



## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO ARMADO USANDO 1% y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR “CARE” EN COMAS – LIMA, AÑO 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Odalis Graciela Capistrano Salazar  
Orlando Rafael Rejas Delgado

**Asesor:**

Ing. Jvan Jovanovic Aguirre  
<https://orcid.org/0000-0003-1609-1704>

Lima - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>JOSE LUIS NEYRA TORRES</b>	<b>21454204</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	<b>RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA</b>	<b>46905022</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>	<b>42584435</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO ARMADO USANDO 1% y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Dumfries and Galloway College</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.ucss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra PUCMM</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicada a mi mami Juana, por el apoyo y el amor incondicional que me brinda, asimismo quien me enseñó lo más importante en la vida que con esfuerzo y sacrificio todo es posible.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi abuela por su apoyo constante, y a los que intervinieron a lo largo de mi educación por sus conocimientos y enseñanzas aportados.

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO.....	6
INDICE DE TABLAS .....	11
INDICE DE FIGURAS.....	13
INDICE DE ECUACIONES.....	15
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	18
1.2 ANTECEDENTES.....	20
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	20
1.2.2 Antecedentes Nacionales.....	27
1.3 BASES TEÓRICAS .....	32
1.3.1 Aditivo .....	32
1.3.2 Concreto.....	32

1.3.3	Cemento.....	33
1.3.4	Cemento Portland .....	33
1.3.5	Agregado fino.....	34
1.3.6	Agregado grueso .....	34
1.3.7	Asentamiento .....	34
1.3.8	Resistencia a la tensión.....	34
1.3.10	Perlas de poliestireno expandido (Tecnopor).....	37
1.3.11	Propiedades físicas .....	38
1.3.11.1	Densidad .....	38
1.3.12	Propiedades químicas .....	41
1.3.13	Propiedades biológicas.....	43
1.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	44
1.4.1	Problema general.....	44
1.4.2	Problema específicos .....	44
1.5	OBJETIVOS.....	45
1.5.1	Objetivos generales.....	45
1.5.2	Objetivos específicos.....	45
1.6	HIPÓTESIS.....	46
1.6.1	Hipótesis general .....	46
1.6.2.1	Hipótesis específicas 1 .....	47
1.7	JUSTIFICACIÓN .....	48

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	50
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	51
2.2.1 Población .....	51
2.2.2 Muestra .....	52
2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	52
2.3.1 Instrumentos y recolección de datos .....	52
2.3.2 Técnicas para la recolección de datos.....	53
2.3.3 Variables .....	54
2.3.4 Procedimiento .....	54
2.3.6 Análisis estadístico.....	58
2.3.7 Aspectos éticos .....	59
CAPITULO III : RESULTADOS .....	64
3.1 Ensayos de agregados.....	64
3.1.1 Análisis granulométrico de agregados .....	64
3.1.2 Peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	67
3.1.3 Porcentaje de absorción y peso específico .....	70
3.1.4 Resumen de los resultados presentados.....	71
3.1.5 Diseño de mezcla de concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	72
3.1.6 Diseño de mezcla de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ añadiendo 1% de perlas de poliestireno. ....	73



3.1.7 Diseño de mezcla de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ añadiendo 3% de perlas de poliestireno. ....	74
3.1.8 Resistencia a la flexión.....	75
3.1.8.1 Resistencia a la flexión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y 3% de perlas de poliestireno a los 7 días .....	76
3.1.8.2 Resistencia a la flexión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y 3% de perlas de poliestireno a los 14 días .....	78
3.1.8.3 Resistencia a la flexión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y 3% de perlas de poliestireno a los 28 días .....	80
3.1.8.4 Resumen de resistencia a la flexión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 3\%$ y 5% de perlas de poliestireno.....	82
3.1.9 Resistencia a la tensión.....	84
3.1.9.1 Resistencia a la tensión indirecta del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y 3% de perlas de poliestireno a los 7 días.....	84
3.1.9.2 Resistencia a la tensión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y 3% de perlas de poliestireno a los 14 días .....	86
3.1.9.3 Resistencia a la tensión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y 3% de perlas de poliestireno a los 28 días .....	88
3.1.9.4 Resumen de resistencia a la tensión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 3\%$ y 5% de perlas de poliestireno.....	89
CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	99

4.1 LIMITACIONES .....	99
4.2 DISCUSIÓN .....	100
4.3 CONCLUSIONES .....	104
REFERENCIAS .....	106
ANEXOS .....	111
ANEXO N° 01: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE HORNO .....	111
ANEXO N° 04: PESO UNITARIO PARA AGREGADOS .....	125
ANEXO N° 05: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO.....	126
ANEXO N° 06: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO .....	127
ANEXO N° 07: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS ASTM C78.....	128
ANEXO N° 08: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS GRUESOS ASTM C78...	129
ANEXO N° 09: FLEXIÓN VIGA DE CONCRETO (7 DÍAS) .....	130
ANEXO N° 10: FLEXIÓN VIGA DE CONCRETO (14 DÍAS).....	131
ANEXO N° 11: FLEXIÓN VIGA DE CONCRETO (28 DÍAS).....	132
ANEXO N° 12: TRACCIÓN – (7 DÍAS) .....	133
ANEXO N° 13: TRACCIÓN – (14 DÍAS) .....	134
ANEXO N° 14: TRACCIÓN – (28 DÍAS) .....	135
ANEXO N° 15: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA .....	136
.....	137

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química del cemento Portland – Tipo I .....	33
Tabla 2: Resumen de las propiedades físicas del poliestireno expandido .....	40
Tabla 3: Resumen de las propiedades químicas del poliestireno expandido .....	42
Tabla 4: Preparación de la muestra del material. ....	52
Tabla 5: Cronograma para la elaboración de las probetas .....	54
Tabla 6: Matriz de operación .....	59
Tabla 7: : Matriz de consistencia .....	60
Tabla 8: Operación de variables.....	63
Tabla 9: Peso unitario suelto del agregado grueso .....	68
Tabla 10: Peso unitario suelto del agregado fino .....	68
Tabla 11: Peso unitario compactado del agregado grueso .....	69
Tabla 12: Peso unitario compactado del agregado fino .....	69
Tabla 13: Porcentaje de absorción y peso específico del agregado grueso.....	70
Tabla 14: Porcentaje de absorción y peso específico del agregado fino.....	71
Tabla 15: Resumen de resultados.....	71
Tabla 16: Valores de diseño.....	72
Tabla 17: Diseño de Mezcla ACI 211 .....	73
Tabla 18: Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup> de concreto patrón $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	73
Tabla 19: Diseño de Mezcla ACI 21 Pata el 1% de perlas de poliestireno.....	74

Tabla 20: Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup> de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con 1% de perlas .	74
Tabla 21: Diseño de Mezcla ACI 211 Para el 3% de perlas de poliestireno.....	75
Tabla 22: Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup> de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con 1% de perlas .	75
Tabla 23: Resultado del ensayo a flexión del concreto patrón a las edades.....	82
Tabla 24: Resultado del ensayo a tensión del concreto patrón a las edades .....	89
Tabla 25: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tensión a los 7 días .....	92
Tabla 26: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a tensión a los 7 días .....	92
Tabla 27: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tensión a los 14 días .....	93
Tabla 28: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a tensión a los 14 días...	93
Tabla 29: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tensión a los 28 días .....	94
Tabla 30: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a tensión a los 28 días...	94
Tabla 31: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la flexión a los 7 días.....	95
Tabla 32: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a flexión a los 7 días .....	96
Tabla 33: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la flexión a los 14 días.....	96
Tabla 34: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a flexión a los 14 días ...	97
Tabla 35: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la flexión a los 28 días.....	97
Tabla 36: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a flexión a los 28 días ...	98

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Censos Nacionales 2017</i> .....	19
<i>Figura 2: Método prueba estándar para determinar la resistencia a tracción</i> .....	35
<i>Figura 3: Ensayo a flexión</i> .....	36
<i>Figura 4: Ensayo de flexión</i> .....	36
Figura 5: Perlas de poliestireno expandido (Tecnopor) .....	38
Figura 6: Agregado fino para el diseño .....	64
Figura 7: Análisis granulométrico del agregado fino cantera Trapiche .....	64
Figura 8: Curva del análisis granulométrico del agregado fino. ....	65
Figura 9: Agregado grueso para el diseño.....	66
Figura 10: Análisis granulométrico del agregado grueso N.T.P 400.012. ....	66
Figura 11: Curva del análisis granulométrico del agregado grueso .....	67
Figura 12: Método estándar de prueba para la resistencia a la flexión del concreto.....	76
Figura 13: Ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días .....	76
Figura 14: Diagrama comparativo de la resistencia a la flexión a los 7 días. ....	77
Figura 15: Ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días .....	78
Figura 16: Diagrama comparativo de la resistencia a la flexión a los 14 días. ....	79
Figura 17: Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días .....	80
Figura 18: Diagrama comparativo de la resistencia a la flexión a los 28 días .....	81
Figura 19: Diagrama comparativo de ensayo de flexión a los 7 días, 14 días y 28 días.....	83

Figura 20: Ensayo de resistencia a la tensión a los 7 días.....	84
Figura 21: Diagrama comparativo de la resistencia a la tensión a los 7 días.....	85
Figura 22: Ensayo de resistencia a la tensión a los 14 días.....	86
Figura 23: Diagrama comparativo de la resistencia a la tensión a los 14 días.....	87
Figura 24: Ensayo de resistencia a la tensión a los 28 días.....	88
Figura 25: Diagrama comparativo de la resistencia a la tensión a los 28 días.....	89
Figura 26: Diagrama comparativo de ensayo de tensión a los 7 días, 14 días y 28 días .....	90

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula química del poliestireno expandido ( $\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)$ ) .....	37
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo general determinar los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido como aditivo en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% y 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”. Esta investigación es Inductivo, porque existe una subordinación de causa - efecto entre las variables estudiadas realizando ensayos en laboratorio para encontrar resultados respecto en resistencia flexión, y resistencia a la tensión con un concreto tradicional y adicionando perlas de poliestireno. Los resultados del ensayo de resistencia a flexión se alcanzó una tenacidad máxima de 40.75 kg/cm<sup>2</sup>, continuamente la resistencia a tensión indirecta se obtuvo una resistencia de 22.9 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando que estos son los resultados más óptimos y que corresponden al concreto patrón a los 28 días de curado. En conclusión, nuestros ensayos realizados demostraron que las perlas de poliestireno expandido adicionando 1% y 3% influyen de manera negativa en la resistencia a flexión y resistencia a tracción ya que a medida que se aumente el porcentaje de perlas de poliestireno, la resistencia disminuye, y por último de forma positiva es que el asentamiento aumenta notablemente, consiguiendo incrementar el tiempo de trabajabilidad en el concreto.

**Palabras claves:** Técnico, económico, perlas de poliestireno expandido, flexión, tensión, curado, aditivo, trabajabilidad.



## ABSTRACT

The general objective of this research is to determine the technical and economic factors of the use of expanded polystyrene beads as an additive in the tensile and flexural properties of reinforced concrete using 1% and 3% as a nanotechnological additive, for the "CARE" single-family home. This research is Inductive, because there is a subordination of cause - effect between the variables studied, carrying out laboratory tests to find results regarding flexural resistance, and resistance to tension with traditional concrete and adding polystyrene beads. The results of the flexural resistance test reached a maximum tenacity of 40.75 kg/cm<sup>2</sup>, continuously the resistance to indirect tension a resistance of 22.9 kg/cm<sup>2</sup> was obtained, showing that these are the most optimal results and that they correspond to the standard concrete to the 28 days of curing. In conclusion, our tests carried out showed that the expanded polystyrene beads adding 1% and 3% negatively influence the flexural strength and tensile strength since as the percentage of polystyrene beads increases, the resistance decreases, and finally, in a positive way, the settlement increases notably, managing to increase the workability time in the concrete.

**Keywords:** Technical, economic, expanded polystyrene beads, bending, tension, curing, additive, workability.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

El concreto es un material esencial en la industria de la construcción, ya que es utilizado en diversas aplicaciones. Actualmente, la tendencia de la construcción moderna busca el menor costo, por lo cual es necesario cambiar los antiguos patrones de elementos rígidos y pesados por elementos sencillos de mejor trabajo estructural teniendo en cuenta sus puntos desfavorables, en el transcurso del tiempo se han realizado ensayos para su optimización de los elementos de concreto.

Si bien el empleo del concreto ligero estructural en Sudamérica se introdujo en la década de los 90, a partir de entonces ha logrado alcanzar un buen nivel de aceptación y producción en ciertos países de la región. Tal es el caso de Brasil, Venezuela y Colombia en donde el concreto ligero estructural ha logrado un notable auge en los últimos años, principalmente en monumentos, estatuas de gran envergadura y viviendas sociales de un solo nivel (Carrillo y López, 2015).

En el Perú, la utilización del concreto liviano para el diseño de estructuras aún no es tan común como en los países mencionados anteriormente debido a su poca difusión y al bajo conocimiento que se tiene del mismo, cabe resaltar que su uso está presente en menores cantidades y que con mayor información sobre este tema su uso podría ser una óptima solución a fallas por el peso de la estructura y al mismo tiempo ahorrar en cuanto a los materiales utilizados para su elaboración.

Una de las razones por las cuales el concreto ligero no es usado a mayor escala se debe a que

en la única norma técnica peruana de diseño sismorresistente E030 solo presenta consideraciones y procedimientos a tomar en cuenta para diseñar estructuras de concreto convencional, por lo que no se podría garantizar que las edificaciones tengan un óptimo comportamiento sísmico de acuerdo con las normas vigentes si es que se utiliza el concreto ligero.

Asimismo, datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), obtenidos de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas mencionan que se tiene un total de 118 375 de viviendas particulares de las cuales el 89.7% son de material noble, 0.7% de material de adobe o tapia y 2.2% de material precario.

**ANEXO N° I.3**  
**PERÚ: VIVIENDAS PARTICULARES CENSADAS CON OCUPANTES PRESENTES, POR TIPO DE MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES, SEGÚN DISTRITO, 2017**  
(Cifras absolutas y porcentaje)

Departamento	Provincia	Distrito	Total de viviendas particulares	Tipo de material predominante en las paredes exteriores					
				Material noble 1/		Material de adobe o tapia		Material precario 2/	
				Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
Lima	Lima	Cieneguilla	8 954	5 590	62,4	100	1,1	475	5,3
Lima	Lima	Comas	118 375	106 186	89,7	817	0,7	2 618	2,2
Lima	Lima	El Agustino	46 726	44 395	95,0	918	2,0	564	1,2
Lima	Lima	Independencia	48 551	42 207	86,9	684	1,4	1 954	4,0

Figura 1: Censos Nacionales 2017

Fuente: Instituto nacional de estadística e informática INEI

Por lo cual, en las últimas construcciones de viviendas unifamiliares ubicadas en el distrito de comas, cada vez el uso de materiales de adobe, tapia o precario es menos, como se puede observar en los porcentajes obtenidos en los censos 2017 por la INEI (fig. 01), lo que conlleva que el uso de estos materiales al pasar los años siga disminuyendo.

Dando así la necesidad de conseguir un material que mejore el uso del acero de refuerzo y el

concreto reforzado al aligerar la estructura del mismo; es decir, que contribuye en el aligeramiento del concreto sin afectar sus propiedades físico-mecánicas. Asimismo, las perlas de poliestireno expandido como parte del concreto, no es dañino para el medio ambiente, más bien alivia su peso y también genera aislamiento térmico, acústico, y resistencia al fuego; características, que también justifican la utilización de bloque de concreto liviano.

Siendo primordial disminuir el peso total de la estructura sujeto al esfuerzo mecánico, los ingenieros estructurales implementaron su aplicación, al observar las condiciones sísmicas y propiedades mecánicas, mejorando la seguridad en las construcciones debido a sus cualidades y al mismo tiempo ahorrando en materiales. El presente trabajo de investigación, pretende evaluar la resistencia a la tensión y flexión del concreto con la adición del 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido en comparación de un concreto tradicional para lo cual se elaborarán estudios en la dosificación, elaboración y evaluación económica de los ensayos a realizar.

## **1.2 Antecedentes**

### **1.2.1 Antecedentes Internacionales**

González. (2017). Comparación de las propiedades mecánicas y características físicas de bloques de concreto y bloques de concreto con adición de poliestireno expandido: Se estudia las características físicas y propiedades mecánicas de bloques de concreto con adición de poliestireno expandido, y se compara con las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto tradicional clase A. Se utilizaron esferas de poliestireno de 2 mm de diámetro, ya que su tamaño era conveniente para homogeneizar la mezcla de concreto y se determina la concentración óptima del material, la cual fue 4 gramos por kilogramo de cemento. Con el fin de

observar el comportamiento de la resistencia a la compresión y el peso, las cuales dependen de las diferentes proporciones de poliestireno expandido. Los resultados indicaron que la adición del material reduce la resistencia a la compresión y el peso de los bloques de concreto. El peso reducido con la concentración óptima es de 1 kilogramo por unidad producida, esto corresponde al 6% del peso de un bloque de concreto tradicional. La resistencia se reduce en un 61% respecto al bloque de concreto tradicional, para compensar esta reducción se redujo la relación a/c logrando establecer ambos bloques con las especificaciones para un bloque clase A.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación, mediante un análisis del uso de poliestireno expandido en bloques de concreto, determinando así, la concentración óptima del material el cual fue de 4 gramos por kilogramo de cemento. Resultando de esta manera la reducción de la resistencia en un 61% con respecto al bloque de concreto tradicional.

Carvalho y Motta, (2019). Estudio sobre concreto con poliestireno expandido reciclado: Se estudia las propiedades del concreto ligero con adición de poliestireno expandido (EPS) para aplicaciones de muros estructurales. EPS al ser un material producido a gran escala y de baja densidad se produce un gran volumen de residuos. Estos residuos no se reutilizan, especialmente en Brasil. Dado que, para realizar una comparación del comportamiento del hormigón con la adición de EPS en perlas y reciclado, se fabricó cinco tipos de concreto, un control sin adición de EPS y otras cuatro muestras con dos porcentajes diferentes de EPS. La mecánica (resistencia a la compresión) y físicas (densidad, contenido de huecos, absorción por inmersión y capilaridad) se evaluaron y se realizaron pruebas realizado para evaluar el comportamiento térmico de las

mezclas estudiadas. Las muestras con EPS presentaron resistencia a la compresión menor que la de referencia, sin embargo, la absorción por capilaridad y propiedades térmicas fue mejor en concreto con EPS. Se concluye que es factible reemplazar el EPS en perlas por EPS reciclado, debido a los resultados cercanos encontrados.

El anterior estudio se toma en consideración por la relación con la investigación, ya que estudiaron las propiedades del concreto ligero con adición de poliestireno expandido aplicado en muros estructurales. El cual resultó en una disminución de la compresión resistencia de los hormigones investigados, alcanzando aproximadamente 40% de reducción para hormigones tipo A y aproximadamente 50% para hormigones tipo B, en comparación con el hormigón de referencia.

Silvestre Gutiérrez, A., Gil Vivas, A. & Rivera Medina, P. (2015) Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales: Se realiza el análisis del uso del poliestireno expandido como material aligerante en las mezclas de concreto, buscando estructuras más livianas y mejorando sus propiedades que cumplan con los parámetros de sismo-resistencia establecidos en la Norma Colombiana NSR-10. Se plantea el uso del poliestireno expandido debido a que el material posee una masa liviana por su gran volumen de aire encerrado en su estructura, lo cual genera una gran capacidad de aislamiento térmico, un bajo coeficiente de conductividad térmica, e impermeabilidad a los líquidos. Asimismo, destacan sus propiedades físico-mecánicas, presentando una adecuada resistencia a la compresión, corte,

flexión, tracción y una buena elasticidad; propiedades que son compatibles con los presentados en las mezclas de concreto buscando así una posible mejora en sus parámetros físicos-mecánicos.

El anterior estudio se toma en consideración por la relación con la investigación, ya que estudiaron las propiedades del concreto con adición de poliestireno expandido como aditivo con 3%, 6% y 9% con respecto a una mezcla normal para aligerar elementos estructurales. Los resultados de los ensayos muestran para las diferentes proporciones, una variación del módulo de elasticidad con respecto a las proporciones así: entre mayor cantidad de poliestireno expandido se agregue a la mezcla se presenta deformación unitaria elástica creciendo en menor proporción que los esfuerzos, con lo cual el valor del citado módulo crece. Tal como se recomienda, solo un ensayo de compresión con medidas de deformación para cada carga puede determinar más exactamente este valor de acuerdo a la curva esfuerzo deformación.

Damasceno, F. A., Macedo, O. A. P., de Oliveira, J. L., Oliveira, C. E. A., Brandão, L. F. (2015). Propiedades físicas, mecánicas y térmicas de las baldosas de concreto fabricadas con la adición de diferentes materiales aislantes: Se estudia el efecto del uso de diferentes tipos y composiciones de materiales con características aislantes en la producción de losas de concreto, con el fin de mejorar las características físicas, mecánicas y térmicas. Los materiales aislantes utilizados fueron vermiculita en proporciones del 1% (TAV5) y 3% (TAV10), poliestireno en la proporción de 1% (TAI5) y aditivo agregado con aire en proporciones de 1% (TAA5). Se realizaron pruebas para determinar las propiedades físicas (dimensiones, absorción de agua y permeabilidad), mecánica (resistencia a la flexión a la rotura) de baldosas térmicas y de concreto.

Las baldosas se compararon con los datos obtenidos de la baldosa de referencia (TAN) y se evaluaron según los criterios mínimos establecidos por la NBR 13.858: 2 (ABNT, 2009). Con base en los resultados de las propiedades físicas, se encontró que todos los tratamientos cumplieron con los requisitos de la norma correspondiente en el país. En cuanto a las propiedades mecánicas, varias losas en la resistencia a la tracción por flexión fueron inferiores al mínimo recomendado. La incorporación de materiales con las características aislantes de las baldosas de hormigón mostró una buena eficiencia en la reducción de la temperatura de las losas.

Los autores proponen que, en los ensayos de flexión de las losas de hormigón estudiadas, se observó que al usar materiales con características aislantes influye negativamente en la resistencia a la flexión, teniendo mayor influencia la vermiculita y el aditivo incorporador de aire durante el periodo evaluado. Además, la incorporación de materiales con características aislantes en losas de hormigón presenta buena eficiencia, pudiendo presentar mejor eficiencia en el confort térmico de instalaciones.

Lituma y Zhunio (2015). Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del concreto: Se determinó la influencia de la sustitución total y parcial del árido fino por perlas de poliestireno expandido (EPS) en la masa del hormigón para reducir su peso y evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión. Y concluye con a la edad de 28 días, para los porcentajes de sustitución (arena por EPS) de 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100% se observaron, respectivamente, disminuciones del 2.84%, 4.28%, 7.52%, 14.73%, 17.58% y 19.08% del valor de la resistencia a compresión del hormigón de peso normal



(control). Llegándose a obtener a los 28 días una resistencia promedio mínima de 205 kg/cm<sup>2</sup> para el 100% de sustitución.

En este estudio se realizaron ensayos para determinar la influencia de la sustitución total y parcial del árido fino por perlas de poliestireno expandido (EPS) en la masa del hormigón para reducir su peso y evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión. En cuanto a la densidad la máxima reducción obtenida se da al 100% de sustitución, logrando así una disminución a los 28 días de edad de aproximadamente el 17% de la densidad del hormigón de peso normal. En lo que se refiere a la resistencia, con un 100% de sustitución se obtuvo una resistencia a los 28 días de 205 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa una reducción de aproximadamente el 19% con respecto al hormigón de peso normal. El punto crítico de la resistencia se dio entre el 60% al 71% de sustitución, donde la caída en el valor de la resistencia se incrementó significativamente, lo cual se debe a que se supera el 60% de sustitución.

