
00:50	110,0	114,2	113,0	111,5	111,9	113,9	113,9	113,6	118,3	114,3	112,7			113,7	6,8
00:52	109,9	114,3	113,8	111,7	112,0	114,0	114,6	113,5	118,0	114,6	114,0			114,1	6,3
00:54	109,9	114,4	113,0	111,8	112,0	113,8	114,3	112,3	118,6	114,5	112,6			113,7	6,8
00:56	110,0	114,3	113,8	112,6	112,4	114,3	114,3	112,1	118,8	114,2	112,7			114,0	6,7
00:58	110,1	114,8	114,4	112,2	112,6	114,7	113,9	112,5	118,6	114,6	113,3			114,2	6,4
01:00	109,9	114,5	113,5	112,7	112,2	114,0	114,3	113,3	118,0	114,9	112,6			114,0	5,7

T. Promedio	111,1	110,3	108,8	108,9	110,6	110,8	109,7	115,0	111,2	109,9						Temperatura promedio general (°C)
T. Máximo	114,9	114,4	112,7	112,7	114,7	114,9	113,8	119,1	115,6	114,1						
T. Mínimo	0,4	1,2	1,0	0,9	1,5	1,2	1,8	1,1	2,7	1,2						
DTT	114,6	113,1	111,7	111,9	113,1	113,7	111,9	118,0	113,0	112,9						

Tabla de resumen de resultados

Magnitudes obtenidas	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima temperatura registrada durante la calibración	119,1	0,2
Mínima temperatura registrada durante la calibración	0,4	0,1
Desviación de temperatura en el tiempo (DTT)	118,0	0,1
Desviación de temperatura en el espacio (DTE)	6,2	0,1
Estabilidad (±)	59,00	0,04
Uniformidad	7,1	0,2



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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

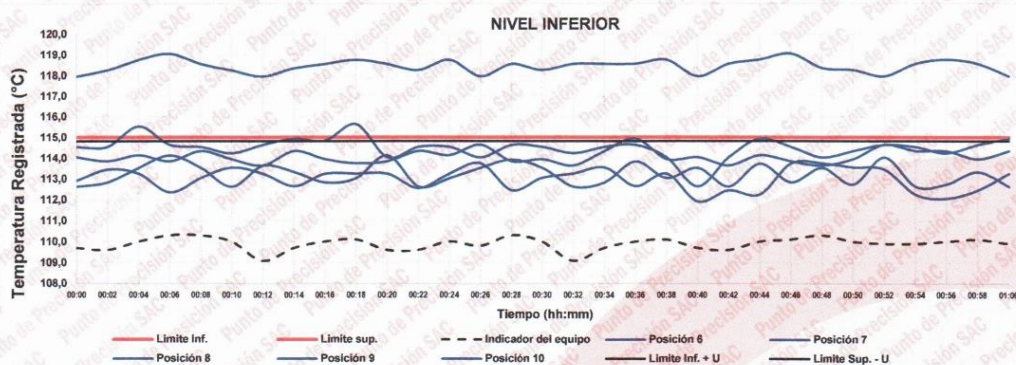
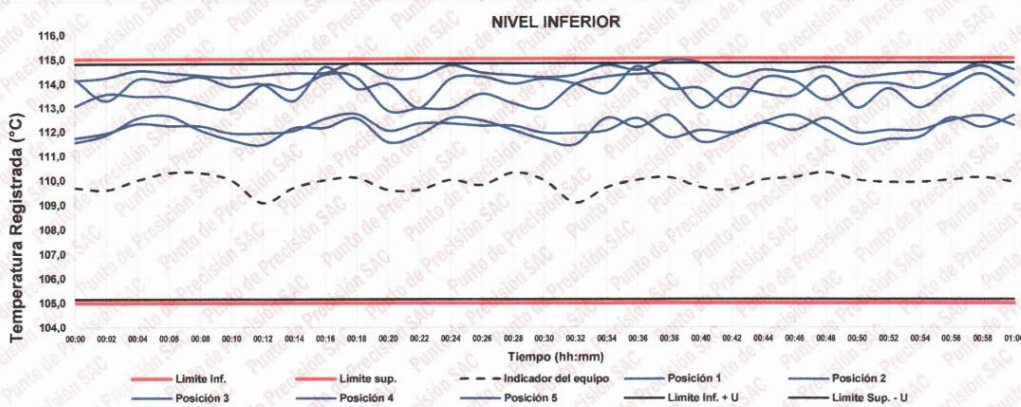


**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 6 de 9

12. Gráfico de resultados durante la calibración del equipo

TEMPERATURA DE TRABAJO  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$



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



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 7 de 9

13. Resultados de la calibración

Temperaturas registradas en el tercer punto de calibración : 180 °C ± 5 °C

Tiempo hh:mm	Indicador del equipo (°C)	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C												T. prom. °C	ΔT. °C
		Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8	Posición 9	Posición 10	Posición 11	Posición 12		
00:00	157,0	168,2	168,6	161,2	164,0	167,6	165,5	168,2	170,8	168,1	168,6			167,1	9,6
00:02	157,3	168,9	170,6	161,5	164,1	168,6	167,5	166,2	167,3	168,9	168,0			167,1	9,1
00:04	157,5	168,7	168,2	161,7	165,1	168,1	169,3	165,6	165,9	170,0	167,0			167,0	8,3
00:06	157,6	169,0	167,0	162,1	164,2	169,4	170,2	166,0	165,8	170,8	165,6			167,0	8,7
00:08	158,5	168,8	168,9	162,4	164,6	171,6	168,7	167,2	166,1	171,6	166,0			167,7	9,2
00:10	158,9	171,6	170,0	162,7	164,9	171,2	168,2	166,6	167,1	169,9	165,8			167,8	8,9
00:12	157,6	169,3	170,5	162,8	166,4	168,6	167,3	165,5	168,2	168,8	167,4			167,5	7,7
00:14	158,5	168,4	170,9	163,0	165,6	167,9	168,6	166,3	169,5	167,9	169,8			167,8	7,9
00:16	158,9	169,3	171,5	163,9	166,1	169,3	169,2	168,5	170,3	167,6	171,0			168,7	7,6
00:18	159,3	171,9	172,3	163,5	166,4	170,8	169,9	171,0	172,8	169,0	169,1			169,7	9,3
00:20	159,5	171,7	172,5	164,2	166,8	170,0	169,1	170,2	169,9	169,8	167,0			169,1	8,3
00:22	159,2	168,3	170,6	162,1	166,1	168,6	167,6	169,3	169,4	171,0	167,8			168,1	8,9
00:24	157,2	169,0	170,6	161,8	165,1	167,5	168,2	166,3	167,4	169,8	168,2			167,4	8,8
00:26	157,4	169,8	168,2	162,1	164,2	167,7	169,2	165,7	165,7	169,1	166,8			166,8	7,7
00:28	157,8	169,1	166,5	162,3	164,1	169,0	170,0	165,8	166,8	167,5	166,0			166,7	7,7
00:30	158,4	168,9	168,9	162,6	164,7	169,9	170,6	166,6	167,9	169,3	165,6			167,5	8,0
00:32	159,3	169,1	170,0	163,1	165,0	171,6	168,9	168,2	170,3	170,0	166,0			168,2	8,5
00:34	158,5	169,4	170,5	163,2	165,6	170,7	168,6	170,0	172,1	170,6	166,6			168,7	8,9
00:36	158,6	170,2	170,9	163,5	165,7	170,1	166,7	170,8	171,1	169,7	169,7			168,8	7,6
00:38	159,0	170,4	171,5	164,2	166,4	168,9	167,5	170,4	170,3	169,1	171,5			169,0	7,4
00:40	159,4	170,6	172,3	163,6	166,6	168,1	168,1	169,2	169,6	168,8	167,8			168,5	8,7
00:42	159,6	172,0	172,5	164,4	166,7	168,6	169,4	168,0	167,1	167,6	167,6			168,4	8,1
00:44	157,0	169,0	168,6	161,6	167,2	166,6	167,1	166,8	165,7	168,2	169,0			167,1	7,4
00:46	157,2	168,6	170,6	161,7	166,5	168,2	169,2	165,7	166,7	168,5	168,3			167,4	8,9
00:48	157,4	168,0	168,2	162,1	164,7	169,3	167,5	166,1	167,1	168,6	167,5			166,9	7,2
00:50	157,8	167,6	167,0	162,4	164,5	170,0	168,4	167,3	165,8	170,4	166,0			166,9	8,0
00:52	158,2	168,5	168,9	162,6	164,1	171,1	169,2	168,2	166,2	171,0	165,6			167,5	8,5
00:54	158,9	169,0	170,0	163,1	164,7	171,6	170,1	170,0	168,3	169,6	166,4			168,3	8,5
00:56	158,4	169,6	170,5	163,5	165,9	169,7	170,6	171,0	169,6	168,6	167,5			168,6	7,5
00:58	158,2	170,0	170,9	162,7	166,7	169,1	168,9	170,3	170,2	168,0	170,0			168,7	8,2
01:00	158,3	170,5	171,5	162,6	167,5	168,1	167,7	168,1	170,9	168,6	171,5			168,7	9,0

T. Promedio	169,5	170,0	162,7	165,5	169,3	168,6	167,9	168,4	169,2	167,8					Temperatura promedio general (°C)
T. Máximo	172,0	172,5	164,4	167,5	171,6	170,6	171,0	172,8	171,6	171,5					
T. Mínimo	167,6	166,5	161,2	164,0	167,5	165,5	165,7	167,6	167,6	165,6					
DTT	4,4	6,0	3,2	3,5	4,1	5,1	5,5	7,1	4,0	5,9					

Tabla de resumen de resultados

Magnitudes obtenidas	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima temperatura registrada durante la calibración	172,8	0,2
Mínima temperatura registrada durante la calibración	161,2	0,1
Desviación de temperatura en el tiempo (DTT)	7,1	0,1
Desviación de temperatura en el espacio (DTE)	61,2	0,1
Estabilidad (±)	3,55	0,04
Uniformidad	7,1	0,2