Espinoza Merchán, María. P., Torres-Parra, Laura. J., Rojas-Arias, Nicolas y Cocha Vesga, Pablo. M. (2020). Recuperación e Incorporación de Poliestireno Expandido SolidWaste en Concreto Ligero: Este trabajo tiene como objetivo generar una alternativa en la aplicación de residuos de EPS, en este caso, como agregado grueso en la fabricación de concreto liviano. Se utilizaron recipientes de EPS desechados como materia prima. El material fue limpiado, triturado y posteriormente reducido su volumen mediante la aplicación de acetona, generando piezas de poliestireno (R-PS) para ser aplicado como agregado grueso para la fabricación de concreto liviano en diferentes proporciones. Además, las piezas fueron sometidas a un proceso de ataque

químico para ver su comportamiento. Los resultados muestran el grado de reducción de volumen las piezas de EPS mediante el uso de diferentes relaciones de acetona, estableciendo el mejor grado de reducción (en volumen) de este material. Asimismo, las pruebas de ataque químico muestran el comportamiento del R-PS ante diferentes agentes en las muestras de R-PS y las pruebas de falla sobre las diferentes muestras de concreto determinan la mejor relación R-PS como agregado grueso para la fabricación de concreto liviano. Los datos obtenidos en este estudio muestran que la aplicación de acetona sobre las muestras de EPSW logra reducir su volumen hasta en un 55 %. Las pruebas de falla en concretos muestran que un valor de adición de P-RS óptimo a utilizar como agregado en la fabricación de concreto liviano es del 7 %, mejorando su resistencia ante agentes químicos y reducción de peso, sin reducir las propiedades mecánicas del concreto de forma significativa.

El anterior estudio se toma en consideración por la relación con la investigación, se observa que al usar R-PS no solo simula las propiedades mecánicas del hormigón, sino que también mejora otras propiedades como resistencias y corrosión por exposición a agentes químicos y corrosivos. La implementación de R-PS también potencia la reducción de peso durante la fabricación del hormigón, favoreciendo la posibilidad de que sea válida la aplicación de R-PS como agregado grueso para la fabricación de hormigón ligero. Sin embargo, una aplicación excesiva de R-PS como dosificador en concreto afecta las propiedades mecánicas del material, por lo que se recomienda un bajo porcentaje de aplicación de R-PS como agregado grueso para la fabricación de concreto liviano.

### 1.2.2 Antecedentes Nacionales

Vásquez Salvador, H. (2018). Resistencia del concreto de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 10% y 15% - Huaraz: Se investiga la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo el agregado grueso por tecnopor en 10% y 15% con respecto al agregado grueso con el fin de encontrar diferentes alternativas de materiales para ser aplicados en la elaboración del concreto disminuyendo el peso del mismo. Además, se estudiaron las características físicas de los agregados: contenido de humedad, gravedad específica, porcentaje de absorción, peso unitario suelto y compactado, granulometría. Se elaboraron probetas de concreto añadiendo un 10% y 15% de tecnopor, resultando que la resistencia a la compresión del concreto control fue superior en 2.85% al concreto experimental con 10% de tecnopor; mientras que al concreto experimental con 15% de tecnopor superó en un 5%.

El anterior estudio se toma en consideración por su relación con la investigación, podemos observar que el concreto patrón supera en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; mientras que al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% supera en un 5%.

Bustamante Medina, D. Díaz Salcedo, C. (2014) Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto liviano con perlas de poliestireno expandido reciclado: Se evalúa las propiedades mecánicas del concreto liviano con perlas de poliestireno expandido reciclado. Las propiedades del concreto liviano son muy beneficiosas para la construcción de edificación, ya que se combina

la resistencia que proporciona el cemento portland y la ligereza que otorgan las perlas de poliestireno expandido. Esto es una buena alternativa para la edificación de estructuras que requieran mayor cantidad de altura y a su vez una reducción del peso en la edificación evitando sobreesfuerzos en las bases de los cimientos. Además, otras de sus propiedades son: peso específico aparente muy bajo, excelente aislamiento térmico y buena resistencia mecánica. Llegaron a resultados como el peso unitario, que oscila entre 1100 y 1500 kg/m<sup>3</sup>. El aumento de la dosificación de EPS disminuye la resistencia a la compresión, siendo menor que la de un concreto convencional, teniendo valores entre 80 a 190 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días, no adecuados para morteros convencionales. Al igual reduce los resultados del módulo de rotura a 28 días, oscilando entre 21 y 32 kg/cm<sup>2</sup> fluctuando entre un rango de 16 a 27% la relación  $MR/f^c$  dentro de lo normal.

Los autores proponen que al usar este material al momento de determinar la resistencia a compresión disminuye al aumentar el contenido de EPS, siendo menor a la del concreto convencional, debido tanto a la reducción de la densidad del mortero endurecido como de la trabajabilidad, lo cual implica la obtención de morteros menos homogéneos y más disgregados, la resistencia a la compresión se incrementa al incrementar la densidad del concreto. Por otro lado, los resultados obtenidos para el Módulo de Rotura muestran valores considerablemente menores a los de un concreto convencional, La presencia de EPS reduce significativamente la resistencia a flexión

Tinoco Usua, A. (2019). Efecto de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en la densidad y resistencia del concreto: Se evalúa la densidad y resistencia a la compresión de mezclas de concreto al sustituir en volumen el agregado grueso por tecnopor en porcentajes del 0%, 10%, 20% y 30%. El objetivo es considerar como un material alternativo en la construcción al tecnopor y reducir los efectos contaminantes de la producción y costos del concreto. Se determinó que el peso específico de los concretos experimentales lograron una disminución del 3.75%, 7.50% y 11.57% respecto al concreto control en los porcentajes de sustitución del 10%, 20% y 30% respectivamente. Asimismo, los concretos experimentales redujeron su resistencia a la compresión proporcionalmente al aumento del porcentaje de sustitución, resultando una disminución del 1.35%, 4.53% y 8.45% respecto al concreto control en el concreto de 10%, 20% y 30% de tecnopor respectivamente.

El autor logró elaborar un diseño de mezcla con porcentajes del 0%, 10%, 20% y 30% de sustitución del agregado grueso por tecnopor, para una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> en el cual las resistencias a la compresión que alcanzaron el concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%, 20% y 30%, a los 28 días de curación fue de 294.44 kg/cm<sup>2</sup>; 290.45 kg/cm<sup>2</sup>; 281.10 kg/cm<sup>2</sup> y 269.54 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Lapa, J. (2020). Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo: Este trabajo de investigación determina el efecto que produce el poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas

de las unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo. Para conseguir lo propuesto, se realizaron tres diseños de mezcla de concreto con relaciones a/c de 0.6, 0.7 y 0.8, usando materiales convencionales como cemento, agua y agregado fino (diseños patrón). Después, se quitó un 20, 40 y 60 % del agregado fino en cada diseño de mezcla y se reemplazó por perlas de poliestireno expandido (EPS o Tecnopor) de 3 - 4 mm de diámetro, teniendo finalmente 12 diseños de mezcla. En la fase experimental: 1) Se caracterizó a los materiales: Cemento (Portland Tipo I), agua (proveniente de la red pública), agregado (cantera del distrito de Pilcomayo). 2) Se evaluó las propiedades del concreto en estado fresco (consistencia y peso unitario) y endurecido (resistencia a compresión): La consistencia de concreto varió desde 1” a 7 1/2”, el peso unitario del concreto de 2279.57 a 1087.34 kg/m<sup>3</sup> y la resistencia a compresión en probetas a los 28 días disminuyó desde 23.21 % hasta 54.21 %. Se evaluaron los resultados obtenidos y se seleccionaron dos diseños de mezcla denominadas: R 0.6 – EPS 20 y R 0.8 – EPS 40, luego se fabricó 45 ladrillos de concreto por cada dosificación. Finalmente, a las unidades de concreto elaboradas se determinó las propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos de albañilería; los ensayos de variación dimensional y alabeo dio 1.14 % y 0.98mm respectivamente. En cuanto a los resultados de resistencia a la compresión de las unidades; en la dosificación R 0.6 – EPS 20 se obtuvo un valor de 77.77 kg/cm<sup>2</sup> clasificando a la unidad de concreto como tipo II y para la dosificación R 0.8 – EPS 40 se obtuvo un valor de 31.24 kg/cm<sup>2</sup> lo que determinó su clasificación a unidades no estructurales. Todas las unidades en promedio tienen 26.22 % de vacíos en sus ranuras clasificándose como unidades sólidas.

El anterior estudio se toma en consideración por su relación con la investigación, podemos observar que la adición de Poliestireno expandido en el concreto, provocó una reducción de la resistencia a la compresión para todas las dosificaciones planteadas, con la adición de un 20 %, 40% y 60 % de Poliestireno expandido, la resistencia a la compresión disminuyó en un 23.21, 39.38 y 54.21% respectivamente.

Chuquilin (2018), Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018: Se reemplazó el agregado fino por EPS en porcentajes variables hasta llegar al 50%, de lo cual comprobó que la dosificación y el peso unitario decrecen mientras que el asentamiento aumenta. Así también se elaboró un diseño convencional para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y uno con porcentajes de perlas de poliestireno en función del volumen del agregado fino basándose en el método del ACI 211. En el concreto convencional se obtuvo una resistencia promedio de 283 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, mientras que el concreto con 5 reemplazo de EPS en porcentajes del 10%, 20%, 30%, 40% y 50% los valores fueron de 276 kg/cm<sup>2</sup>, 264 kg/cm<sup>2</sup>, 256 kg/cm<sup>2</sup>, 242 kg/cm<sup>2</sup> y, 222 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, reduciendo su resistencia en 22% como máximo.

El autor determinó la influencia de las perlas de poliestireno en un concreto liviano estructural, en porcentajes de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, reemplazando al agregado fino. Donde se comprueba que, a mayores porcentajes de perlas de poliestireno, la resistencia a compresión y el peso unitario disminuye, mientras que el asentamiento aumenta.

Vera Pulido, Isau Jesus. (2018). Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este (2018): consiste en estudiar las características físicas del poliestireno expandido como agregado adicional en una mezcla de concreto liviano. Asimismo, poder ejecutar obras de construcción civil, no estructurales, con este material innovador brindaremos nuevas alternativas al alcance económico de la población.

El anterior estudio se toma en consideración por su relación con la investigación, en cual nos indica que al incrementar el porcentaje de las perlas de poliestireno expandido los pesos unitarios del concreto liviano disminuyen significativamente. Asimismo, se observa que la resistencia es directamente proporcional al peso unitario debido a que a mayor peso unitario mayor es la resistencia.

### **1.3 Bases teóricas**

#### **1.3.1 Aditivo**

“Son materiales diferentes al agua, agregados, materiales cementosos hidráulicos, y refuerzo de fibra, que al ser usados como un ingrediente de una mezcla de cemento modifican algunas de las propiedades de la mezcla fresca, su fraguado o endurecimiento y que se añade antes o durante su mezclado. (NTP 339.047, 2014, p. 4)

#### **1.3.2 Concreto**

“Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento Portland y el agua, pero también



puede contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos”. (NTP 339.047, 2014, p. 8).

### 1.3.3 Cemento

“Cemento que fragua y endurece por reacción química con el agua y es capaz de hacerlo bajo el agua” (NTP 339.047, 2014, p. 12)

### 1.3.4 Cemento Portland

“Es un cemento hidráulico obtenido de la pulverización del Clinker. Dicho proceso es realizado en molinos de bola donde se agrega 1% de yeso con la finalidad de controlar las reacciones de fraguado y endurecimiento. En la siguiente tabla se presenta la composición química del cemento portland tipo I” (NTP 334.007, 2014, p.12)

Tabla 1: Composición química del cemento Portland – Tipo I

Componentes	Símbolo	% en peso
Silicato dicálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )	$\text{C}_2\text{S}$	28
Silicato tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$ )	$\text{C}_3\text{S}$	46
Aluminato tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ )	$\text{C}_3\text{A}$	11
Aluminato ferrita tetracálcica	$\text{C}_4\text{AF}$	8
( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ )	-	3
Yeso ( $\text{CaSO}_4$ )	M	3
Óxido de magnesio	C	0.5
Óxido de calcio	N	0.5
Óxido de sodio	K	-
Óxido de potasio		

Fuente: Norma técnica Peruana 334.009

### **1.3.5 Agregado fino**

“Agregado que pasa por el tamiz de 9.5mm ( $\frac{3}{8}$  pulg.) y casi en su totalidad pasa por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y es retenido en su mayor parte en el  $75\mu\text{m}$  (No. 200). Es aquel que pasa el tamiz normalizado  $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm) y queda retenido en el tamiz normalizado N° 200 (0.075 mm)”. (NTP 339.047, 2014, p. 5)

### **1.3.6 Agregado grueso**

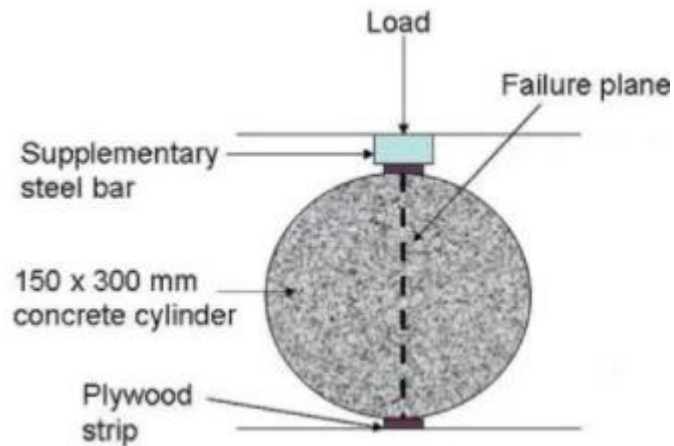
“Agregado predominante retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) o aquella porción de un agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4)”. (NTP 339.047, 2014, p. 5)

### **1.3.7 Asentamiento**

El método para determinar la consistencia de la mezcla por el asentamiento, es el ensayo del “Cono de Abrams” o “Slump” (ASTM C-143) el cual mide en pulgadas o centímetros la masa de concreto que previamente es colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por lo tanto, podemos definir el asentamiento como la medida de la diferencia de alturas entre el molde metálico estándar y la masa de concreto luego de ser retirado del molde que la recubre. (NTP 339.035, 2010)

### **1.3.8 Resistencia a la tensión**

Podemos definirlo como la capacidad para soportar una carga por unidad de área expresado generalmente en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , MPa y libras por pulgada cuadrada (psi). Según las normas ASTM C 39 y NTP 339.034, se determina mediante el ensayo para esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.



*Figura 2: Método prueba estándar para determinar la resistencia a tracción*

*Fuente: ASTM C496*

### **1.3.9 Resistencia a la flexión**

Podemos definirlo como una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Según la norma NTP 033.078, la cual aplica una sollicitación vertical en la viga a los tres tercios de la longitud otra norma es NTP 033.079, la cual aplica una sollicitación vertical en la viga en el punto medio del tramo.

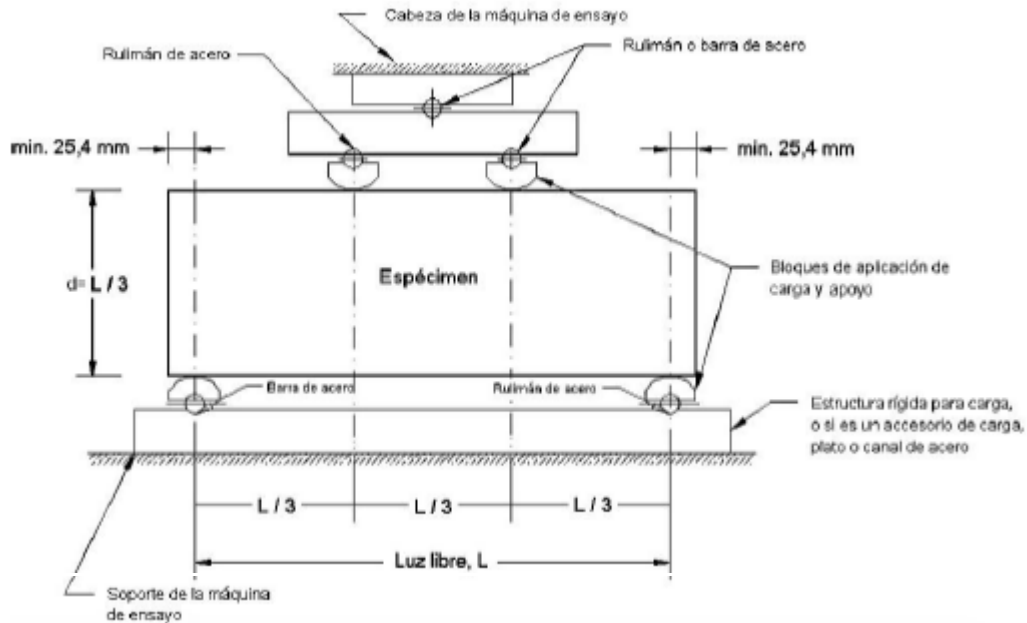


Figura 3: Ensayo a flexión

Fuente: ASTM C78

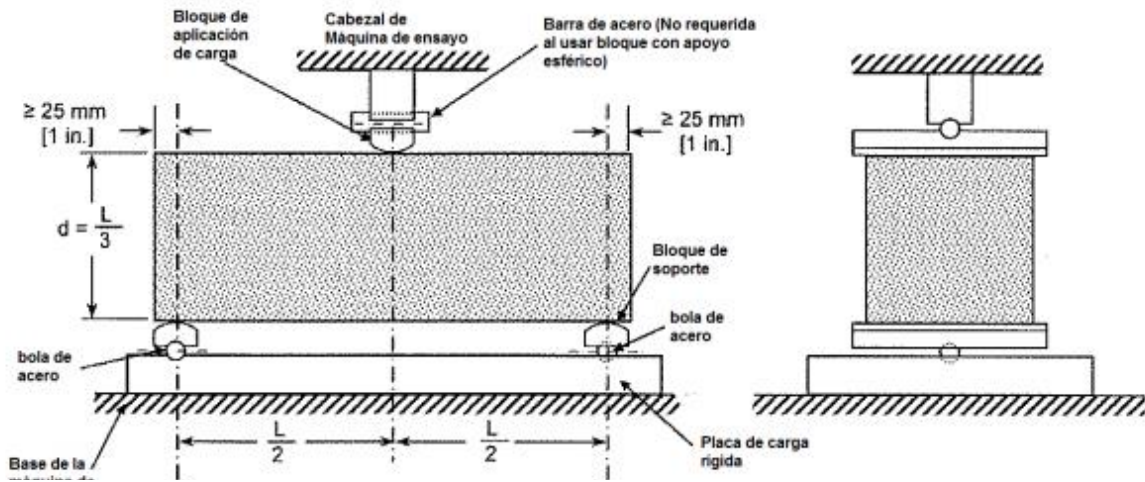


Figura 4: Ensayo de flexión

Fuente: ASTM C293

### 1.3.10 Perlas de poliestireno expandido (Tecnopor)

Fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1930. Proviene de la resina del árbol de liquidámbar americano Liquidambar styraciflua, que destila una sustancia aceitosa, un monómero de estireno. El poliestireno es un polímero termoplástico obtenido de la polimerización del monómero de estireno. La polimerización es un proceso químico por el cual los monómeros se agrupan entre sí dando lugar a moléculas de mayor peso. Las perlas de poliestireno son pequeñas esferas de diámetros variables de 3 mm y 7 mm. Consisten en un 91% de poliestireno y un 1% de un gas que forma burbujas, la cual tiene como función aumentar el volumen y, por ende, reducir la densidad. En la transformación se somete a la materia prima a la acción del vapor de agua, de forma que las pequeñas perlas de poliestireno expandido aumentan su volumen hasta 50 veces, aprisionando gran cantidad de aire en su interior.

Posee una diversidad de aplicaciones para la construcción, especialmente para realizar rellenos livianos, sobre losas de hormigón liviano y afines; entre otras cualidades permite reducir peso en las estructuras y cargas a la cimentación.

Ecuación 1: Fórmula química del poliestireno expandido

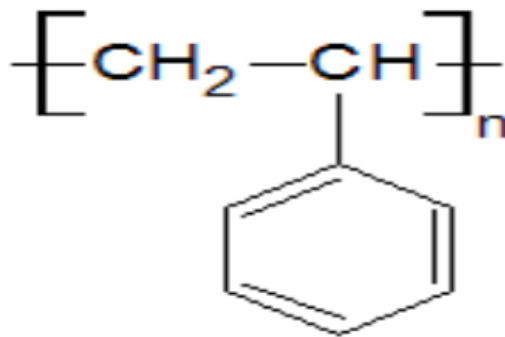




Figura 5: Perlas de poliestireno expandido (Tecnopor)

Fuente: ETSA PERU (Líder en Tecnopor para la construcción)

## **Propiedades físicas, químicas y biológicas del poliestireno expandido**

### **1.3.11 Propiedades físicas**

#### **1.3.11.1 Densidad**

Se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros, aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades, se sitúan en el intervalo que va desde los 10 kg/m<sup>3</sup> hasta los 50 kg/m<sup>3</sup>.

#### **1.3.11.2 Resistencia mecánica**

La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúa generalmente a través de las siguientes propiedades:

- Resistencia a la compresión para una deformación del 10%.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.
- Fluencia a compresión

### **1.3.11.3 Aislamiento térmico**

Los productos de poliestireno expandido (EPS) presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. Esto se debe a la propia estructura del material, que consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno.

Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica, que en el caso de los productos de EPS varía.

### **1.3.11.4 Comportamiento frente al agua**

El poliestireno expandido no es higroscópico. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días).

### **1.3.11.5 Estabilidad dimensional**

Los productos de poliestireno expansivo, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica. Las cuales se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa entre 0,05 y 0,07 mm. Por metro de longitud y grado centígrado.

### **1.3.12.6 Estabilidad frente a la temperatura**

El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior.

### 1.3.11.7 Comportamiento frente a factores atmosféricos

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Debido a que estos efectos sólo se muestran tras la exposición prolongada a la radiación UV, en el caso de las aplicaciones de envase y embalaje no es objeto de consideración.

Tabla 2: Resumen de las propiedades físicas del poliestireno expandido

Propiedades	Norma UNE	Uds	Valores margen de oscilación
Densidad nominal	EN – 1602	Kg/m <sup>3</sup>	10 – 35
Densidad mínima		Kg/m <sup>3</sup>	9 – 31.5
Espesor mínimo		mm	50 – 20
Conductividad térmica (10 °C)	92201	mW/(mK)	46 – 33
Tensión por compresión con deformación del 10%		KPa	30 – 250
Resistencia permanente a la compresión con una deformación del 2%	92201	KPa	15 – 70
Resistencia a la flexión	EN – 826	KPa	50 – 375
Resistencia al cizallamiento		KPa	25 – 184



Resistencia a la tracción	EN – 1607 EN – 1608	KPa	< 100 – 580
Módulo de elasticidad		MPa	< 1.5 – 10.8
Indeformabilidad al calor instantánea		°C	100
Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m <sup>2</sup>		°C	80
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K (xE - 5)	5 – 7
Capacidad térmica específica		J/(kgK)	1210
Clase de reacción al fuego		-	M1 o M4
Absorción del agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días	EN - 12087	%(Vol.)	0.5 – 1.5
Absorción del agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días	EN - 12087	%(Vol.)	1 – 3
Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua	92226	-	< 20 – 120

---

*Fuente: ANAPE, Propiedades del poliestireno expandido ANAPE*

### **1.3.12 Propiedades químicas**

El EPS es estable frente a muchos productos químicos siendo su uso contraindicado si se utilizan solventes aromáticos. No es estable frente a: Ácidos concentrados (sin agua) al 100%, disolventes orgánicos (acetona, ésteres, etc.), hidrocarburos alifáticos saturados, aceite de diesel, y carburantes.

Tabla 3: Resumen de las propiedades químicas del poliestireno expandido

Sustancia activa	Estabilidad
Solución salina (agua de mar)	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (35%), ácido nítrico (50%)	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esferes, etc.)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: En una acción

	prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: En una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

---

*Fuente: ANAPE, Propiedades del poliestireno expandido*

### **1.3.13 Propiedades biológicas**

El EPS no constituye sustrato nutritivo alguno para roedores y microorganismos. Es imputrescible, no enmohece, no se descompone y no es peligroso para las aguas. No tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial en cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85°C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos (González, 2017).

Comportamiento frente al fuego: El EPS al ser expuesto a temperaturas mayores a 100 °C, se reblandece lentamente y se contrae. Si la temperatura aumenta, se funde. Dependiendo de su densidad el hormigón alivianado con poliestireno expandido EPS tiene mejor desempeño ante el fuego (Bustamante & Díaz, 2014)

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿Cuál será la influencia de los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% y 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?

### **1.4.2 Problema específicos**

#### **1.4.2.1 Problema específicos 1**

¿Cuál será la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?

#### **1.4.2.2 Problema específicos 2**

¿Cuál será la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?

### **1.4.2.3 Problema específicos 3**

¿Cuál será la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?

### **1.4.2.4 Problema específicos 4**

¿Cuál será la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivos generales**

Determinar los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% y 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

#### **1.5.2.1 Objetivos específicos 1**

Determinar la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% como aditivo

nanotecnológico.

### **1.5.2.2 Objetivos específicos 2**

Determinar la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico.

### **1.5.2.3 Objetivos específicos 3**

Determinar la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 3% como aditivo nanotecnológico.

### **1.5.2.4 Objetivos específicos 4**

Determinar la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 3% como aditivo nanotecnológico.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 1% y 3% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

### **1.6.2.1 Hipótesis específicas 1**

Los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 1% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

### **1.6.2.2 Hipótesis específicas 2**

Los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 1% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

### **1.6.2.3 Hipótesis específicas 3**

Los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 3% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

### **1.6.2.4 Hipótesis específicas 4**

Los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 3% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

## 1.7 Justificación

El presente trabajo de investigación se presenta con el motivo de brindar mayor información acerca del análisis comparativo técnico y económico de un diseño de mezcla de concreto con 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido como aditivo nanotecnológico, con un diseño de mezcla convencional. Siendo el poliestireno expandido un material económico, este proyecto se enfocó en el análisis de la viabilidad del uso de este material como aditivo en el diseño de mezclas de concreto, para esto es necesario comparar las resistencias del concreto con el aditivo contra un concreto de mezcla tradicional contemplado en la norma E030 y así poder definir su aplicabilidad.

En busca de contribuir a mejorar las propiedades mecánicas del concreto, en nuestro caso usando las perlas de poliestireno expandido como un aditivo nanotecnológico debido a la magnitud de beneficiosas propiedades que posee como por ejemplo aligerar el peso de elementos estructurales lo cual reduciría la carga muerta, por lo tanto, podría ser una óptima opción cuando tengamos que construir en terrenos con una capacidad portante baja, como los que hay en ciertas zonas de la ciudad de Lima. En edificios, el comportamiento del concreto estructural liviano proporciona una estructura de concreto con mayor resistencia al fuego, aislamiento acústico y conductividad térmica. Además, en caso de sismos, el concreto ligero estructural tiene la capacidad de absorber fácilmente el impacto de cargas sin dañarse, mejor absorción de ondas de choque en comparativa con el concreto convencional, una propiedad un beneficiosa ya que sabemos el Perú se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica.

Esta investigación es una muestra del avance de la ciencia a lo largo de los años, ya que es



venidero la tecnología en el sector de construcción, con las modificaciones a través de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos añadidos durante el proceso de mezcla y posteriormente en proceso constructivo, beneficiando el confort y seguridad de una estructura. Dando así, prevalecer la calidad de vida al brindar servicio a la población. Se puede señalar que hay indicios en la relevancia de este trabajo, la cual se centra en analizar las propiedades mecánicas, como la resistencia a la tensión y flexión del concreto con la adición de perlas de poliestireno expandido y compararlas con las propiedades mecánicas de un diseño de mezcla de concreto convencional, para ser utilizados como alternativas en la construcción de estructuras.

Lo más importante de las perlas de poliestireno es que son reciclables, es decir, ayudaría considerablemente a la reducción de desechos sólidos producidos por este material y de esta manera ahorrar al adquirir materiales e insumos para diversos usos. Las perlas de poliestireno son un material ultraligero además de ser una alternativa económica por lo que es muy utilizado en diversas áreas tales como es el sector de la construcción. Por lo que desde el punto de vista ecológico y financiero el uso de este material permite gran disminución en el uso de aparatos eléctricos para el acondicionamiento del clima en edificaciones, además de poseer propiedades aptas para la protección contra el ruido y no ser inflamable.

Finalmente, un material esencial para la obtención de este tipo de concreto, es el cemento, que para este caso se utilizará el Cemento Sol tipo I, ya que es un cemento de uso general y no presenta ninguna adición.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de Investigación

#### **Método**

El método usado para la elaboración de la investigación es Inductivo, por tanto, se efectuará un ensayo en laboratorio cambiando las variables de tensión y flexión en función de las perlas de poliestireno expandido, además siendo este un caso peculiar, se puede globalizar para cualquier elemento estructural de índole ingenieril, usando las teorías de tecnología de concreto.

#### **Orientación**

La orientación de la investigación es aplicada, por lo consiguiente aplicamos los conocimientos del concreto, para la verificación de la flexión y tensión, con la utilización de perlas de poliestireno expandido.

#### **Enfoque**

El enfoque del estudio será cuantitativo ya que, se medirán los datos de manera numérica, y el análisis estadístico para determinar la variación de la flexión y tensión utilizando perlas de poliestireno expandido.

#### **Recolección de datos**

La presente investigación es retrolectivo conseguido a partir de fuentes de bases de datos confiables, ya que se hizo una recopilación de fuentes de investigación confiables como antecedentes de ensayos donde nos brindan una tendencia en el comportamiento del uso de perlas de poliestireno expandido en las propiedades de flexión y tensión.

## **Tipo**

La presente investigación es exploratoria, por medio de los ensayos de laboratorio podremos verificar el comportamiento mecánico del concreto al utilizar las perlas de poliestireno expandido como aditivo tanto a los 7 días, 14 días y 28 días acorde a ello verificar la variación tanto a ensayos de tensión como a flexión.

## **Nivel**

El nivel de la investigación es explicativo puesto que propone mejorar las propiedades mecánicas del concreto haciendo uso de perlas de poliestireno expandido, siendo un material no tan comúnmente usado en Latinoamérica.

## **Diseño**

El diseño de la investigación es experimental, ya que hace referencia en la forma en que se abordara el problema, además se adultera las variables del concreto utilizando perlas de poliestireno expandido tanto a los 7 días, 14 días y 28 días, ejecutando de esta manera ensayos a tensión como a flexión.

## **Estudio del diseño**

La investigación se realiza mediante ensayos de laboratorio, lo cual nos ayudará a comparar el comportamiento del concreto mediante el uso de perlas de poliestireno expandido como aditivo.

## **2.2 Población y muestra**

### **2.2.1 Población**

La población al tratarse de una investigación experimental, estará constituida por el conjunto de unidades de probetas de ensayos bajo la Norma Técnica Peruana 339.034. La cual está

conformada por un concreto patrón, al cual se agrega 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido como aditivo nanotecnológico.

### 2.2.2 Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico en el cual se fabricarán 6 probetas de ensayo con el diseño patrón, 6 probetas de ensayo con incorporación de perlas de poliestireno expandido, con un porcentaje de 1% y 6 probetas de ensayo con 3% de este material. Las cuáles serán sometidas a ensayos de resistencia a la tensión y flexión a los 7 días, 14 días y 28 días de la fecha de inicio en laboratorio.

### Probetas de ensayo

Tabla 4: Preparación de la muestra del material.

preparación de la muestra	TENSIÓN			FLEXIÓN			TOTAL
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	
<b>Espécimen sin perlas de poliestireno</b>	2	2	2	2	2	2	12
<b>Espécimen con perlas de poliestireno 1%</b>	2	2	2	2	2	2	12
<b>Espécimen con perlas de poliestireno 3%</b>	2	2	2	2	2	2	12

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1 Instrumentos y recolección de datos

La recolección de datos para determinar la resistencia a la tensión será mediante probetas cilíndricas y la resistencia a la flexión serán mediante vigas los cuales tendrán como referencia la

resistencia mecánica del concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> comparado con nuestro concreto adicionado 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido. Por otro lado, realizaremos un diseño de mezcla a partir del patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> tomando en consideración el método de ACI 211.

El instrumento de recolección de datos consiste en tablas con sus respectivos formatos, los cuales establecen las normas vigentes nacionales e internacionales, las cuales se hará un seguimiento y registro de la información obtenida en laboratorio para analizar el comportamiento de las probetas cilíndricas sometidas a tensión y las vigas sometidas a flexión.

Para determinar la confiabilidad de estos ensayos se tiene en cuenta los certificados de calibración y para el diseño de mezcla para los equipos:

- Certificado de calibración LT22 – 660 Instrumento de Medición: Horno con fecha de calibración 01/10/2022. (Ver anexo N°01)
- Certificado de calibración LM22 – C – 889 Instrumento de Medición: Balanza capacidad máxima 30000 gramos con fecha de calibración 04/10/2022. (Ver anexo N° 02)
- Certificado de calibración LM22 – 155 Instrumento de Medición: Prensa de concreto Ele International con fecha de calibración 05/10/2022. (Ver anexo N° 03)

### **2.3.2 Técnicas para la recolección de datos**

Se usará el análisis de fórmulas, ensayos, propiedades físico mecánicas del agregado grueso y fino, y el diseño de mezcla del concreto. Por otra parte, se realizarán los ensayos requeridos en el laboratorio, se obtendrán datos elaborados en gabinete, para de esta manera poder hallar la

dosificación adecuada de las perlas de poliestireno expandido que se aplicarán en el concreto  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> usándolo como aditivo nanotecnológico.

### 2.3.3 Variables

#### Variable dependiente

Resistencia a la tensión y flexión.

#### Variable independiente

Diseño de mezcla de concreto y perlas de poliestireno expandido.

### 2.3.4 Procedimiento

En primer lugar, se procedió con los estudios meticulosos de las perlas de poliestireno como aditivo y por consiguiente la recopilación de datos, para así proceder con la elaboración de las 12 probetas, a las cuales se le aplicará el 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido, es vital importancia realizar los ensayos de manera correcta según lo indicado en la Norma Técnica Peruana 339.034, de esta forma logrando responder todo los objetivos planteados en el desarrollo de esta investigación.

Por consiguiente, se elaboró un cronograma para así tener un seguimiento a la elaboración de las probetas según lo indicado en el cronograma en la siguiente tabla:

Tabla 5: Cronograma para la elaboración de las probetas

CRONOGRAMA							
ACTIVIDADES	SEMANAS						
	1	2	3	4	5	6	7
COMPRA DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO							
ELABORACIÓN DE 6 PROBETAS PATRON							
ELABORACIÓN DE 6 PROBETAS CON 1% DE FIBRA							

ELABORACIÓN DE 6 PROBETAS CON 3% DE FIBRA							
ELABORACIÓN DE 6 VIGAS PATRON							
ELABORACIÓN DE 6 VIGAS CON 1% DE FIBRA							
ELABORACIÓN DE 6 VIGAS CON 3% DE FIBRA							
ENSAYOS DE TENSIÓN DE 7 DÍAS							
ENSAYOS DE TENSIÓN DE 14 DÍAS							
ENSAYOS DE TENSIÓN DE 28 DÍAS							
ENSAYOS DE FLEXIÓN DE 7 DÍAS							
ENSAYOS DE FLEXIÓN DE 14 DÍAS							
ENSAYOS DE FLEXIÓN DE 28 DÍAS							
CONCLUSIONES							

*Fuente: Elaboración propia*

Así mismo se logrará realizar dos dosificaciones distintas, las cuales fueron clasificadas de la siguiente manera:

Mezcla N°01:

Diseño de mezcla de concreto convencional + 1% de perlas de poliestireno expandido

- 2 probetas de concreto a los 7 días
- 2 probetas de concreto a los 14 días
- 2 probetas de concreto a los 28 días

Diseño de mezcla de concreto convencional + 3% de perlas de poliestireno expandido

Mezcla N°02:

- 2 probetas de concreto a los 7 días
- 2 probetas de concreto a los 14 días
- 2 probetas de concreto a los 28 días

## Materiales

- Perla de poliestireno expandido
- Cemento
- Arena Gruesa
- Agua

## Equipos

- Horno: Con capacidad de temperaturas mayores a 110° C
- Molde Metálico
- Balanza: Para el pesado de las muestras, con sensibilidad de 0.1%
- Bandejas: Para la colocación de las muestras
- Cucharon: para el recojo de las muestras
- Varilla metálica de 5/8 lisa y punta redondeada
- Tamices con tamaños dependiendo a las especificaciones del material que va ser ensayado
- Martillo de goma
- Moldes rectangulares de bloque
- Badilejo
- Máquina Universal: Para la elaboración de los ensayos de Flexión y Tensión

A continuación, se describe los pasos de las actividades procesadas en la presente investigación:

En primer lugar: Se obtuvo los agregados de la cantera Trapiche para determinar sus



propiedades físico-mecánicas de los materiales. Los ensayos tuvieron lugar en el laboratorio JJ Geotecnia S.A.C. los cuales fueron:

- Determinación de la granulometría del agregado fino y grueso (NTP 400.012/ASTM C-136).
- Determinación el contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185/ASTM C-566).
- Determinación densidad del agregado fino y grueso (NTP 400.017/ASTM C-29).
- Determinación de la gravedad específica del agregado grueso (NTP 400.021 / ASTM C-127).
- Determinación de la gravedad específica del agregado (NTP 400.022/ASTM C-128).
- Por último, verificar que los agregados cumplan con las especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (NTP 400.037 / ASTM C-33).

En segundo lugar: Con los resultados se obtiene nuestro diseño de mezcla  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, usando el método ACI 211.

En tercer lugar: Se compraron las perlas de poliestireno expandido el cual tiene las siguientes características:

- Diámetro de 3mm - 7mm
- Liviano
- Aislamiento térmico-acústico

En cuarto lugar: Se elaboraron 6 vigas y 6 probetas cilíndricas con el concreto patrón, 6 vigas y 6 probetas cilíndricas con 1% de perlas y 6 vigas y 6 probetas cilíndricas con 3% de perlas.

En quinto lugar: Se procederá a realizar los ensayos respectivos (tensión y flexión) a los 7, 14 y 28 días según la norma. En total se usarán 18 vigas y 18 probetas cilíndricas.

Por último, con los resultados obtenidos en los ensayos de tensión (NTP 339.034) y flexión (NTP 339.079) evaluaremos el comportamiento del concreto cuando añadimos 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido.

### **2.3.6 Análisis estadístico**

En esta investigación se desea determinar si la mezcla N°01 y N°02 son iguales, o por consiguiente si los resultados son similares o arrojan las mismas observaciones, por ello se ha optado en usar el análisis de la varianza: ANOVA, ya que se realizará una comparación de la mezcla N°01 con dosificación de 1% de perlas de poliestireno, con la mezcla N°02 añadiendo 3% de perlas de poliestireno. Por otro lado, ya que la muestra es pequeña para determinar la normalidad de los datos se aplicará la prueba Shapiro – Wilk y para determinar la homogeneidad de varianzas se realizará la prueba de Levene. Para este caso se usará el software SPSS para validar las hipótesis planteadas. Las cuales consideran:

- Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>): La resistencia a la tensión y flexión NO incrementa significativamente cuando se incorpora 1% o 3% de perlas de poliestireno en el diseño de mezcla de la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima, año 2022.
- Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>): La resistencia a la tensión y flexión incrementa

significativamente cuando se incorpora 1% o 3% de perlas de poliestireno en el diseño de mezcla de la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima, año 2022.

Para realizar este análisis se compararán los resultados de los ensayos de tensión y flexión incorporando 1% y 3% mediante las muestras patrón con los resultados obtenidos. Finalmente, con la información recolectada, usaremos el software Excel para procesar los datos.

### 2.3.7 Aspectos éticos

Los datos e investigaciones que se presentarán en esta tesis son datos reales, de acuerdo a al análisis que se realizó, así mismo se busca dar respuestas a la pregunta de investigación planteada, además se ha respetado los derechos de autor de los diferentes artículos científicos utilizados para la elaboración de este trabajo, extraídos de bases de datos confiables como Redalyc, Google académico y Scopus.

### MATRIZ DE OPERACIÓN

Tabla 6: Matriz de operación

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDIDA
Variable independiente (X): Perlas de poliestireno expandido	Dosificación de las perlas de poliestireno expandido en el diseño	1% 3%	Realización de ensayos mecánicos
Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del concreto	Métodos de ensayo mecánicos	-Resistencia a la tracción -Resistencia a la flexión	Realización de ensayos mecánicos

*Fuente: Elaboración propia*

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Determinar los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% y 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.”

Tabla 7: : Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p><b>Problema General:</b> ¿Cuál será la influencia de los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% y 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% y 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> Los factores técnicos y económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 1% y 3% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.</p>

<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 1</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICO 1</b>
<p><b>Problema:</b> ¿Cuál será la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?</p>	<p><b>Objetivo:</b> Determinar la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico.</p>	<p><b>Hipótesis:</b> Los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 1% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.</p>
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 2</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICO 2</b>
<p><b>Problema:</b> ¿Cuál será la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?</p>	<p><b>Objetivo:</b> Determinar la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico.</p>	<p><b>Hipótesis:</b> Los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 1% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.</p>

<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 3</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 3</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICO 3</b>
<p><b>Problema:</b> ¿Cuál será la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 1% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?</p>	<p><b>Objetivo:</b> Determinar la influencia de los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 3% como aditivo nanotecnológico.</p>	<p><b>Hipótesis:</b> Los factores técnicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 3% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.</p>
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 4</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 4</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICO 4</b>
<p><b>Problema:</b> ¿Cuál será la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión en el concreto armado usando 3% como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023?</p>	<p><b>Objetivo:</b> Determinar la influencia de los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado usando 3% como aditivo nanotecnológico.</p>	<p><b>Hipótesis:</b> Los factores económicos del uso de las perlas de poliestireno expandido en las propiedades de tensión y flexión del concreto armado, influye positivamente al usar 3% de perlas de poliestireno como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.</p>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 8: Operación de variables

POBLACIÓN Y MUESTRA	MÉTODO Y DISEÑO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><math>E = \text{Error máximo probable (2)}</math></p> <p>Medición cuantitativa de la consistencia (con el cono de Abrams) y la resistencia a la tracción y flexión del concreto de 7 días, 14 días, 21 días y 28 días de edad.</p> <p><b><u>Patrón:</u></b></p> <p>T-1 = Probeta de concreto sin aditivo. Patrón 1, Patrón 2.</p> <p><b><u>Probetas de concreto con perlas de poliestireno expandido:</u></b></p> <p>T-1= aditivo 0% (2p.)            T-2= Aditivo 1% (2p.)            T-3= Aditivo 3% (2p.)            6 probetas            N= 12 probetas</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Método: Cuantitativo y constatación para determinar la influencia del uso, como aditivo nanotecnológico, de las perlas de poliestireno expandido en la consistencia y la resistencia a la tracción y flexión del concreto.</p> <p>Diseño: Correlacional</p> <div style="text-align: center;"> <pre>           graph LR             A --&gt; Ox             A --&gt; Oy             Ox &lt;--&gt;  R  Oy           </pre> </div> <p>A= Constituye la muestra.            Ox: Resultado observaciones variable X.            Oy: Resultado observación variable Y.            R: Niveles de relación entre X – Y.</p>	<p>Técnica:</p> <p><b>Consistencia.</b></p> <p>Método de cono de Abraham de acuerdo a las normas ASTM D75 o también NTP 339.035</p> <p><b>Resistencia a la flexión.</b></p> <p>De acuerdo a la norma ASTM C78 ASTM C293, aplica una solicitud vertical en la viga o a los tres tercios de la longitud.</p> <p><b>Resistencia a la tracción.</b></p> <p>De acuerdo con la norma ASTM C496, aplica con probetas a compresión a la carga aplicada en sección transversal.</p>

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III : RESULTADOS

### 3.1 Ensayos de agregados

#### 3.1.1 Análisis granulométrico de agregados

- **Agregado fino**

Se seleccionaron 30 kg de agregado fino los cuales fueron cuarteado para conseguir una muestra homogénea, de lo cual se escogieron 845.2 gr para realizar el ensayo granulométrico mostrado en la figura 7.



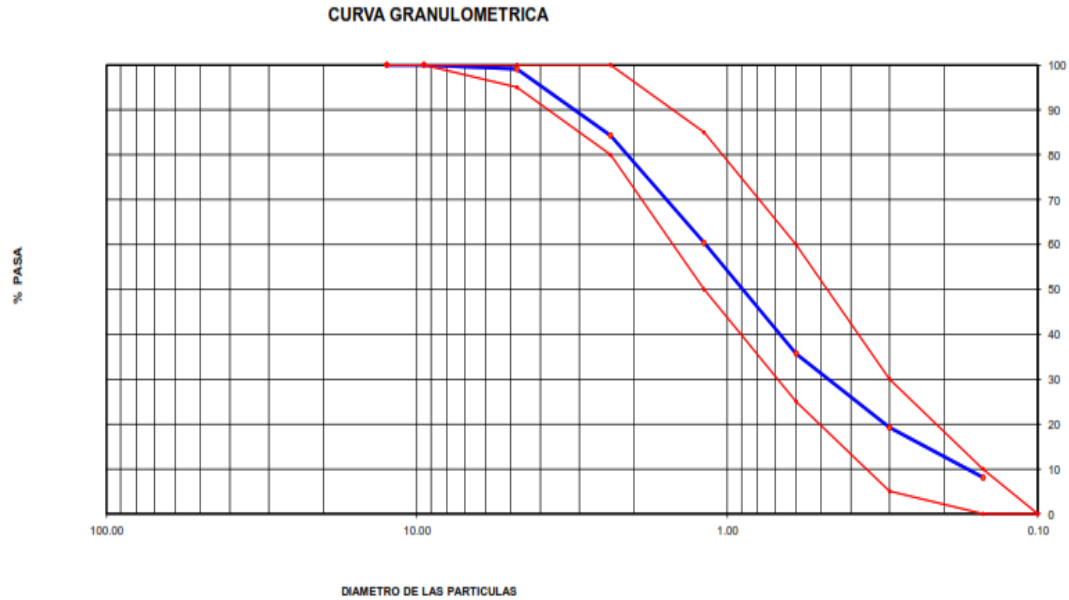
Figura 7: Agregado fino para el diseño

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C 33
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	7.3	0.9	0.9	99.1	95 - 100
Nº8	2.38	125.4	14.8	15.7	84.3	80 - 100
Nº 16	1.19	202.3	23.9	39.6	60.4	50 - 85
Nº 30	0.60	208.4	24.7	64.3	35.7	25 - 60
Nº 50	0.30	139.1	16.5	80.8	19.2	05 - 30
Nº 100	0.15	94.1	11.1	91.9	8.1	0 - 10
FONDO		68.4	8.1	100.0	0.0	0 - 0

Figura 6: Análisis granulométrico del agregado fino cantera Trapiche

Fuente: elaboración propia





*Figura 8: Curva del análisis granulométrico del agregado fino.*

*Fuente: elaboración propia*

En la figura 8 se observa que el módulo de fineza del agregado fino es 2.93, lo cual se encuentra en el rango de 2.3 a 3.1 que establece la norma ASTM C33.

- **Agregado grueso**

Para la elaboración de este ensayo se escogió 34 kg de agregado grueso, el cual se procedió a cuartear para que de esta forma la muestra sea homogénea, por consiguiente, se seleccionó 2,311.90 gr para realizar el ensayo granulométrico cuyo objetivo es encontrar su tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado grueso dado por la ASTM C33.