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

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

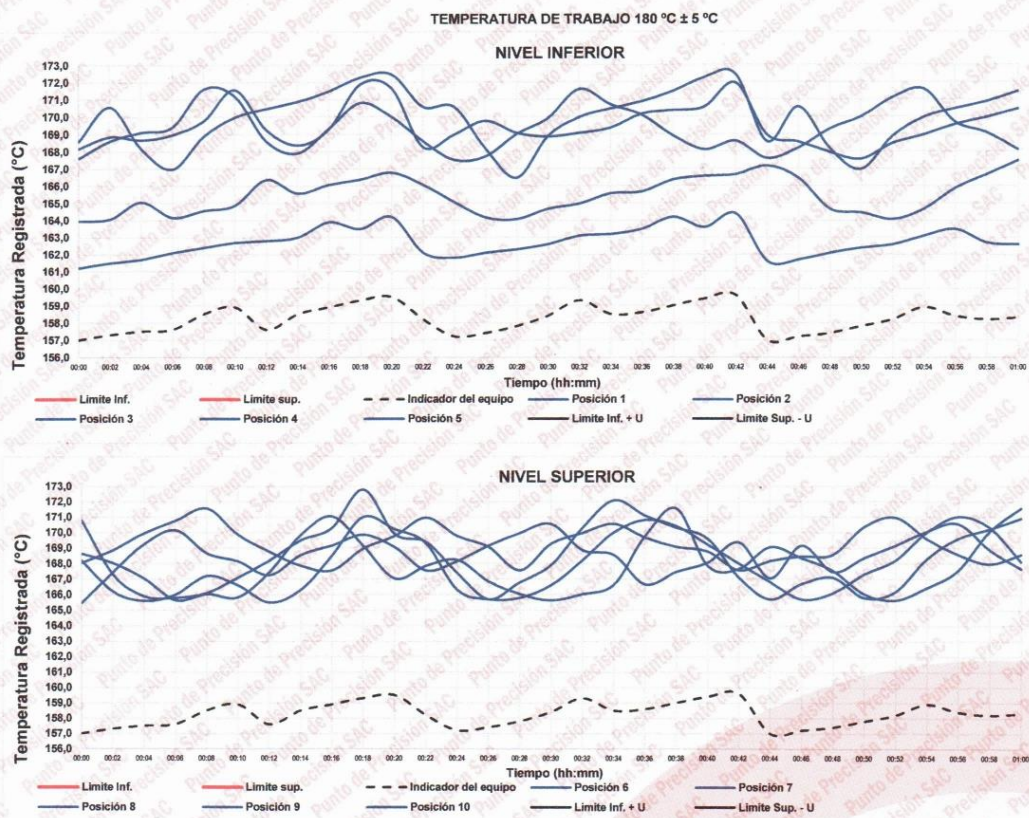
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-759-2023  
Página 8 de 9

12. Gráfico de resultados durante la calibración del equipo



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

## Anexo N° 5: Certificado de calibración de la prensa hidráulica.



### Certificado de Calibración

TC - 02503 - 2023

Proforma : 17896A Fecha de emisión: 2023-02-09 Página : 1 de 2

Solicitante : MTL GEOTECNIA S.A.C.  
Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

**Instrumento de medición** : PRENSA HIDRÁULICA  
Marca : UTEST  
Modelo : UTC-4722.FPR  
N° de Serie : 19/002539  
Alcance de indicación : 2000 kN  
Resolución : 0,1 kN  
Procedencia : TURQUÍA  
Identificación : No Indica  
Ubicación : Laboratorio  
Fecha de Calibración : 2023-02-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

**Lugar de calibración**  
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**Método de calibración**  
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 (Maquinas de ensayo de tracción/Compresión). Calibración y Verificación del sistema de medida de fuerza.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

#### Condiciones de calibración

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	26,1 °C	26 °C
Humedad Relativa	50,1 %HR	51,1 %HR

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

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

Certificado : TC - 02503 - 2023

Página : 2 de 2

**Trazabilidad**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de AEP TRANSDUCERS	Celda 3 MN	LAT 093 9623F
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-064-2022 Mayo 2022

**Resultados de calibración**

RESULTADOS							
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		INDICACIÓN DEL PATRÓN		ERROR		INCERTIDUMBRE	
%	kN	%	kN	%	kN	%	kN
0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,6	52,5	2,5	49,72	0,14	2,78	0,04	0,72
5,2	103,9	5,0	100,13	0,19	3,77	0,04	0,75
10,0	200,6	9,9	197,41	0,16	3,19	0,04	0,79
15,1	301,6	15,1	301,16	0,02	0,44	0,04	0,80
20,5	410,2	20,6	411,49	0,06	-1,29	0,04	0,83
25,1	502,3	25,3	505,83	0,18	-3,53	0,05	0,95
30,0	600,9	30,3	606,15	0,26	-5,25	0,06	1,20
34,6	691,2	34,9	698,63	0,37	-7,43	0,07	1,42
39,6	792,6	40,1	801,30	0,44	-8,70	0,09	1,82
44,5	889,1	44,9	897,41	0,42	-8,31	0,10	1,93
100,5	2009,2	100,0	2000,21	0,45	8,99	0,14	2,74

**Observaciones**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**Incertidumbre expandida U**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

**Anexo N° 6: Fichas de registro de las pruebas realizadas en el laboratorio.**



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos, San Martín de Porres - Lima - Perú  
informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-PR-LAB-AG-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	14/09/2021
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C136			
<p><b>TESIS</b> : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO <math>F'c=210 \text{ KG CM}^2</math> EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"</p> <p><b>AUTORES</b> : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German</p> <p><b>UBICACIÓN</b> : Lima, Perú</p> <p><b>Cantera</b> : Trapiche <b>Material</b> : Agregado fino <b>N° Muestra</b> : M-02</p> <p style="text-align: right;">Ensayado por: Mirella Flores Fecha de ensayo: 08/12/2023</p>			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO</b> ASTM C136			