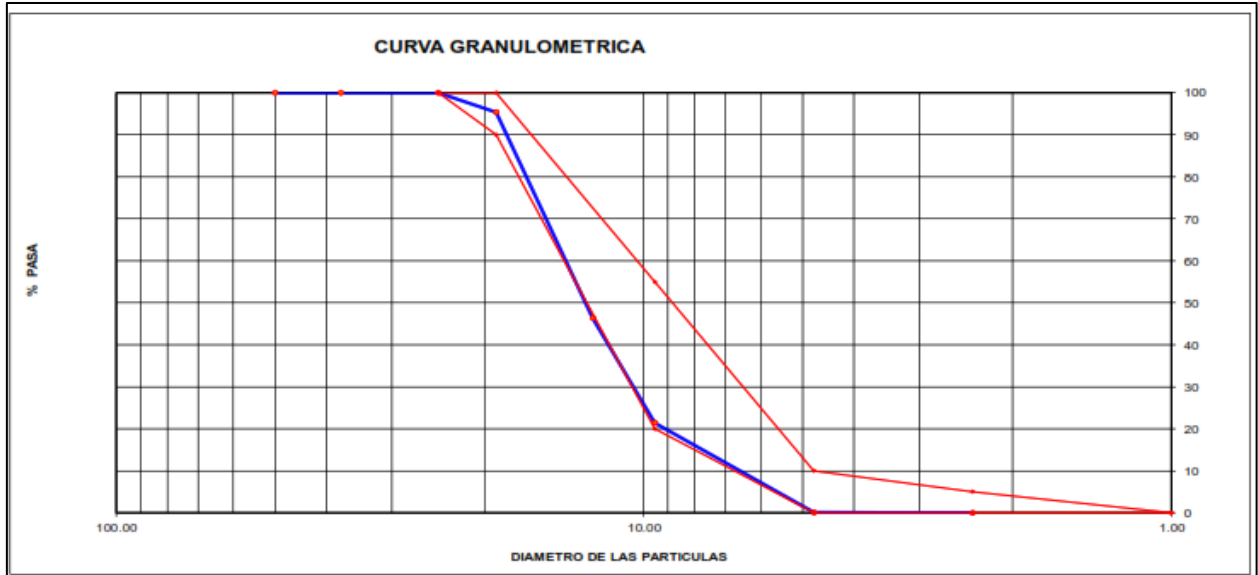
Figura 9: Agregado grueso para el diseño

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	HUSO # 67
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
3/4"	19.05	107.4	4.6	4.6	95.4	90 - 100
1/2"	12.50	1,132.0	49.0	53.6	46.4	--
3/8"	9.53	578.6	25.0	78.6	21.4	20 - 55
Nº 4	4.76	492.7	21.3	99.9	0.1	0 - 10
Nº 8	2.38	1.2	0.1	100.0	0.0	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		0.0	0.0			

Figura 10: Análisis granulométrico del agregado grueso N.T.P 400.012.

Fuente: elaboración propia

En la figura 10 de análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera trapiche se puede visualizar que su tamaño máximo es de 1” y su tamaño nominal de 3/4”



*Figura 11: Curva del análisis granulométrico del agregado grueso*

*Fuente: elaboración propia*

En la Curva del análisis granulométrico del agregado grueso (figura 11), indica que la granulometría del agregado se encuentra dentro de los límites de las fajas granulométricas demostrando que es un material de buena calidad por lo que se puede emplear para la elaboración de concreto de alta tensión y flexión.

### **3.1.2 Peso unitario suelto y compactado de los agregados**

En las siguientes tablas podemos observar el Peso Unitario ASTM C29 del agregado grueso y agregado fino respectivamente:

- **Peso unitario suelto**

Para la elaboración de este ensayo se necesita que el molde cilíndrico se encuentre en óptimo estado, libre de partículas que puedan afectar errores en los resultados, por consiguiente, se procede a realizar el ensayo con 3 muestras obteniendo los resultados de la tabla 9 y tabla 10

Tabla 9: Peso unitario suelto del agregado grueso

MUESTRA N.º			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	5995	6025	5980
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3632	3662	3617
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.316	1.327	1.311
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		<b>g/cc</b>	<b>1.318</b>		

*Fuente: elaboración propia*

Tabla 10: Peso unitario suelto del agregado fino

MUESTRA N.º			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6625	6603	6571
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4262	4240	4208
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.544	1.536	1.525
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		<b>g/cc</b>	<b>1.535</b>		

*Fuente: elaboración propia*

En las tablas 9 y 10 se puede observar el procedimiento para la obtención del peso unitario suelto de los agregados, llegando a obtener que el resultado del agregado grueso y fino es 1.318 g/cc y 1.535 g/cc respectivamente

- **Peso unitario compactado**

Para la ejecución de este ensayo se debe tener en claro el número de compactadas por cada capa debido a que se pueden alterar los resultados y de esta forma perjudicando el resto de resultados, así mismo para este ensayo se realizaron 3 muestreos como se puede visualizar en las siguientes tablas.

Tabla 11: Peso unitario compactado del agregado grueso

<b>MUESTRA N.º</b>			<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
<b>1</b>	Peso de la Muestra + Molde	g	6615	6600	6583
<b>2</b>	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
<b>3</b>	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4252	4237	4220
<b>4</b>	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
<b>5</b>	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.541	1.535	1.529
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		<b>g/cc</b>	<b>1.535</b>		

*Fuente: elaboración propia*

Tabla 12: Peso unitario compactado del agregado fino

<b>MUESTRA N.º</b>			<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>
<b>1</b>	Peso de la Muestra + Molde	g	7186	7210	7228
<b>2</b>	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
<b>3</b>	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4823	4847	4865
<b>4</b>	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
<b>5</b>	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.747	1.756	1.763

---

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	g/cc	<b>1.755</b>
------------------------------------------	------	--------------

---

*Fuente: elaboración propia*

En las tablas 11 y 12 se puede observar el procedimiento para la obtención del peso unitario compactado de los agregados, llegando a obtener que el resultado del agregado grueso y fino es 1.535 g/cc y 1.755 g/cc respectivamente

### 3.1.3 Porcentaje de absorción y peso específico

Este ensayo permite determinar el peso específico, se debe efectuar con minucioso cuidado de esta manera permitiendo obtener los cálculos correctos que facilita para la corrección de diseño de mezcla según la norma N.T.P 400.022 para agregado fino y N.T.P 400.022 para el agregado grueso.

Tabla 13: Porcentaje de absorción y peso específico del agregado grueso

<b>MUESTRA N°</b>				<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>1</b>	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1472.4	1515.5	1493.9
<b>2</b>	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2354	2412	2383
<b>3</b>	Peso muestra Seco	C	g	2333	2385.8	2359.4
<b>4</b>	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.67	2.69	2.68
<b>5</b>	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.65	2.66	<b>2.65</b>
<b>6</b>	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.71	2.74	2.73
<b>7</b>	Absorción de agua = ((B - C) / C) * 100		%	0.9	1.1	<b>1</b>

---

*Fuente: elaboración propia*

Tabla 14: Porcentaje de absorción y peso específico del agregado fino

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	P. de la Arena S.S.S. + P. Balón + P. de Agua	g	982.4	981.2	981.8
2	P. de la Arena S.S.S. + P. Balón	g	670.1	669.9	670
3	P. del Agua (W = 1 - 2)	g	312.3	311.3	311.8
4	P. de la Arena Seca al Horno + P. del Balón	g/cc	662.7	662.3	662.5
5	P. del Balón N° 2	g/cc	169.8	169.8	<b>169.8</b>
6	P. de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	492.9	492.5	492.7
7	Volumen del Balón (V = 500)	cc	498.2	498.2	<b>498.2</b>

*Fuente: elaboración propia*

En las tablas 13 y 14 se puede observar el procedimiento para la obtención del porcentaje de absorción y peso específico de los agregados, llegando a obtener que el resultado promedio del agregado grueso y fino es 1% - 2.65 g/cc y 498.2% - 169.8 g/cc respectivamente

### 3.1.4 Resumen de los resultados presentados

En la tabla 15 se observa el resumen de los resultados de los ensayos correspondientes del agregado fino y agregado grueso realizados en el laboratorio JJ Geotecnia SAC., los cuales fueron de vital importancia para determinar el diseño de mezcla del concreto.

Tabla 15: Resumen de resultados

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. =A/(V-W))	g/cc	2.65	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M.S.S.S. = 500(V-W))	g/cc	2.69	2.68	2.68
PESO ESPEC. APARENTE (P.E.A. = A/(V-W) – (500-A))	g/cc	2.76	2.75	2.75

---

<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(500-A) /A*100]</b>	%	1.5	1.5	1.5
-----------------------------------------------------	---	-----	-----	-----

---

*Fuente: elaboración propia*

### 3.1.5 Diseño de mezcla de concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Considerando los resultados obtenidos en los ensayos de los agregados, procederemos a realizar nuestro diseño de mezcla a partir los siguientes valores de diseño:

Tabla 16: Valores de diseño

<b>Parámetro del agregado</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Asentamiento	6.5	pulg
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	-
Relación agua / cemento	0.652	-
Agua	230	-
Total, aire atrapado	2.0	%
Volumen agregado grueso	0.33	-

---

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Resultado de diseño de mezcla ACI 211**

En la tabla N° 17 podemos observar los valores obtenidos según ACI 211 para el diseño de mezcla  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , el cual será empleado para la elaboración de nuestras vigas y probetas patrón:



Tabla 17: Diseño de Mezcla ACI 211

Material	Dosificación
Cemento	1.0
Agregado fino	2.26
Agregado grueso	2.45
Agua	28.6

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla N° 18 se aprecia las cantidades requeridas de materiales para un metro cúbico de concreto, obtenidas a partir de los ensayos previamente realizados a los agregados resultándonos que la relación de A/C es 0.652 para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sin aditivo.

Tabla 18: Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup> de concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup>	
Cemento	353 kg/m <sup>3</sup>
Agua	238 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	807 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	865 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.6 Diseño de mezcla de concreto de $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> añadiendo 1% de perlas de poliestireno.

En la tabla N° 19 podemos observar nuestro diseño de mezcla incorporando el 1% de perlas de poliestireno:

Tabla 19: Diseño de Mezcla ACI 21 Pata el 1% de perlas de poliestireno

Material	Dosificación
Cemento	1.0
Agregado fino	2.22
Agregado grueso	2.45
Agua	28.6
Perlas de Poliestireno	0.32

*Fuente: Elaboración propia*

En la siguiente tabla se presenta los materiales requeridos para un metro cubico de concreto añadiendo el 1% de perlas de poliestireno.

Tabla 20: Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con 1% de perlas

Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup>	
Cemento	353 kg/m <sup>3</sup>
Agua	238 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	798 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	865 kg/m <sup>3</sup>
Perlas de poliestireno	8.1 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.7 Diseño de mezcla de concreto de $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> añadiendo 3% de perlas de poliestireno.

En la tabla N° 21 podemos observar nuestro diseño de mezcla incorporando el 3% de perlas de poliestireno:

Tabla 21: Diseño de Mezcla ACI 211 Para el 3% de perlas de poliestireno

Material	Dosificación
Cemento	1.0
Agregado fino	2.22
Agregado grueso	2.45
Agua	28.6
Perlas de Poliestireno	0.97

*Fuente: Elaboración Propia*

En la siguiente tabla se presenta los materiales requeridos para un metro cubico de concreto añadiendo el 1% de perlas de poliestireno.

Tabla 22: Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con 1% de perlas

Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup>	
Cemento	353 kg/m <sup>3</sup>
Agua	238 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	762 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	865 kg/m <sup>3</sup>
Perlas de poliestireno	24.2 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.8 Resistencia a la flexión

Determinar las propiedades del concreto adicionando perlas de poliestireno, el cual es sometido al ensayo a la resistencia a la flexión regido por la norma C 78 – 08 de la ASTM, con testigos de concreto y otros con adición de perlas de poliestireno al 1% y 3%, son efectuadas a

los 7, 14 y 28 días, obteniéndose así un promedio.

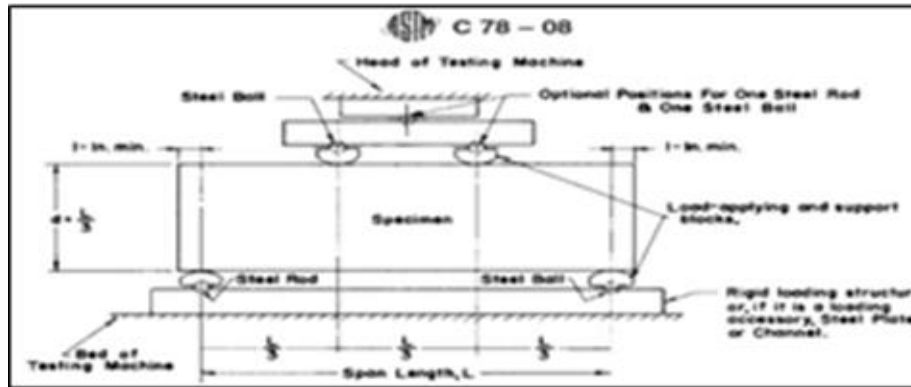


Figura 12: Método estándar de prueba para la resistencia a la flexión del concreto

Fuente: elaboración propia

### 3.1.8.1 Resistencia a la flexión del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y $3\%$ de perlas de poliestireno a los 7 días

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78			
IDENTIFICACION	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	37.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	36.8 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	19.5 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	21.1 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	3.2 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	3.1 kg/cm <sup>2</sup>

Figura 13: Ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días

Fuente: elaboración propia

En la figura 13 se observa el concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> más la adición de 1% y 3% de perla de poliestireno, además la ubicación de falla y el módulo de rotura, obteniendo que el mayor módulo de rotura se presentó en el patrón con 37.3 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días.

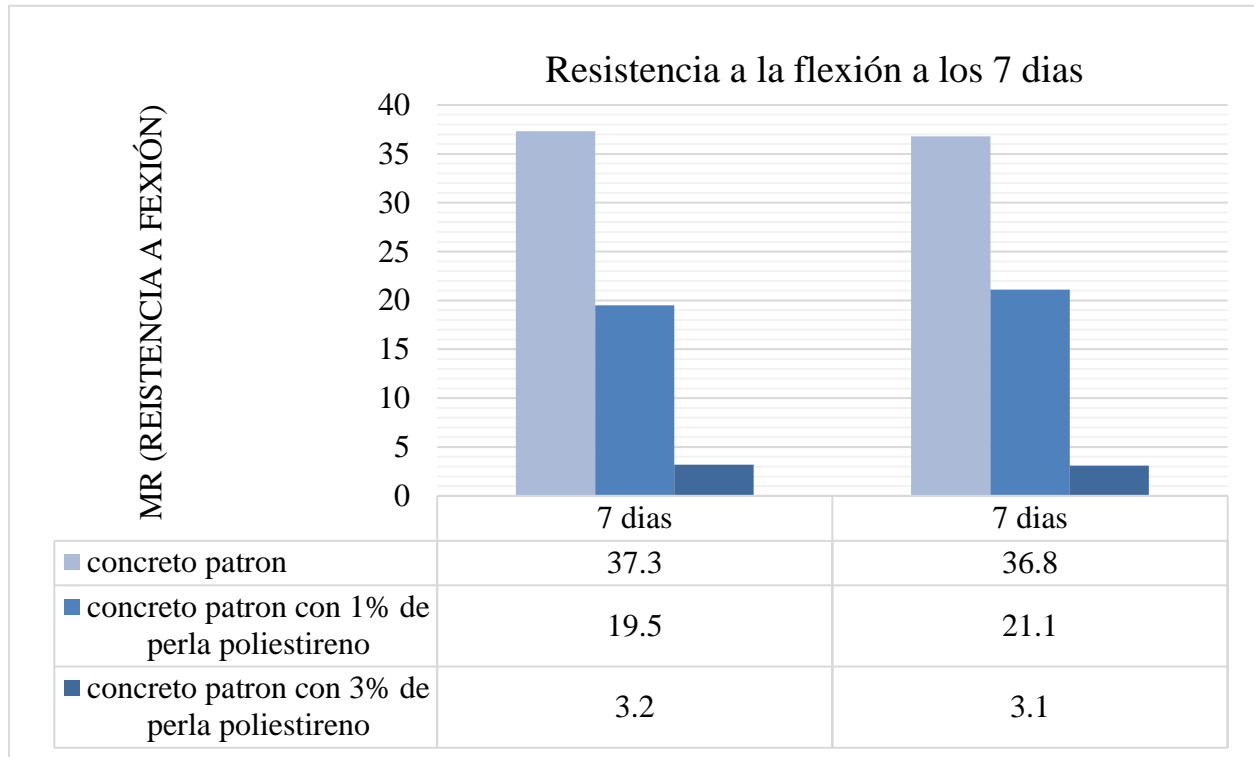


Figura 14: Diagrama comparativo de la resistencia a la flexión a los 7 días.

Fuente: elaboración propia

En la figura se observa que para un diseño de concreto de  $f'c=210$  kg/cm más la adición de 1% y 3% de perlas de poliestireno, obtenemos que con el 3% de aditivo de perlas de poliestireno su módulo de rotura promedio es 3.15 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, a mayor % de aditivos menor será su módulo de rotura.

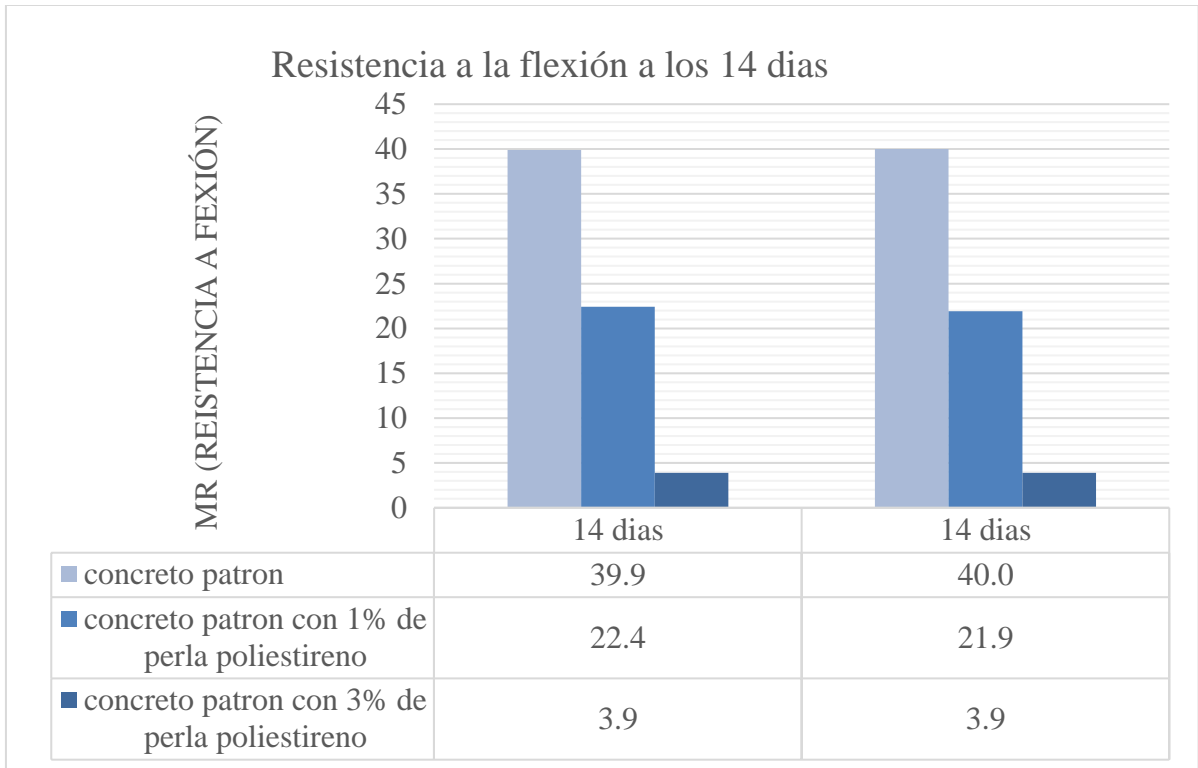
### 3.1.8.2 Resistencia a la flexión del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y $3\%$ de perlas de poliestireno a los 14 días

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78			
IDENTIFICACION	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	39.9 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	40 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	22.4 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	21.9 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	3.9 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	3.9 kg/cm <sup>2</sup>

*Figura 15: Ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días*

Fuente: elaboración propia

En la figura 15 se observa el concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  más la adición de 1% y 3% de perla de poliestireno, además la ubicación de falla y el módulo de rotura, obteniendo que el mayor módulo de rotura se presentó en el patrón con  $40 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 días.



*Figura 16: Diagrama comparativo de la resistencia a la flexión a los 14 días.*

Fuente: elaboración propia

En la gráfica se observa que para un diseño de concreto de  $f'c=210$  kg/cm más la adición de 1% y 3% de perlas de poliestireno, obtenemos que con el 3% de aditivo de perlas de poliestireno su módulo de rotura promedio es 3.9 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, a mayor % de aditivos menor será su módulo de rotura.

### 3.1.8.3 Resistencia a la flexión del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y $3\%$ de perlas de poliestireno a los 28 días

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78			
IDENTIFICACION	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	40.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	41.2 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	23.0 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	24.6 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	1.7 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	2.1 kg/cm <sup>2</sup>

*Figura 17: Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días*

Fuente: elaboración propia

En la figura 17 se observa el concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  más la adición de 1% y 3% de perla de poliestireno, además la ubicación de falla y el módulo de rotura, obteniendo que el mayor módulo de rotura se en el patrón con  $41.2 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.



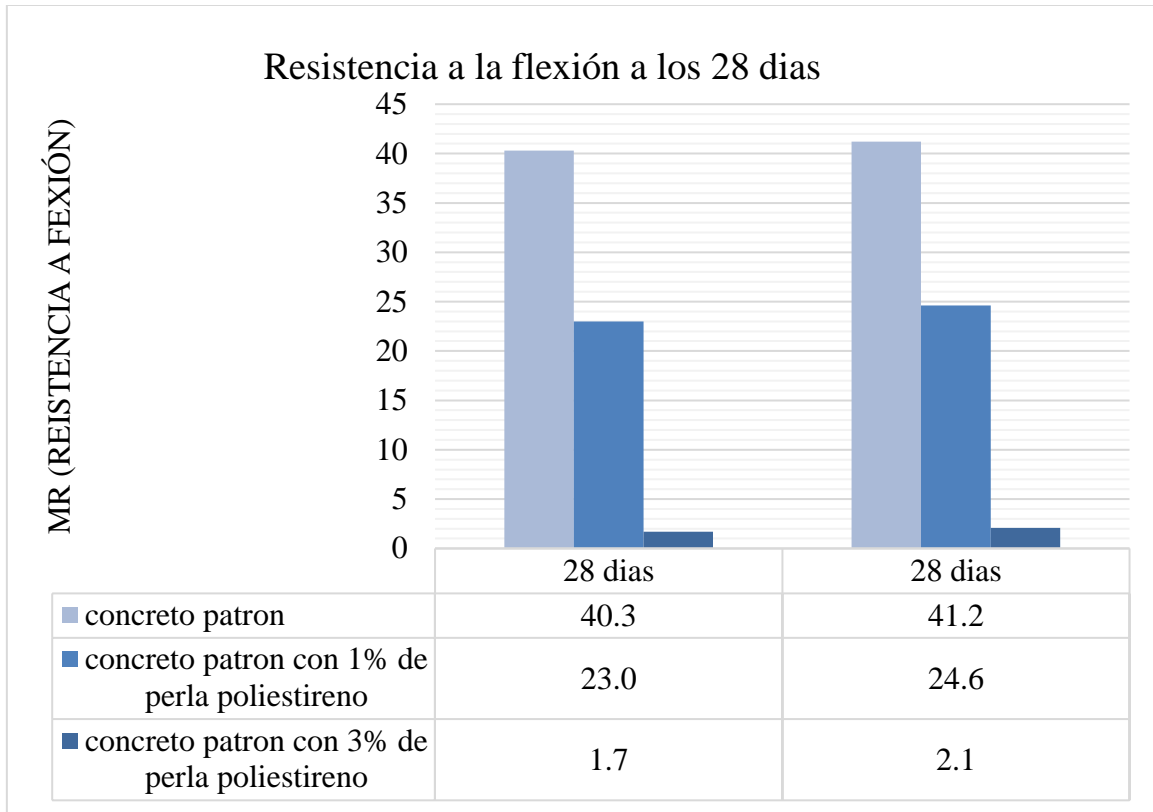


Figura 18: Diagrama comparativo de la resistencia a la flexión a los 28 días

Fuente: elaboración propia

En la gráfica se observa que para un diseño de concreto de  $f'c=210$  kg/cm más la adición de 1% y 3% de perlas de poliestireno, obtenemos que con el 3% de aditivo de perlas de poliestireno su módulo de rotura promedio es 1.9 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, a mayor % de aditivos menor será su módulo de rotura.