**A) CONDICIONES DE ENSAYO:**

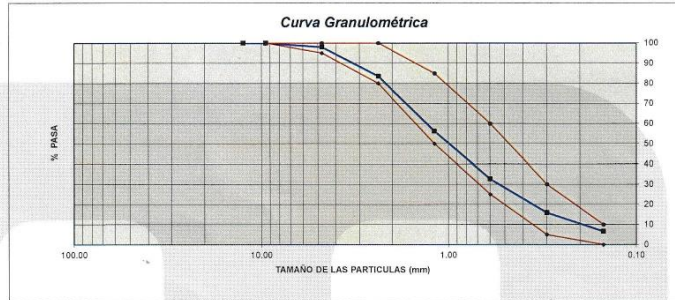
**Método de preparación de muestra** : Seco a horno  
**Método de tamizado** : Manual

**B) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:**

Peso inicial húmedo : 566.3 gr.  
Peso inicial seco : 562.4 gr.  
Contenido de Humedad : 0.69 %  
Tamaño máx. nominal : N° 06  
Módulo de finura : 3.07

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	Huso Arena	
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.76	11.3	2.0	2.0	98.0	95	100
N° 08	2.38	81.4	14.5	16.5	83.5	80	100
N° 16	1.19	153.1	27.2	43.7	56.3	50	85
N° 30	0.60	133.4	23.7	67.4	32.6	25	60
N° 60	0.30	93.3	16.6	84.0	16.0	5	30
N° 100	0.15	52.5	9.3	93.3	6.7	0	10
FONDO		37.40	6.7	100.0	0.0		

**C) CURVA GRANULOMÉTRICA:**



**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Lefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA





(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO PARA AGREGADOS	Código	FOR-PR-LAB-AG-002.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	22/06/2021
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C29			

<b>TESIS</b>	: "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c=210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"		
<b>AUTOR</b>	: Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima, Perú		
<b>Cantera</b>	: Trapiche		
<b>Material</b>	: Agregado fino		<b>Ensayado por:</b> Mirella Flores
<b>N° Muestra</b>	: M-02		<b>Fecha de ensayo:</b> 08/12/2023

<b>PESO UNITARIO PARA AGREGADOS</b> ASTM C29			
---	--	--	--

**A) PESO UNITARIO COMPACTADO:**

**Método utilizado** Método A (PUC, TMN<1 1/2")  
**Recipiente utilizado** R1 (Pequeño)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	5.54	5.55	5.55
2	Peso del Recipiente	kg	1.28	1.28	1.28
3	Peso de la Muestra	kg	4.26	4.27	4.27
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.00276	0.00276	0.00276
5	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1542.03	1545.29	1545.65
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1544</b>			

**B) PESO UNITARIO SUELTO:**

**Método utilizado** Método C (PUS)  
**Recipiente utilizado** R1 (Pequeño)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	5.18	5.17	5.18
2	Peso del Recipiente	kg	1.28	1.28	1.28
3	Peso de la Muestra	kg	3.90	3.88	3.89
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.00276	0.00276	0.00276
5	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1412.68	1407.25	1410.87
<b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1410</b>			

**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CENTRO DE MATERIAS Jefe de Laboratorio	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> Guiter García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-PR-LAB-AG-004.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	22/06/2021
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C128			
<b>TESIS</b> : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c=210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024" <b>AUTORES</b> : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German <b>UBICACIÓN</b> : Lima, Perú <b>Cantera</b> : Trapiche <b>Material</b> : Agregado fino <b>N° Muestra</b> : M-02 <b>Ensayado por:</b> Mirella Flores <b>Fecha de ensayo:</b> 09/12/2023			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS</b> ASTM C128			

**A) INFORMACIÓN DE LABORATORIO:**

Punto N°	P - 1		
1	Peso de Muestra Seca	gr	485.40
2	Peso de fiola + Agua	gr	647.00
3	Peso de Fiola + Muestra SSS + Agua	gr	961.10
4	Peso de Muestra SSS	gr	500.00
8)	Peso Especifico de la Masa (SSS)	gr/cc	2.69
9)	Peso Especifico de la Masa (OD)	gr/cc	2.61
10)	Peso Especifico de la Masa (Aparente)	gr/cc	2.83
11)	Absorción	%	1.77

**B) PESO ESPECÍFICO:**

PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S	gr/cc	2.69
PESO ESPECÍFICO DE MASA HORNO SECO	gr/cc	2.61
PESO ESPECÍFICO DE MASA APARENTE	gr/cc	2.83

**C) ABSORCIÓN DE AGUA:**

ABSORCIÓN (%)	1.77
---------------	------

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	Código	FOR-PR-LAB-AG-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	14/09/2021
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C136			
<b>TESIS</b> : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024" <b>AUTORES</b> : Rojas Mori Andy Cristopher y Contreras Huaman Gustavo German <b>UBICACIÓN</b> : Lima, Perú <b>Cantera</b> : Trapiche <b>Material</b> : Agregado Grueso <b>N° Muestra</b> : M-01			
		Ensayado por:	Mirella Flores
		Fecha de ensayo:	07/12/2023
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO</b> ASTM C136			

**A) CONDICIONES DE ENSAYO:**

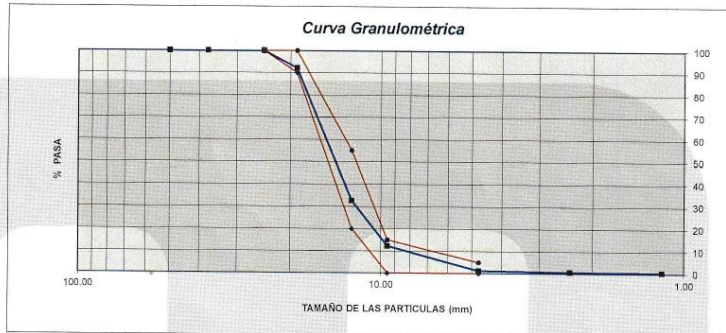
Método de preparación de muestra: Seco a horno  
Método de tamizado: Manual