### 3.1.8.4 Resumen de resistencia a la flexión del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 3\%$ y $5\%$ de perlas de poliestireno

Tabla 23: Resultado del ensayo a flexión del concreto patrón a las edades

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		
IDENTIFICACIÓN	EDAD	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	7 días	37.05 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	39.95 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	40.75 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 días	20.3 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	22.15 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	23.8 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 días	3.15 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	3.9 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	1.9 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa el promedio de los resultados de resistencia a la flexión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , más la adición de 1% y 3% de perlas de poliestireno, obteniendo como resultado que mientras más porcentaje de aditivo se incorpora al concreto, el módulo de rotura disminuye.

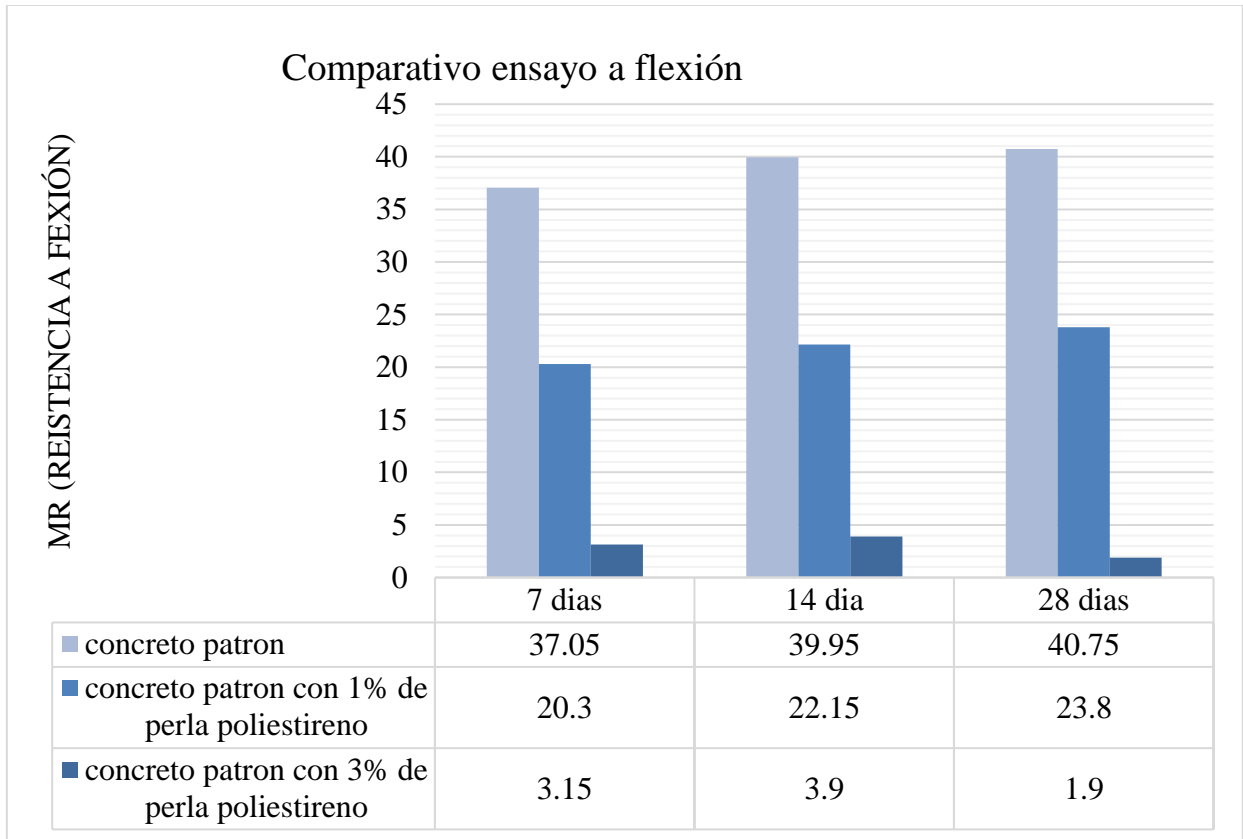


Figura 19: Diagrama comparativo de ensayo de flexión a los 7 días, 14 días y 28 días

Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se observa el resumen de los resultados obtenidos de diferentes módulos de rotura para concreto sin aditivo y con 1% y 3% aditivo obteniendo que a menor porcentaje de aditivo de perlas de poliestireno mayor será su módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.1.9 Resistencia a la tensión

#### 3.1.9.1 Resistencia a la tensión indirecta del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y $3\%$

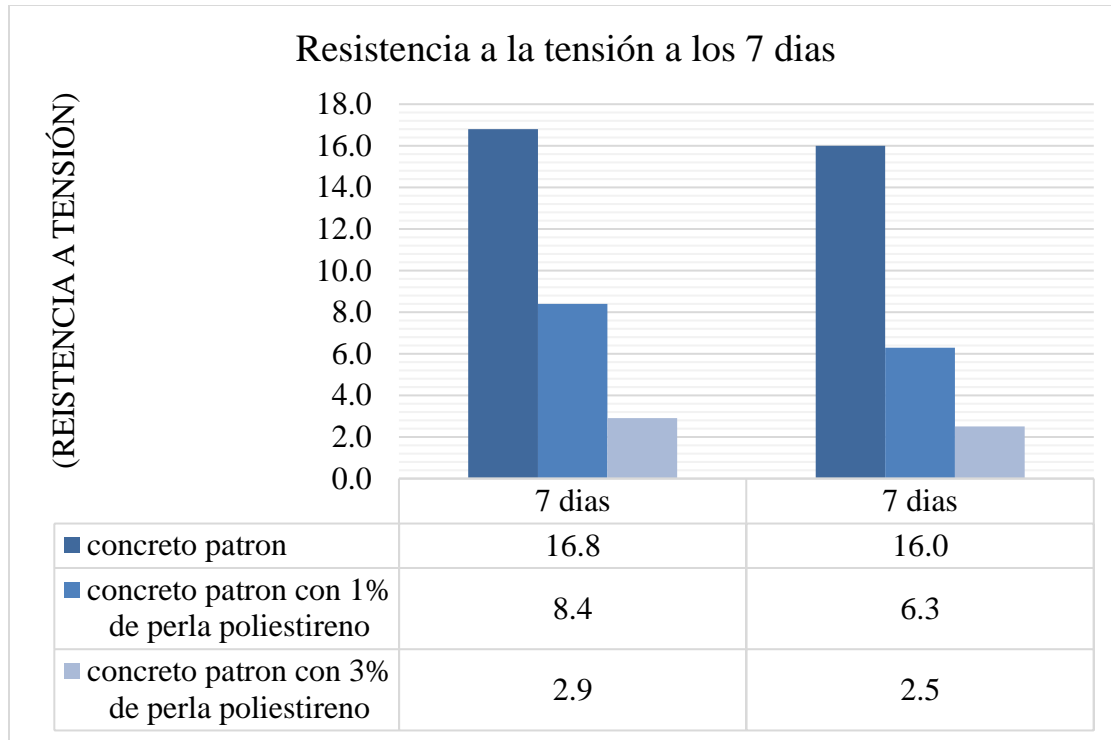
de perlas de poliestireno a los 7 días

RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS ASTM C496			
IDENTIFICACION	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	16.8 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	16.0 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	8.4 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	6.3 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	2.9 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	2.5 kg/cm <sup>2</sup>

*Figura 20: Ensayo de resistencia a la tensión a los 7 días*

Fuente: elaboración propia

En la figura 20 se observa los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la tensión del concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  más los diferentes porcentajes de aditivos, en este caso 1% y 3% a los 7 días. Asimismo, podemos notar una considerable diferencia desfavorable al usar el 1% y 3%.



*Figura 21: Diagrama comparativo de la resistencia a la tensión a los 7 días*

Fuente: elaboración propia

En la figura 21 se aprecia los resultados obtenidos en el ensayo de tensión un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  más la adición de 1% y 3% de perlas de poliestireno a los 7 días, obteniendo así que el concreto patrón tiene mayor resistencia a la tensión, que adicionando las perlas de poliestireno.

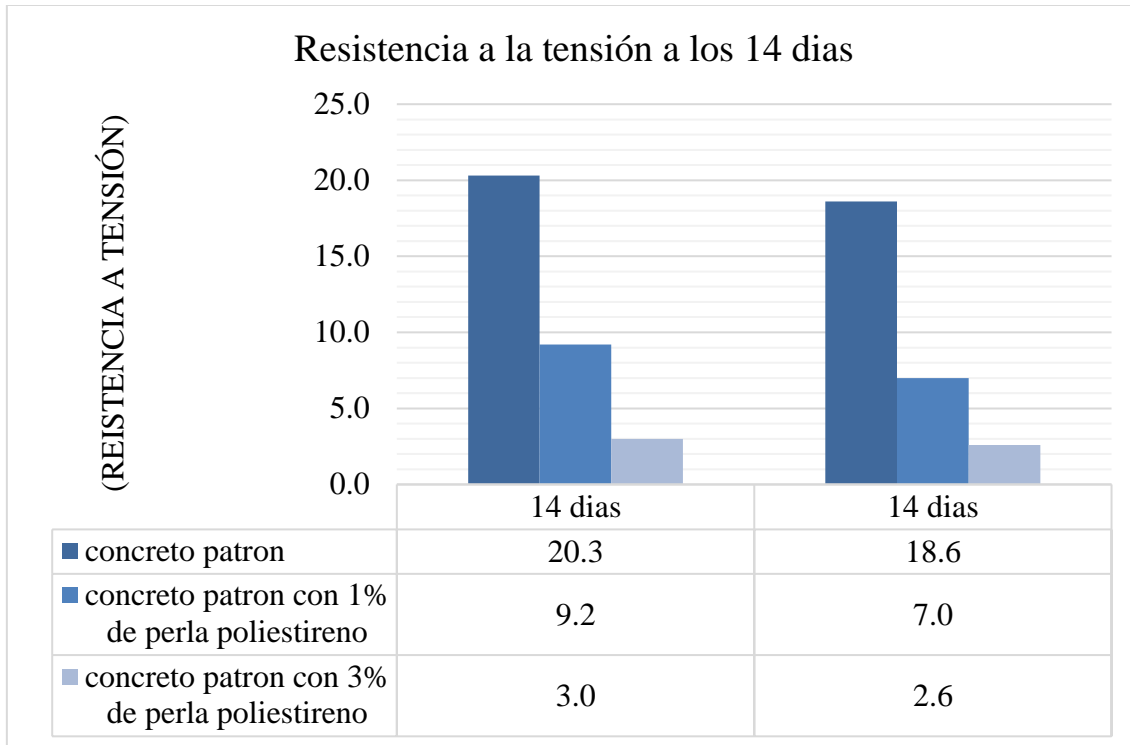
### 3.1.9.2 Resistencia a la tensión del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ + 1% y 3% de perlas de poliestireno a los 14 días

RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS ASTM C496			
IDENTIFICACION	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	20.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	18.6 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	9.2 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	7.0 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	3.0 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	14 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	2.6 kg/cm <sup>2</sup>

Figura 22: Ensayo de resistencia a la tensión a los 14 días

Fuente: elaboración propia

En la figura 22 se observa los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la tensión del concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  más los diferentes porcentajes de aditivos, en este caso 1% y 3% a los 14 días. Asimismo, podemos notar una considerable diferencia desfavorable al usar el 1% y 3%.



*Figura 23: Diagrama comparativo de la resistencia a la tensión a los 14 días*

Fuente: elaboración propia

En la figura 23 se aprecia los resultados obtenidos en el ensayo de tensión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> más la adición de dos aditivos a los 14 días, obteniendo así que el concreto patrón tiene mayor resistencia a la tensión con un promedio de 19.45 kg/cm<sup>2</sup>, que adicionando las perlas de poliestireno.

### 3.1.9.3 Resistencia a la tensión del concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1\%$ y $3\%$ de perlas de poliestireno a los 28 días

RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS ASTM C496			
IDENTIFICACION	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	22.1 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	23.7 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	9.5 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	9.5 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	1.7 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	28 DIAS	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	3.7 kg/cm <sup>2</sup>

*Figura 24: Ensayo de resistencia a la tensión a los 28 días*

Fuente: elaboración propia

En la figura 24 se observa los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la tensión del concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  más los diferentes porcentajes de aditivos, en este caso 1% y 3% a los 28 días. Asimismo, podemos notar una considerable diferencia desfavorable al usar el 1% y 3%.



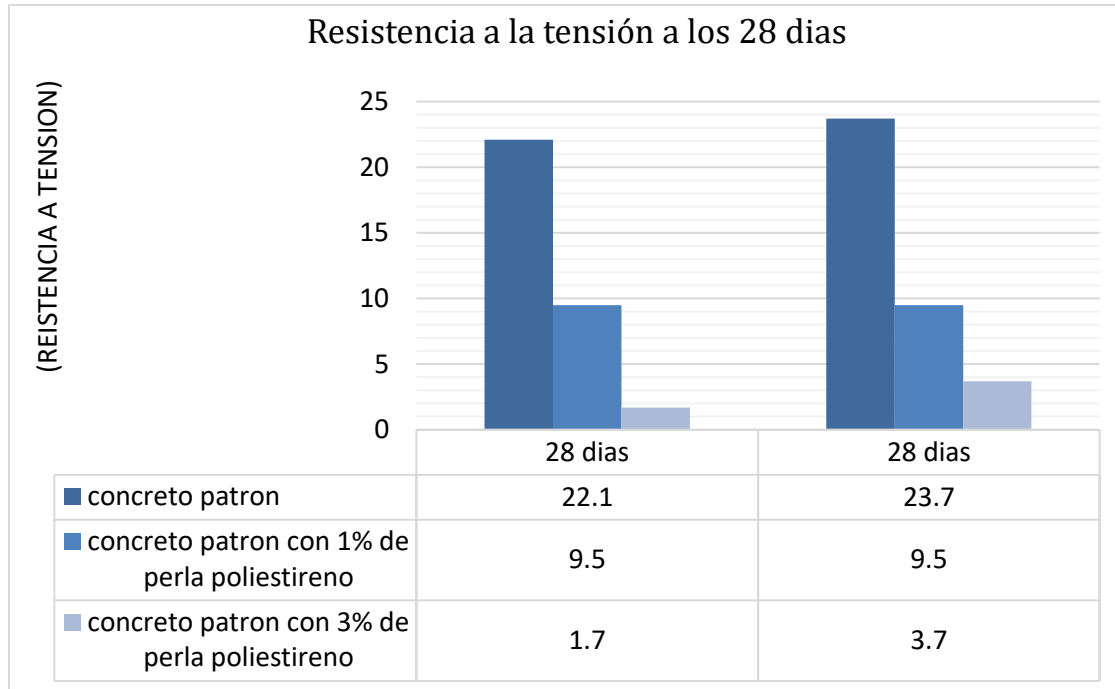


Figura 25: Diagrama comparativo de la resistencia a la tensión a los 28 días

Fuente: elaboración propia

En la figura 25 se aprecia los resultados obtenidos en el ensayo de tensión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  más la adición de dos aditivos a los 28 días.

### 3.1.9.4 Resumen de resistencia a la tensión del concreto para $f'c =210 \text{ kg/cm}^2 + 3\%$ y $5\%$ de perlas de poliestireno

Tabla 24: Resultado del ensayo a tensión del concreto patrón a las edades

<b>RESISTENCIA A LA TENSIÓN</b>		
IDENTIFICACIÓN	EDAD	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	7 días	16.4 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	19.45 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	22.9 kg/cm <sup>2</sup>

1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 días	7.35 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	8.1 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	9.5 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	7 días	2.7 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días	2.8 kg/cm <sup>2</sup>
	28 días	2.7 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa el promedio de resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto patrón y con la adición de 1% y 3% de aditivos de perlas de poliestireno, obteniendo que el mayor esfuerzo que se presentó en cada  $f'c = 210$  a los 7, 14 y 28 días fue en el concreto patrón.

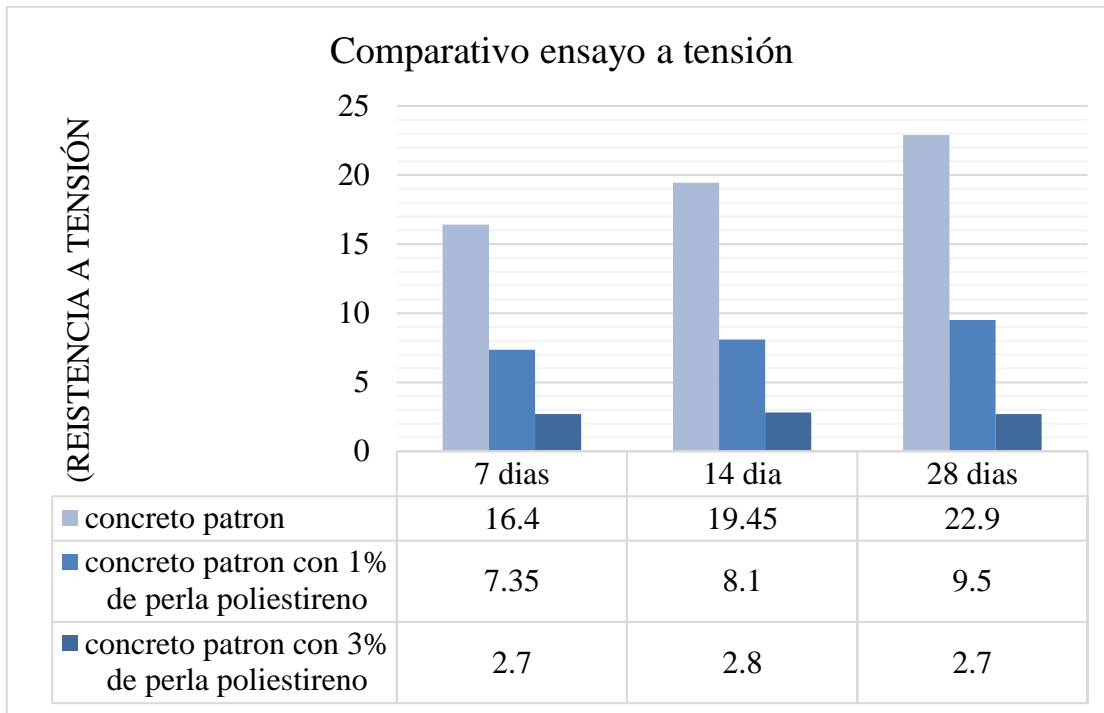


Figura 26: Diagrama comparativo de ensayo de tensión a los 7 días, 14 días y 28 días

Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se observa el promedio de los resultados de diferentes esfuerzos obtenidos para concreto patrón como concreto con adición de 1% y 3%, obteniendo que el mayor esfuerzo es el concreto patrón, ya que se puede observar que mientras más porcentaje de perlas de poliestireno se adiciona al diseño la resistencia disminuye.

### **Inferencia Estadística**

Los resultados obtenidos en esta investigación son sustentados en base a los objetivos planteados según las hipótesis mostradas a continuación:

#### **Objetivo específico 1**

Determinar la influencia en las resistencias de tensión del concreto endurecido, cuando se incorpora en el diseño de mezcla de concreto 1% y 3% de perlas de poliestireno expandido en la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

#### **Hipótesis específico 1**

La resistencia de tensión varía significativamente cuando se incorpora en el diseño de mezcla 1% o 3% de perlas de poliestireno expandido como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

Planteamiento estadístico de la prueba hipótesis:

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): No presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

- **Probetas ensayadas a los 7 días**

Tabla 25: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tensión a los 7 días

Descrip.	Media	Varianza	Desv.	Mínimo	Max.
Probetas Patrón	16.40	0.32	0.57	16.00	16.80
Probetas 1%	7.35	2.21	1.48	6.30	8.40
Probetas 3%	2.70	0.08	0.28	2.50	2.90

Fuente: elaboración propia

### Prueba de Hipótesis ANOVA

Tabla 26: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a tensión a los 7 días

DESCRIP.	ANOVA			
	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	194.14	2	111.79	0.001524
<b>Dentro de grupos</b>	2.61	3		
<b>Total</b>	196.75	5		

Fuente: elaboración propia

Aceptamos la Hipótesis Alternativa (H1) debido a que el F calculado es mayor al F de tabla, lo que nos indica que presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

- **Probetas ensayadas a los 14 días**

Tabla 27: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tensión a los 14 días

Descrip.	Media	Varianza	Desv.	Mínimo	Max.
Probetas Patrón	19.45	1.45	1.20	18.60	20.30
Probetas 1%	8.10	2.42	1.56	7.00	9.20
Probetas 3%	2.80	0.08	0.28	2.60	3.00

Fuente: elaboración propia

### Prueba de Hipótesis ANOVA

Tabla 28: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a tensión a los 14 días

DESCRIP.	ANOVA			
	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	289.42	2	110.05	0.001559
<b>Dentro de grupos</b>	3.95	3		
<b>Total</b>	293.37	5		

Fuente: elaboración propia

Aceptamos la Hipótesis Alternativa (H1) debido a que el F calculado es mayor al F de tabla, lo que nos indica que presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

- **Probetas ensayadas a los 28 días**

Tabla 29: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tensión a los 28 días

Descrip.	Media	Varianza	Desv.	Mínimo	Max.
Probetas Patrón	22.90	1.28	1.13	22.10	23.70
Probetas 1%	9.50	0.00	0.00	9.50	9.50
Probetas 3%	2.70	2.00	1.41	1.70	3.70

Fuente: elaboración propia

### Prueba de Hipótesis ANOVA

Tabla 30: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a tensión a los 28 días

DESCRIP.	ANOVA			
	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	422.56	2	193.24	0.000676
<b>Dentro de grupos</b>	3.28	3		
<b>Total</b>	425.84	5		

Fuente: elaboración propia

Aceptamos la Hipótesis Alternativa (H1) debido a que el F calculado es mayor al F de tabla, lo que nos indica que presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

## Objetivo específico 2

Determinar la influencia en las resistencias de flexión del concreto endurecido, cuando se incorpora en el diseño de mezcla de concreto 1% y 3% de perlas de poliestireno en la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

## Hipótesis específico 2

La resistencia de flexión varía significativamente cuando se incorpora en el diseño de mezcla 1% o 3% de perlas de poliestireno expandido como aditivo nanotecnológico, para la vivienda unifamiliar “CARE”, ubicada en el distrito de Comas – Lima año 2023.

## Planteamiento estadístico de la prueba hipótesis:

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): No presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

- **Probetas ensayadas a los 7 días**

Tabla 31: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la flexión a los 7 días

Descrip.	Media	Varianza	Desv.	Mínimo	Máx.o
Probetas Patrón	37.05	0.13	0.35	36.80	37.30
Probetas 1%	20.30	1.28	1.13	19.50	21.10
Probetas 3%	3.15	0.01	0.07	3.10	3.20

Fuente: elaboración propia

## Prueba de Hipótesis ANOVA

Tabla 32: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a flexión a los 7 días

DESCRIP	ANOVA			
	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
Entre grupos	1149.26	2	1222.62	0.000043
Dentro de grupos	1.41	3		
Total	1150.67	5		

Fuente: elaboración propia

Aceptamos la Hipótesis Alternativa (H1) debido a que el F calculado es mayor al F de tabla, lo que nos indica que presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

- **Probetas ensayadas a los 14 días**

Tabla 33: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la flexión a los 14 días

Descrip.	Media	Varianza	Desv.	Mínimo	Máx.o
Probetas Patrón	39.95	0.01	0.07	39.90	40.00
Probetas 1%	22.15	0.13	0.35	21.90	22.40
Probetas 3%	3.90	0.00	0.00	3.90	3.90

Fuente: elaboración propia



## Prueba de Hipótesis ANOVA

Tabla 34: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a flexión a los 14 días

DESCRIP	ANOVA			
	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	1299.67	2	14996.19	0.000001
<b>Dentro de grupos</b>	0.13	3		
<b>Total</b>	1299.80	5		

Fuente: elaboración propia

Aceptamos la Hipótesis Alternativa (H1) debido a que el F calculado es mayor al F de tabla, lo que nos indica que presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

- **Probetas ensayadas a los 28 días**

Tabla 35: Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la flexión a los 28 días

Descrip.	Media	Varianza	Desv.	Mínimo	Máx.o
<b>Probetas Patrón</b>	40.75	0.41	0.64	40.30	41.20
<b>Probetas 1%</b>	23.80	1.28	1.13	23.00	24.60
<b>Probetas 3%</b>	1.90	0.08	0.28	1.70	2.10

Fuente: elaboración propia

## Prueba de Hipótesis ANOVA

Tabla 36: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de resistencia a flexión a los 28 días

DESCRIP	ANOVA			
	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
Entre grupos	1517.49	2	1289.65	0.000040
Dentro de grupos	1.77	3		
Total	1519.26	5		

Fuente: elaboración propia

Aceptamos la Hipótesis Alternativa (H1) debido a que el F calculado es mayor al F de tabla, lo que nos indica que presenta diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Limitaciones

- **Análisis granulométrico**

Es necesario para desarrollar el diseño de mezcla determinar las características de los áridos finos y gruesos para determinar si los agregados son adecuados. Los ensayos realizados según la Norma Técnica Peruana son: Análisis granulométrico, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y porcentaje de absorción.

Acorde al análisis granulométrico del árido fino, existen ciertos parámetros mínimos que debe cumplir nuestro agregado, uno de ellos es el módulo de finura donde se obtuvo 2.93 en promedio, lo cual se encuentra dentro de los parámetros mínimos establecidos por la norma NTP 00.037:2014, el cual nos señala que el módulo de finura de la arena no debe ser menor de 2,3 ni mayor que 3,1. Además no debe exceder más del 45% en 2 tamices sucesivos. Otro aspecto importante es comprobar el porcentaje del fondo del tamiz sea menor que 3%, en el ensayo realizado se constató que el porcentaje parcial del fondo es de 1.5% lo cual cumple con lo que especifica la NTP. Igualmente, el % pasante debe cumplir los usos granulométricos mínimos establecidos. En la figura 9 podemos apreciar las curvas granulométricas del árido fino, los cuales se encuentran dentro de los parámetros permitidos según la norma.

Con respecto al ensayo de granulometría del árido grueso, se obtuvo un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ ” y un módulo de finura promedio de 6,83. Asimismo, en la figura 10 podemos observar las curvas granulométricas del árido grueso, los cuales se encuentran dentro del rango establecido por la norma.

Como se puede percibir el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos cumplen los parámetros mínimos establecidos por la norma, con lo cual podemos concluir que los agregados son aptos para el uso del diseño de mezcla.

- **Peso unitario**

Con respecto al peso unitario de los agregados en la tabla 10 y 12, se puede observar que el peso unitario suelto y compactado del agregado fino es  $1.535 \text{ kg/m}^3$  y  $1.755 \text{ kg/m}^3$  respectivamente. Por otro lado, el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso es  $1.318 \text{ kg/m}^3$  y  $1.535 \text{ kg/m}^3$  respectivamente a las tablas 9 y 11.

- **Peso específico y Absorción**

Según la NTP 400.022, nos define que el peso específico es la masa de las partículas de agregado seco al horno, en unidad de volumen, de partículas de agregado, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables dentro de las partículas, sin incluir espacios vacíos entre estas. De acuerdo a nuestros resultados en las tablas 13 y 14 se puede observar el procedimiento para la obtención del porcentaje de absorción y peso específico de los agregados, llegando a obtener que el resultado promedio del agregado grueso y fino es 1% - 2.65 g/cc y 498.2% - 169.8 g/cc respectivamente.

## 4.2 Discusión

Silvestre Gutiérrez, A., Gil Vivas, A. & Rivera Medina, P. (2015) En su tesis titulada: “Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales”. Concluye que los cilindros ensayados no presentan una variación significativa en sus pesos debido al que el agregado de perlas de poliestireno se realizó por porcentaje de

volumen de los cilindros y no por peso, toda vez a que se si se hace por peso generaría una desproporción en cuanto a cantidad de las perlas de poliestireno a agregar al diseño de mezcla con respecto a los materiales principales de la mezcla.

En la tesis antecedente nos indica que los cilindros ensayados no presentan una variación significativa a su peso debido a que la adición de perlas de poliestireno se hizo a través de porcentaje de volumen de los cilindros y no por peso. Para lo cual, desarrollamos nuestro diseño de mezcla y dosificación respectiva con los parámetros especificados en la tabla 16.

Lituma y Zhunio (2015). En su tesis titulada: “Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del concreto”. Concluye que la sustitución de árido fino (arena) por perlas de EPS en la masa del hormigón reduce de manera directa su densidad a cualquier edad, lo que confirma los resultados esperados, por ser la densidad de la arena significativamente mayor a la densidad del EPS. Además, se confirma el hecho de que mientras aumenta el porcentaje de sustitución de arena por EPS en el hormigón, la resistencia a compresión disminuye con respecto al hormigón de peso normal.

En la tesis antecedente se menciona que sustituyen el árido fino por perlas de poliestireno en diferentes porcentajes alcanzando su totalidad, por lo cual en los resultados obtenidos se pudo notar que sus propiedades mecánicas disminuyen a medida que se aumenta el porcentaje de las perlas de poliestireno, el mismo fenómeno que obtuvimos con los ensayos realizados a diferencia que se usó las perlas de poliestireno como aditivo.

Vásquez Salvador, H. (2018) En su tesis titulada: “Resistencia del concreto de  $f_c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 3% y 11% - Huaraz”. Concluye que

el concreto patrón supera en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; mientras que al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% supera en un 5% .1

En la tesis antecedente nos indica que su concreto patrón supera en 2.85% al concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por Tecnopor en un 10% pero al usar el 15% el patrón supera en un 5%. Con los resultados obtenidos nuestro concreto patrón supera en 59% al concreto experimental usando el 1%. Por otro lado, al usar el 3% el patrón supera en un 88%, esto se debe a que usamos las perlas de poliestireno como aditivo.

Bustamante Medina, D. & Díaz Salcedo, C. (2014) En su tesis titulada: “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado”. Concluye que el aumento en la dosificación de EPS provoca un aumento del aire ocluido en el mortero en cantidades variables dependiendo de la geometría de las partículas, en el caso de Poliestireno Reciclado estas presentan una geometría amorfa e irregular debido al proceso de trituración, provocando un aumento de la porosidad lo que se traduce en una disminución de la resistencia y trabajabilidad. Además, los resultados obtenidos para el Módulo de Rotura muestran valores considerablemente menores a los de un concreto convencional, La presencia de EPS reduce significativamente la resistencia a flexión.

En la tesis anterior nos indica que a mayor dosificación de perlas de poliestireno nuestro concreto será cada vez más poroso lo cual significa que su resistencia mecánica disminuirá y al contacto con el medio ambiente este será más vulnerable, lo cual en nuestro ensayo a medida que aumentamos la dosificación disminuye la trabajabilidad y la resistencia a la tensión y flexión del

concreto debido a que presenta más espacios vacíos presentando así una disminución en sus propiedades mecánicas en comparación a un concreto tradicional.

Tinoco Usua, A. (2019) En su tesis titulada: “Efecto de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en la densidad y resistencia del concreto”. Concluye que se determinó que la resistencia del concreto experimental en sus diferentes porcentajes de sustitución, 10%, 20%, 30%, no eleva la resistencia a la compresión base 280 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, en los niveles de sustitución del 10% y 20% se acerca al valor teórico de diseño 280 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que la sustitución se considera factible en esos niveles. La resistencia a la compresión disminuye, en función al aumento en el porcentaje de sustitución de agregado por tecnopor.

En la tesis antecedente se sustituyó las perlas de poliestireno por el agregado grueso en diferentes porcentajes 10%, 20% y 30% notando que la resistencia disminuye en función del aumento del porcentaje de sustitución de agregado. Sin embargo, al sustituir el 10% y 20% se acerca al valor teórico de diseño 280 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se considera factible en estos porcentajes. Por otro lado, en nuestros ensayos notamos que usando 1% y 3% disminuye en función del porcentaje usado.

Chuquilin (2018) En su tesis titulada: “Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018”. Concluye que la influencia de las perlas de poliestireno en un concreto liviano estructural, en porcentajes de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, reemplazando al agregado fino. Se comprueba que, a mayores porcentajes de perlas de poliestireno, la resistencia a compresión y el peso unitario disminuyen, mientras que el

asentamiento aumenta.

En la tesis antecedente se usó las perlas de poliestireno en reemplazo al agregado fino en diferentes porcentajes 10%, 20%, 30%, 40% y 50% notándose que, a mayores porcentajes de perlas, la resistencia y el peso unitario disminuyen, mientras que el asentamiento aumenta.

Dándonos a entender que a medida que se aumenta el porcentaje de perlas en el concreto disminuye sus propiedades mecánicas y trabajabilidad. Notamos este mismo comportamiento al usar las perlas de poliestireno como aditivo en 1% y 3% en el diseño de mezcla.

### 4.3 Conclusiones

Con respecto a la resistencia a flexión ( $f_r$ ) se evidenció que el uso de las partículas de poliestireno expandido adicionando 1% y 3% como aditivo en el diseño de mezcla del concreto si genera una influencia negativa a la resistencia a flexión ( $f_r$ ); para la edificación de la vivienda unifamiliar CARE , ya que como se observa en la figura N° 23 los valores obtenidos a través de este ensayo en el análisis de las vigas de concreto ligero fueron disminuyendo cada vez que se adicionaba más perlas de poliestireno en el diseño de mezclas. Se concluyó que a medida que se aumente el porcentaje de perlas de poliestireno, la resistencia flexión disminuye, mientras que el asentamiento aumenta notablemente en un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>.

En referencia a la resistencia a tensión indirecta ( $f_t$ ) del concreto aligerado en una edad de curado de 28 días se observó que mediante el uso de las perlas de poliestireno estas partículas tienen una influencia negativa cuando se realiza la adición del 1% y 3% de perlas de poliestireno en el diseño de mezcla, ya que se obtiene un valor de 23.8 kg/cm<sup>2</sup> y 1.9 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto patrón que supera en 42% y 95% respectivamente al usar 1% y 3% de perlas



como aditivo.

Así mismo se puede concluir que no es favorable para el concreto patrón la adición de perlas de poliestireno como aditivo, ya que al incrementar el porcentaje de este la disminución porcentual de la resistencia tanto como tensión y flexión del concreto disminuyen, por otro lado también se observó que a medida que los días de curado aumentan, la resistencia adicionando 1% de perlas como aditivo la resistencia también aumenta, sin superar al concreto patrón, por lo cual las 4 hipótesis presentadas, son rechazadas.

## REFERENCIAS

- ACI 211 (2016) Diseño de mezclas de concreto.
- Alemán Camacho, W.Y; Guzmán González ,A. y Rodríguez Martínez, C (2022). Trabajo de grado concretos modificados con poliestireno expandido revisión de literatura.[Trabajo de grado. Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional UCC  
<http://hdl.handle.net/20.500.12494/34201>
- Bustamante Medina, D. & Díaz Salcedo, C. (2014) Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado
- Campoy-Bencomo, Noé Abimael, Chávez-Alegria, Omar, Rojas-González, Eduardo, Gaxiola-Camacho, José Ramón, Millán-Almaraz, Jesús Roberto, & Rosa-Hernández, Divya De la. (2022). Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros. Ingeniería, investigación y tecnología, 22(1)Epub 30 de julio de 2022.<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.22.1.007>
- Carvalho, C. H. R., & Motta, L. A. C. (2019). Study about concrete with recycled expanded polystyrene. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 12(6), 1390–1407.
- Chuquilin, J. (2018), Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018
- Damasceno, F. A., Macedo, O. A. P., de Oliveira, J. L., Oliveira, C. E. A., & Brandão, L. F. (2015). Propiedades físicas, mecánicas y térmicas de las baldosas de concreto fabricadas con la adición de diferentes materiales aislantes Espinoza Merchán, María. P., Torres-Parra, Laura. J.,

Rojas-Arias, Nicolas y Cocha Vesga, Pablo. M. (2020). Recuperación e Incorporación de Poliestireno Expandido SolidWaste en Concreto Ligero

Fuentes Molina, Natalia, & Fragozo Tarifa, Oscar Iván, & Vizcaino Mendoza, Lissette (2015). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIONES EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO NO ESTRUCTURAL. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 25(2),99-116.[fecha de Consulta 10 de Septiembre de 2022]. ISSN: 0124-8170. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91142868006>

Fuentes, N., Jiménez, K., & Wilfrido Uzuriaga, R. O. A. (2022). APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS POLIMÉRICOS COMO AGREGADOS DEL CONCRETO: UNA REVISIÓN.

González Pérez, S. (2017). Comparación de las propiedades mecánicas y características físicas de bloques de concreto y bloques de concreto con adición de poliestireno expandido

Lapa, J. (2020). Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo

Lituma y Zhunio (2015). Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del concreto

Martínez Soto, I. E., & Mendoza Escobedo, C. J. (2006). Comportamiento mecánico de concretofabricado con agregados reciclados. Ingeniería. Investigación y Tecnología, VII(3),151-164.[fecha de Consulta 13 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1405-7743. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40470302>

Martínez-Molina, W., & Torres-Acosta, A. A., & Alonso-Guzmán, E. M., & Chávez-

García, H. L., & Hernández-Barrios, H., & Lara-Gómez, C., & Martínez-Alonso, W., & Pérez-Quiroz, J. T., & Bedolla-Arroyo, J. A., & González-Valdéz, F. M. (2015). Concreto reciclado: una revisión. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 5(3),235-248.[fecha de Consulta 12 de Septiembre de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427643087006>

Meza-de Luna, Alejandro, & Gurbir, Kaur, & Preciado-Martínez, Héctor Javier, & Gutiérrez-López, Iván Alexander (2022). Desempeño a Flexión del Concreto Reforzado con Fibras Plásticas Recicladas. *Conciencia Tecnológica*

Moreno, E. I., & Varela-Rivera, J., & Solís-Carcaño, R., & Sánchez-Pech, O. (2013). Efecto de las fibras poliméricas en la permeabilidad y características mecánicas del concreto con agregado calizo de alta absorción. *Ingeniería*, 17(3),205-214.[fecha de Consulta 12 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730914004>

Nunes, Monique Coutinho, & Barboza, Aline da Silva Ramos. (2014). Aplicação de um concreto fibroso fluido ecoeficiente. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 6(1), 64-84.

OspinaLozano, SandraElodia, LópezYépez, LucioGuillermo, CarrilloCarrillo, JeinnerArley, & DíazGarzón, LeidyJohanna. (2016). Afectación de la Resistencia a la Flexión en Concretos Modificados con Reciclado de Concreto. *Infraestructura Vial*, 18(31), 14-19.

Robayo Salazar, R. A., Matthey Centeno, P. E., Silva Urrego, Y. F., & Delvasto Arjona, S. (2014). Comportamiento en estados fresco y endurecido de un concreto autocompactante, adicionado con escoria de carbón, y elaborado con agregado grueso de concreto reciclado.

Informador Técnico, 78(2), 128–139. <https://doi.org/10.23850/22565035.96>

Ruiz, Daniel, Ramírez, Claudia, Logreira, Laura, & León, María. (2015). Evaluación del comportamiento de vigas en voladizo de concreto reforzado con fibras ante la aplicación de cargas cíclicas. *Revista ingeniería de construcción*, 30(1), 17-31.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732015000100002>

Serrano Guzmán, M. F., & Pérez ruiz, D. D. (2011). Concreto preparado con residuos industriales: resultado de alianza empresa universidad. *Revista Educación En Ingeniería*, 6(11), 1-11. <https://doi.org/10.26507/rei.v6n11.116>

Silvestre Gutiérrez, A., Gil Vivas, A. & Rivera Medina, P. (2015) Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales

Solís, R. G., & Moreno, E. I., & Arjona, E. (2012). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 2(1),21-29.[fecha de Consulta 12 de Septiembre de 2022]. ISSN: . Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639586004>

sostenibilidad urbana. *Revista ingeniería de construcción* , 30 (2), 99-108.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732015000200002>"

Tinoco Usua, A. (2019). Efecto de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en la densidad y resistencia del concreto

Vásquez Salvador, H. (2018). Resistencia del concreto de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 3% y 11% - Huaraz

Vera Pulido, Isau Jesus. (2018). Diseño de un concreto liviano con Poliestireno  
expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este  
(2018).

## ANEXOS

### Anexo N° 01: Certificado de calibración de horno



CENTRO ESPECIALIZADO DE METROLOGÍA  
EXPERIENCIA AL SERVICIO

# Certificado de Calibración

## LT22-660

**Número de OT: 519-2022**

---

**CLIENTE**

Razón Social : JJ GEOTECNIA S.A.C.  
Dirección : CALLE 21 LOS ROSALES DE PRO MZ. B LT. 57 (LIMA - LIMA - LOS OLIVOS)

**FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Fecha de Calibración : 2022-10-01 al 2022-10-01  
Lugar de Calibración : INSTALACIONES DEL CLIENTE  
Fecha de Emisión : 2022-10-05

**EQUIPO A CALIBRAR** : Horno

Marca	: No Indica	Identificación	: 560
Modelo	: MS-H3	Procedencia	: No Indica
Serie	: No Indica	Ubicación	: Área de Químicos

---

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

Tipo de Indicador	: Digital	Tipo de Selector	: Digital
Alcance de Escala	: No Indica	Alcance de Escala	: No Indica
División mínima	: 1 °C	División mínima	: 1 °C
Tipo de ventilación	: Natural	Carga utilizada (%)	: 100 %
Superficies internas	: 2	Temperaturas de calibración	: 300 °C ± 30 °C
Posición de ventilación	: No Aplica		

---

**MÉTODO PARA EL MAPEO TÉRMICO**

La Calibración se ha realizado mediante la determinación de la temperatura, por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018- "Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático"- SNM-INDECOPI (Segunda Edición)

Sello	Metrólogo	Director Técnico
		
	Amando Marín Berríos	Wilfredo Reyes Yzaquirre

---

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

PO-03-F-02 Ed. 03 - Página 1 de 8      Jr. Thomas Cochrane N° 3914 - Urb. Condevilla Señor - San Martín de Porres  
Telf.: 569-0989 / Cel.: 990-080-435 / E-mail: ventas@smc-peru.com - metrologia@smc-peru.com  
Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de SMC S.A.C. Carece de validez sin sello correspondiente.  
www.smc-peru.com



# Certificado de Calibración

## LT22-660

Número de OT: 519-2022

### PATRONES UTILIZADOS

Nombre del patrón	Identificación y/o Serie	Nº de Certificado	Trazabilidad
Termómetro Multicanal	LT-IM-30	LT22-131	SMC S.A.C.
Termohigrómetro	LT-IM-48	TH22-0588	TSG
Cinta métrica	LD-IM-02	L-1509-2021	METROIL
Cronómetro	LO-IM-16	LTF-C-031-2022	INACAL - DM
Voltímetro	LE-IM-01	M24732	JLI METROLOGY

### NOMENCLATURA

- Indicación Equipo** = Lecturas en el dispositivo de indicación del equipo calibrado.
- T.prom.** = Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo
- ΔT** = Diferencia entre máxima y mínima temperatura en cada intervalo de registro
- T. PRO** = Promedio de indicaciones corregidas para cada sensor durante el tiempo total.
- T. MÁX** = La máxima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total.
- T. MIN** = La mínima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total.
- DTT** = Desviación de Temperatura en el Tiempo



### RESUMEN DE RESULTADOS DE TEMPERATURA 300,0 °C ± 30 °C

PARÁMETROS	Valor	Incertidumbre Expandida
Máxima temperatura registrada durante la calibración	306,5 °C	1,8 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración	219,9 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	14,0 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	77,2 °C	1,5 °C
Estabilidad (±)	7,01 °C	0,05 °C
Uniformidad	85,8 °C	1,6 °C

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Las incertidumbres de medición calculadas (*U*), han sido determinadas a partir de sus incertidumbres estándares de medición combinadas, multiplicadas por el factor de cobertura  $k=2$ . Estos valores han sido calculados para un nivel de confianza del 95%.

### OBSERVACIONES

La temperatura de trabajo esperada de 300 °C, el selector de temperatura del equipo ha sido programado a 300 °C

El servicio de calibración se realizó a 100 % de su carga.

La tolerancia encontrada para la temperatura de 300 °C, es de 30 °C

### NOTAS

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Los datos de los sensores registrados, han sido obtenidos luego de haber aproximado y estabilizado a la temperatura de trabajo dentro de la cámara durante : 3,5 horas

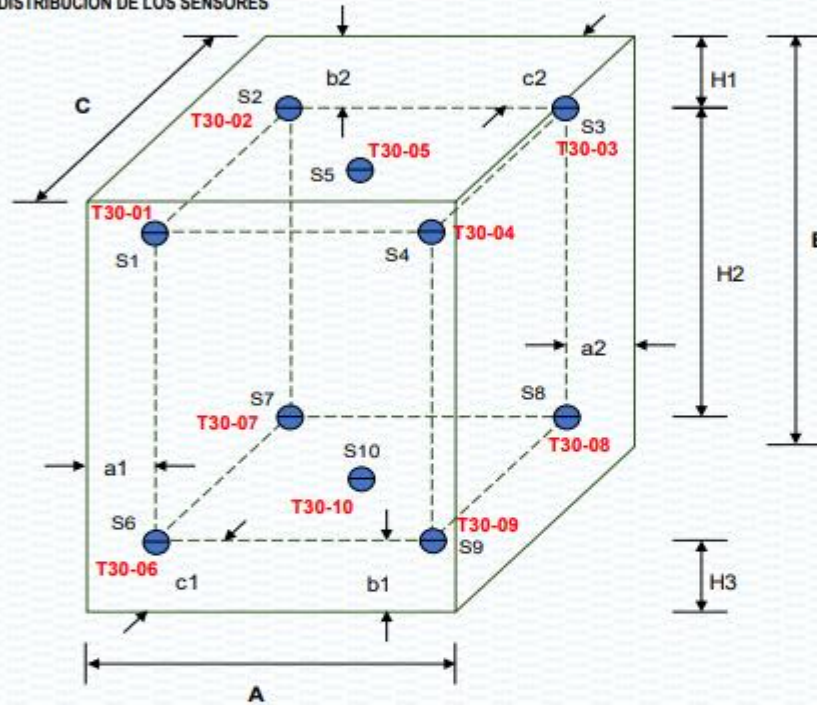


# Certificado de Calibración

## LT22-660

Número de OI: 519-2022

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES



● = Sensor de Temperatura

A, B, C = Dimensiones del Volumen Interno

Los sensores T30-05 y T30-10 están ubicados en los centros de sus respectivos niveles aproximadamente.