**B) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:**

Peso inicial húmedo: 5541.5 gr.      Contenido de Humedad: 0.38 %  
Peso inicial seco: 5520.3 gr.      Tamaño máximo nominal: 3/4"  
Módulo de finura: 6.92

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	Huso #6	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.05	434.1	7.9	7.9	92.1	90	100
1/2"	12.50	3285.5	59.5	87.4	32.6	20	55
3/8"	9.53	1121.2	20.3	87.7	12.3	0	16
N° 04	4.75	612.0	11.1	98.8	1.2	0	5
N° 08	2.38	30.0	0.5	99.3	0.7		
N° 16	1.18	11.4	0.2	99.5	0.5		
FONDO		26.10	0.5	100.0	0.0		

**C) CURVA GRANULOMÉTRICA:**



OBSERVACIONES:  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos Giler García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Control de Calidad MTL GEOTECNIA CONTROL DE CALIDAD



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO PARA AGREGADOS	Código	FOR-PR-LAB-AG-002.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	22/06/2021
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C29			

<b>TESIS</b>	: "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c=210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"		
<b>AUTORES</b>	: Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima, Perú		
<b>Cantera</b>	: Trapiche		
<b>Material</b>	: Agregado grueso		<b>Ensayado por:</b> Mirella Flores
<b>N° Muestra</b>	: M-01		<b>Fecha de ensayo:</b> 08/12/2023

<b>PESO UNITARIO PARA AGREGADOS</b> ASTM C29			
---	--	--	--

**A) PESO UNITARIO COMPACTADO:**

**Método utilizado** Método A (PUC, TMN-1 1/2")  
**Recipiente utilizado** R3 (Grande)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	32.26	32.19	32.38
2	Peso del Recipiente	kg	9.80	9.80	9.80
3	Peso de la Muestra	kg	22.46	22.39	22.58
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.01395	0.01395	0.01395
5	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1610.04	1605.02	1618.64

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1611</b>
--	-------------

**B) PESO UNITARIO SUELTO:**

**Método utilizado** Método C (PUS)  
**Recipiente utilizado** R3 (Grande)

Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3	
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	30.88	30.79	30.75
2	Peso del Recipiente	kg	9.80	9.80	9.80
3	Peso de la Muestra	kg	21.08	20.99	20.95
4	Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.01395	0.01395	0.01395
5	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1511.11	1504.66	1501.79

<b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1506</b>
--	-------------

**OBSERVACIONES:**  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-PR-LAB-AG-003.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	22/06/2021
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C127			
<b>TESIS</b> : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F <sub>C</sub> = 210 KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024" <b>AUTOR</b> : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German <b>UBICACIÓN</b> : Lima, Perú <b>Cantera</b> : Trapiche <b>Material</b> : Agregado grueso <b>N° Muestra</b> : M-01 <b>Ensayado por:</b> Mirella Flores <b>Fecha de ensayo:</b> 08/12/2023			
<b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS GRUESOS</b> ASTM C127			

**A) INFORMACIÓN DE LABORATORIO:**

Punto N°		P - 1
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	gr 2590.0
2	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	gr 4193.0
3	Peso de la Muestra Seca	gr 4167.0
4	Peso específico de Masa (SSS)	gr/cc 2.62
5	Peso específico de Masa (OD)	gr/cc 2.60
6	Peso específico de Masa (Aparente)	gr/cc 2.64
7)	Absorción	% 0.62

**B) GRAVEDAD ESPECIFICA:**

PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	gr/cc	2.62
PESO ESPECIFICO DE MASA AL HORNO SECO	gr/cc	2.60
PESO ESPECIFICO DE MASA APARENTE	gr/cc	2.64

**C) ABSORCIÓN DE AGUA:**

ABSORCIÓN (%)	0.62
---------------	------

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Guiler García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA :-  
AUTORES : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German  
TESIS : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  $f_c=210$  KG CM<sup>2</sup> EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"  
UBICACIÓN : Lima - Perú  
Fecha de diseño: 11/12/2023

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO - ARENA	2.61	3.07	0.69	1.77	1410	1544
AGREGADO GRUESO - HUSO 6	2.60	6.92	0.38	0.62	1506	1611

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE**

A) VALORES DE DISEÑO							
1 ASENTAMIENTO				4	pulg		
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				3/4"			
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.58			
4 AGUA				215			
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				2.0			
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.37			
B) ANALISIS DE DISEÑO							
FACTOR CEMENTO			368.39	Kg/m <sup>3</sup>	8.7	Bls/m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del cemento			0.1181	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>			
Volumen absoluto del Agua			0.2150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>			
Volumen absoluto del Aire			0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.353	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS							
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2795	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		0.647	
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3674	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>			
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO							
CEMENTO			368	Kg/m <sup>3</sup>			
AGUA			215	Lit/m <sup>3</sup>			
AGREGADO FINO			729	Kg/m <sup>3</sup>			
AGREGADO GRUESO			959	Kg/m <sup>3</sup>			
D) PESO DE MEZCLA			2288	Kg/m <sup>3</sup>			
CORRECCION POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO HUMEDO			734.5	Kg/m <sup>3</sup>			
AGREGADO GRUESO HUMEDO			959.0	Kg/m <sup>3</sup>			
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO			1.98	Lts/m <sup>3</sup>			
AGREGADO GRUESO			0.24	Lts/m <sup>3</sup>			
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						225.2 Lts/m <sup>3</sup>	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO							
CEMENTO			368	Kg/m <sup>3</sup>			
AGUA			225	Lts/m <sup>3</sup>			
AGREGADO FINO			725	Kg/m <sup>3</sup>			
AGREGADO GRUESO			959	Kg/m <sup>3</sup>			
G) PESO DE MEZCLA			2287	Kg/m <sup>3</sup>			
CANTIDAD DE MATERIALES (30 Lt.)							
CEMENTO			11.05	Kg			
AGUA			6.76	Lts			
AGREGADO FINO			22.04	Kg			
AGREGADO GRUESO			28.77	Kg			
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	1.99					A.F	2.12
A.G	2.60					A.G	2.59
H2o	26.0					H2o	26.0