Dimensiones internas		
A	45,0	cm
B	60,0	cm
C	45,0	cm

Ubicación de los sensores					
a1	7,0	cm	a2	7,0	cm
b1	10,0	cm	b2	10,0	cm
c1	7,0	cm	c2	7,0	cm

# Certificado de Calibración

## LT22-660

Número de OT: 519-2022

### RESULTADOS DE MEDICIÓN

PARA LA TEMPERATURA DE 300,0 °C ± 30,0 °C

Tiempo	Equipo °C	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C										T. prom. ΔT.	
		T30-01	T30-02	T30-03	T30-04	T30-05	T30-06	T30-07	T30-08	T30-09	T30-10	°C	°C
1-10 14h 05m	300	222,5	227,0	232,4	219,9	221,6	251,8	292,5	293,5	250,6	278,8	249,1	73,6
1-10 14h 07m	300	222,8	226,3	232,1	220,6	222,0	254,7	302,1	306,5	253,6	285,9	252,7	85,8
1-10 14h 09m	300	222,7	227,1	231,8	220,2	221,9	252,4	294,0	297,9	251,4	279,7	249,9	77,7
1-10 14h 11m	300	222,7	227,1	232,8	221,2	222,0	253,5	299,4	300,6	253,4	283,3	251,6	79,4
1-10 14h 13m	300	222,2	226,8	232,5	220,9	221,7	252,5	296,9	302,2	252,3	280,8	250,9	81,3
1-10 14h 15m	300	222,6	227,7	233,6	220,7	221,6	253,1	293,8	295,7	251,0	279,5	249,9	75,0
1-10 14h 17m	300	222,2	226,9	232,5	220,8	221,6	253,3	300,3	305,1	252,4	282,4	251,8	84,2
1-10 14h 19m	300	222,9	226,8	233,1	221,1	222,2	251,9	292,7	292,4	251,7	280,0	249,5	71,6
1-10 14h 21m	300	223,3	227,6	233,2	220,8	222,1	254,1	302,3	305,1	253,3	285,0	252,7	84,2
1-10 14h 23m	300	222,9	227,3	232,5	220,7	222,2	251,7	294,1	294,0	251,3	279,8	249,7	73,4
1-10 14h 25m	300	223,8	226,9	233,2	221,5	222,4	253,6	299,5	298,6	253,5	283,9	251,7	78,0
1-10 14h 27m	300	223,0	227,7	233,1	220,5	222,0	252,4	296,8	298,5	252,1	281,0	250,7	78,0
1-10 14h 29m	300	223,1	227,9	234,4	220,9	222,1	252,4	294,3	293,4	252,8	281,0	250,2	73,4
1-10 14h 31m	300	223,1	227,6	233,8	220,6	222,4	252,5	298,3	296,5	252,8	281,7	250,9	77,7
1-10 14h 33m	300	222,9	227,2	234,0	221,4	222,3	251,7	292,8	292,6	252,4	279,8	249,7	71,4
1-10 14h 35m	300	222,7	226,8	233,0	221,0	222,4	253,7	299,2	304,3	253,5	283,6	252,0	83,2
1-10 14h 37m	300	222,4	227,6	233,8	221,1	221,8	252,5	293,0	295,7	251,4	279,2	249,9	74,6
1-10 14h 39m	300	223,4	227,2	232,7	221,3	222,8	254,3	302,9	303,6	254,8	285,8	252,9	82,2
1-10 14h 41m	300	222,8	227,9	233,7	220,9	222,0	252,4	296,5	294,3	252,3	280,1	250,2	74,6
1-10 14h 43m	300	222,9	227,0	233,5	221,7	222,7	253,0	297,5	299,6	253,6	282,9	251,4	77,9
1-10 14h 45m	300	222,4	227,0	232,9	221,5	222,4	251,8	298,2	299,1	253,3	282,1	251,1	77,6
1-10 14h 47m	300	222,6	227,4	233,8	221,7	222,2	252,5	293,0	294,2	252,1	280,1	250,0	72,5
1-10 14h 49m	300	222,7	227,0	232,5	221,3	222,6	253,9	301,1	305,4	254,8	285,0	252,6	84,0
1-10 14h 51m	300	222,3	227,4	234,0	221,5	222,2	251,9	292,6	295,3	252,1	279,1	249,8	73,8
1-10 14h 53m	300	223,4	228,0	233,7	221,2	222,3	254,9	302,1	304,1	254,0	285,3	252,9	82,8
1-10 14h 55m	300	222,6	227,3	233,9	221,3	222,3	251,0	293,6	295,5	252,2	279,2	249,9	74,2
1-10 14h 57m	300	223,2	227,2	234,1	221,7	222,5	253,4	299,4	299,6	254,6	283,8	252,0	77,9
1-10 14h 59m	300	222,7	227,0	233,6	221,1	222,7	252,5	297,2	297,3	252,8	281,2	250,8	76,2
1-10 15h 01m	300	223,6	227,8	233,5	221,3	222,9	253,1	293,8	293,1	253,4	281,4	250,4	72,5
1-10 15h 03m	300	222,6	227,1	234,0	221,6	222,3	252,8	299,6	301,2	253,8	281,7	251,7	79,6
1-10 15h 05m	300	223,6	227,9	233,6	221,3	223,1	253,5	293,6	292,7	251,9	279,9	250,1	72,3
<b>T. PROM.</b>	300	222,9	227,3	233,2	221,1	222,2	252,9	296,9	298,3	252,7	281,7	Temperatura promedio general	
<b>T. MAX</b>	300	223,8	228,0	234,4	221,7	223,1	254,9	302,9	306,5	254,8	285,9		
<b>T. MIN</b>	300	222,2	226,3	231,8	219,9	221,6	251,0	292,5	292,4	250,6	278,8		
<b>DTT</b>	0	1,6	1,7	2,6	1,8	1,5	3,9	10,3	14,0	4,2	7,0	<b>250,9</b>	

CONCLUSIÓN

EL RESULTADO ES NO CONFORME





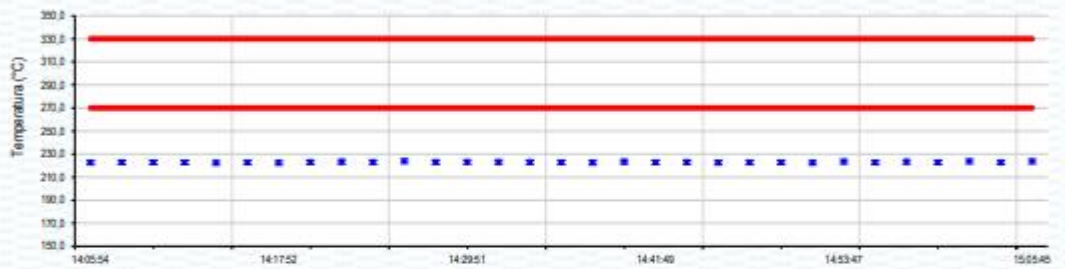
# Certificado de Calibración

## LT22-660

Número de OT: 519-2022

### GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

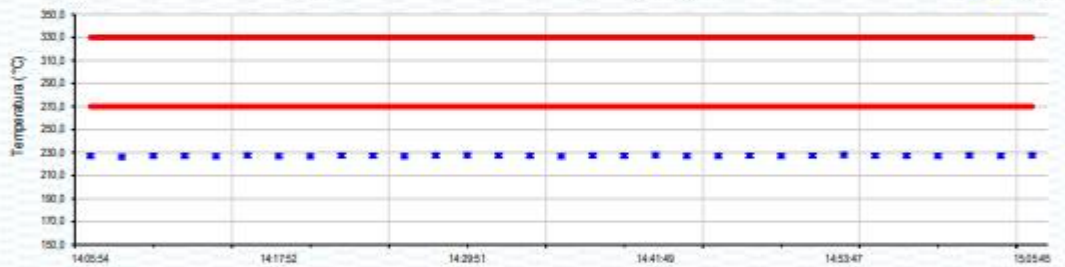
PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C  
NIVEL SUPERIOR



• T30-01

— Limite Superior e Inferior

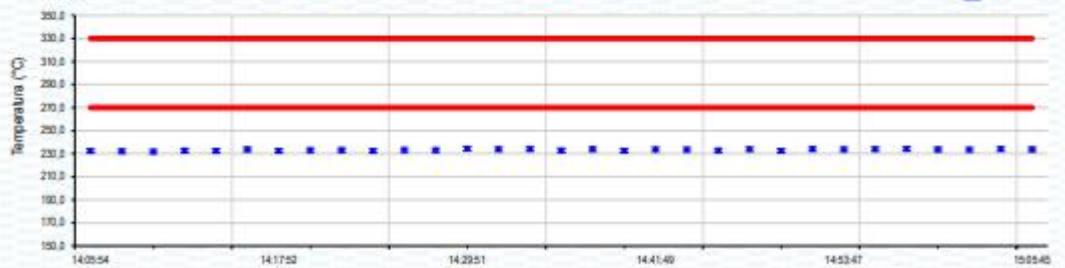
I Incertidumbre



• T30-02

— Limite Superior e Inferior

I Incertidumbre



• T30-03

— Limite Superior e Inferior

I Incertidumbre



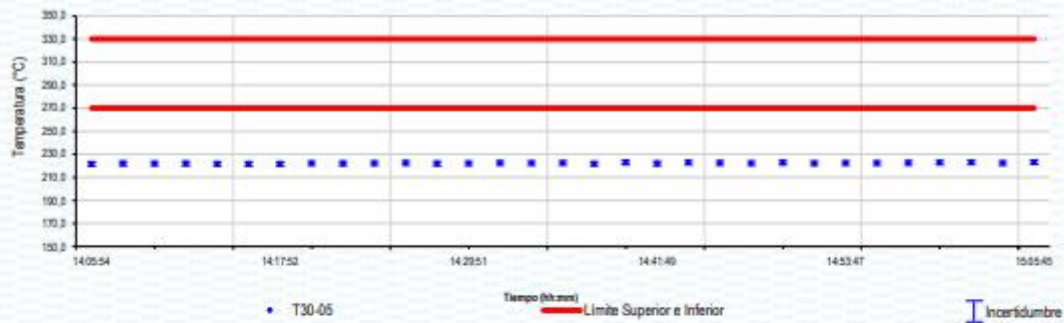
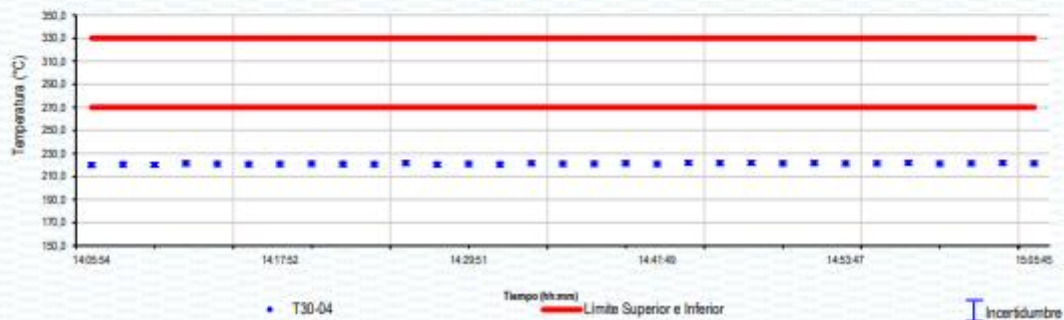
# Certificado de Calibración

## LT22-660

Número de OT: 519-2022

### GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C  
NIVEL SUPERIOR



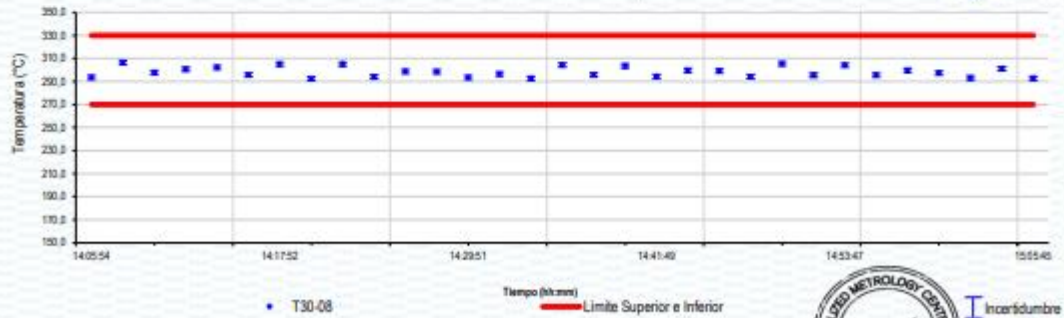
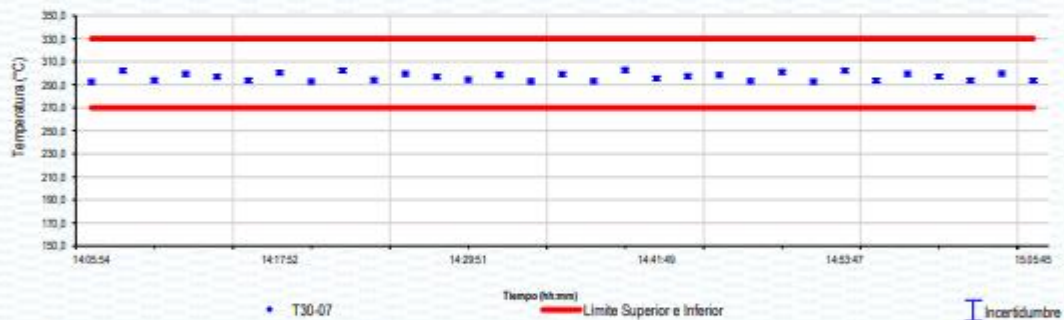
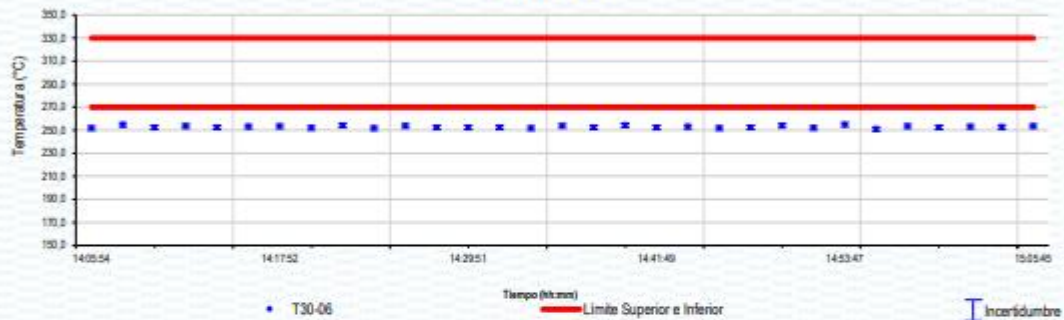
# Certificado de Calibración

## LT22-660

Número de OT: 519-2022

### GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C  
NIVEL INFERIOR





# Certificado de Calibración

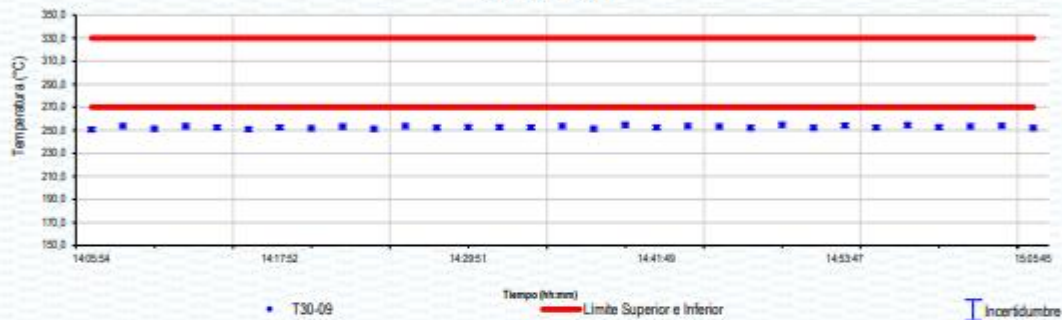
## LT22-660

Número de OT: 519-2022

### GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C

NIVEL INFERIOR



## Anexo N° 02: Certificado de calibración de la balanza

	<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 035</b>		
<b>Certificado de Calibración</b> <b>LM22-C-889</b>			
<b>Número de OT: 519-2022</b>			
<b>CLIENTE</b>			
Razón Social	: JJ GEOTECNIA S.A.C.		
Dirección	: CALLE 21 LOS ROSALES DE PRO MZ B LOTE 57 (LIMA - LIMA - LOS OLIVOS)		
<b>FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>			
Fecha de Calibración	: 2022-10-01		
Lugar de Calibración	: En las Instalaciones del Cliente		
Fecha de Emisión	: 2022-10-04		
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b> : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO (ELECTRÓNICA)			
Marca	: OHAUS	Identificación	: NO INDICA
Modelo	: RP21PE30ZH	Procedencia	: USA
Serie	: 8342167664	Ubicación	: LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO</b>			
Capacidad de Indicación	: 30000 g	Capacidad Mínima(Min)	: 200 g
Resolución (d)	: 1 g	Número de Divisiones (n)	: 30000
Div. de Verificación (e):	: 1 g (*)	Clase de Exactitud	: II
<b>MÉTODO DE CALIBRACIÓN</b>			
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento PC-011 - 4ª Ed. : 2010 - Indecopi "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II"; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 003:2009.			
Sello	Metrólogo	Director Técnico	
			
	Armando Marín Berrios	Wilfredo Reyes Yzaguirre	
El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).			
PO-03-F-02/Ed. 03	Página 1 de 4		





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 035



Registro N° LC - 035

# Certificado de Calibración

## LM22-C-889

Número de OT: 519-2022

### PATRONES UTILIZADOS

Patrón / Valor / Clase	Identificación y/o Serie	N° de Certificado	Trazabilidad
Juego de Pesas / 1 kg a 5 kg / F1	LM-IM-106	LM-C-064-2022	DM - INACAL
Pesa / 20 kg / F1	LM-IM-156	E243-L-424A-2021-2	LO JUSTO
Juego de Pesas / 1 mg a 1 kg / F1	LM-IM-151	E1279-2131A-2022-1	LO JUSTO

### RESULTADOS

#### INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero :	Tiene
- Oscilación libre :	Tiene
- Plataforma :	Tiene
- Escala :	No tiene

- Display :	Tiene
- Nivelación :	Tiene
- Sistema de traba :	No tiene
- Cursor :	No tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,2 °C
Humedad Relativa	79 %	79 %



#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= (aproximadamente 50% Máx) 15000,0 g		
I	ΔL	E
g	g	g
15000	0,5	0,0
15000	0,6	-0,1
15000	0,6	-0,1
15000	0,6	-0,1
15000	0,6	-0,1
15000	0,5	0,0
15000	0,5	0,0
15000	0,5	0,0
15000	0,5	0,0
15000	0,6	-0,1
15000	0,6	-0,1
15000	0,6	-0,1
$\Delta E = E_{Máx} - E_{Mín}$		0,1 g
E.M.P		2g

Carga L2= (aproximadamente 100% Máx) 30000,0 g		
I	ΔL	E
g	g	g
30000	0,7	-0,2
29999	0,4	-0,9
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
29999	0,4	-0,9
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
29999	0,3	-0,8
$\Delta E = E_{Máx} - E_{Mín}$		0,7 g
E.M.P		3g

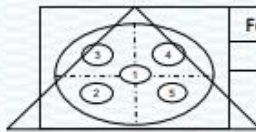


# Certificado de Calibración

## LM22-C-889

Número de OT: 519-2022

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Forma del Platillo
CIRCULAR

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	79 %	79 %

Posición	Carga Mínima g	I g	ΔL g	E g
1	10,0	10	0,5	0,0
2		10	0,6	-0,1
3		10	0,6	-0,1
4		10	0,6	-0,1
5		10	0,6	-0,1

Carga (L) g	I g	ΔL g	E g	Ec g	EMP
10000,0	10000	0,7	-0,2	-0,2	2 g
	10000	0,7	-0,2	-0,1	2 g
	9999	0,3	-0,8	-0,7	2 g
	10000	0,6	-0,1	0,0	2 g
10000	0,6	-0,1	0,0	0,0	2 g

### ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	79 %	79 %



Carga L g	Carga Creciente			
	I g	ΔL g	E g	Ec g
10	10,0	0,6	-0,1	
200	200,0	0,6	-0,1	0,0
1500	1500,0	0,6	-0,1	0,0
3000	3000,0	0,7	-0,2	-0,1
5000	5000,0	0,7	-0,2	-0,1
10000	10000,0	0,6	-0,1	0,0
12000	12000,0	0,6	-0,1	0,0
15000	15000,0	0,6	-0,1	0,0
17000	17000,0	0,5	0,0	0,1
20000	20001,0	0,8	0,7	0,8
24000	24001,0	0,8	0,7	0,8
27000	27000,0	0,6	-0,1	0,0
30000	30000,0	0,6	-0,1	0,0

Carga L g	Carga decreciente			
	I g	ΔL g	E g	Ec g
201	0,8	0,7	0,8	1 g
1501	0,8	0,7	0,8	1 g
3001	0,7	0,8	0,9	1 g
5001	0,7	0,8	0,9	2 g
10001	0,8	0,7	0,8	2 g
12001	0,8	0,7	0,8	2 g
15001	0,8	0,7	0,8	2 g
17001	0,8	0,7	0,8	2 g
20001	0,8	0,7	0,8	2 g
24001	0,7	0,8	0,9	3 g
27000	0,7	-0,2	-0,1	3 g
30000	0,6	-0,1	0,0	3 g



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 035



Registro N° LC - 035

# Certificado de Calibración

## LM22-C-889

Número de OT: 519-2022

### LEYENDA

L : Carga colocada sobre la balanza  
I : Indicación de la balanza  
E : Error encontrado  
Ec : Error corregido  
ΔL : Carga Agregada  
EMP : Error Máximo Permisible.

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2^* \sqrt{2,90 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 1,05 \times 10^{-9} \text{ R}^2}$$

Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R - 5,76 \times 10^{-6} R$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir 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 del 95%.

### OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones 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.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como  $\Delta T: 0,00001^\circ\text{C}^{-1}$ , según el PC-011-4<sup>ta</sup> Ed.: 2010 - Indecopi "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II".

(\*) El Valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud lo indica la balanza

Se ajustó la balanza antes de su calibración: Si

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación "I" (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	15000,0	14995
Aprox. al 100 % de la cap. max.	30000,0	29998





**Anexo N° 03: Certificado de calibración de la prensa de concreto**



**SMC**  
SPECIALIZED METROLOGY CENTER S.A.C.

**CENTRO ESPECIALIZADO DE METROLOGÍA**  
EXPERIENCIA A SU SERVICIO

## Certificado de Calibración

### LM22-155

*Número de OT: 519-2022*

---

**CLIENTE**

Razón Social : **JJ GEOTECNIA S.A.C.**  
 Dirección : **CALLE 21 LOS ROSALES DE PRO MZ B LOTE 57 (LIMA - LIMA - LOS OLIVOS)**

**FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Fecha de Calibración : 2022-10-01  
 Lugar de Calibración : En las instalaciones del cliente  
 Fecha de Emisión : 2022-10-05

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESA DE CONCRETO**

Marca	: ELE INTERNACIONAL	Identificación	: NO INDICA
Modelo	: ADR TOUCH HEAD	Procedencia	: NO INDICA
Serie	: 1887-1-00074	Ubicación	: Laboratorio

---

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

Capacidad	: 2000	KN	
Resolución	: 0,01	KN	

---

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

Método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI PUCP , tomando como referencia la Norma UNE EN ISO 7500-1 "Verificación de Maquinas de ensayo uniaxiales estáticos. Parte 1: Maquinas de ensayo de tracción / compresión, verificación y calibración del sistema de fuerza"

Sello



Metrólogo



Armando Marin Berrios

Director Técnico



Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  
 SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Edición 02 - Rev. Julio 2019

Página 1 de 2

Jr. Thomas Cochrane N° 3914 - Urb. Condevilla Señor - San Martín de Porres  
 Telf.: 969-0989 / Cel.: 990-080-435 / E-mail: ventas@smc-peru.com - metrologia@smc-peru.com  
 Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de SMC S.A.C. Carece de validez sin sello correspondiente.  
 www.smc-peru.com

# Certificado de Calibración

## LM22-155

Número de OT: 519-2022

### PATRONES UTILIZADOS

Descripción del Instrumento	Identificación y/o Serie
Celda de Carga Patrón (40 tn)	LO-IM-18

### CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,9 °C	16,5 °C
Humedad Relativa	79 %	80 %

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Indicación del Patrón	Indicación de Fuerza (Ascenso)			
	Valor de Indicación			
F <sub>i</sub> (kgf)	F1 (kgf)	F2 (kgf)	F3 (kgf)	F <sub>prom</sub> (kgf)
1660	1519,7	1519,5	1519,6	1519,6
3990	3757,0	3757,1	3756,8	3757,0
6340	5939,8	5940,0	5939,9	5939,9
8665	8099,6	8099,6	8099,8	8099,7
10985	10560,5	10560,7	10560,7	10560,6
13010	12449,2	12449,3	12449,0	12449,2
15310	14220,1	14220,3	14220,2	14220,2
17655	16977,2	16977,4	16977,4	16977,3
20075	19394,0	19394,2	19393,8	19394,0
22540	21661,3	21661,5	21661,3	21661,4
24875	23993,8	23993,7	23993,9	23993,8
27036	26109,6	26109,8	26109,6	26109,7
29145	28138,2	28138,3	28138,3	28138,3
32006	31191,7	31191,6	31191,9	31191,7
35101	34703,0	34702,8	34703,1	34703,0
RETORNO A CERO	0	0	0	



### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir 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 del 95%.

### OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".



## Anexo N° 04: Peso unitario para agregados

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-PR-LAB-AG-002.01
<b>PESO UNITARIO PARA AGREGADOS</b>		Versión	2
		Fecha	
		Página	1 de 1

Proyecto / Cliente : _____	Aprobado por : _____
Código de Muestra : _____	Ensayado por: _____
Procedencia : _____	Fecha de Ensayo: _____
Expediente N° : _____	

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

**A) CALIBRACIÓN DEL VOLUMEN DE RECIPIENTE:**

		R1 (Pequeño)	R2 (Mediano)	R3 (Grande)
Masa de la placa de vidrio + recipiente	kg			
Masa placa de vidrio+recipiente + agua	kg			
Temperatura	°C			

\*Según normativa la calibración de recipiente debe realizarse anualmente o cuando se sospeche registros sin sentido.

**B) PESO UNITARIO COMPACTADO:**

Método utilizado:  Método A       Método B

Recipiente utilizado:  R1 (Pequeño)       R2 (Mediano)       R3 (Grande)

		P-1	P-2	P-3
Masa recipiente	kg			
Masa recipiente + muestra	kg			

\*El método A (Envarillado) será utilizado para agregados con TMN menor a 1 1/2", se apisonará con la varilla cada capa.  
\*El método B (Sacudido) será utilizado para agregados con TMN mayor a 1 1/2", se sacudirá el recipiente 25 veces para cada lado, por cada capa.

**C) PESO UNITARIO SUELTO:**

Recipiente utilizado:  R1 (Pequeño)       R2 (Mediano)       R3 (Grande)

		P-1	P-2	P-3
Masa recipiente	kg			
Masa recipiente + muestra	kg			

\*El método correspondiente al PUS, es el C y consiste en llenar el recipiente tirando la muestra a una altura de 5 cm desde el borde superior.

## Anexo N° 05: Análisis granulométrico para agregado fino

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-PR-LAB-AG-001.02
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADOS</b>		Versión	2
		Fecha	
		Página	1 de 1

Proyecto / Cliente : .....	Aprobado por : .....
Código de Muestra : .....	Ensayado por : .....
Procedencia : .....	Fecha de Ensayo : .....
Expediente N° : .....	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADOS  
ASTM C136**

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO:**

Método de preparación:  Húmeda  Seco a Horno

Método de tamizado:  Manual  Mecánico

NÚMERO DE TARA : .....

PESO DE TARA : .....

PESO HÚMEDO + TARA : .....

PESO SECO + TARA : .....

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
2"	50.00	
1 1/2"	37.50	
1"	24.50	
3/4"	19.05	
1/2"	12.50	
3/8"	9.53	
N° 04	4.76	
N° 08	2.38	
N° 16	1.18	
FONDO		

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Tabla 1. Masas mínimas recomendadas para muestreo (ASTM - C136).

**B) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO:**

Método de preparación:  Húmeda  Seco a Horno

Método de tamizado:  Manual  Mecánico

NÚMERO DE TARA : .....

PESO DE TARA : .....

PESO HÚMEDO + TARA : .....

PESO SECO + TARA : .....

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
1/2"	12.50	
3/8"	9.50	
N° 4	4.76	
N° 08	2.38	
N° 16	1.19	
N° 30	0.60	
N° 50	0.30	
N° 100	0.15	
FONDO		

La masa mínima recomendada para muestreo para granulometría de agregado fino es de 300 gramos.

Nota. Masas mínimas recomendadas para muestreo (ASTM - C136).

## Anexo N° 06: Análisis granulométrico para agregado grueso

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-PR-LAB-AG-001.01
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADOS</b>		Versión	2
		Fecha	
		Página	1 de 1

Proyecto / Cliente : \_\_\_\_\_ Aprobado por : \_\_\_\_\_  
 Código de Muestra : \_\_\_\_\_ Ensayado por : \_\_\_\_\_  
 Procedencia : \_\_\_\_\_ Fecha de Ensayo : \_\_\_\_\_  
 Expediente N° : \_\_\_\_\_

---

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADOS  
ASTM C136**

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO:**

Método de preparación:  Húmeda  Seco a Horno  
 Método de tamizado:  Manual  Mecánico

NÚMERO DE TARA : \_\_\_\_\_  
 PESO DE TARA : \_\_\_\_\_  
 PESO HÚMEDO + TARA : \_\_\_\_\_  
 PESO SECO + TARA : \_\_\_\_\_

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
2"	50.00	
1 1/2"	37.50	
1"	24.50	
3/4"	19.05	
1/2"	12.50	
3/8"	9.53	
N° 04	4.76	
N° 08	2.38	
N° 16	1.18	
FONDO		

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Tabla 1. Masas mínimas recomendadas para muestreo (ASTM - C136).

**B) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO:**

Método de preparación:  Húmeda  Seco a Horno  
 Método de tamizado:  Manual  Mecánico

NÚMERO DE TARA : \_\_\_\_\_  
 PESO DE TARA : \_\_\_\_\_  
 PESO HÚMEDO + TARA : \_\_\_\_\_  
 PESO SECO + TARA : \_\_\_\_\_

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
1/2"	12.50	
3/8"	9.50	
N° 4	4.76	
N° 08	2.38	
N° 16	1.19	
N° 30	0.60	
N° 50	0.30	
N° 100	0.15	
FONDO		

La masa mínima recomendada para muestreo para granulometría de agregado fino es de 300 gramos.

Nota. Masas mínimas recomendadas para muestreo (ASTM - C136).

## Anexo N° 07: peso específico y absorción para agregados finos ASTM C78

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>	Código	FOR-PR-LAB-AG-004.01																							
		Revisión	2																							
		Aprobado	CC-MTL																							
		Fecha																								
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b> ASTM C127																										
<b>PROYECTO</b> <b>SOLICITANTE</b> <b>UBICACIÓN</b> <b>EXPEDIENTE N°</b> : -																										
<b>Cantera</b> <b>Material</b> <b>N° Muestra</b> : M-01	<b>Aprobado por:</b> CJRT <b>Ensayado por:</b> CJRT <b>Fecha de ensayo:</b> 24/02/2020																									
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS</b> ASTM C128																										
<b>A) PESO ESPECÍFICO PARA AGREGADOS FINOS:</b>																										
Punto N°		P - 1	P - 2	P - 3																						
1	Peso de Fiola	gr																								
2	Peso de Fiola + Muestra SSS	MI																								
3	Peso de Fiola + Muestra SSS + Agua	gr																								
4	Peso de fiola + Agua	gr																								
5	Peso de tara para secado	gr																								
6	Peso de tara + Muestra seca	gr																								
<b>B) ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS:</b>																										
7	Peso de tara	gr																								
8	Peso de tara + Muestra SSS	gr																								
9	Peso de tara + Muestra seca	gr																								
<b>INDICACIONES</b>																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño máximo Nominal (Pulgadas)</th> <th>Masa mínima de muestreo (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>½ o menos</td><td>2</td></tr> <tr><td>¾</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>1 ½</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>8</td></tr> <tr><td>2 ½</td><td>12</td></tr> <tr><td>3</td><td>18</td></tr> <tr><td>3 ½</td><td>25</td></tr> <tr><td>4</td><td>42</td></tr> <tr><td>5</td><td>75</td></tr> </tbody> </table>		Tamaño máximo Nominal (Pulgadas)	Masa mínima de muestreo (kg)	½ o menos	2	¾	3	1	4	1 ½	5	2	8	2 ½	12	3	18	3 ½	25	4	42	5	75	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Para el caso de agregado fino, se necesita al menos 1 kg de muestra, los cuales serán destinados aproximadamente 500 gr para la prueba de peso específico y 500 gr para absorción.</p> </div>		
Tamaño máximo Nominal (Pulgadas)	Masa mínima de muestreo (kg)																									
½ o menos	2																									
¾	3																									
1	4																									
1 ½	5																									
2	8																									
2 ½	12																									
3	18																									
3 ½	25																									
4	42																									
5	75																									
<b>Tabla 1.</b> Pesos mínimos para ensayo de Peso Específico en Agregado Grueso.		<b>Nota 1.</b> Pesos mínimos para ensayo de Peso Específico en Agregado Fino																								



## Anexo N° 08: Peso específico y absorción para agregados gruesos ASTM C78

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-PR-LAB-AG-003.01																																																																	
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS</b>		Versión	2																																																																	
		Fecha																																																																		
		Página	1 de 1																																																																	
Proyecto / Cliente	:	Aprobado por :																																																																		
Código de Muestra	:	Ensayado por:																																																																		
Procedencia	:	Fecha de Ensayo:																																																																		
Expediente N°	:																																																																			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS GRUESOS ASTM C127</b>																																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Punto N°</th> <th></th> <th>P-1</th> <th>P-2</th> <th>P-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Peso de la Muestra Sumergida Canastilla</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Peso de la Muestra Seca</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Punto N°		P-1	P-2	P-3	1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	gr			2	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	gr			3	Peso de la Muestra Seca	gr																																															
Punto N°		P-1	P-2	P-3																																																																
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	gr																																																																		
2	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	gr																																																																		
3	Peso de la Muestra Seca	gr																																																																		
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS ASTM C128</b>																																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Punto N°</th> <th></th> <th>P-1</th> <th>P-2</th> <th>P-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><b>PESO ESPECÍFICO</b></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>N° de Fiola</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Peso de fiola</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Peso de fiola + Muestra S.S.S</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Peso de fiola + Muestra S.S.S + Agua</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Peso de fiola + Agua</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Peso de tara para secado</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Peso de tara para secado + Muestra seca</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><b>ABSORCIÓN</b></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Peso de tara</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Peso de tara + Muestra S.S.S</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Peso de tara + Muestra seca</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Punto N°		P-1	P-2	P-3	<b>PESO ESPECÍFICO</b>					1	N° de Fiola	-			2	Peso de fiola	gr			3	Peso de fiola + Muestra S.S.S	gr			4	Peso de fiola + Muestra S.S.S + Agua	gr			5	Peso de fiola + Agua	gr			6	Peso de tara para secado	gr			7	Peso de tara para secado + Muestra seca	gr			<b>ABSORCIÓN</b>					8	Peso de tara	gr			9	Peso de tara + Muestra S.S.S	gr			10	Peso de tara + Muestra seca	gr		
Punto N°		P-1	P-2	P-3																																																																
<b>PESO ESPECÍFICO</b>																																																																				
1	N° de Fiola	-																																																																		
2	Peso de fiola	gr																																																																		
3	Peso de fiola + Muestra S.S.S	gr																																																																		
4	Peso de fiola + Muestra S.S.S + Agua	gr																																																																		
5	Peso de fiola + Agua	gr																																																																		
6	Peso de tara para secado	gr																																																																		
7	Peso de tara para secado + Muestra seca	gr																																																																		
<b>ABSORCIÓN</b>																																																																				
8	Peso de tara	gr																																																																		
9	Peso de tara + Muestra S.S.S	gr																																																																		
10	Peso de tara + Muestra seca	gr																																																																		
<b>INDICACIONES</b>																																																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Tamaño máximo Nominal (Pulgadas)</th> <th>Masa mínima de muestreo (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>½ o menos</td><td>2</td></tr> <tr><td>¾</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>1 ½</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>8</td></tr> <tr><td>2 ½</td><td>12</td></tr> <tr><td>3</td><td>18</td></tr> <tr><td>3 ½</td><td>25</td></tr> <tr><td>4</td><td>42</td></tr> <tr><td>5</td><td>75</td></tr> </tbody> </table>		Tamaño máximo Nominal (Pulgadas)	Masa mínima de muestreo (kg)	½ o menos	2	¾	3	1	4	1 ½	5	2	8	2 ½	12	3	18	3 ½	25	4	42	5	75	<p>Para el caso de agregado fino, se necesita al menos 1 kg de muestra, los cuales serán destinados aproximadamente 500 gr para la prueba de peso específico y 500 gr para absorción.</p> <p><b>Nota 1.</b> Pesos mínimos para ensayo de Peso Específico en Agregado Fino.</p>																																												
Tamaño máximo Nominal (Pulgadas)	Masa mínima de muestreo (kg)																																																																			
½ o menos	2																																																																			
¾	3																																																																			
1	4																																																																			
1 ½	5																																																																			
2	8																																																																			
2 ½	12																																																																			
3	18																																																																			
3 ½	25																																																																			
4	42																																																																			
5	75																																																																			
<p><b>Tabla 1.</b> Pesos mínimos para ensayo de Peso Específico en Agregado Grueso.</p>																																																																				

**Anexo N° 09: Flexión Viga de concreto (7 días)**



Tel.: (01) 632-9183  
Cel: 98703014 / 921265894  
Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria cd.a. 59, Villavieja - Los Olivos - Lima  
informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AS-PO-124	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02	
		Fecha	05-01-2023	
		Página	1 de 1	

**TESIS** : "EVALUACIÓN DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO 1% Y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR "CARE" EN COMAS – LIMA, AÑO 2023"

**SOLICITANTE** : Oreste Graciela Capistrano Salazar, Orlando Rojas Delgado

**UBICACIÓN** : Lima

**FECHA DE EMISIÓN** : 12/05/2023

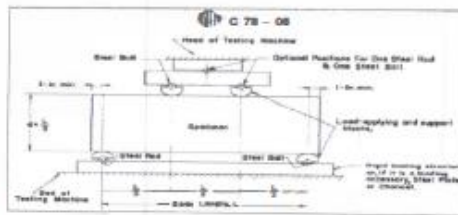
**Tipo de muestra** : Concreto endurecido

**Presentación** : Espaldones prismáticos

**Peso de diseño** : 2.10 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	5/05/2023	12/05/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	37.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	5/05/2023	12/05/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	36.8 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	19.8 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	21.1 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	3.2 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	3.1 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra proporcionada por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
  Jefe de Laboratorio	 JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

**Anexo N° 10: Flexión Viga de concreto (14 días)**



Tel: (01) 6329183  
Cel: 98703014 / 921285994  
Av.A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
All. Universitaria cdra. 59, Miraflores - Los Olivos - Lima  
informes@jogeotecniasac.com

www.jogeotecniasac.com

LABORATORIO DESARROLLO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-PO-04
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	05-01-2023
		Página	1 de 1

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO 1% Y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR “CARE” EN COMAS – LIMA, AÑO 2023”

**SOLICITANTE** : Ofelia Graciela Capistrano Salazar, Orlando Rojas Delgado

**UBICACIÓN** : Lima.

**FECHA DE EMISIÓN** : 19/05/2023

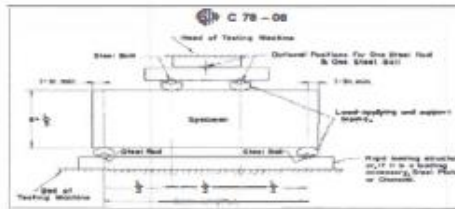
**Tipo de muestra** : Concreto endurecido

**Presentación** : Especímenes prismáticos

**Fc de diseño** : 210 kg/cm2

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	5/05/2023	19/05/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	38.8 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	5/05/2023	19/05/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	40.8 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	22.4 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	21.9 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	3.9 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	3.9 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras Proporcionadas por el solicitante
- \* Las muestras con plén con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
-------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

**Anexo N° 11: Flexión Viga de concreto (28 días)**



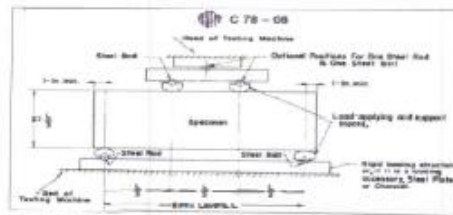
Tel.: (01) 6329183  
Cel: 980703014 / 921255894  
Av. A. Mz. 46, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria cdra. 53, Vilasol - Los Olivos - Lima  
informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AS-PO-024
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	03-05-2023
		Página	1 de 1
TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO 1% Y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR "CARE" EN COMAS – LIMA, AÑO 2023" SOLICITANTE : Odalis Cecilia Capistrano Salazar, Orlando Rojas Delgado UBICACIÓN : Lima. FECHA DE EMISIÓN : 03/05/2023 Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Especímenes prismáticos P.e de diseño : 2.10 kg/cm <sup>2</sup>			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LIZ LIBRE (mm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	5/05/2023	2/09/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	40.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	5/05/2023	2/09/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	41.2 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	2/09/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	23.0 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	2/09/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	24.8 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	2/09/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	1.7 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	2/09/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	2.1 kg/cm <sup>2</sup>



OBSERVACIONES:  
 \* Muestras proporcionadas por el solicitante.  
 \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ELMER MORENO HUJAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
-------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

**Anexo N° 12: Tracción – (7 días)**



Tel.: (01) 632-9183  
Cel.: 98703014 / 921285894  
Av. A. Mz. 46, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria cdra. 59, Villavieja - Los Olivos - Lima  
info@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO GEOTECNIA SAC	FORMATO	Código	AE-10-128
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	Versión	01
		Fecha	03-01-2023
		Página	1 de 1

TEMA: DETERMINACIÓN DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO 1% Y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR “CARE” EN COMAS – LIMA, AÑO 2023

SOLICITANTE: Otilio Grimaldo Caballero Salazar, Otilio Rojas Delgado

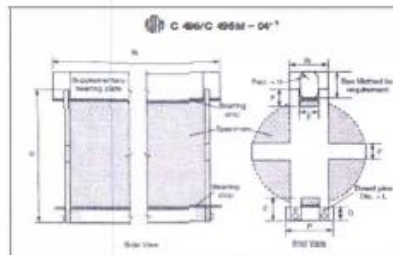
UBICACIÓN DEL PROYECTO: Lima.

FECHA DE EMISIÓN: 12/05/2023

Tipo de muestra: Concreto endurecido  
Presentación: Especímenes cilíndricos  
F/c de diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS A 57M C400**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE MEDID	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	5/05/2023	12/05/2023	7 días	10.0	5275.8	16.5 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	5/05/2023	12/05/2023	7 días	10.0	5012.9	16.0 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	10.0	2629.9	8.4 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	10.0	1986.5	6.3 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	10.0	925.6	2.9 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	12/05/2023	7 días	10.0	780.9	2.5 kg/cm <sup>2</sup>



OBSERVACIONES:  
\* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de JJ GEOTECNIA.  
\* Las muestras cumplen con las dimensiones en la norma de ensayo.  
\* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

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



**Anexo N° 13: Tracción – (14 días)**



Tel.: (01) 632-9163  
Cel.: 980703014 / 921265894  
Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria adra. 39, Villasol - Los Olivos - Lima  
informes@jjgeotecniasac.com

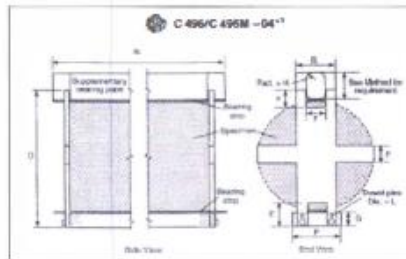
www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	ASFO-428
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	Versión	01
		Fecha	05-01-2023
		Página	1 de 1

TEMA	: EVALUACIÓN DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO 1% Y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR “CARE” EN COMAS – LIMA, AÑO 2023
SOLICITANTE	: Odiela Graciele Capistrano Salazar, Orlando Rojas Delgado
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima,
FECHA DE EMISIÓN	: 19/05/2023
Tipo de muestra	: Concreto endurecido
Presentación	: Especímenes cilíndricos
Fc de diseño	: 212 kg/cm <sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS ASTM C496**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	5/05/2023	19/05/2023	14 días	10.0	6376.2	20.3 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	5/05/2023	19/05/2023	14 días	10.0	8230.3	18.6 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	10.0	2882.1	9.2 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	10.0	2205.0	7.0 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	10.0	928.1	3.0 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	19/05/2023	14 días	10.0	832.5	2.6 kg/cm <sup>2</sup>



- OBSERVACIONES**
- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de JJ GEOTECNIA.
  - \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
  - \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

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

**Anexo N° 14: Tracción – (28 días)**



Tel: (01) 632-9183  
Cel: 980703014 / 921295894  
Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
informes@jgeotecniasac.com

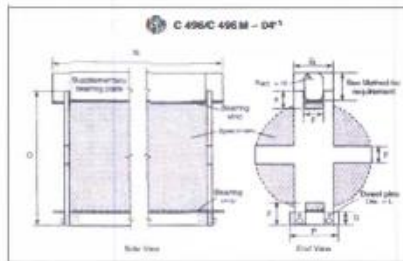
www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AS-FO-128
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS	Versión	01
		Fecha	03-01-2023
		Página	1 de 1

TESES	- EVALUACIÓN DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO 1% Y 3% EN EL DISEÑO DE MEZCLA EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR “CARE” EN COMAS – LIMA, AÑO 2023
SOLICITANTE	- Odielo Gracielo Capistrano Salazar, Odielo Rojas Delgado
UBICACIÓN DE PROYECTO	- Lima
FECHA DE EMISIÓN	- 03/09/2023
TIPO DE MUESTRA	- Concreto endurecido
Presentación	- Esprimitos cilíndricos
Pl. de diseño	- 219 kg/cm <sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS ASTM C496**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	5/05/2023	2/06/2023	28 días	10.0	6956.3	22.1 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN	5/05/2023	3/06/2023	28 días	10.0	7432.8	23.7 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	3/06/2023	28 días	10.0	2901.7	9.5 kg/cm <sup>2</sup>
1% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	3/06/2023	28 días	10.0	2989.2	9.5 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	3/06/2023	28 días	10.0	534.6	1.7 kg/cm <sup>2</sup>
3% DE PERLAS DE POLIESTIRENO	5/05/2023	3/06/2023	28 días	10.0	1380.1	3.7 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de JJ GEOTECNIA.  
 \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.  
 \* Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
-------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

### Anexo N° 15: Evidencia Fotográfica

