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA :-  
AUTORES : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German  
TESIS : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  $f_c= 210$  KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1,5%, 2,5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"  
UBICACIÓN : Lima - Perú Fecha de diseño: 11/12/2023

DISEÑO PATRÓN - $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.61	3.07	0.69	1.77	1410	1544
AGREGADO GRUESO - HUSO 6	2.60	6.92	0.38	0.62	1506	1611

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE						
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			4	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.58		
4	AGUA			215		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.37		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>			368.39	Kg/m <sup>3</sup>	8.7	Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1181	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.2150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.353
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>				0.2795	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.647
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3674	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso						
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO				368	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				215	L/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				729	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				955	Kg/m <sup>3</sup>	
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)				5.526	Kg/m <sup>3</sup>	
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)				5.526	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2279	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO				734.5	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				959.0	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO				1.08	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				0.24	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>						10.2
						225.2
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO				368	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				225	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				735	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				959	Kg/m <sup>3</sup>	
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)				5.526	Kg/m <sup>3</sup>	
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)				5.526	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2298	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (30 R.)</b>						
CEMENTO				11.05	Kg	
AGUA				6.76	Lts	
AGREGADO FINO				22.04	Kg	
AGREGADO GRUESO				28.77	Kg	
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)				165.8	g	
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)				165.8	g	
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>		
C	1.0			C	1.0	
A.F	1.99			A.F	2.12	
A.G	2.60			A.G	2.59	
H2o	26.0			H2o	26.0	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA	:-		
AUTORES	: Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German		
TESIS	: "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c= 210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"		
UBICACIÓN	: Lima - Perú	Fecha de diseño:	11/12/2023

DISEÑO PATRÓN - $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.61	3.07	0.69	1.77	1410	1544
AGREGADO GRUESO - HUSO 6	2.60	6.92	0.38	0.62	1506	1611

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE						
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			4	pulg	
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.58		
4	AGUA			215		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.37		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>			368.39	Kg/m <sup>3</sup>	8.7	Bis/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1181	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.2150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						0.353
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2795	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3674	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO				368	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				215	L/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				729	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				955	Kg/m <sup>3</sup>	
TIRAS DE ALUMINIO (2.5% del peso del cemento)				9.210	Kg/m <sup>3</sup>	
POLVO FIBROCEMENTO REICLADO (2.5% del peso del cemento)				9.210	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2287	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO				734.5	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				959.0	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO				1.08	Lts/m <sup>3</sup>	7.9
AGREGADO GRUESO				0.24	Lts/m <sup>3</sup>	2.3
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>						10.2
						225.2
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO				368	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				225	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				735	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				959	Kg/m <sup>3</sup>	
TIRAS DE ALUMINIO (2.5% del peso del cemento)				9.210	Kg/m <sup>3</sup>	
POLVO FIBROCEMENTO REICLADO (2.5% del peso del cemento)				9.210	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2305	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (30 lt.)</b>						
CEMENTO				11.05	Kg	
AGUA				6.76	Lts	
AGREGADO FINO				22.04	Kg	
AGREGADO GRUESO				28.77	Kg	
TIRAS DE ALUMINIO (2.5% del peso del cemento)				276.3	g	
POLVO FIBROCEMENTO REICLADO (2.5% del peso del cemento)				276.3	g	
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>		
C	1.0			C	1.0	
A.F	1.99			A.F	2.12	
A.G	2.60			A.G	2.59	
H2o	25.0			H2o	26.0	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>





(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA :-  
AUTORES : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German  
TESIS : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  $f_c=210$  KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"  
UBICACIÓN : Lima - Perú Fecha de diseño: 11/12/2023

DISEÑO PATRÓN - $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.61	3.07	0.69	1.77	1410	1544
AGREGADO GRUESO - HUSO 6	2.60	6.92	0.38	0.62	1506	1611

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE						
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			4	pulg	
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.58		
4	AGUA			215		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.37		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>				368.39		
Volumen absoluto del cemento				0.1181	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del Agua				0.2150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2795	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.647
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3574	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	1.000
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO				368	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				215	L/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				729	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				955	Kg/m <sup>3</sup>	
TIRAS DE ALUMINIO (5% del peso del cemento)				18.420	Kg/m <sup>3</sup>	
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (5% del peso del cemento)				18.420	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2305	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO				734.5	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				959.0	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO				1.08	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				0.24	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				225.2	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO				368	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				225	Lts/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				735	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				959	Kg/m <sup>3</sup>	
TIRAS DE ALUMINIO (5% del peso del cemento)				18.420	Kg/m <sup>3</sup>	
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (5% del peso del cemento)				18.420	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>PESO DE MEZCLA</b>				2324	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (30 lt.)</b>						
CEMENTO				11.05	Kg	
AGUA				6.76	Lts	
AGREGADO FINO				22.04	Kg	
AGREGADO GRUESO				28.77	Kg	
TIRAS DE ALUMINIO (5% del peso del cemento)				552.6	g	
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (5% del peso del cemento)				552.6	g	
<b>PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>						<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>
C	1.0			C	1.0	
A.F	1.99			A.F	2.12	
A.G	2.60			A.G	2.59	
H2o	28.0			H2o	26.0	

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

Influencia de incorporación de tiras de aluminio y polvo de fibrocemento reciclado en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en proporciones de 1.5%, 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2024.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C143

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>AUTORES</b>	: Rojas Mori Andy Cristopher y Contreras Human Gustavo German	
<b>TESIS</b>	: "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F <sub>C</sub> = 210 KG CM <sup>2</sup> EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"	
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú	<b>Fecha de mezclas:</b> 11/12/2023

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
PATRÓN	4	4

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	3 1/4	3 1/4

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	3	3

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO		
MUESTRA	SLUMP PULG.	PROMEDIO PULG.
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	2 1/2	2 1/2

**OBSERVACIONES:**  
 \* El ensayo fue realizado haciendo uso del Cono de Abrams  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b> 	<b>Revisado por:</b> 	<b>Aprobado por:</b> 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILINDRICO	Código: FOR-LAB-CON-081.01 Revisión: 3 Aprobado: C.C. MTL Fecha: 26/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C39 - NTP 339.034		
<b>TESIS</b> "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c=210$ KG CM <sup>2</sup> EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024" <b>AUTORES</b> Rojas Mori Andy Cristóbal y Contreras Huaman Gustavo Germán <b>UBICACIÓN</b> Lima - Perú		
<b>Cantera</b> : Trapiche <b>Material</b> : Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm <b>N° Muestra</b> : Indicado	<b>Ensayado por:</b> Miralle Flores <b>Fecha de ensayo:</b> 18/12/2023	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> ASTM C39 - NTP 339.034		

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldado

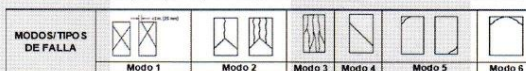
Desticación: -

Resistencia de Diseño: 210 kgf/cm<sup>2</sup>

Velocidad de carga: 2.55 kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPERIMEN	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	L/D	AREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (f w f)	F.C (L/D)	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Fc Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% Fc
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14112.6	3	1.00	179.7	210	85.6
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	13225.5	3	1.00	168.4	210	80.2
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14357.4	3	1.00	182.8	210	87.0
PATRÓN	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14000.5	2	1.00	178.3	210	84.9
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	13888.3	3	1.00	176.8	210	84.2
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14734.7	3	1.00	187.6	210	89.3
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14000.5	3	1.00	178.3	210	84.9
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	13990.3	2	1.00	178.1	210	84.8
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14245.2	2	1.00	181.4	210	86.4
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	15275.1	2	1.00	194.5	210	92.6
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14806.0	3	1.00	188.5	210	89.8
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14520.5	3	1.00	184.9	210	88.0
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14897.8	3	1.00	189.7	210	90.3
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14061.7	3	1.00	179.0	210	85.3
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14704.1	3	1.00	187.2	210	89.2
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	18/12/2023	7	2.0	78.5	14551.1	3	1.00	185.3	210	88.2



**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



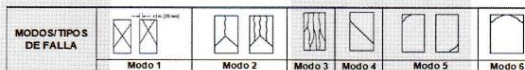
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILINDRICO	Código: FOR-LAB-CON-001.01 Revisión: 3 Aprobado: CC-MTL Fecha: 26/01/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C39 - NTP 339.034		
<b>TESIS:</b> INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c=210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024* <b>AUTORES:</b> Rojas Mori Andy Cristopher y Contreras Huaman Gustavo German <b>UBICACIÓN:</b> Lima - Perú		
<b>Cartera:</b> Tránsito <b>Materiales:</b> Pruebas de concreto de 10 cm x 20 cm <b>Nº Muestra:</b> Indicado	<b>Ensayado por:</b> Mirella Flores <b>Fecha de ensayo:</b> 25/12/2023	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> ASTM C39 - NTP 339.034		

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Densificación: -  
 Resistencia de Diseño: 210 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: 2.55 kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	L/D	AREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C. (B/R)	ESFUERZO kgf/cm <sup>2</sup>	Fc Diseño kgf/cm <sup>2</sup>	% Fc
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17059.8	3	1.00	217.3	210	103.5
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	16784.3	3	1.00	213.7	210	101.8
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17355.3	3	1.00	221.0	210	105.2
PATRÓN	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	16386.6	3	1.00	208.6	210	99.4
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17222.7	3	1.00	219.3	210	104.4
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17080.0	3	1.00	217.5	210	103.6
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17477.7	3	1.00	222.5	210	106.0
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17722.4	2	1.00	225.6	210	107.5
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	18742.1	3	1.00	238.6	210	113.6
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17916.1	3	1.00	228.1	210	108.6
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17661.2	3	1.00	224.9	210	107.1
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	18334.2	2	1.00	233.4	210	111.2
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17722.4	3	1.00	225.6	210	107.5
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17161.6	3	1.00	218.5	210	104.1
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	17916.1	3	1.00	228.1	210	108.6
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO REICLADO	11/12/2023	25/12/2023	14	2.0	78.5	18089.5	3	1.00	230.3	210	109.7



**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>  <b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Revisado por:</b>  <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Aprobado por:</b>  <b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>
---	---	--



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



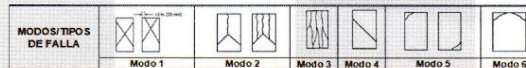
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLINDRICO	Códigos Revisión Aprobado Fecha	FOR-LAB-CON-001.01 3 CC-MTL 26/02/2022
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C39 - NTP-339.034			
<b>TESIS:</b> INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c=210$ KG CM2 EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024* <b>AUTORES:</b> Rojas Mori Andy Cristopher y Contreras Human Gustavo German <b>UBICACIÓN:</b> Lima - Perú			
<b>Cantera:</b> Trápiche <b>Material:</b> Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm <b>N° Muestra:</b> Indicado		<b>Ensayado por:</b> Mirella Flores <b>Fecha de ensayo:</b> 09/01/2024	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> ASTM C39 - NTP-339.034			

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Tipo de muestra: Moldeado  
 Densificación: -  
 Resistencia de Diseño: 210 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Velocidad de carga: 2.55 kgf/cm<sup>2</sup>/s

**B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:**

IDENTIFICACIÓN DE ESPERMINES	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	ÁREA cm <sup>2</sup>	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de Falla (1 a 6)	F.C. (L/D)	ESFUERZO kgf/cm <sup>2</sup>	Fc Diseño kgf/cm <sup>2</sup>	% Fc
PATRÓN	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	19619.0	3	1.00	249.8	210	119.0
PATRÓN	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	19384.5	3	1.00	246.8	210	117.5
PATRÓN	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	19741.4	3	1.00	251.4	210	119.7
PATRÓN	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	20057.5	3	1.00	255.4	210	121.6
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	20781.5	3	1.00	264.6	210	126.0
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	20975.2	3	1.00	267.1	210	127.2
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	20312.4	2	1.00	258.6	210	123.2
1.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 1.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	21097.6	2	1.00	268.6	210	127.9
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	21801.2	3	1.00	277.6	210	132.2
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	21026.2	2	1.00	267.7	210	127.5
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	21709.4	3	1.00	276.4	210	131.6
2.5% TIRAS DE ALUMINIO Y 2.5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	20679.5	3	1.00	263.3	210	125.4
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	18446.4	3	1.00	234.9	210	111.8
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	18844.1	3	1.00	239.9	210	114.3
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	19221.3	3	1.00	244.7	210	116.5
5% TIRAS DE ALUMINIO Y 5% POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO	11/12/2023	8/01/2024	28	2.0	78.5	18925.6	3	1.00	241.0	210	114.7



**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 457 2237 / 989 349 903  
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com  
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA : -  
AUTORES : Rojas Mori Andy Christopher y Contreras Human Gustavo German  
TESIS : "INFLUENCIA DE INCORPORACIÓN DE TIRAS DE ALUMINIO Y POLVO DE FIBROCEMENTO RECICLADO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  $f_c=210$  KG CM<sup>2</sup> EN PROPORCIONES DE 1.5%, 2.5% Y 5% DEL PESO DEL CEMENTO, LIMA-2024"

UBICACIÓN : Lima - Perú Fecha de diseño: 11/12/2023

DISEÑO PATRÓN - $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.61	3.07	0.69	1.77	1410	1544
AGREGADO GRUESO - HUSO 6	2.60	6.92	0.38	0.62	1506	1611

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE**

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO		4	pulg		
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/4"			
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.58			
4	AGUA		215			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.37			
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			368.39	Kg/m <sup>3</sup>	8.7	Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento			0.1181	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Agua			0.2150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Volumen absoluto del Aire			0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2795	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.647	
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3674	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO						
CEMENTO			368	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA			215	L/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO			729	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO			955	Kg/m <sup>3</sup>		
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)			5.526	Kg/m <sup>3</sup>		
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)			5.526	Kg/m <sup>3</sup>		
PESO DE MEZCLA			2279	Kg/m <sup>3</sup>		
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO			734.5	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			959.0	Kg/m <sup>3</sup>		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			1.08	Lts/m <sup>3</sup>	7.9	
AGREGADO GRUESO			0.24	Lts/m <sup>3</sup>	2.3	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					10.2	Lts/m <sup>3</sup>
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			368	Kg/m <sup>3</sup>		
AGUA			225	Lts/m <sup>3</sup>		
AGREGADO FINO			735	Kg/m <sup>3</sup>		
AGREGADO GRUESO			959	Kg/m <sup>3</sup>		
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)			5.526	Kg/m <sup>3</sup>		
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)			5.526	Kg/m <sup>3</sup>		
PESO DE MEZCLA			2298	Kg/m <sup>3</sup>		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (30 lt.)						
CEMENTO			11.05	Kg		
AGUA			6.76	Lts		
AGREGADO FINO			22.04	Kg		
AGREGADO GRUESO			28.77	Kg		
TIRAS DE ALUMINIO (1.5% del peso del cemento)			165.8	g		
POLVO FIBROCEMENTO RECICLADO (1.5% del peso del cemento)			165.8	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
C	1.0				C	1.0
A.F	1.99				A.F	2.12
A.G	2.60				A.G	2.59
H <sub>2</sub> O	28.0				H <sub>2</sub> O	26.0

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA