



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Desempeño del Concreto Estructural Ligero  
Incorporando Nanosilice y Polimeros Reciclados**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Bach. Gallardo Guerrero Jhuniór Joel

<https://orcid.org/0000-0002-0720-0430>

**Asesor:**

Mg. Ing. Medrano Lizarzaburu Eithel Yván

<https://orcid.org/0000-0001-6154-4392>

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, tecnología y medio ambiente**

**Pimentel - Perú**

**2023**

**DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO  
NANOSICILE Y POLIMEROS RECICLADOS**

**Aprobación del Jurado**

---

MG. ING. SANCHEZ DIAZ ELVER  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

DR. ING. TEPE ATOCHE VICTOR MANUEL  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MG. ING. MEDRANO LIZARZABURU EITHEL YVÁN  
**Vocal del Jurado de Tesis**



Universidad  
Señor de Sipán

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Gallardo Guerrero Jhunior Joel	76463902	
--------------------------------	----------	---

Pimentel, 04 de mayo de 2023.

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios, por guiar siempre mi camino, por brindarme la salud y fuerza para llevar a cabo mis objetivos y metas, a mi madre por ser fuente de inspiración y superación, a mi hermano, por su apoyo y partícipe de esta investigación, a mi Tío por su apoyo y aliento incondicional durante mi formación y a todos los colaboradores que ayudaron con su granito de arena para el desarrollo de la presente investigación.

***Jhunion Joel Gallardo Guerrero***

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por la Salud y Fuerza, por bendecirme en cada etapa de mi vida.

A mi madre por su constante apoyo moral y emocional, por ser fuente de inspiración y superación para formarme como un buen profesional, A mi padre por el esfuerzo realizado para poder llegar a la meta, A mi Hermano por el apoyo en el desarrollo de la presente investigación, A mi Tío por su incondicional apoyo durante mi formación.

A la Universidad señor de sipan especialmente a la facultad de ingeniería arquitectura y Urbanismo por el compromiso de formar excelentes profesionales

Asimismo, agradecer a mis docentes quienes fueron parte de mi formación, a mis compañeros de clase por ser partícipe de inolvidables experiencias durante mi vida universitaria.

***Jhunior Joel Gallardo Guerrero***

## índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos .....	v
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen .....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema .....	26
1.3. Hipótesis .....	26
1.4. Objetivos .....	26
1.5. Teorías relacionadas al tema .....	27
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	46
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	46
2.2. Variables, Operacionalización .....	47
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección .....	50
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	57
2.5. Procedimiento de análisis de datos .....	57
2.6. Criterios éticos.....	71
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	72
3.1. Resultados .....	72
3.2. Discusión.....	121
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
4.1. Conclusiones.....	124
4.2. Recomendaciones.....	125
REFERENCIAS .....	127
ANEXOS.....	132

## Índice de tablas

Tabla I Densidad de PC y LWPC. ....	30
Tabla II Porcentaje de volumen de absorción de agua.....	30
Tabla III Propiedades mecánicas por PE tipo 92 (adaptado de la ref. 92) .....	32
Tabla IV .....	36
Tabla V Propiedades físicas de varios agregados.....	37
Tabla VI Propiedades químicas y físicas del cemento portland tipo I.....	43
Tabla VII Operacionalización de variables independiente .....	48
Tabla VIII Operacionalización de variable dependiente.....	49
Tabla IX Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas de CP para $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	51
Tabla X Cuantía de probetas cilíndricas y prismáticas con PR para $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .	52
Tabla XI Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas con el óptimo contenido de PR y N para $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ . ....	53
Tabla XII Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas de CP para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	54
Tabla XIII Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas con PR para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	55
Tabla XIV Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas con el óptimo contenido de PR y N para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	56
Tabla XV Datos de canteras muestreadas .....	73
Tabla XVI Determinación de la masa por unidad de volumen del agregado fino natural de cada cantera seleccionada.....	78
Tabla XVII Determinación de la masa por unidad de volumen del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada.....	79
Tabla XVIII Peso específico y absorción del agregado fino natural de cada cantera seleccionada .....	80
Tabla XIX Peso específico y absorción del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada .....	81
Tabla XX Contenido de humedad del agregado fino natural de cada cantera seleccionada .....	82
Tabla XXI Porcentaje de finos de las canteras con granulometría similar.....	83
Tabla XXII Determinación de la masa por unidad de volumen del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada.....	89
Tabla XXIII Peso específico y absorción del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada .....	90
Tabla XXIV Contenido de humedad del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada .....	91

Tabla XXV: Resultados de la degradación en agregados gruesos en la máquina de los ángeles de canteras con granulometría similar.....	92
Tabla XXVI Análisis Granulométrico del Agregado fino de la Cantera La Victoria .....	93
Tabla XXVII Características físicas del agregado fino de cantera La Victoria - Pátapo .....	94
Tabla XXVIII Resultado del ensayo de porcentaje de finos que pasa la malla N°200 - Cantera La Victoria .....	94
Tabla XXIX Análisis Granulométrico del Agregado grueso de la cantera Pacherras - Pucalá .....	94
Tabla XXX Características físicas del agregado grueso cantera Pacherras - Pucalá .	95
Tabla XXXI Resultado del ensayo de abrasión del agregado grueso con la máquina de los ángeles - Cantera Pacherras .....	96
Tabla XXXII Selección del tipo de PR - Resistencia a la compresión axial con 25% de Tecnopor (polímero reciclado).....	99
Tabla XXXIII Selección del tipo de PR – Densidad con 25% de Tecnopor (PR).....	99
Tabla XXXIV Caracterización de Nanosílice para concreto estructural de baja densidad .....	100
Tabla XXXV Diseño de mezclas de prueba del concreto con un $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ , para escoger el más óptimo en función a su factor de seguridad.....	101
Tabla XXXVI Diseño de mezclas de prueba del concreto con un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , para escoger el más óptimo en función a su factor de seguridad.....	102
Tabla XXXVII Diseño de mezclas del CP de cada resistencia diseñada.....	103
Tabla XXXVIII Diseño de mezcla del CP incorporando porcentaje de PR para una resistencia de $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .....	103
Tabla XXXIX Diseño de mezcla del CP incorporando porcentaje de PR para una resistencia de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .....	104
Tabla XL Diseño de mezcla del CP incorporando porcentajes de N y PR para una resistencia de $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .....	105
Tabla XLI Diseño de mezcla del CP incorporando porcentajes de N y PR para una resistencia de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .....	105
Tabla XLII Pesos de las muestras en estado fresco de ambas resistencias $175\text{kg/cm}^2$ y $210\text{kg/cm}^2$ .....	108

## Índice de figuras

Fig. 1. Fallo del concreto agregado ligero simple. [35].....	28
Fig. 2. Efecto del reemplazo del PE. [37].....	29

<b>Fig. 3.</b> Ensayo de la muestra bajo compresión. [43].....	31
<b>Fig. 4.</b> Resistencia a la flexión del hormigón preparado con diferentes PE contenido. [8]...	33
<b>Fig. 5.</b> Fallas y grietas de vigas RC con diferentes ratios de PE reciclado. [19] .....	34
<b>Fig. 6.</b> Ensayo de módulo de rotura para probetas de hormigón de PE reciclado. [35] .....	35
<b>Fig. 7.</b> Poliestireno reciclado. [19].....	38
<b>Fig. 8.</b> Tres formas importantes de PE. Perlas formadas a través de la expansión de la resina se moldea en la forma deseable. [41] .....	39
<b>Fig. 9.</b> Morfología de EP - (a) Gránulos de EP (b) Frústula esférica simple. [49] Nota. Análisis morfológico del PE.....	39
<b>Fig. 10.</b> Efecto de la cantidad de partículas de PE recubiertas sobre la densidad y la temperatura. Conductividad de los compuestos de cemento. [44].....	40
<b>Fig. 11.</b> Nanosilice (líquido blanco) y Microsilice (polvo gris/acero), pesadas antes del mezclado del concreto. [14] .....	41
<b>Fig. 12.</b> Efecto de la cantidad de Sílice sobre la densidad y conductividad térmica de los compuestos de cemento. [44] .....	42
<b>Fig. 13.</b> Paneles de pared de PE dispuestos de forma escalonada. [41].....	44
<b>Fig. 14.</b> PE como estribo de puente en la construcción del puente Grimsvyegen, Noruega. [41].....	45
<b>Fig. 15.</b> Diagrama de flujo de proceso sobre la recolección de datos. ....	58
<b>Fig. 16.</b> Muestra extraída- cantera la Victoria – Pátapo -agregado fino.....	59
<b>Fig. 17.</b> Muestra extraída- cantera Pachерres – Pucalá - agregado grueso. ....	59
<b>Fig. 18.</b> Ensayo de peso específico al cemento Pacasmayo - Tipo I (42.5 kg).....	60
<b>Fig. 19.</b> Cemento Pacasmayo - Tipo I (42.5 kg).....	60
<b>Fig. 20.</b> Aditivo nanosílice.....	61
<b>Fig. 21.</b> Polímero reciclado recortado en forma cuadrada de 6mm.....	62
<b>Fig. 22.</b> Tamizado del agregado grueso con las mallas estandarizadas. ....	63
<b>Fig. 23.</b> Realización del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.....	63
<b>Fig. 24.</b> Peso de la muestra seca al horno del agregado fino y grueso. ....	64
<b>Fig. 25.</b> Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso. ....	64
<b>Fig. 26.</b> Secado - agregado fino.....	65
<b>Fig. 27.</b> Peso del material tamizado por la malla N°200 - Abertura de 75µm. ....	65
<b>Fig. 28.</b> Probetas cilíndricas y prismáticas de muestra a edad de 7 días, para evaluar su resistencia.....	66
<b>Fig. 29.</b> Medición del Asentamiento.....	66
<b>Fig. 30.</b> Medición de la temperatura.....	67
<b>Fig. 31.</b> Especímenes en estado fresco, en proceso de fraguado.....	67
<b>Fig. 32.</b> Probetas en estado fresco, en proceso de fraguado. ....	68

<b>Fig. 33.</b> Rotura - ensayo a tracción.....	69
<b>Fig. 34.</b> Vigas de concreto- ensayadas a flexión.....	69
<b>Fig. 35.</b> Rotura de vigas de concreto - ensayo a flexión.....	70
<b>Fig. 36.</b> Preparación de probeta cilíndrica para el Ensayo del módulo de elasticidad. ....	70
<b>Fig. 37.</b> Ensayo del módulo de elasticidad en probetas cilíndricas de concreto. ....	71
<b>Fig. 38.</b> Curva granulométrica del agregado fino - Cantera Tres Tomas.....	74
<b>Fig. 39.</b> Curva granulométrica del agregado fino - Cantera La Victoria - Pátapo.....	75
<b>Fig. 40.</b> Curva granulométrica del agregado fino - Cantera Pacherez - Pucalá.....	76
<b>Fig. 41.</b> Curva granulométrica del agregado fino - Cantera Castro I – Zaña.....	76
<b>Fig. 42.</b> Curva granulométrica del agregado fino - Cantera Pedregal - 7 Techos - Reque. .	77
<b>Fig. 43.</b> Curva granulométrica del agregado grueso - Cantera Tres Tomas.....	84
<b>Fig. 44.</b> Curva granulométrica del agregado grueso - Cantera La Victoria- Pátapo.....	85
<b>Fig. 45.</b> Curva granulométrica del agregado grueso - Cantera Pachérrez - Pucalá.....	86
<b>Fig. 46.</b> Curva granulométrica del agregado grueso - Cantera Castro I- San Nicolás. ....	87
<b>Fig. 47.</b> Curva granulométrica del agregado grueso - Cantera Pedregal - 7 Techos - Reque. .....	88
<b>Fig. 48.</b> Curva granulométrica del agregado fino - Cantera La Victoria. ....	93
<b>Fig. 49.</b> Curva granulométrica agregado grueso cantera Pacherez - Pucalá. ....	95
<b>Fig. 50.</b> Polímero reciclado cortado en 6 mm x 6mm. ....	97
<b>Fig. 51.</b> Polímero reciclado cortado en 5 mm x 10 mm. ....	98
<b>Fig. 52.</b> Comparación de asentamientos a resistencias de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para un CP y con adiciones de PR y N. ....	106
<b>Fig. 53.</b> Comparación de temperatura a resistencias de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para un CP y con adiciones de N y PR. ....	107
<b>Fig. 54.</b> Comparación de Contenido de aire para resistencias de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para un CP y con adiciones de N y PR.....	108
<b>Fig. 55.</b> Comparación del peso unitario a resistencias de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para un CP y con adiciones de N y PR. ....	110
<b>Fig. 56.</b> Resultados de la resistencia a la Compresión a un $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ del CP y con adiciones de N y PR a los 7, 24 y 28 días. ....	111
<b>Fig. 57.</b> Resultados de la resistencia a la Compresión a un $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ del CP y con adiciones de N y PR a los 7, 24 y 28 días. ....	112
<b>Fig. 58.</b> Resultados de la resistencia a la Tracción a un $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ del CP y con adiciones de N y PR a los 7, 24 y 28 días.....	113
<b>Fig. 59.</b> Resultados de la resistencia a la Tracción a un $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ del CP y con adiciones de N y PR a los 7, 24 y 28 días.....	114

<b>Fig. 60.</b> Resultados de la resistencia a la Flexión a un $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 7, 24 y 28 días.....	115
<b>Fig. 61.</b> Resultados de la resistencia a la Flexión a un $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 7, 24 y 28 días.....	117
<b>Fig. 62.</b> Resultados del módulo de elasticidad a un $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 7 días. ....	118
<b>Fig. 63.</b> Resultados del módulo de elasticidad a un $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 14 días. ....	118
<b>Fig. 64.</b> Resultados del módulo de elasticidad a un $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 28 días. ....	119
<b>Fig. 65.</b> Resultados del módulo de elasticidad a un $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 7 días. ....	120
<b>Fig. 66.</b> Resultados del módulo de elasticidad a un $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 14 días. ....	120
<b>Fig. 67.</b> Resultados del módulo de elasticidad a un $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> del CP y con adiciones de N y PR a los 28 días. ....	121

## Resumen

La reutilización de polímeros reciclados se ha convertido en un factor esencial para producir concretos estructurales de baja densidad, fundamentales para reducir cargas muertas y con su reutilización mitigar la contaminación ambiental; Por ello la presente investigación tiene por objetivo evaluar el desempeño del concreto estructural ligero incorporando nanosilice y polímeros reciclados.

Se realizó un análisis mediante un diseño experimental en base a dosificaciones de 30%, 40%, 50% y 60% de polímero reciclado (PR) como reemplazo parcial del agregado grueso por volumen y combinaciones parciales con nanosilice (N) de 0.6%, 1.0%, 1.4% y 1.8% por peso de cemento para diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados mostraron una influencia significativa en el concreto, observándose que el asentamiento y contenido de aire alcanzaron valores por encima del 17% y 100% respectivamente con 60PR, el peso unitario disminuyó en hasta 30% con 60PR y 24% con 50PR siendo este último el diseño con densidad óptima. En las propiedades mecánicas la resistencia a la compresión se redujo considerablemente en hasta 50% y 18.90% aplicando 60PR en respectivamente, asimismo, la tracción y flexión disminuyeron en hasta 34% y 31% con 60PR, sin embargo, se determinó un deterioro no significativo en el módulo elástico del 5% y 10% con 50PR y 60PR.

Se concluyó que el PR ocasiona reducciones significativas en las propiedades mecánicas y la dosificación óptima para contrarrestar es de 1.4N, alcanzando resistencias promedio mediante combinaciones de 1.4N+50PR y 1.8N+50PR respecto al concreto patrón.

**Palabras Claves:** Concreto, Polímero reciclado, Propiedades físicas, Propiedades mecánicas, Nanosilice.

## Abstract

The reuse of recycled polymers has become an essential factor to produce low density structural concrete, fundamental to reduce dead loads and with its reuse mitigate environmental pollution; therefore, the present research aims to evaluate the performance of lightweight structural concrete incorporating nanosilica and recycled polymers.

An analysis was carried out by means of an experimental design based on dosages of 30%, 40%, 50% and 60% of recycled polymer (RP) as partial replacement of coarse aggregate by volume and partial combinations with nanosilica (N) of 0.6%, 1.0%, 1.4% and 1.8% by weight of cement for designs of 175 kg/cm<sup>2</sup> and 210 kg/cm<sup>2</sup>.

The results showed a significant influence on the concrete, observing that the slump and air content reached values above 17% and 100% respectively with 60PR, the unit weight decreased by up to 30% with 60PR and 24% with 50PR, the latter being the design with optimum density. In the mechanical properties, the compressive strength was considerably reduced by up to 50% and 18.90% applying 60PR respectively, likewise, the tensile and flexural strength decreased by up to 34% and 31% with 60PR, however, a non-significant deterioration in the elastic modulus of 5% and 10% was determined with 50PR and 60PR.

It was concluded that RP causes significant reductions in mechanical properties and the optimum dosage to counteract is 1.4N, reaching average strengths through combinations of 1.4N+50PR and 1.8N+50PR with respect to the standard concrete.

**Keywords:** Concrete, Recycled polymer, Physical properties, Mechanical properties, Nanosilica.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Por los diferentes procesos de fabricación y producto de desechos municipales e industrias de servicios, se ha generado una gran cantidad de materiales de desecho, recientemente se ha podido verificar en todo el mundo un crecimiento considerable en el consumo de plástico, producir nuevos materiales como mortero o concreto a partir del reciclaje de residuos plásticos parece ser actualmente una de las mejores soluciones para eliminar los residuos plásticos, puesto que se considerara ambiental y económicamente ventajoso, la reutilización de plástico reciclado en mezclas genera un compuesto amigable en infraestructuras debido a que este lo hace sostenible y respetuoso con el ambiente que nos rodea [1]. En ese sentido, estudios recientes confirman que la aplicación de materiales plásticos como sustituto parcial del agregado grueso son vitales para combatir y hacer disminución frente a la contaminación del ambiente [2].

La productividad de productos plásticos ha aumentado notablemente durante las dos primeras décadas del siglo XXI. En Europa en el año 2017, se evidenció la productividad de plástico a gran escala, pues se recolectaron aproximadamente 64.4 millones de toneladas y alrededor de 348 millones de toneladas en todo el mundo y el 60% de esa cantidad se utilizó en solo dos sectores del mercado, la industria de embalaje y en la industria de la construcción [3].

[4] señala que en las últimas décadas la búsqueda de soluciones novedosas, eficientes, rentables y respetuosas con el medio ambiente para el desarrollo de nuevas infraestructuras se ha vuelto de suma importancia, indicando que diversas investigaciones han demostrado que las ventajas de los agregados ligeros superan con creces las ventajas de los materiales de peso común, como la densidad, durabilidad, resistencia al fuego y buen rendimiento térmico, enfatizando que los agregados ligeros pueden formar parte de un concreto, el cual conlleva a tener un concreto de características ligeras, cuyo aplicación puede darse en elementos estructurales y con ello un costo total de construcción más bajo de lo

que se esperaría con el uso de concreto de peso normal, sin embargo, esto conlleva afrontar desafíos, pues tienen que ser ligeros y a su vez seguros y duraderos.

[5] sostiene que el concreto de baja densidad es uno de los compuestos en mayor medida utilizados en el campo de la construcción pues su popularidad se atribuye a la baja densidad, as su aislamiento térmico y acústico, también indica que el uso del concreto ligero disminuye el peso total de una estructura pues hace énfasis que la masa del concreto es responsable de más de la mitad de la carga muerta de una construcción. Se estima que el reciclaje de polímeros como el poliestireno (PS) es una de las deseables opciones para la obtención de concretos ligeros, dando una reutilización de estos en la gran industria de la construcción en edificaciones [3].

[6] menciona para que el concreto sea ligero debe añadirse un agregado liviano, señalando que el más efectivo es el poliestireno expandido (PE), utilizado en aplicaciones de ingeniería desde la década de 1950, cuya densidad es aproximadamente una centésima parte del suelo, esto lo reafirma [4] quien detalla que, entre lo concretos ligeros existentes, sobresale el concreto ligero con adición de PE, utilizado en gran dimensión para estructuras donde se necesite un aislamiento de capas, subbase de pavimentos, barreras viales u absorber energía, tales como las estructuras.

En países extranjeros hubo muchas aplicaciones exitosas del ya conocido concreto con agregado ligero. Como por ejemplo durante la ejecución de una de las estructuras históricas como son las Torres Gemelas del World Trade Center (EE. UU.), se utilizó el concreto ligero para construir losas y con ello reducir su carga muerta de la estructura del edificio. Por otro lado, tenemos el estadio Wellington de Nueva Zelanda el cual fue elaborado con concreto ligero prefabricado de muy alta resistencia. Asimismo, en su investigación menciona que a lo largo del tiempo el uso de residuos ha sido causal de mejoras en el aislamiento de temperatura, acústico y resistencia al fuego en tecnologías estructurales construidas a base de concreto ligero, dando veracidad al potencial de aplicación en la ingeniería, seguridad y medio ambiente [7].

Últimamente ha habido un aumento en la investigación del uso de concreto ligero, debido a sus notables beneficios tales como calor, características de aislamiento acústico, reducción en el peso, lo que en consecuencia reduce la aplicación excesiva de diferentes materiales ajenos como agregados y cemento, la utilización de áridos livianos en mezclas de concreto pueden permitir una reducción de su peso unitario, sin embargo, es muy difícil obtener diseños que tengan menor peso unitario pero que posea propiedades mecánicas y durabilidad superior [8].

El concreto con PE o también concreto ligero cada vez más se hace uso más en el rubro de construcción, principalmente debido a su ligereza, se pueden utilizar como base de materiales gruesos para pavimentos, materiales de construcción para paneles de revestimiento, tabiques ligeros, estructuras marinas flotantes y defensas para plataformas petroleras en alta mar [9].

Los nanomateriales han despertado un interés sustancial en la investigación y la industria de todo el mundo en las últimas dos décadas. Dado que los aditivos de tamaño nanométrico poseen una reactividad superficial espectacular, atribuida a su tamaño ultrafino y su área de superficie específica alta, muestran una reactividad sustancialmente mayor que los convencionales y, por lo tanto, incrementan el rendimiento de los compuestos con cemento que los utilizan, en cantidades más bajas [10].

Desde hace un tiempo se ha venido dando mayor importancia a los años se aditivos de tamaño nanométrico, que muestran una mayor reactividad que sus materiales correspondientes en la microescala, lo que aumenta el rendimiento de los compuestos a base de cemento con una menor cantidad de aditivo requerida, pues la adición de un aditivo nanosílice (N) puede influir en el material cementante de tres maneras: el efecto de nucleación que acelera en gran medida la hidratación del cemento; su efecto de relleno, fortaleciendo la microestructura del material y su actividad puzolánica [11].

El empleo de materiales plásticos reciclados en el Perú se está intensificado con el fin de elaborar concretos ecológicos y livianos a la vez, materiales reciclados que a lo largo de los años con el tratamiento técnico ideal se ha logrado la disminución en costos y el fomento

de la eliminación de desperdicios. Se menciona que la aplicación de plásticos en el concreto genera propiedades muy buenas como resistencia a la corrosión, mayor durabilidad y ser excelente aislante térmico con una gran vida útil ya que son materiales reutilizables y reciclables [12].

Diversos estudios sobre la aplicación de polímeros reciclado para la mejora de un concreto ligero que tenga la capacidad de uno estructural con mejores propiedades mecánicas, en ese sentido, [13] señala que el PE es un material reciclado, el cual puede ser reutilizado para la construcción, por ejemplo, en losas aligeradas y otros elementos estructurales como columnas además detalla que su aplicación produce un aumento de volumen del concreto por consiguiente reduciría la carga muerta de la estructura.

Por otra parte, la nanotecnología se encuentra inmerso en el rubro constructivo, y un nanomaterial que actualmente es inmersamente utilizado es el nanosilice, en ese sentido, [14] señala que el N, es una versión mejorada de la tradicional microsilice, la cual es frecuentemente usada en el ámbito del sector constructivo y entre otras adiciones minerales utilizadas al momento de fabricar un concreto de buen desempeño. También hace mención que el uso de N mejora otras propiedades mecánicas del concreto, asimismo menciona que este nanomaterial puede obtenerse a través de importaciones.

[15] señala que en la actualidad la N, es un aditivo que no genera un impacto ambiental puesto que se comercializa en un estado líquido, este tiene la capacidad de ser un plastificante cuando el concreto se sitúa en un estado fresco, de modo que esto genera una reducción en la relación a/c, en líneas generales en estado es un aditivo que proporciona mejores beneficios en un estado endurecido.

Uno de los principales problemas que azota el casco urbano-rural de Chiclayo y sus distintos distritos es la contaminación del medio ambiente por factores que asemejan a los residuos sólidos, se tasa una producción de 116,431.92 kg / Hab / de desechos sólidos en áreas residenciales, por otro lado en JLO uno de sus distritos importantes y con gran población quien cuenta con una superficie aproximadamente de 5'720.000 metros cuadrados,

genera 13.505 toneladas de residuos domésticos cada día, por consiguiente tienen un gran impacto los residuos sólidos y terminan dañando al medio ambiente [16].

Un problema importante a tomar en cuenta en la localidad de Chiclayo es la gran demanda de residuos sólidos que se reciclan todos los días, entre ellos uno de los más abundantes y a la vez reutilizables son los plásticos, [17] menciona en su investigación que gran parte de los materiales poliméricos se ven a diario arrojados en las calles, enfatizando que los polímeros pueden tener diferentes usos cuya base para su uso está en sus características y propiedades, de acuerdo al estudio estos cuentan con densidades muy bajas, resistencia a la corrosión y un factor muy importante es que son excelentes aislantes del calor.

Diversas investigaciones sobre la industria del concreto en el departamento de Lambayeque durante los últimos años han traído consigo nuevos métodos y tecnologías por emplear, [18] hace referencia que las fibras sintéticas, especialmente las cuando se habla de las fibras de polipropileno, este material ha logrado una gran popularidad en el uso y fabricación de concreto, generalmente con la intención de perfeccionar sus propiedades.

[19] en su estudio titulado “Flexural behavior of reinforced concrete beams containing recycled expandable polystyrene particles”, se tuvo por objetivo determinar cuál es el comportamiento mecánico del concreto mediante especímenes de viga armada, para ello, aplicaron una metodología experimental en base a incorporaciones de PE reciclado en 15%, 20%, 25%, 35%, 45% y 60% por volumen, además, de incorporaciones de humo de sílice en un 10% por cemento, los resultados determinaron incrementos en el asentamiento a mayor porcentaje de PE, no obstante, la densidad, presentó reducciones significativas en hasta un 30% con un 60% de PE, asimismo, propiedades como la compresión se redujeron en un máximo del 53%, de igual manera, la tracción y el módulo elástico en un 38% y 63% respectivamente respecto a un diseño control, teniendo un mejor comportamiento las muestras con 45%PE que también presentó una baja densidad, concluyeron que la utilización de PE reciclado genera reducciones significativas en las propiedades del concreto de manera progresiva respecto a una dosificación mayor de PE.

[20] en su investigación titulada “Evaluation of the efficiency of lightweight concrete modified with additives based on nanostructures”, se tuvo por objetivo estudiar las características del concreto liviano que incorpora N y nanotubos de carbono, emplearon una metodología experimental a fin de estimar su caracterización física y mecánica del concreto mediante dosificaciones de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% de N, los resultados alcanzados muestran valores de resistencia a la compresión superiores por hasta un 74% con 2.5% de N, de igual manera, incrementos significativos del 53% y 55% con 1% y 2% de N respectivamente, no obstante, para la flexión su incremento fue menos considerable estimando aumentos de 1.7% y 2.56% con las ultimas dosificaciones mencionadas, alcanzando una resistencia máxima del 11.4% con 3%N respecto a un diseño de control, finalmente determinaron que la dosificación óptima es de 2.5%N, concluyendo que la incorporación de N permite incremento significativos en las resistencias mecánicas.

[21] en su estudio titulado “Experimental investigation on concrete using nanosilica as mineral admixture”, se tuvo por objetivo evaluar el desempeño que produce la incorporación de N en el concreto, aplicaron una metodología experimental en base a ensayos de laboratorio mediante muestras cubicas de 150x150x150 mm de concreto, para ello, emplearon dosificaciones de 1%, 2%, 3% y 4% de N , los resultados demostraron que con la utilización de aditivo se reduce considerablemente la característica de trabajabilidad esto conforme incrementa el porcentaje de N, no obstante, el desempeño de resistencias a la compresión, tracción y flexión presentaron incrementos significativos utilizando hasta un 3% de N, finalmente determinaron que a mayor contenido su resistencia se deteriora, concluyendo que dichos efecto se atribuyen a las partículas nanométricas del N que permiten el llenado de vacíos en el concreto.

[22] en su investigación titulada “Effect of using nano silica on mechanical properties of normal strength concrete”, tenía por objeto determinar el desempeño mecánico del concreto respecto a sustituciones de N por contenido de cemento debido a sus propiedades semejantes, para ello los autores aplicaron una metodología experimental en base a diferentes dosificaciones del 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de N los resultados obtenidos

demonstraron que las resistencias se incrementaron en hasta un 22.12%, 13.13% y un 22.20% con 3% de N en compresión, flexión y tracción respectivamente, establecieron que la incorporación de N genera el relleno de vacíos y una mejor adherencia entre sus componentes, concluyendo que mediante dosificaciones que no superen el 3% se logra incrementos significativos en las propiedades mecánicas respecto a un diseño de control.

[5] en su investigación titulada “Evaluating the effects of nanosilica on the material properties of lightweight and ultra-lightweight concrete using image-based approaches”, dispuso como finalidad del estudio evaluar el comportamiento de concretos ligeros de baja densidad mediante la utilización de aditivo N, para ello, emplearon un metodología con diseño experimental en base a dosificaciones 1%, 2%, 5% y 10% de N por peso de cemento, los datos arrojaron incrementos aproximados de un 6% y 13% para la compresión y flexión respectivamente con un 2% de N, empero, con 1% de N la resistencia a la flexión se redujo en un 15%, no obstante, la compresión incrementó no significativamente en un 8%, finalmente concluyeron que el N tiene efectos positivos en la contracción por secado del concreto, sin embargo, no permite incrementos significativos en las resistencias.

[10] en su investigación titulada “Influence of Nanosilica on Mechanical Properties, Sorptivity, and Microstructure of Lightweight Concrete”, se tuvo por objetivo precisar el influjo de N en el comportamiento del concreto liviano de baja densidad, emplearon una metodología experimental mediante diseños de evaluación con 1%, 2% y 4% de N por peso de cemento, los resultados determinaron una reducción del porcentaje de aire en la mezcla en hasta un 14% con 1% de N y en menor cantidad con 2% y 4% de N, por otra parte, se mostró aumentos en compresión y flexión, incrementándose en hasta un 4%, 22% y 26% con 1, 2 y 4% respectivamente a los 7 días, asimismo, presento incrementos a los 28 días, no obstante, cuando se evaluó a los 90 días no presentó diferencia alguna, finalmente se determinó cómo óptima el uso de 4%N, concluyendo que la utilización de N debe ser mayor a 1%.

[23] en su investigación titulada “The performance of ultra-lightweight foamed concrete incorporating nanosilica”, se tuvo por objetivo evaluar el desempeño de un concreto ultraligero mediante dosificaciones de N por tal razón, emplearon un estudio experimental mediante

porcentajes de N en hasta un 10% por peso de cemento, los resultados demostraron que la incorporación de N permiten la producción de concretos de mayor espesor y mejores propiedades mecánicas, alcanzando incrementos de hasta un 20% y 25% con 5% y 10% de N respectivamente respecto a un diseño control, asimismo, se determinó una mejora en la contracción por secado y permite una reducción de la porosidad del concreto, concluyendo que el N permite mejorar significativamente las resistencias.

[24] en la investigación titulada “The effect of expanded polystyrene synthetic particles on the fracture parameters, brittleness and mechanical properties of concrete”, se tuvo por objetivo determinar cómo influye el PE como material ligero en el comportamiento mecánico del concreto, emplearon una metodología experimental mediante diseños de PE como sustituto parcial por volumen de agregado grueso en 10%, 20%, 30% y 40% con la finalidad de medir el desempeño de concretos ligeros, los resultados mostraron que a superior contenido de PE menor es la resistencia, tales como, la compresión deteriorándose en hasta un 73%, la tracción y módulo elástico a su vez en un 71% con una relación a/c de 0.5 y una adición de 40% de PE respecto a su diseño control, concluyendo que el PE ocasiona un deterioro significativo en las resistencias mecánicas.

[25] en su investigación titulada “Study on influence of natural aggregate maximum size on compressive strength of polystyrene aggregate concrete of structural grade”, se tuvo por objetivo analizar el desempeño mecánico del concreto con la utilización de perlas de PE como sustituto del agregado natural, los autores emplearon una metodología experimental en base a diseños de mezcla con PE en porcentajes de 25%, 35% y 45% por volumen, los resultados determinaron una reducción significativa de hasta un 19%, 27% y 35% de su densidad con un 25%, 35% y 45% de PR respectivamente, no obstante, fue crucial para en su resistencia a compresión estimando un 75% menor al concreto control con 45%PE con un tamaño máximo de agregado de 22mm, concluyendo que a mayor tamaño máximo del agregado menor será su resistencia deteriorándose significativamente respecto al diseño de control.

[26] en su investigación titulada “Influence of chemical polymer additive on the physical and mechanical properties of expanded polystyrene concrete”, se tuvo por objetivo evaluar el

desempeño físico y mecánico del concreto mediante adiciones de PE, para ello, aplicaron una metodología experimental en base a residuos de PE luego de recolectar y triturar perlas de PE, se empleó diseños porcentuales de PE del 0 al 100% como reemplazo del agregado grueso por volumen, los resultados obtenidos mostraron que la trabajabilidad se incrementa a mayor contenido de PE, asimismo, se obtuvo resultados positivos con dosificaciones de 37.5%PE y 50%PE en la densidad para producir concretos ligeros, las propiedades mecánicas alcanzaron resultados positivos con dosificaciones de 0% al 50%, se concluyó que el PE es de buen material para ser usado como un agregado liviano.

[27] en su investigación titulada "Influence of nanosilica on mechanical and durability properties of concrete", se tuvo por objetivo se analizó el desempeño mecánico del concreto que incorpora N como aditivo superplastificante, emplearon una metodología experimental mediante diseños de mezcla con dosificaciones 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de N por peso de cemento, los resultados determinaron una reducción del valor de asentamiento en un 10.5% y un 18% con dosificaciones de 1% y 2% de N, no obstante, mostraron un incremento máximo en la compresión de hasta un 45.8% con 3%N, un 31.3% con 2%N y un 17% con 1%N, sin embargo, para la tracción obtuvieron un aumento máximo del 22.22% con 3%N y un 10.25% con 2%N y 12.5% con 1%N, finalmente se concluyó como dosificación óptima del 3%N permitiendo incrementos significativos en las resistencias mecánicas.

[28] en su investigación titulada "Investigation of waste PE foams modified by heat treatment method as concrete aggregate", tiene por objetivo estudiar la productividad de un nuevo tipo de concreto ligero mediante el uso de PE, para ello, establecieron que el concreto ligero con agregados de PE presentan datos bajos de resistencia a compresión, empero con el tratamiento térmico la resistencia se ha convertido en una ventaja, para ello, se determinó con temperaturas de 75°C, 100°C y 125°C, de los cuales el autor obtuvo como resultado que durante 15 min se llega a 125°C, disminuyendo el volumen del concreto en 12 veces, el peso unitario aumentó 21 veces transformándose en un agregado ligero, asimismo, detalla que los concretos con PE pueden utilizarse en elementos de construcción ligero con valores de

resistencia de 12.66 a 15.83 Mpa, finalmente concluyen que los concretos con PE modificado pueden utilizarse tanto con fines aislantes como concretos ligeros semi portantes.

[29] en su investigación titulada “Concreto de alta resistencia, utilizando nanosílice y superplastificantes”, tiene como finalidad dar a determinar la variación de una mezcla diseñado con  $500 \text{ kg/cm}^2$  haciendo uso de NS y superplastificante como aditivo, para ello el autor realizó proporciones de 1% y 1.2% para la adición y superplastificante por separada, así mismo con las combinaciones de ambos productos utilizó dosificaciones del 0.6%, 0.8% y 1.2%, de los cuales obtuvo como efecto que el concreto patrón incrementó su resistencia, con la adición de N en 1% se obtuvo valores de  $826.51 \text{ kg/cm}^2$  equivalente a un 56.92% y al 1.5% resistencia de  $729.35 \text{ kg/cm}^2$ , por otro parte, con el superplastificante con 1% alcanzó un  $752.23 \text{ kg/cm}^2$  y al 1.5% un  $665.61 \text{ kg/cm}^2$ ; con la mezcla de ambos al 0.6% se logró un  $613.83 \text{ kg/cm}^2$ , al 0.8% de logró un  $666.84 \text{ kg/cm}^2$  y al 1.2% se alcanzó un  $799.55 \text{ kg/cm}^2$ , se concluyó que los diseños planteados con ambas adiciones son superiores al 10% al de resistencia a la compresión patrón de diseño  $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$ .

[30] en su investigación titulada “Influencia del concreto liviano en el desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de 10 pisos ubicada en Lima”, se tuvo como objetivo evaluar la incidencia o repercusión que tiene un concreto ligero en el análisis y diseño estructural de dos edificaciones de 10 pisos, teniendo en cuenta que una fue construida con un concreto tradicional y la otra estructura con un concreto ligero con incorporación de arcilla, en su estudio menciona que usó los criterios de la norma ACI 213R para realizar una comparación con la normatividad peruana (norma E030 y E060), los autores plantearon que para realizar el análisis de la estructura que no se utilizó con materiales con capacidad sismo resistente, decidieron utilizar la evaluación sísmica estructural como método, el cual se basa en analizar en el rango inelástico, de tal forma que, este permitió demostrar el comportamiento que presentan las estructuras después de superar su estado lineal, concluyeron que las estructuras con un concreto tradicional y ligero no cumplen con la finalidad de una evaluación por desempeño, sin embargo, la edificación con un concreto ligero cuenta con una mejor respuesta dinámica debido a su reducción del peso muerto en la edificación.

[31] en su investigación titulada “Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de PE como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú”, se tuvo por objeto dar un análisis detallado entre un concreto liviano y tradicional con la incorporación de PE haciendo uso de unidades de trabajo de albañilería de modo que permita estudiar el análisis y sus características específicas haciendo una comparación entre ambos concretos y definir cuál logra tener mejores comportamiento y propiedades físico-mecánicas que por ejemplo viene a ser el aislamiento térmico, acústico y el peso muerto, de tal forma que, en el concreto simple se obtuvo 177 kg/cm<sup>2</sup>, 195 kg/cm<sup>2</sup> y 223 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días respectivamente, asimismo, arrojaron resultados de 75 kg/cm<sup>2</sup>, 91 kg/cm<sup>2</sup> y 121 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto ligero, finalmente determinaron que existe una resistencia menor en un 52% respecto al concreto tradicional a diferencia del concreto liviano, concluyeron que la incorporación de perlitas de PS para un concreto liviano, permitió encontrar una variación estándar de 44dBA, siendo 5dBA diferente a un bloque de concreto simple de 39dBA, dando como resultado un concreto con mejores capacidades de aislamiento en las estructuras.

[15] en su de investigación “Influencia de la adición de nanosilice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa”, se tuvo por objeto estatuir la incidencia del N en el concreto, para ello, se consideró tres diferentes dosificaciones incorporando el aditivo N en 0.8%, 1.0% y 1.2% por peso de cemento, en el estudio se consideró para los concretos con aditivo un rango de asentamiento que va desde 6 a 9 pulgadas y de 1 a 2 pulgadas para concretos sin adición, finalmente se cercioró de la capacidad que tiene el N para disminuir el agua de diseño, con resultados de reducción de hasta un 24.23%, para resistencias de 420 kg/cm<sup>2</sup> con N de 1.2% del peso del cemento.

[32] en su investigación titulada “Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico”, cuyo tema de interés central es realizar un estudio práctico y experimental en el departamento de Lambayeque sobre el uso de fibras de polipropileno, para elaborar concretos livianos, para ello, se estableció agregar cantidades de 0, 200, 300 y hasta 400 gr/m<sup>3</sup> del material mencionado. El autor empleó

compuestos de las canteras más representantes de la región y tipo MS como cemento junto con diversos aditivos para su curado y aumentar la plasticidad de la mezcla, finalmente se concluyó que una cantidad de 400gr/m<sup>3</sup> de polipropileno en la mezcla reducirá enormemente la figuración llegando al 90%.

La presente investigación se justifica en lo tecnológico debido que últimamente se ha venido realizando diferentes investigaciones a fin de encontrar nuevos materiales que sirvan como componentes en el concreto, tecnologías que han ido mejorando los status en las infraestructuras. En tal sentido la presente investigación busca mostrar la importancia del desempeño de un concreto ligero incorporando N y polímeros reciclados, considerando que la incorporación de estos permite disminuir el peso específico en un 20% a 30 % aproximadamente.

Actualmente en el proceso de construcción de estructuras se buscan alternativas que demanden menos contaminación, por tal motivo esta investigación en temas ambientales se justifica porque permitirá el reciclaje y uso de Polímero reciclado como el Tecnopor, que no son aprovechados y que a su vez contribuyen a generar impactos ambientales negativos, con ello se busca producir un material de construcción con nuevas características, empleando menor cantidad de cemento y agregados, esto a fin de no generar daños en el medio ambiente; Socialmente esta investigación se justifica, puesto que el concreto es un compuesto importante en el desarrollo de infraestructuras como edificios, puentes, carreteras entre otros, por tanto, es de suma importancia realizar estudios a diferentes elementos que conformen un concreto ligero esto con la intención de mejorar el desempeño estructural de un concreto, Además incremento del reciclaje de polímeros para ser usados en diferentes infraestructuras incrementará las oportunidades de trabajo por la demanda que se tendría en la recolección; Económicamente esta investigación se justifica, debido a que al hacer uso de materiales como el Nanosilice como reemplazo parcial del peso del cemento y polímeros reciclados en reemplazo parcial por volumen del agregado grueso, conllevaría a una disminución en los costes por compra de agregados como piedra y cemento, Los costos para producir concreto ligero sería menor a los concretos convencionales, además al ser un

concreto estructural ligero sus componentes como el polímero reciclado(Tecnopor) permite una disminución en el peso específico en un 20% a 30 % aproximadamente, conllevando a una disminución en el peso y por ende en costo y tiempo de producción.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye en el desempeño del concreto estructural Ligero la incorporación de Nanosilice y polímeros reciclados?

## **1.3. Hipótesis**

Hi: Si incorporamos N y polímeros reciclados permitirá alcanzar un eficiente desempeño físico-mecánico del concreto estructural ligero.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el desempeño del concreto estructural ligero incorporando Nanosilice y Polímeros Reciclados

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar las propiedades físicas de los agregados pétreos y del polímero reciclado.
- b. Elaborar el diseño de mezcla patrón y con adiciones de polímero reciclado y Nanosilice para resistencias de  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .
- c. Determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto con adiciones de polímero reciclado de 30%,40%, 50% y 60% por volumen del agregado grueso para resistencias de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .
- d. Evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto con el óptimo contenido de polímero reciclado e incorporación de 0.6%,1.0%,1.4% y 1.8% de nanosilice por peso de cemento para resistencias de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. Concreto tradicional**

[33] afirma que el concreto es el componente más empleado en el sector constructivo a nivel mundial y se reconoce como uno de los mejores materiales del mercado, por otra parte, la estirpe de cantidades masivas de piedras para la producción de concreto conlleva a la destrucción de distintos entornos, consecuentemente su contaminación. Para ello, se busca materias primas alternativas para fabricar concreto, estas se pueden generar de diferentes subproductos industriales. Si bien es cierto, los materiales residuales generados mediante la construcción o derrumbe de edificios pueden ser reutilizados en la fabricación de nuevos modelos cementantes, y estos conforman una gran cantidad de flujo de desechos a nivel global.

Asimismo, de acuerdo a estudios realizados el concreto tradicional se define como un material viable para el campo de la ingeniería, dándose un uso para la producción de edificaciones. el concreto en estado de fragua se debe compactar de forma correcta con la intención de que tenga homogeneidad y sea denso a la vez [34].

### **1.5.2. Concreto estructural ligero**

El concreto ligero se fabrica mediante el uso de agregados ligeros sintéticos o incorporando aditivos que generen espacios de aire en el concreto endurecido, no obstante, en el pasado el concreto ligero para aplicaciones estructurales fue fabricado a base de los agregados naturales o artificiales [8].



**Fig. 1.** Fallo del concreto agregado ligero simple. [35]

*Nota.* Rotura de probetas cilíndricas.

[4] sostiene que el concreto estructural ligero a base de agregados ligeros naturales o industriales, estos son elegidos para su uso en estructuras donde se tiene la finalidad de generar un costo de construcción mucho menor a diferencia de la producción de concreto tradicional con peso normal. Si bien es cierto, estos agregados superan con muchas ventajas a los de uso común en la construcción, esto debido a que permiten altas resistencias en base a su densidad, durabilidad, resistencia al fuego y alta capacidad térmica.

### **1.5.3. Propiedades del concreto estructural ligero**

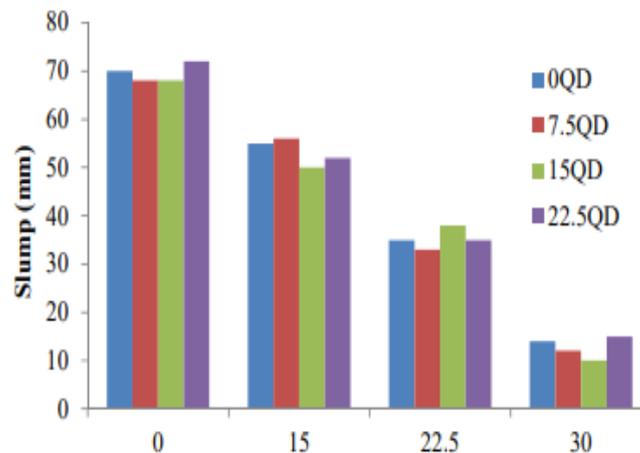
Su utilización tiene una alta preferencia en la industria constructiva debido a su variedad de propiedades en las estructuras, entre ellas tenemos la reducción de la carga muerta en la estructura gracias a la reducción del espesor de los elementos estructurales, conllevando a una disminución en de la cantidad de cemento y acero de refuerzo, de igual manera esto genera una disminución en los gastos de transporte y maquinaria de elevación, asimismo el concreto ligero estructural cuenta con excelentes prestaciones de aislamiento térmico y acústico, es por ello que, con la agregación de agregados ligeros se ven comprometidas sus propiedades mecánicas. El concreto estructural ligero se debe diseñar no sólo con intenciones de un alto rendimiento mecánico, sino también con la intención de asegurar la durabilidad de las estructuras a muchos años de vida con la intención que sea funcional al momento de exponerse a fuertes condiciones ambientales [8].

### 1.5.3.1. **Propiedades físicas del concreto estructural ligero**

[10] señalan que el concreto estructural ligero tiene una gran demanda en la actualidad, esto se debe a los materiales empleados, su forma y a bifurcación del tamaño de sus partículas de estos agregados conllevan a alcanzar densidades bajas.

#### **Trabajabilidad**

[36] menciona que la trabajabilidad de los concretos aumenta al incorporar mayor porcentaje de PE, a causa de su relación A/C baja y falta de un aditivo superplastificante como detalla la Figura 2, por otra parte, se define que los concretos debe ser la mínima permitida, para ello, la suma de agua necesaria se verá influenciada en las características de los áridos más no del cemento, asimismo, es importante mencionar que el volumen excesivo de agua genera la segregación durante el proceso de colada, lo cual consecuentemente afecta el rendimiento de esta propiedad.



**Fig. 2.** Efecto del reemplazo del PE. [37]

*Nota.* Análisis de la trabajabilidad utilizando PE.

#### **Densidad**

Se establece como propiedad que en estado seco permite controlar las capacidades físico-mecánicas de un concreto estructural, además, se establece que es un parámetro que relaciona a la masa y el volumen [38], asimismo, [39] mencionan que el PE con mayor densidad tiende a tener resistencias mayores a compresión, pero menor capacidad de absorción que el concreto tradicional.

**Tabla I**  
**Densidad de PC y LWPC.**

<b>Resina epoxi de peso (%)</b>	<b>Densidad (kg/m)</b>	<b>Ordenador personal</b>	<b>Decremento relación de densidad (%)</b>
10	1735	2135	18.7
12	1756	2184	19.6
14	1780	2211	19.5
dieciséis	1815	-	-

*Nota.* Resultados de densidad en muestras de concreto liviano. [38].

### **Absorción**

[40] señala que la absorción es una propiedad física que se encuentra en base a la capilaridad y se conceptualiza como la acción del agua en estado dinámico en la porosidad del concreto, además, que influye en la duración de concreto, ya que muchas veces se encuentra expuesta a agentes agresivos, el concreto con capacidad de absorción se encuentra vulnerable al ataque de estos agentes al momento de trasladar los poros a través de agua.

La absorción de agua de los áridos actúa asimilando diferentes parámetros, tales como son el espesor del recubrimiento, la porosidad en un aspecto macro, todo ello logrará influir en el comportamiento y rendimiento del concreto en su última etapa, asimismo estudios reafirman que los agregados ligeros brindan un valor de absorción menor en comparación de los agregados tradicionales.

**Tabla II**  
**Porcentaje de volumen de absorción de agua.**

<b>Densidad PE (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Después de 7 días (%)</b>	<b>Después de 1 año (%)</b>
15	3.0	5.0
20	2.3	4.0
25	2.2	3.8

30	2.0	3.5
35	1.9	3.3

*Nota.* Análisis de la absorción de agua en muestras de PE. [41]

### **Durabilidad**

Es una propiedad que se basa en capacidad del concreto para poder resistir diferentes efectos externos los cuales pueden ocasionar un deterioro, consecuentemente disminuir la capacidad de servicio respecto al periodo de vida [42].

#### **1.5.3.2. Propiedades mecánicas del concreto estructural ligero**

[7] menciona que las características mecánicas del concreto con componentes ligeros se encuentran en base al rendimiento e igual manera al tamaño de los agregados, donde la distribución de tamaño de los componentes pueden ser manipulados tamizando las partículas, por ejemplo si se pone en uso el limo de reservorio como un agregado ligero, podríamos dragar de un reservorio, de tal forma poder recuperar la capacidad de almacenamiento de fluido, y para ello los recursos se pueden reciclar y darle una utilización sostenible.

### **Resistencia a la compresión**

[1] señala que todo conglomerado de mezcla sea nuevo e innovador de, este necesitará cumplir con los parámetros importantes de la fuerza mínima que se requiere para su aplicación estructural.



**Fig. 3.** Ensayo de la muestra bajo compresión. [43]

*Nota.* Evaluación de muestras de concreto bajo cargas.

[8] señala que dicha resistencia es alta sin la incorporación de áridos ligeros como el PE. Por otro lado, también es importante resaltar que el aumento de sílice en las partículas de PE influencia a una mejora, considerando que la sílice tiene muchas ventajas, como por ejemplo hidrofobicidad, además, no es inflamable y cuenta con excelente compatibilidad con el mismo [44].

**Tabla III**  
**Propiedades mecánicas por PE tipo 92 (adaptado de la ref. 92)**

<b>Resistencia mecánica (kPa)</b>	<b>PE 70</b>	<b>PE 100</b>	<b>PE 150</b>	<b>PE 200</b>
Resistencia a compresión al 10% de compresión	70	100	150	200
Resistencia a compresión al 10% de deformación nominal	20	45	70	90
Resistencia a la flexión	115	150	200	250

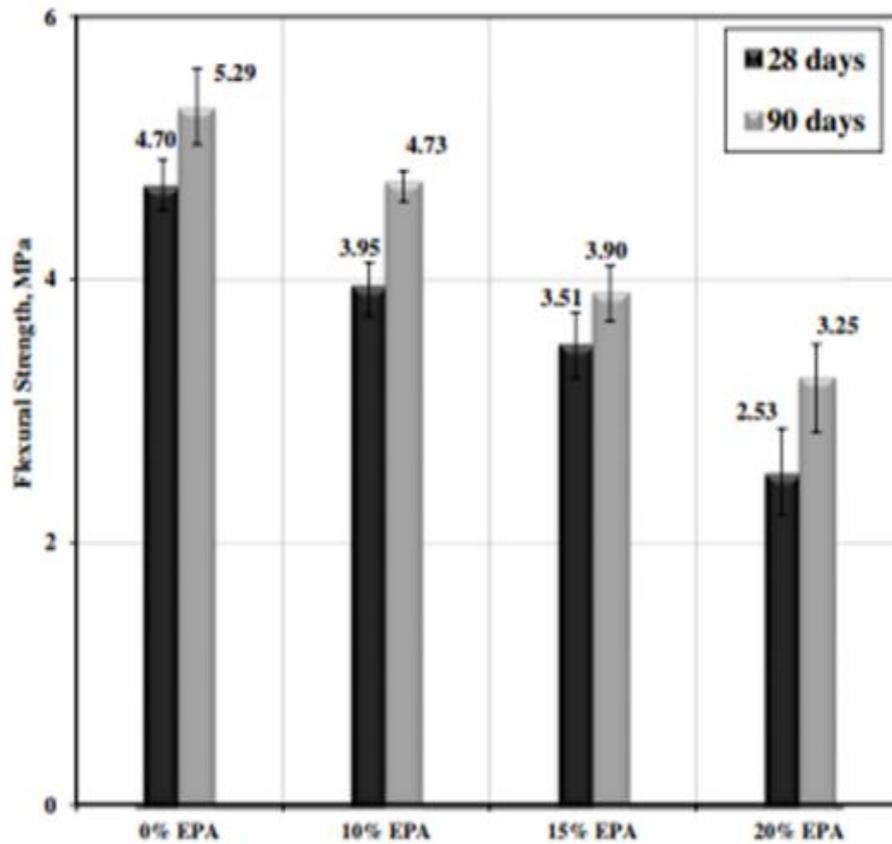
*Nota.* Resultados de compresión en muestras de concreto con PE. [41]

### **Resistencia a la tracción**

La tracción es la fuerza aplicada en sentido opuesto con el fin de alongar o alargar la muestra. La tracción está relacionado al agrietamiento del concreto, debido a la reducción impulsada por cambios de temperatura o por fraguado, debido a que dichos agentes provocan un conjunto de fuerzas de tracción [24].

### **Resistencia a la flexión**

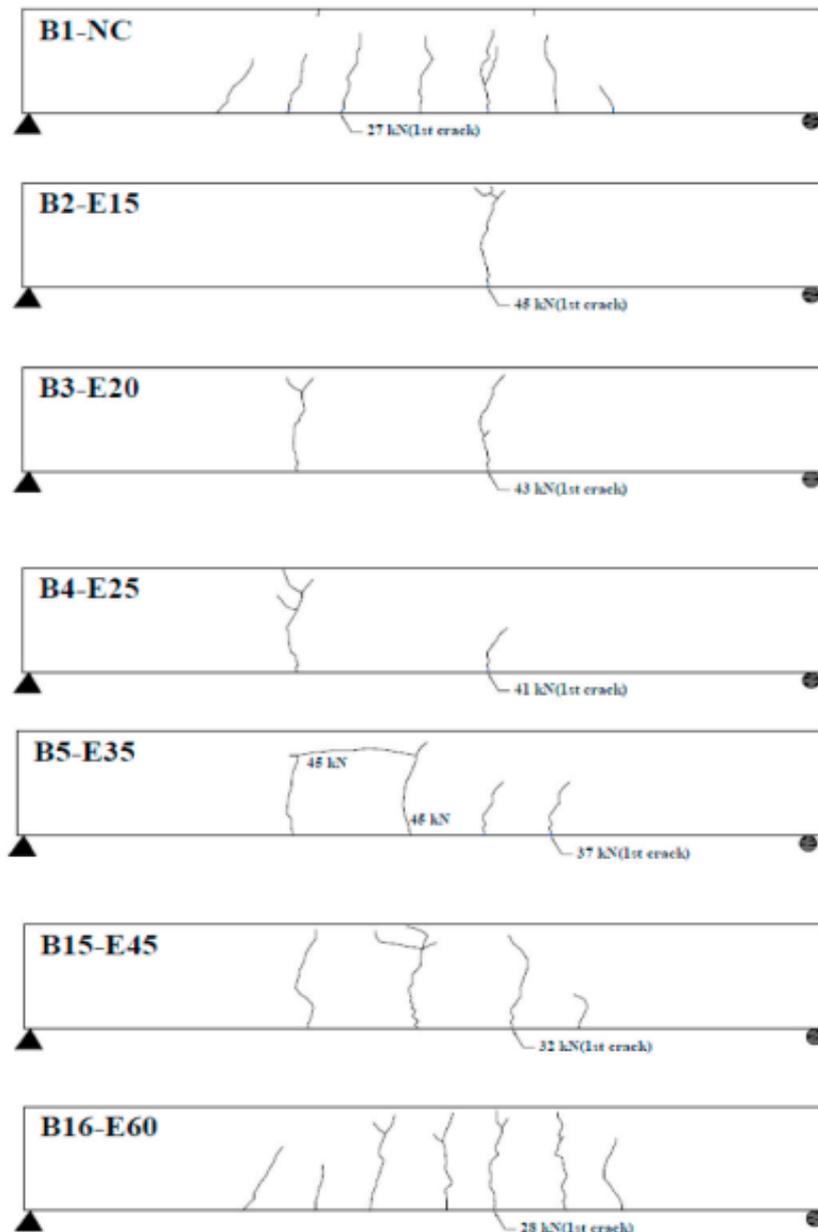
Establece que la propiedad y característica respecto a las estructuras de concreto simple es importante, puesto que, en las edificaciones los elementos estructurales curvos tienen un área comprimida; el esfuerzo máximo de flexión en viga de concreto [21].



**Fig. 4.** Resistencia a la flexión del hormigón preparado con diferentes PE contenido. [8]

*Nota.* Muestras de concreto con PE para evaluar resistencia de flexión.

[19] señalan que los aumentos del reemplazo de las porciones de PE reciclado inciden en la resistencia a la flexión ocasionando aumento de las grietas (ver fig. 5) lo mismo sucede con el ancho y profundidad de las grietas, éstas aumentan en correlación con el tamaño de las partículas.



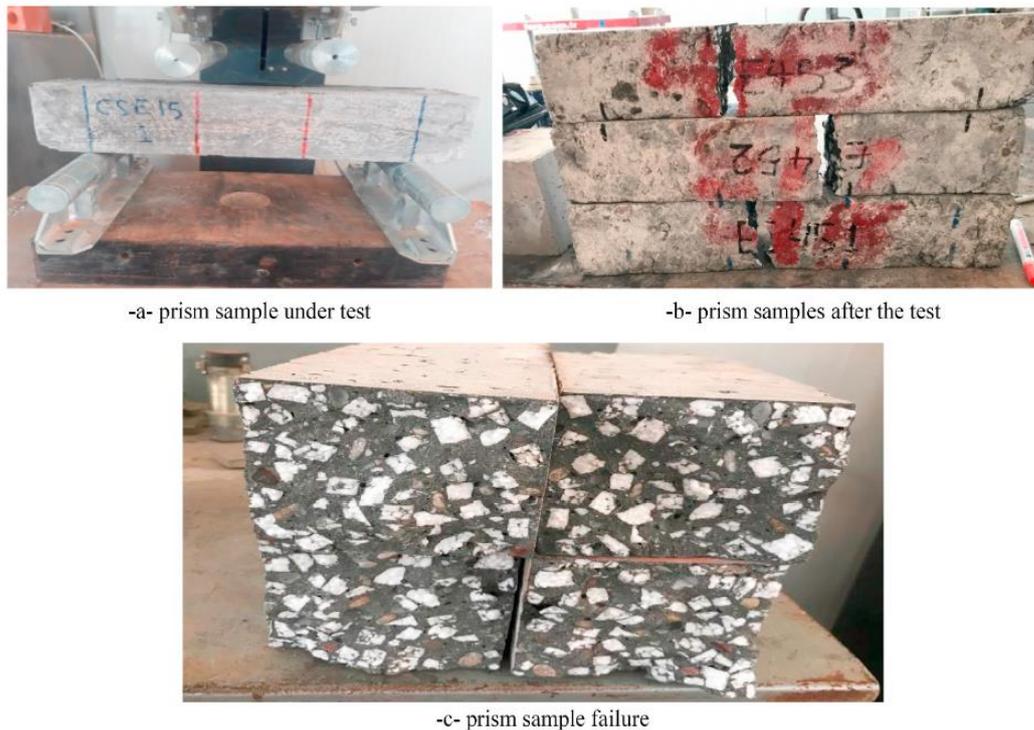
**Fig. 5.** Fallas y grietas de vigas RC con diferentes ratios de PE reciclado. [19]

*Nota.* Diferencia de grietas en vigas de concreto con PE.

Para la resistencia de un concreto estructural ligero con la incorporación de PE reciclado de distintos tamaños y formas, se debe tener en cuenta que influyen diversos aspectos, entre ellos tenemos la longitud de refuerzo, el tamaño de las partículas del polímero y la relación entre la luz de corte [19].

## Módulo de elasticidad

Se define como una medida fundamental de la rigidez de un material, es un factor clave para estimar la deformación de los edificios, este es utilizado para dimensionar elementos estructurales, además de establecer la cantidad de refuerzo, sin dejar de lado que es un valor relevante que refleja la capacidad del concreto para deformarse como se muestra en la Figura 6 [35].



**Fig. 6.** Ensayo de módulo de rotura para probetas de hormigón de PE reciclado. [35]

*Nota.* Especímenes de concreto luego de su rotura.

### 1.5.4. Agregados ligeros

#### 1.5.4.1. Corcho virgen

Agregado natural y reutilizable, que se produce en diferentes variedades, entre ellas, corcho virgen de la primera capa y el corcho de reproducción de la segunda. Cuenta con características beneficiosas en uso como alta ligereza, buena elasticidad, impermeabilidad a fluidos y se establece como un excelente aislante térmico. Por ello, [45] afirma que es funcional la incorporación de granulado de corcho natural y expandido en mezclas

cementosas, es por ello que las características reológicas, mecánicas y térmicas de concretos de corcho industrial se utilizan para reparar problemas térmicos en puentes, asimismo, su aplicación genera una reducción en la trabajabilidad y viscosidad plástica del concreto y prestaciones mecánicas, sin embargo, su uso no es de carácter estructural.

**Tabla IV**  
**Propiedades del corcho virgen y reproducción**

<b>Propiedades del corcho virgen y reproducción</b>			
<b>Tipo de corcho</b>	<b>Naturaleza de la superficie</b>	<b>Densidad (Kg/m3)</b>	<b>Microestructura</b>
Corcho virgen	Áspero	160 - 240	Estructura irregular - Distorsión en el radio
Corcho de reproducción	Lisa y sin manchas	120-180	Estructura más regular que el corcho virgen - Mejora de la ondulación celular

*Nota.* Características del corcho. [45]

#### **1.5.4.2. Agregados artificiales**

[34] menciona que en la producción de un concreto ligero autocompactante el uso de los agregados ligeros cuenta con la misma capacidad y no generan contaminación a diferencia de los agregados tradicionales, asimismo, sostiene que los componentes artificiales se dividen en categorías como los materiales industriales y aquellos naturales pero modificados.

#### ***La perlita expandida***

Se considera que la capacidad térmica del concreto aumenta con la aplicación y sustitución de los agregados convencionales por el contenido óptimo de áridos artificiales como la perlita expandida, cabe mencionar que produce una baja densidad en la estructura y una capacidad flexible en su comportamiento, lo cual en estado endurecido del concreto nos permitirá un mejor rendimiento ante cargas sísmicas a diferencia del concreto convencional.

**Tabla V**  
**Propiedades físicas de varios agregados**

<b>Propiedades físicas de varios agregados</b>		
<b>Tipo de agregado</b>	<b>Gravedad específica gr/cc</b>	<b>Absorción %</b>
Perlita expandida	0.356	71
Piedra de cal	2.6	1.1
Arena de dunas	2.55	0.58

*Nota. Características físicas de materiales alternativos. [8]*

### **1.5.4.3. Agregados reciclados**

Los componentes provenientes de desechos como son los polímeros, son reciclables y a la vez una alternativa eficiente para elaborar nuevas tecnologías en la producción de concretos con diseños de mezcla armoniosos con el medio ambiente, siempre revisando y haciendo un estudio de su potencial de aplicación referente a las construcciones y su seguridad. Las características físicas como la resistencia al fuego en las edificaciones, son producidas con concreto estructural ligero a base de residuos reciclados y en la actualidad han mejorado significativamente [7].

#### ***Poliestireno expandido***

El PE se conceptualiza como un elemento plástico y a la vez espumado, tal y como se observa en la Figura 7, que se utiliza generalmente para embalajes, ya que cuenta con una densidad reducida y propiedades hidrofóbicas, con alto aislamiento térmico, menor absorción y es un material rentable [46].

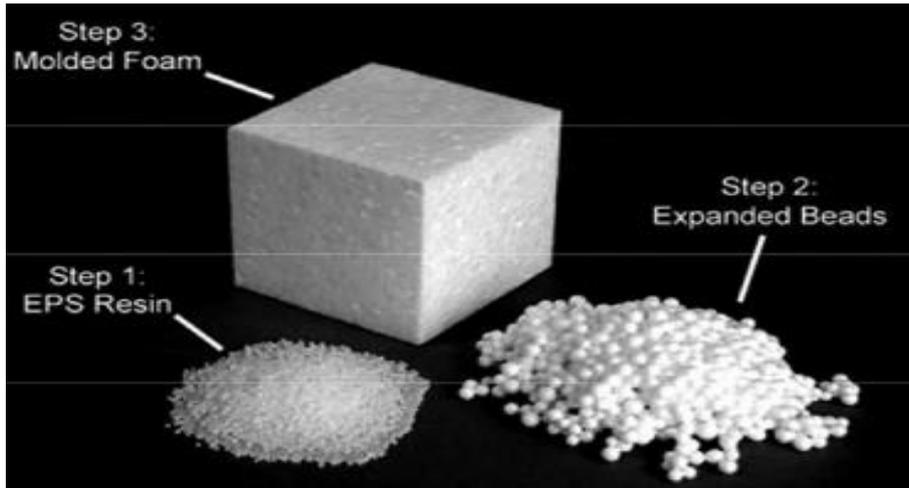
Estudios realizados demuestran que las densidades de un concreto con PE influyen notablemente en la compresión. Además, las perlas de PE se aplican en el concreto en reemplazo de los agregados convencionales junto con diferentes componentes y aditivos, los cuales brindan al diseño una unión correcta, mayor fluidez y alta estabilidad según lo afirma [9].



**Fig. 7.** Poliestireno reciclado. [19]

*Nota.* En la figura del lado izquierdo se denota el Tecnopor antes de cortar y en la figura de la margen derecha Tecnopor residual cortado.

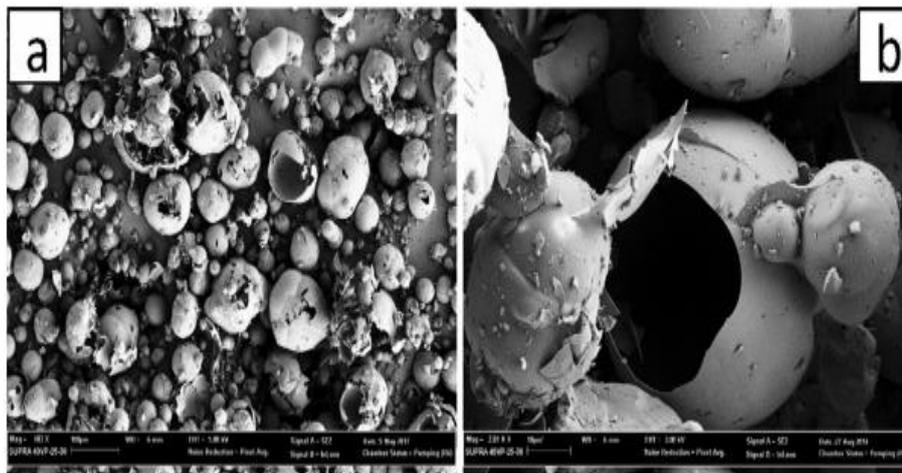
[47] señalan que el PE está compuesto por 96% a un 98% simplemente de aire y el restante lo ocupa el PS, concluyendo que dicho material no pierde sus principales prestaciones a lo largo del tiempo, haciéndolo reutilizable en su totalidad, por otro lado, [48] menciona que este agregado espumoso, como se detalla en la Figura 8, llega a padecer segregación en la etapa de mezcla, para ello se realizan estudios con la finalidad de disminuir patologías de segregación incorporando aditivos, usando humo de sílice y superplastificante para obtener mejor adherencia del PE en la mezcla (ver fig. 8).



**Fig. 8.** Tres formas importantes de PE. Perlas formadas a través de la expansión de la resina se moldea en la forma deseable. [41]

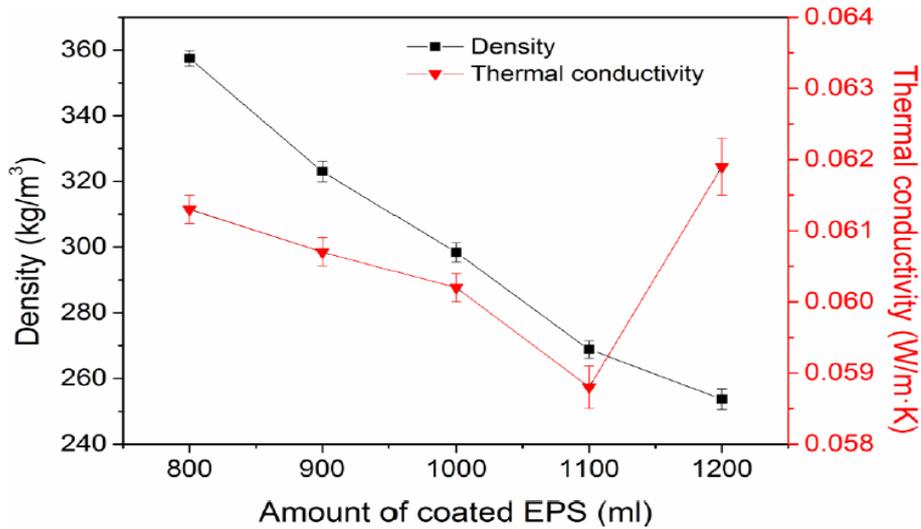
*Nota.* formas diferentes del Tecnopor.

[49] determinó que la morfología de las partículas de PE (ver fig. 9), donde se observa que las partículas de PE tienen frústulas individuales, son esféricas y porosas de forma irregular, además muestra que las partículas de PE están parcialmente rotas y esto posiblemente podría ocurrir durante el tratamiento a alta temperatura de los gránulos de perlita.



**Fig. 9.** Morfología de EP - (a) Gránulos de EP (b) Frústula esférica simple. [49]

*Nota.* Análisis morfológico del PE.



**Fig. 10.** Efecto de la cantidad de partículas de PE recubiertas sobre la densidad y la temperatura. Conductividad de los compuestos de cemento. [44]

*Nota.* Características térmicas del PE.

### **Residuos de plástico**

El plástico es un material abundante en la sociedad y a la vez indispensable, si bien es cierto los residuos plásticos pueden ser procesados mediante diferentes métodos, entre los cuales podemos mencionar, el reciclaje, la incineración y depósitos de vertederos.

[50] sostiene que los plásticos se definen como materiales no biodegradables, por otro lado, cuenta con químicos no reactivos para el medio ambiente, es por ello que los desechos plásticos pueden durar durante décadas o incluso siglos, siendo a la vez un material tóxico que genera un impacto ambiental negativo, asimismo, el uso de este material reciclado en el sector construcción se ha considerado como buena alternativa, para su aplicación en mezclas cementosas es recomendable ser limpiado y luego triturarse en diferentes tamaños y formas, su adición en mezclas da como resultado bajas densidades y reducción en su resistencia mecánica así como en la trabajabilidad.

## **1.5.5. Aditivos y adiciones**

### **1.5.5.1. Nanosilice**

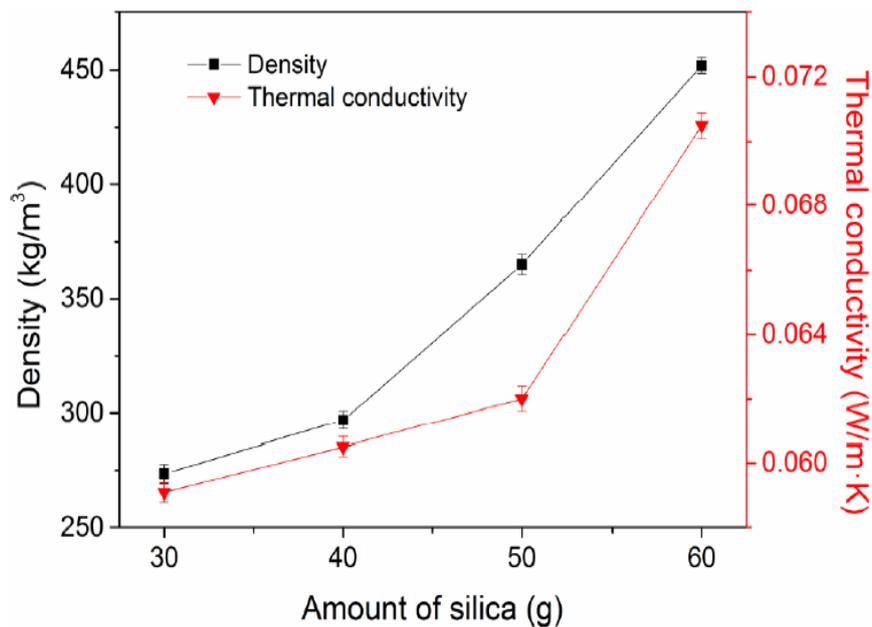
La N es un aditivo superplastificante utilizado en gran medida el rubro de la construcción, debido a su reducido tamaño en partículas, como se muestra en la Figura 11, y su gran reactividad química, ocasiona que su capacidad sea mucho mejor ya que se requiere una cantidad de aditivo reducida a la normal, donde se resalta la mejora de la hidratación del cemento y una alta reacción puzolánica [26].

[5] estima que el N cuenta con mayor reactividad a diferencia del uso de humo de sílice, para ello el conocimiento de la adición de nano partículas es muy amplia, no obstante, se ha comprado que la N es un material muy útil en la fabricación de concreto estructural ligero con características mecánicas avanzadas y en relación con la durabilidad.



**Fig. 11.** Nanosilice (líquido blanco) y Microsilice (polvo gris/acero), pesadas antes del mezclado del concreto. [14]

*Nota.* Muestras de nanosilice y microsilice.



**Fig. 12.** Efecto de la cantidad de Sílice sobre la densidad y conductividad térmica de los compuestos de cemento. [44]

*Nota.* Conductividad térmica del cemento respecto al sílice.

### 1.5.5.2. *Superplastificante*

[43] sostiene que el superplastificante es de tipo orgánico-mineral se utiliza como un aditivo plastificante reductor, para un concreto ligero espumado, el empleo del aditivo ocasiona que incremente la resistencia a la compresión en más del 80 % y a la flexión en un 50 % del concreto liviano después de 28 días, de tal forma que, la adecuada adición del aditivo en la mezcla cementante de agregados con diferentes tamaños superplastificante influyen significativamente en el comportamiento y rendimiento estructural del concreto.

Por otra parte, [41] señala que su adición logra compensar reducción de la resistencia al cortante, de igual manera a la resistencia de compresión con la aplicación de agregados reciclados, no obstante, la aplicación del mencionado aditivo con mejor rendimiento será más eficiente respecto al tiempo para obtener una trabajabilidad adecuada, por consiguiente, esto producirá que varíe la tasa de incorporación de agregados reciclados.

### 1.5.6. Cemento

[5] señalan que el cemento cuenta con una hidratación lenta y pausada, empleada en diseños de mezclas para disminuir las micro fisuras térmicas a consecuencia del incremento del calor de hidratación del conglomerado. Además, los diferentes compuestos de uso para la hidratación del cemento que son más susceptibles a los ataques de sulfatos vienen a ser aquellos que se componen de alúmina e hidróxido de calcio, esto debido a que ambos son productos que generalmente el sulfoaluminato de calcio y yeso cuando se encuentran en contacto con los sulfatos según afirma [18].

Cabe resaltar la gran cantidad de cemento que se emplea para elaborar concretos ligeros influyen en la trabajabilidad y su resistencia, que por consiguiente ocasiona que incrementa la contracción de este. Además, el concreto que se elabora con cemento contará con una absorción y una tasa de soporte menor a diferencia del cemento con cenizas volantes e igual manera los que tienen componentes geo polímeros.

**Tabla VI**  
**Propiedades químicas y físicas del cemento portland tipo I**

<b>Propiedades químicas del cemento (Tipo I)</b>		
<b>Composición de óxidos</b>	<b>Contenido (%)</b>	<b>ASTM C150</b>
CaO	57.65	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.4	8% máximo
SiO <sub>2</sub>	18.05	21 % máximo
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	5% máximo
MgO	3.8	5% máximo
SO <sub>3</sub>	2.1	2.5% máximo
Pérdida por ignición (LO. I)	1.28	4% máximo
Material insoluble	0.89	1.5% máximo
Factor de saturación de cal (LS. F)	0.91	(0.66-1.02)
C <sub>2</sub> S	8.28	—
C <sub>2</sub> S	4.2	< 5%
C <sub>3</sub> A	11.16	—
C <sub>4</sub> AF	75.4	—

*Nota. Características fundamentales del cemento. [19]*

## **1.5.7. Aplicaciones del poliestireno expandido**

### **1.5.7.1. Paneles de aislamiento**

[41] señala que los paneles de aislamiento estructural se empezaron a desarrollar hace poco más de 75 años, estos son considerados como elementos estructurales, tales como son techos, paredes y pisos, en su estudio estima que este tipo de elementos tienen un procedimiento industrial.

### **1.5.7.2. Moldaduras decorativas**

[41] en su investigación respecto a las Moldaduras decorativas menciona que su principal función es generar una mayor estética a la edificación como se observa en la Figura 13, con la finalidad de ocultar las áreas libres entre superficies o transiciones que necesiten ser tapadas.



**Fig. 13.** Paneles de pared de PE dispuestos de forma escalonada. [41]

*Nota. Tecnopor utilizado como paneles en edificaciones.*

### 1.5.7.3. Puentes, carreteras y rellenos

[41] señala que la ejecución de un terraplén con el uso de material de relleno pesado ocasiona diversas patologías, tales como fallas en los cojinetes y a su vez inestabilidad de la pendiente, de acuerdo a lo mencionado se afirma que el uso del PE como relleno permite una reducción en el peso del terraplén, asimismo, este agregado ligero se utiliza como material de relleno para los topes de puentes como se muestra en la Figura 14, y ensanchamiento de carreteras, además el PE reduce fuerzas laterales en la parte posterior de un puente.



**Fig. 14.** PE como estribo de puente en la construcción del puente Grimsvyegen, Noruega. [41]

*Nota.* Tecnopor utilizado en la construcción de puentes.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación

Este estudio se caracteriza por ser de tipo aplicada bajo un enfoque de cuantitativo, así mismo será aplicada bajo un nivel descriptivo, [51] menciona que se considera aplicada cuando las investigaciones se basan en determinadas características donde se usan conocimiento y se dan soluciones para posteriormente ser aplicadas.

#### 2.1.2. Diseño de investigación

Se tendrá un diseño del tipo Experimental, mediante un nivel cuasiexperimental propuesto para la presente exploración, en síntesis, en esta se realizará la aplicación de laboratorio para realizar ensayos a los testigos de concreto y determinar los resultados de las propiedades de un concreto estructural ligero incorporando N y polímeros reciclados.

$$X \rightarrow Y$$

$$Gp \text{ ----> } Px \text{ ----> } Ox$$

$$Gp_1 \text{ ----> } Px_1 \text{ ----> } Ox_1$$

$$Gp_2 \text{ ----> } Px_2 \text{ ----> } Ox_2$$

$$Gp_3 \text{ ----> } Px_3 \text{ ----> } Ox_3$$

$$Gp_4 \text{ ----> } Px_4 \text{ ----> } Ox_4$$

$$Gp_5 \text{ ----> } Px_5 \text{ ----> } Ox_5$$

$$Gp_6 \text{ ----> } Px_6 \text{ ----> } Ox_6$$

$$Gp_7 \text{ ----> } Px_7 \text{ ----> } Ox_7$$

$$Gp_8 \text{ ----> } Px_8 \text{ ----> } Ox_8$$

Donde:

$Gp_{1-8}$ : Grupo de pruebas.

$Px$ : Muestra patrón.

$Px_1$ : Prueba experimental, 30% de polímeros reciclados.

P<sub>x2</sub>: Prueba experimental, 40% de polímeros reciclados.

P<sub>x3</sub>: Prueba experimental, 50% de polímeros reciclados.

P<sub>x4</sub>: Prueba experimental, 60% de polímeros reciclados.

P<sub>x5</sub>: Prueba experimental, 0.6% de N y 50% de polímero reciclados.

P<sub>x6</sub>: Prueba experimental, 1.0% de N y 50% de polímero reciclados.

P<sub>x7</sub>: Prueba experimental, 1.4% de N y 50% de polímero reciclados.

P<sub>x</sub>: Prueba experimental, 1.8% de N y 50% de polímero reciclados.

O<sub>x1-8</sub>: Observación de resultados adición de N y polímeros reciclados.

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **2.2.1. Variable Independiente (VI)**

La variable es utilización de polímero reciclado y nanosílice en el concreto estructural ligero.

### **2.2.2. Variable Dependiente (VD)**

La variable es desempeño físico y mecánico del concreto estructural ligero.

### 2.2.3. Operacionalización de variables

**Tabla VII**  
**Operacionalización de variables independiente**

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE: Utilización de Polímero reciclado y Nanosílice.	Se estima que el reciclaje de polímeros como el polímero es una de las deseables opciones para la obtención de concretos ligeros, dando una reutilización de estos en la gran industria de la construcción en edificaciones [3]. Por otra parte, la adición de un aditivo nanosílice puede influir en el material cementante de tres maneras: el efecto de nucleación que acelera en gran medida la hidratación del cemento; su efecto de relleno, fortaleciendo la microestructura del material y su actividad puzolánica [11].	La utilización de polímero reciclado y nanosílice se mide a través de diferentes porcentajes de adición.	Dosificación Polímeros reciclados.	30%	Observación, análisis de documentos, guías de observación, formatos y ensayos en el laboratorio.	kg	Numérica	De razón
				40%				
				50%				
				60%				
			Dosificación Nanosílice.	0.6%				
				1.0%				
				1.4%				
				1.8%				
			Diseño de mezcla de concreto patrón y con sustituciones de Polímeros reciclados y Nanosílice.	Nanosílice	Observación, análisis de documentos, guías de observación, formatos y ensayos en el laboratorio.	kg	De razón	
				Polímero reciclado				
				Agregado grueso				
				Agregado fino				
				Contenido de agua				
				Contenido de cemento				

Nota. Operacionalización de la variable independiente de estudio.

**Tabla VIII**  
**Operacionalización de variable dependiente**

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Desempeño físico y mecánico del concreto estructural ligero</b>	Las características mecánicas del concreto con componentes ligeros se encuentran en base al rendimiento e igual manera al tamaño de los agregados [7].	El desempeño del polímero reciclado y nanosílice se mide a través de la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural ligero.	Propiedades físicas de los agregados.	Granulometría	Observación, análisis de documentos, guías de observación, formatos y ensayos en el laboratorio.	gr	Numérica	De razón
				Peso Unitario suelto y compactado		kg/m3		
				Peso Específico		gr/cm2		
				Contenido de Humedad		%		
				Absorción		%		
				Materiales más finos que pasan por la malla N° 200		%		
				Abrasión en la máquina de los ángeles		%		
			Propiedades físicas del concreto en estado fresco.	Asentamiento	Observación, análisis de documentos, guías de observación, formatos y ensayos en el laboratorio.	pulg.		De razón
				Temperatura		°C		
				Peso unitario		kg/m3		
				Contenido de aire		%		
			Propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido.	Resistencia a la compresión	Observación, análisis de documentos, guías de observación, formatos y ensayos en el laboratorio.	kg/cm2		
				Resistencia a la tracción		kg/cm2		
				Resistencia a la flexión		kg/cm2		
				Módulo de elasticidad		kg/cm2		

Nota. Operacionalización de la variable dependiente de estudio

### **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

*Población de estudio*, Probetas y vigas de concreto, elaboradas con la sustitución parcial de nanosilice (N) y polímero reciclado (PR).

*Muestra*, la muestra total es de 648 especímenes sustituyendo parcialmente el contenido de agregado grueso por PR y el contenido de cemento por N.

*Muestreo*, se hará la elaboración de probetas cilíndricas de (15 cm x 30 cm) y prismáticas de forma rectangular (15cm x 15cm x 53cm) para dos diseños  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ .

*Criterios de selección*, es la utilización de N y PR en mezclas de concreto, éstas serán analizadas a partir de la elaboración de un concreto patrón (CP) y cuatro adiciones con diferente porcentaje de 30%, 40%, 50% y 60% de PR y combinaciones del óptimo contenido de PR con 0.6%, 1.0%, 1.4% y 1.8% de NS. Las probetas serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días de elaboración

En las siguientes Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14 se exponen las sumas de probetas para distintos ensayos.

**Tabla IX**  
**Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas de CP para  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$**

Forma de probeta	N° de días de curado en agua	Ensayos a realizar	Sin adición	Sub total de muestra	Total
			CP		
Cilíndrica	7	Resistencia a la compresión axial	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
Cilíndrica	7	Resistencia a la tracción	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
Prismática	7	Resistencia a la flexión	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
Cilíndrica	7	Módulo de elasticidad	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR</b>					<b>36</b>

*Nota.* Probetas para ensayos de CP - propiedades mecánicas.

**Tabla X**  
**Cuantía de probetas cilíndricas y prismáticas con PR para  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .**

Forma de probeta	N° de días de curado en agua	Ensayos a realizar	Adición de polímero reciclado				Sub total de muestra	Total
			30PR	40PR	50PR	60PR		
Cilíndrica	7	Resistencia a la compresión axial	3	3	3	3	12	<b>36</b>
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Resistencia a la tracción	3	3	3	3	12	<b>36</b>
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Prismática	7	Resistencia a la flexión	3	3	3	3	12	<b>36</b>
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Módulo de elasticidad	3	3	3	3	12	<b>36</b>
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR</b>							<b>144</b>	

*Nota.* Probetas para ensayos con diferentes porcentajes de PR - propiedades mecánicas.

**Tabla XI**  
**Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas con el óptimo contenido de PR y N para  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .**

Forma de probeta	N° de días de curado en agua	Ensayos a realizar	Adición de polímero reciclado y nanosilice				Sub total de muestra	Total
			0.6N+50PR	1.0N+50PR	1.4N+50PR	1.8N+50PR		
Cilíndrica	7	Resistencia a la compresión axial	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Resistencia a la tracción	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Prismática	7	Resistencia a la flexión	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Módulo de elasticidad	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR</b>							<b>144</b>	

*Nota.* Probetas para ensayos con el óptimo PR y adiciones de N - propiedades mecánicas.

**Tabla XII**  
**Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas de CP para  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Forma de probeta	N° de días de curado en agua	Ensayos a realizar	Sin Adición	Sub total de muestra	Total
			CP		
Cilíndrica	7	Resistencia a la compresión axial	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
Cilíndrica	7	Resistencia a la tracción	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
Prismática	7	Resistencia a la flexión	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
Cilíndrica	7	Módulo de elasticidad	3	3	9
	14		3	3	
	28		3	3	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR</b>					<b>36</b>

*Nota.* Probetas para ensayos de CP - propiedades mecánicas.

**Tabla XIII**  
**Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas con PR para  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Forma de probeta	N° de días de curado en agua	Ensayos a realizar	Adición de polímero reciclado				Sub total de muestra	Total
			30PR	40PR	50PR	60PR		
Cilíndrica	7	Resistencia a la compresión axial	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Resistencia a la tracción	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Prismática	7	Resistencia a la flexión	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Módulo de elasticidad	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR</b>							<b>144</b>	

*Nota.* Probetas para ensayos con diferentes porcentajes de PR - propiedades mecánicas.

**Tabla XIV**  
**Cantidad de probetas cilíndricas y prismáticas con el óptimo contenido de PR y N para  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Forma de probeta	N° de días de curado en agua	Ensayos a realizar	Adición de polímero reciclado y nanosilice				Sub total de muestra	Total
			0.6N+50PR	1.0N+50PR	1.4N+50PR	1.8N+50PR		
Cilíndrica	7	Resistencia a la compresión axial	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Resistencia a la tracción	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Prismática	7	Resistencia a la flexión	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
Cilíndrica	7	Módulo de elasticidad	3	3	3	3	12	36
	14		3	3	3	3	12	
	28		3	3	3	3	12	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ELABORAR</b>							<b>144</b>	

*Nota.* Probetas para ensayos con el óptimo PR y adiciones de N - propiedades mecánicas.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

A fin de desarrollar este estudio se utilizó técnicas e instrumentos, donde se realizó la recolección de datos de forma directa mediante la observación, verificando el proceso para obtener datos con N y PR en diferentes porcentajes, además, mediante el análisis de documentos, se recolectó información en base a criterios de diferentes fuentes como artículos de relevancia científica, tesis de pregrado y post grado, por otra parte, con la finalidad de desarrollar este estudio se utilizó instrumentos como hojas Excel o formatos que sirvieron como guías, por otro lado, se hizo uso de documentos y fuentes fidedignas que conlleven a un buen desarrollo.

Por otra parte, la validez y confiabilidad fueron puntos muy importantes y éticos, esto se realizó a través del juicio de expertos, tales como, Ingenieros civiles colegiados con más de 5 años de experiencia en la línea de investigación, los mismos que validaron la metodología de análisis luego de una minuciosa revisión, asimismo, se estimó el aporte de metodólogos haciendo que sea una investigación auténtica y verás.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

A fin de llegar al cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto se realizó una revisión crítica de las variables a estudiar, en tal sentido se desarrolló un proceso de análisis, que permitió obtener los resultados del desempeño del concreto estructural ligero incorporando N y polímeros reciclados.

### 2.5.1. Diagrama de flujo de procesos

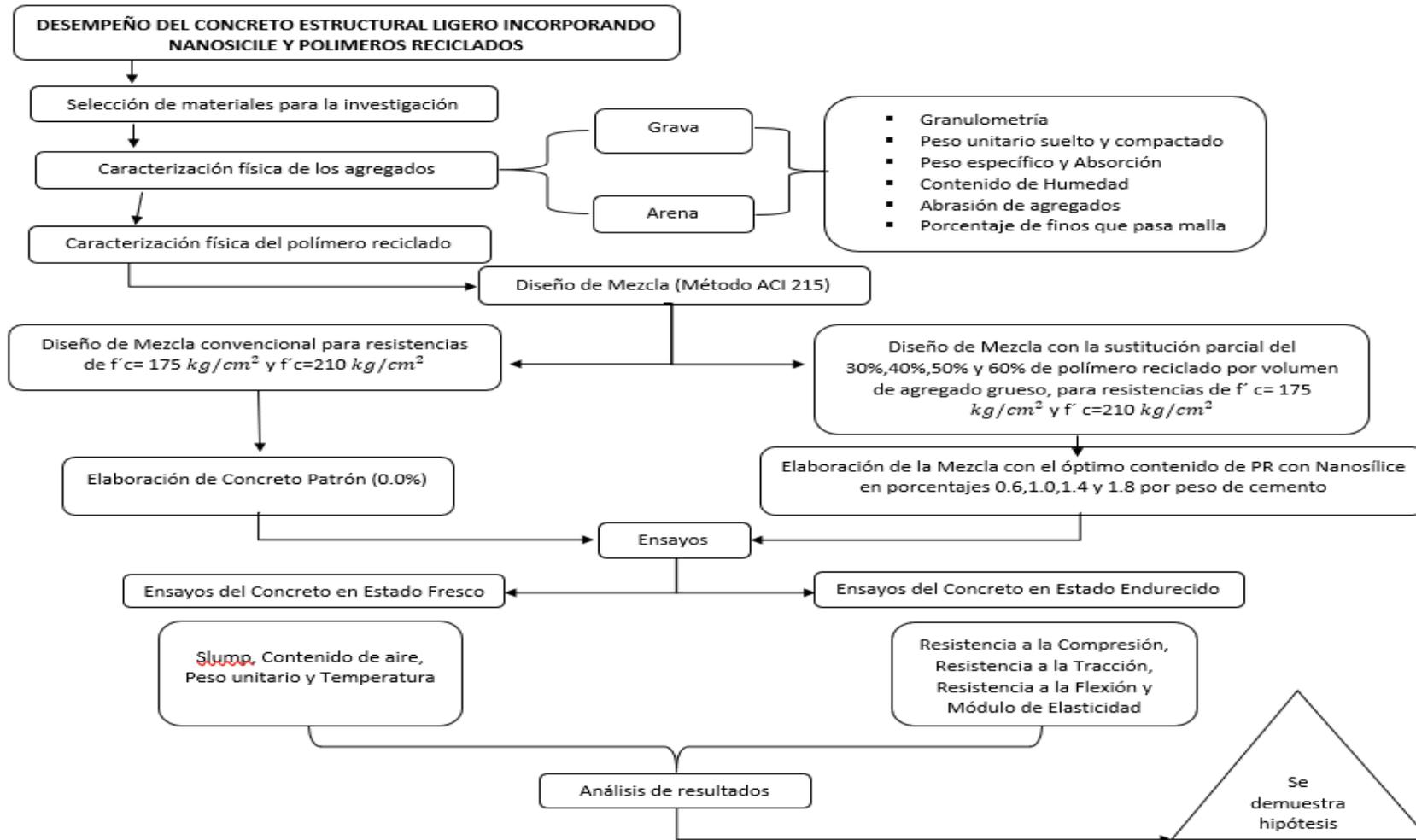


Fig. 15. Diagrama de flujo de proceso sobre la recolección de datos.

Nota. Proceso de recolección y análisis de datos para demostrar la hipótesis

## 2.5.2. Descripción de procesos

### 2.5.2.1. Materiales y Ubicación de extracción – Agregados

Inicialmente para el desarrollo del estudio se hizo el estudio de diferentes canteras de la región Lambayeque a fin de determinar la cantera óptima de grava y arena, las cuales fueron material de estudio.



**Fig. 16.** Muestra extraída- cantera la Victoria – Pátapo -agregado fino.

*Nota.* Muestreo del agregado fino de la cantera la victoria



**Fig. 17.** Muestra extraída- cantera Pacherras – Pucalá - agregado grueso.

*Nota.* Muestreo del agregado grueso de la cantera Pacherras.

### 2.5.2.2. Cemento

Para el estudio se hizo uso del cemento Pacasmayo tipo I



**Fig. 18.** Ensayo de peso específico al cemento Pacasmayo - Tipo I (42.5 kg).

*Nota.* Determinación de peso específico del cemento Pacasmayo tipo I



**Fig. 19.** Cemento Pacasmayo - Tipo I (42.5 kg).

*Nota.* Bolsa de cemento Pacasmayo Tipo I a utilizar.

### 2.5.2.3. **Agua**

El agua fue extraída del laboratorio donde se ejecutaron todos los ensayos. El agua requerida para el diseño debe ser potable.

### 2.5.2.4. **Nanosilice**

El aditivo utilizado es un superplastificante y a su vez impermeabilizante, producto hecho a base de sílice con un tamaño manométrico y se encuentra en un estado líquido ideal.

#### **Procedimiento de uso**

El producto de N se extrajo en galones, este aditivo se encuentra elaborado para todo tipo de concretos, se vierte en la mezcla en diferentes proporciones según se requiera, permitiendo un aumento de las resistencias mecánicas y logrando disminuir la cantidad del agua hasta en un 20% de la mezcla, con la ventaja que evita la segregación y cangrejas en el concreto.



### 2.5.2.5. **Polímero reciclado**

El material extraído y utilizado es producto de un proceso de polimerizado de una sustancia química como es el estireno, este material fue obtenido mediante el reciclaje de

productos hechos a base de PS (Tecnopor), en el apartado 3.1.1.4. se detalla la elección del tipo y forma del PR a usar en la presente investigación

### **Procedimiento de uso**

El material fue extraído en sacos, este mismo en diferentes tamaños generalmente proveniente de residuos de PS como platos. Se separó los residuos y se procedió a cortarlos en forma cuadrada y rectangular como se explica en el apartado 3.1.1.4



**Fig. 21.** Polímero reciclado recortado en forma cuadrada de 6mm.

*Nota.* Reciclado de polímero (Tecnopor).

## **2.5.2.6. Ensayos a los materiales**

### **2.5.2.6.1. Análisis granulométrico de agregados**

Para el ensayo se consideraron los lineamientos de la NTP 400.012, Se realizó la elección de la muestra con la que se va a trabajar, luego dejar secar al horno en temperatura adecuada, por otro lado, se seleccionan los tamices para ambos agregados (fino y grueso), ordenados de mayor a menor de acuerdo al orden de abertura, posterior a ello colocamos la muestra agitándose manualmente.



**Fig. 22.** Tamizado del agregado grueso con las mallas estandarizadas.

*Nota.* Realización del ensayo de granulometría en laboratorio de materiales

#### **2.5.2.6.2. Peso unitario de los agregados pétreos**

Para la ejecución del siguiente ensayo se provino a profesar todos los lineamientos que se establecen en la NTP 400.012.



**Fig. 23.** Realización del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.

*Nota.* Compactado en capas del agregado grueso

### 2.5.2.6.3. Contenido de humedad

El siguiente ensayo se realizó en base a todos los lineamientos establecidos a la NTP 339.185.



**Fig. 24.** Peso de la muestra seca al horno del agregado fino y grueso.

*Nota.* Secado de muestras.

### 2.5.2.6.4. Peso específico y absorción para agregado grueso

Para el ensayo está investigación se apegó rigurosamente a la NTP 400.021.



**Fig. 25.** Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

*Nota.* Determinación del peso específico y absorción de la grava

#### 2.5.2.6.5. *Peso específico y absorción para agregado fino*

El ensayo se encuentra sujeto a la NTP 400.022.



**Fig. 26.** Secado - agregado fino.

*Nota.* Procedimiento para determinar el peso específico y absorción de la arena.

#### 2.5.2.6.6. *Porcentaje de finos que pasan por malla N° 200*

Para el ensayo se tomó en consideración todos los lineamientos que se detalla en la NTP 400.018,



**Fig. 27.** Peso del material tamizado por la malla N°200 - Abertura de 75 $\mu$ m.

*Nota.* Determinación del porcentaje de finos.

### 2.5.2.6.7. Abrasión de agregados gruesos

Ensayo que rigurosamente se consideró los lineamientos Norma Técnica Peruana 400.019.



**Fig. 28.** Probetas cilíndricas y prismáticas de muestra a edad de 7 días, para evaluar su resistencia.

*Nota.* Probetas en estado endurecido a ser ensayadas a los 7 días.

### 2.5.2.7. Ensayos en estado fresco

#### 2.5.2.7.1. Medición de Asentamiento

Este ensayo se encuentra en base a la NTP 339.035-



**Fig. 29.** Medición del Asentamiento.

*Nota.* Determinación del asentamiento en pulgadas de la mezcla con adiciones de PR y N.

### 2.5.2.7.2. Medición de temperatura

Este ensayo se encuentra en base a la NTP 339.184.



**Fig. 30.** Medición de la temperatura.

*Nota.* Medición de temperatura a muestras con adiciones de 1.4%N y 50PR

### 2.5.2.7.3. Medición de peso unitario

Este ensayo se ejecutó bajo los lineamientos y detalles de la NTP 339.04, ensayo que permitió determinar la densidad del concreto.



**Fig. 31.** Especímenes en estado fresco, en proceso de fraguado.

*Nota.* Probetas en proceso de fraguado

#### **2.5.2.7.4. Medición de contenido de aire**

Este ensayo se encuentra en base a la NTP 339.046, la cual permite determinar la medida del contenido de aire.

#### **2.5.2.8. Ensayos en estado endurecido**

##### **2.5.2.8.1. Resistencia a la compresión**

Este ensayo se realizó contemplando todo el proceso de la NTP 339.034,



**Fig. 32.** Probetas en estado fresco, en proceso de fraguado.

*Nota.* Probetas cilíndricas en proceso de fraguado para ensayar a la resistencia a la compresión.

##### **2.5.2.8.2. Resistencia a la tracción**

Este ensayo se realizó contemplando todos los lineamientos de la NTP 339.034, para su desarrollo se realizaron muestras de concreto en forma cilíndrica de dimensiones de 15cm x 30cm.



**Fig. 33.** Rotura - ensayo a tracción.

*Nota.* Rotura de probeta.

### 2.5.2.8.3. Resistencia a la flexión

Este ensayo se realizó contemplando todo el proceso de la Norma NTP 339.034. para su desarrollo se realizaron muestras de concreto en forma prismática también denominadas vigas, para el cálculo de datos se hizo uso de balanzas, vernier, máquina de ensayo entre otras herramientas.



**Fig. 34.** Vigas de concreto- ensayadas a flexión.

*Nota.* Probetas prismáticas para rotura a 7 días.



**Fig. 35.** Rotura de vigas de concreto - ensayo a flexión.

**Nota.** Probetas prismáticas fallando a flexión.

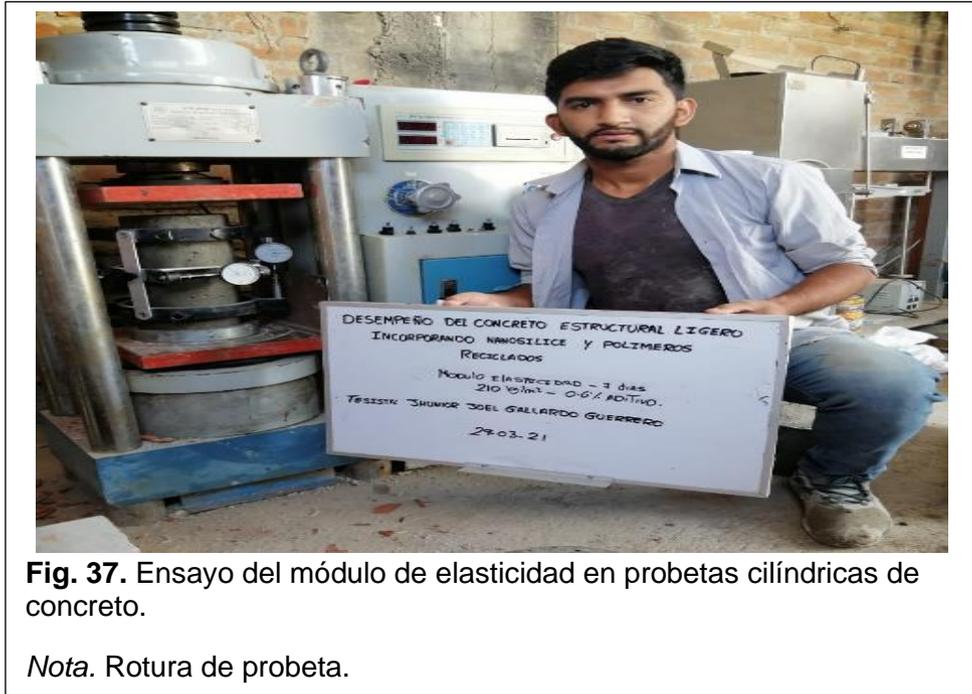
#### **2.5.2.8.4. Módulo de elasticidad**

Este ensayo se encuentra en base a la ASTM C469, donde se establece para realizar el ensayo de módulo de elasticidad, para su desarrollo se realizaron muestras de concreto en forma cilíndrica también de dimensiones de 15cm x 30cm, para el cálculo de datos se hizo uso de balanzas, vernier, compres metro entre otras herramientas.



**Fig. 36.** Preparación de probeta cilíndrica para el Ensayo del módulo de elasticidad.

**Nota.** Proceso para ensayo del módulo elástico.



**Fig. 37.** Ensayo del módulo de elasticidad en probetas cilíndricas de concreto.

*Nota.* Rotura de probeta.

## 2.6. Criterios éticos

Los criterios de ética son códigos que consisten en reglas que guían a los investigadores e inspectores a tener ciertos criterios éticos en los trabajos de investigación, siendo los más básicos Respeto a la persona, Beneficencia y Justicia, establecidos en el informe Belmont tras un largo debate de 4 días en 1976. La presente investigación es un estudio que puede ser utilizado como una guía de en trabajos futuros de investigación debido a la autenticidad y fiabilidad de la indagación contenida en este documento que permite obtener resultados aproximados a la realidad.

En el sentido de que este estudio, sea necesaria para próximas investigaciones, deberá reconocerse el aporte y conocimiento brindados por el autor, como una medida de lucha contra el plagio y nuevos conocimientos, asimismo, debe cumplirse con todos los códigos de ética establecidos en la ética profesional.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. *Resultados con respecto al objetivo específico a).*

De acuerdo al estudio realizado, bases teóricas revisadas y luego de haber realizado los ensayos correspondientes a los materiales, se procede a mostrar los resultados obtenidos, los cuales datan al desarrollo del **objetivo específico a)**, en amparo de normativas peruanas; Los resultados se detallan mediante tablas y gráficos.

##### 3.1.1.1. *Ensayos aplicados al agregado Fino*

###### *A.) Muestreo de canteras de agregados pétreos*

Se empleó para determinar los agregados óptimos a fin de elaborar un concreto estructural ligero, debido a ello, se consideró el muestreo de 5 canteras hábiles pertenecientes al departamento de Lambayeque, las cuales se encuentran representadas en la Tabla 15.

**Tabla XV**  
**Datos de canteras muestreadas**

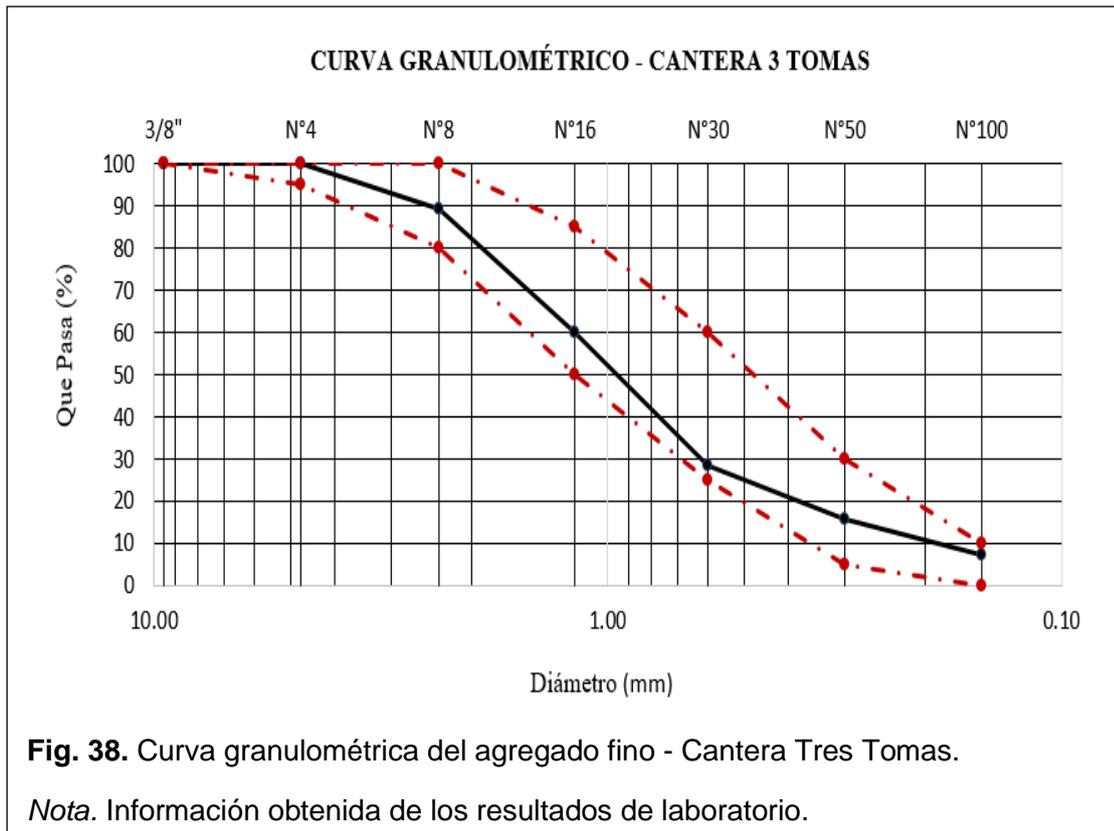
<b>Cantera</b>	<b>Ubicación/Referencia</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	<b>Composición</b>
"Tres Tomas" - Ferreñafe	Distrito de Mesones Muro - Ferreñafe	9267468 N a 644852 E	Arena gruesa, afirmado, material bruto para piedra chancada.
"La Victoria" - Pátapo	Caserío Las Canteras, Distrito de Pátapo - carretera vigilancia	9257602 N a 654942 E	Arena amarilla, afirmado, piedra base, piedra chancada, hormigón, ripio corriente, ripio clasificado.
"Pachérrez" - Pucalá	Distrito de Pucalá - Centro Poblado Pacherras - A 1 Km al sur.	9249150 N a 662819 E	Arena gruesa, piedra chancada, material bruto para piedra chancada.
"Castro I" - San Nicolás - Zaña	Carretera Zaña, Cavalti, Oyotún - Desvío LA-811 antes del peaje San Nicolás	9235139 N a 652098 E	Arena gruesa, piedra chancada, material bruto para piedra chancada, arena fina.
"Pedregal" - 7 Techos - Reque	kilómetro 8.5 de la carretera Reque	9245013 N a 636649 E	Piedra chancada, piedra base, afirmado, confitillo, hormigón, arenilla

Nota. Canteras estudiadas en la Región Lambayeque.

**B.) Granulometría de los agregados - NTP 400.012**

**B.1) Análisis granulométrico - cantera Tres Tomas**

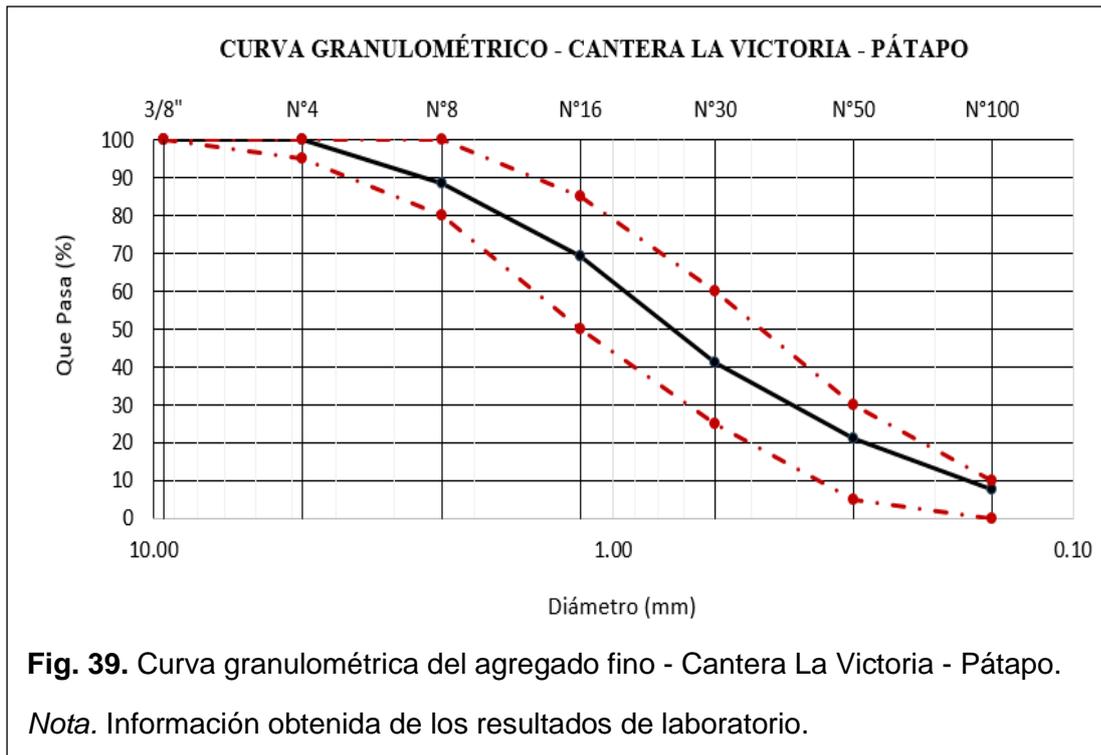
En la Figura 38 se muestra la curva granulométrica del agregado fino, Para mayor detalle de los datos arrojados en este ensayo ver **Anexo I**.



De la figura se aprecia que la curva granulométrica se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037 y NTP 400.012, con MF igual a 2.99, sin embargo, tiene tendencia a estar muy cerca a los límites, de tal forma no se tomará en cuenta para un siguiente ensayo.

### B.2) Análisis granulométrico - cantera Pátapo

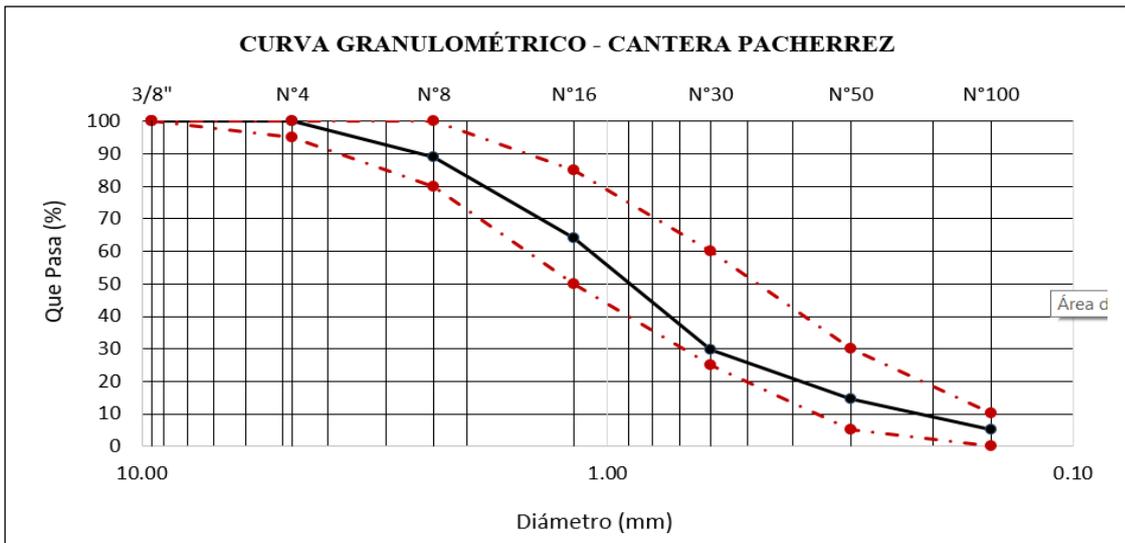
En la Figura 39 se muestra la curva granulométrica que se realizó al agregado fino. ver **Anexo I.**



Se muestra que la curva granulométrica se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037 y NTP 400.012, con un módulo de fineza (MF) igual a 2.72 para una malla de referencia de 4.75 mm (N°4), por lo que, se tendrá en consideración para realizar un siguiente ensayo según corresponda.

### B.3) Análisis granulométrico - agregado fino - cantera Pacherez

En la Figura 40 se muestra la curva granulométrica del agregado fino. Para mayor detalle de los datos arrojados en este ensayo ver **Anexo I**.

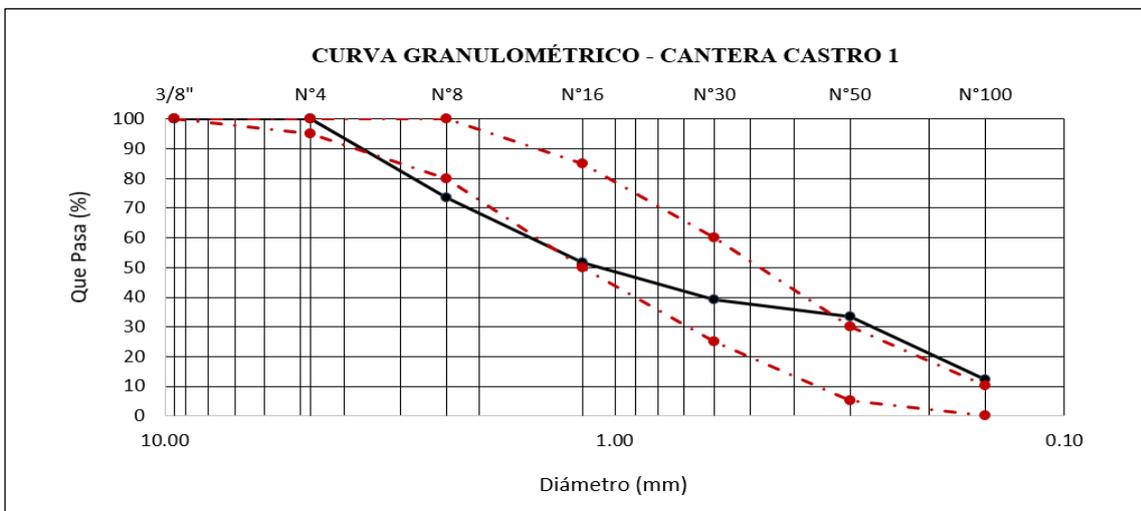


**Fig. 40.** Curva granulométrica del agregado fino - Cantera Pacherez - Pucalá.  
*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

Se observa que la curva granulométrica se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037 y NTP 400.012 con un MF igual a 2.97 para una; la curva obtenida tiene una tendencia mínima a estar cerca de los límites establecidos, por lo tanto, se tomará en cuenta para un siguiente ensayo.

**B.4) Análisis granulométrico – cantera – “Castro I”**

En la Figura 41 se muestra la curva granulométrica del agregado fino. Para mayor detalle de los datos arrojados en este ensayo ver **Anexo II**.

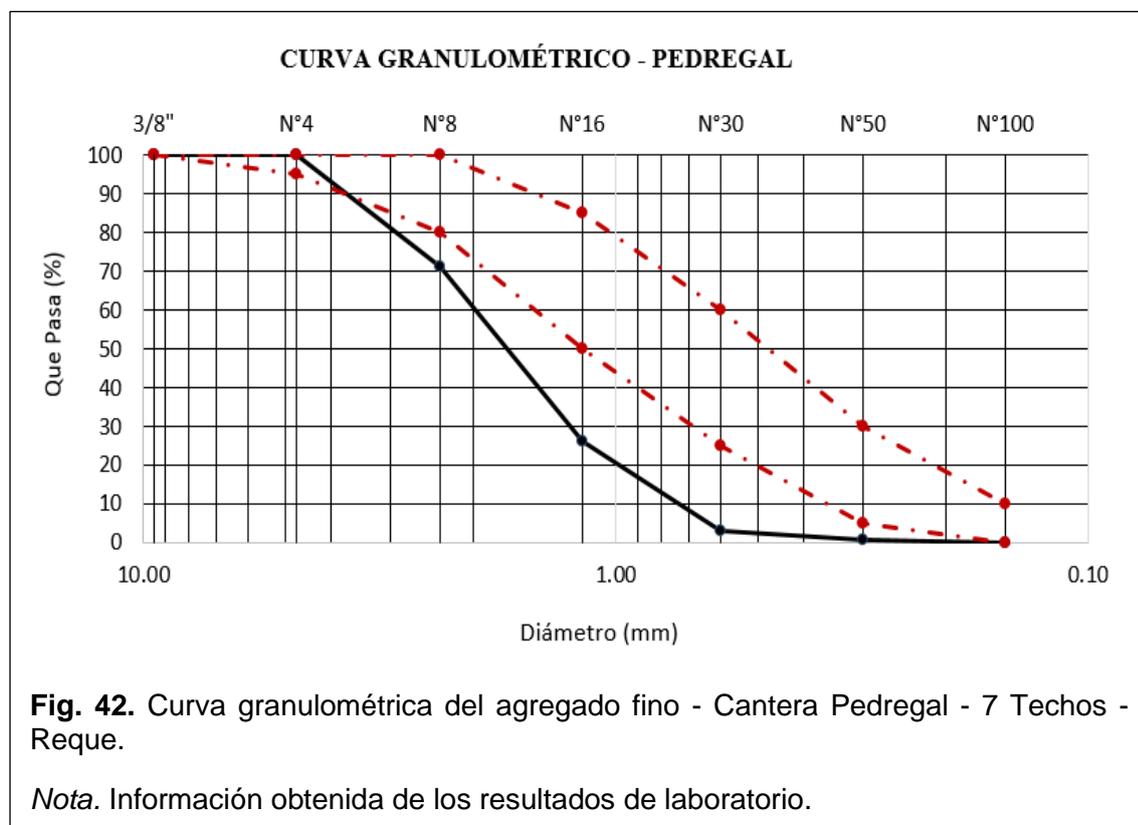


**Fig. 41.** Curva granulométrica del agregado fino - Cantera Castro I – Zaña.  
*Nota.* Información obtenida de resultados de laboratorio.

Se observa que este no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037 y NTP 400.012 MF igual a 2.90, se aprecia que la curva tiene una gran tendencia a estar fuera de los límites establecidos, la cantera en mención se descarta para un siguiente ensayo.

#### B.5) Análisis granulométrico - cantera Pedregal – “7 Techos”

En la Figura 42 se muestra la curva granulométrica del agregado fino. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo I**.



La curva muestra una gran tendencia a estar fuera de los límites establecidos, de tal forma que, se descarta y no se tomará en cuenta para el desarrollo de la presente investigación.

#### C.) peso unitario de los agregados – NTP 400.017

##### C.1) Análisis del agregado fino de cada cantera (peso unitario suelto y compactado).

En la Tabla 16 se observan los resultados obtenidos del ensayo de peso unitario. Para mayor detalle de los datos arrojados en este ensayo ver **Anexo II**.

Tabla XVI

Determinación de la masa por unidad de volumen del agregado fino natural de cada cantera seleccionada

Cantera	Descripción	P.U. S	P.U.C
Tres tomas - "Ferreñafe"	Húmedo (Promedio)	1562.22 Kg/m <sup>3</sup>	1779.23 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1532.79 Kg/m <sup>3</sup>	1745.72 Kg/m <sup>3</sup>
Pátapo - "La Victoria"	Húmedo (Promedio)	1625.86 Kg/m <sup>3</sup>	1770.87 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1620.88 Kg/m <sup>3</sup>	1765.45 Kg/m <sup>3</sup>
Pucalá - "Pacherres"	Húmedo (Promedio)	1681.59 Kg/m <sup>3</sup>	1905.96 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1663.78 Kg/m <sup>3</sup>	1885.78 Kg/m <sup>3</sup>
Zaña - "Castro I - San Nicolás"	Húmedo (Promedio)	1673.01Kg/m <sup>3</sup>	1895.15 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1656.01 Kg/m <sup>3</sup>	1875.89 Kg/m <sup>3</sup>
Pedregal - "7 Techos" - Reque	Húmedo (Promedio)	1517.30 Kg/m <sup>3</sup>	1643.03 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1502.70 Kg/m <sup>3</sup>	1627.22 Kg/m <sup>3</sup>

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

C.2) Análisis del agregado fino de cada cantera (peso unitario suelto y compactado).

En la Tabla 17 se observan los resultados obtenidos del ensayo de peso unitario. Para mayor detalle de los datos arrojados en este ensayo ver **Anexo II**.

**Tabla XVII**

**Determinación de la masa por unidad de volumen del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.U. S</b>	<b>P.U.C</b>
<b>"Tres Tomas" - Ferreñafe</b>	Húmedo (Promedio)	1444.59 Kg/m <sup>3</sup>	1565.42 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1440.39 Kg/m <sup>3</sup>	1560.86 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	Húmedo (Promedio)	1484.73 Kg/m <sup>3</sup>	1639.55 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1480.32 Kg/m <sup>3</sup>	1634.68 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pucalá - "Pacherres"</b>	Húmedo (Promedio)	1431.48 Kg/m <sup>3</sup>	1556.11 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1424.55 Kg/m <sup>3</sup>	1548.58 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Zaña - "Castro I - San Nicolás"</b>	Húmedo (Promedio)	1445.00 Kg/m <sup>3</sup>	1583.14 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1438.57 Kg/m <sup>3</sup>	1576.10 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pedregal - "7 Techos" - "Reque"</b>	Húmedo (Promedio)	1433.91 Kg/m <sup>3</sup>	1576.02 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1428.52 Kg/m <sup>3</sup>	1570.09 Kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**D.) Peso específico y absorción - NTP 400.022**

*D.1) Análisis del agregado fino de cantera (peso específico y absorción).*

En la Tabla 18 se observan los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo III**.

Tabla XVIII

Peso específico y absorción del agregado fino natural de cada cantera seleccionada

Cantera	Descripción	Resultados
Tres Tomas - "Ferreñafe"	P.E de masa	2.543 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.583 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	1.129 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.54%
Pátapo - "La Victoria"	P.E de masa	2.535 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.550 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	1.122 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	0.56%
Pucalá - "Pacherres"	P.E de masa	2.560 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.591 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	1.130 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.21%
Zaña - "Castro I - San Nicolás"	P.E de masa	2.591 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.612 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	1.134 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	0.81%
Pedregal - "7 Techos" - Reque	P.E de masa	2.603 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.627 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	1.137 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	0.95%

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

D.2) Análisis del agregado grueso de cantera (peso específico y absorción).

En la Tabla 19 se observan los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo III**.

**Tabla XIX**

**Peso específico y absorción del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>"Tres Tomas" - Ferreñafe</b>	P.E de masa	2.239 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.274 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.320 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.55%
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	P.E de masa	2.149 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.219 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.311 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	3.26%
<b>Pucalá - "Pacherres"</b>	P.E de masa	2.229 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.318 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.2447 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	4.00%
<b>Zaña - "Castro I - San Nicolás"</b>	P.E de masa	2.497 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.542 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.615 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.81%
<b>Pedregal - "7 Techos" - "Reque"</b>	P.E de masa	2.294 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.327 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.373 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.46%

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**E.) Contenido de humedad - NTP 339.185**

*E.1) Análisis del agregado fino de cada cantera*

En la Tabla 20 se observan los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo II**.

**Tabla XX**

**Contenido de humedad del agregado fino natural de cada cantera seleccionada**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>Tres Tomas - "Ferreafe"</b>	Peso muestra húmeda	1215.50 gr
	Peso muestra seca	1194.90 gr
	Cont. Humedad	1.92%
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	Peso muestra húmeda	961.00 gr
	Peso muestra seca	958.20 gr
	Cont. Humedad	0.31%
<b>Pucalá - "Pacherres"</b>	Peso muestra húmeda	959.50 gr
	Peso muestra seca	950.1 gr
	Cont. Humedad	1.07%
<b>Zaña - "Castro I - San Nicolás"</b>	Peso muestra húmeda	1198.80gr
	Peso muestra seca	1187.40 gr
	Cont. Humedad	1.03%
<b>Pedregal - "7 Techos" - Reque</b>	Peso muestra húmeda	1200.50 gr
	Peso muestra seca	1190.90 gr
	Cont. Humedad	1.97%

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**F.) Método para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N°200) por lavado en agregados - NTP 400.018**

*F.1) Análisis de materiales finos del agregado fino de cada cantera (Procedimiento A)*

En la Tabla 21 se observa los resultados obtenidos del ensayo de porcentaje de finos que pasan por la malla N° 200 realizado al agregado fino. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo IV**.

**Tabla XXI**

**Porcentaje de finos de las canteras con granulometría similar**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	Masa seca de la muestra original	695.85 gr
	Masa seca de la muestra luego del lavado	657.60 gr
	% del material más fino que pasa por malla (N°200)	<b>5.15%</b>
<b>Pucalá - "Pacherres"</b>	Masa seca de la muestra original	620.10%
	Masa seca de la muestra luego del lavado	590.30 gr
	% del material más fino que pasa por malla (N°200)	<b>5.40%</b>

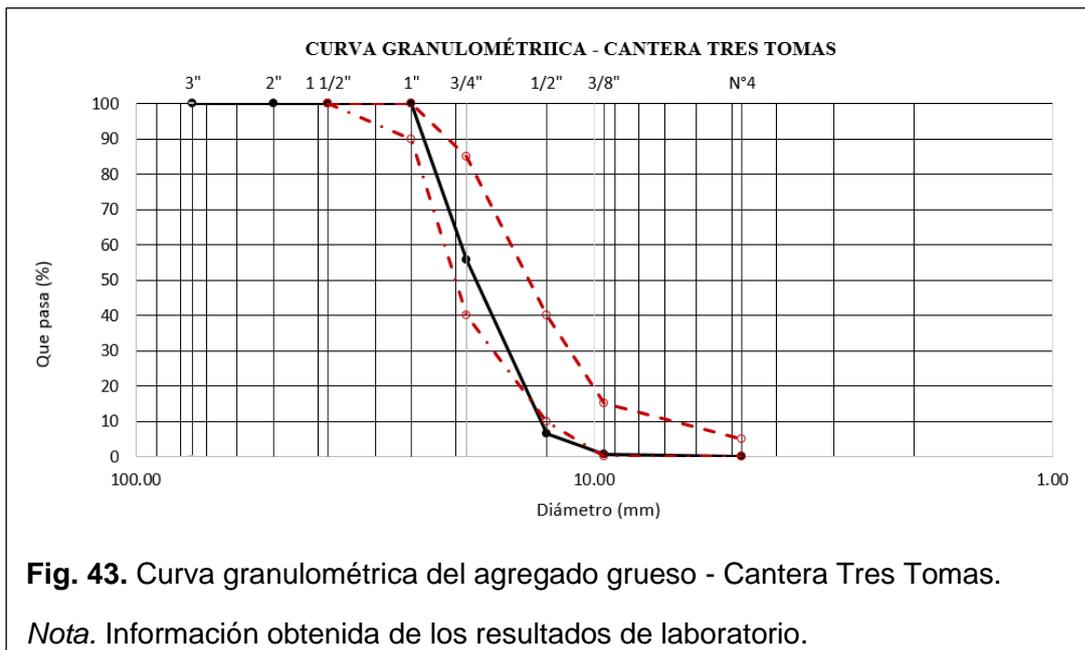
*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**3.1.1.2. Ensayos aplicados a los agregados gruesos**

**A.) Granulometría de los agregados ASTM C136**

*A.1) Análisis granulométrico - Cantera Tres Tomas*

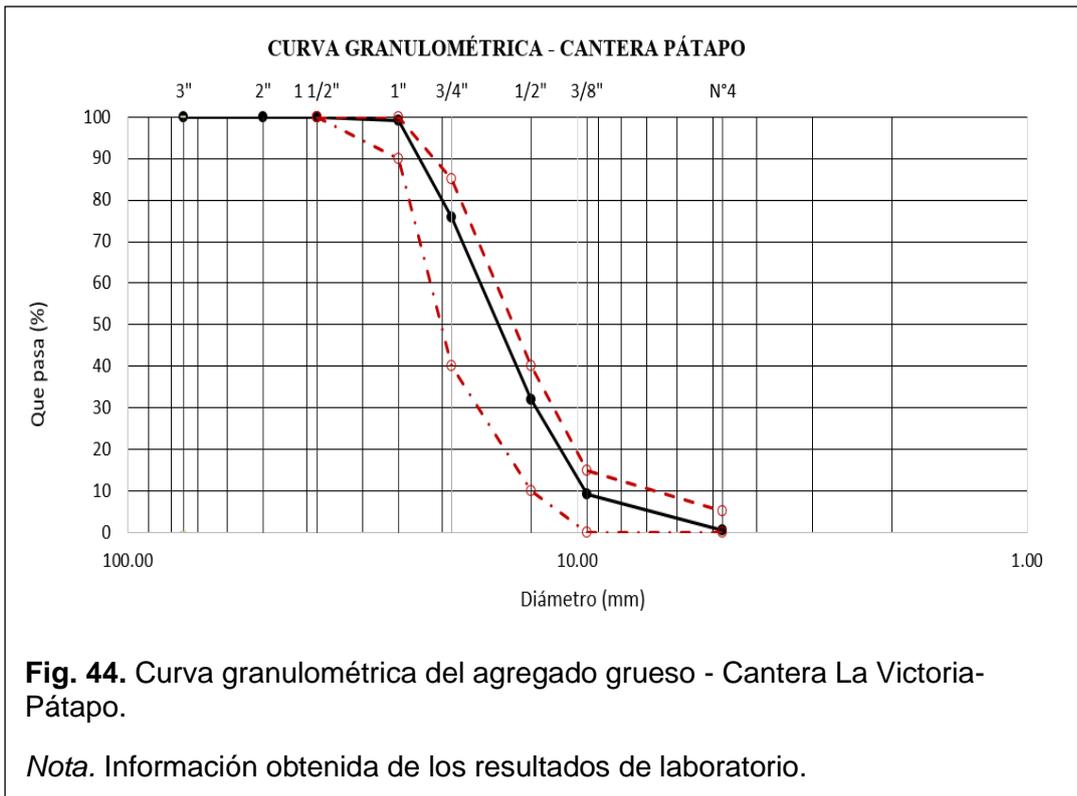
En la Figura 43 se observa la curva granulométrica obtenida de ensayo realizado al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo I**.



La curva está esquematizada de acuerdo a los rangos mínimos y máximos que corresponden al Huso 56, Con el desarrollo del ensayo se obtuvo un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " del agregado en estudio; la curva obtenida tiene una tendencia estar fuera de los límites establecidos, por lo tanto, se descarta para un siguiente ensayo.

#### A.2) Análisis granulométrico - cantera Pátapo

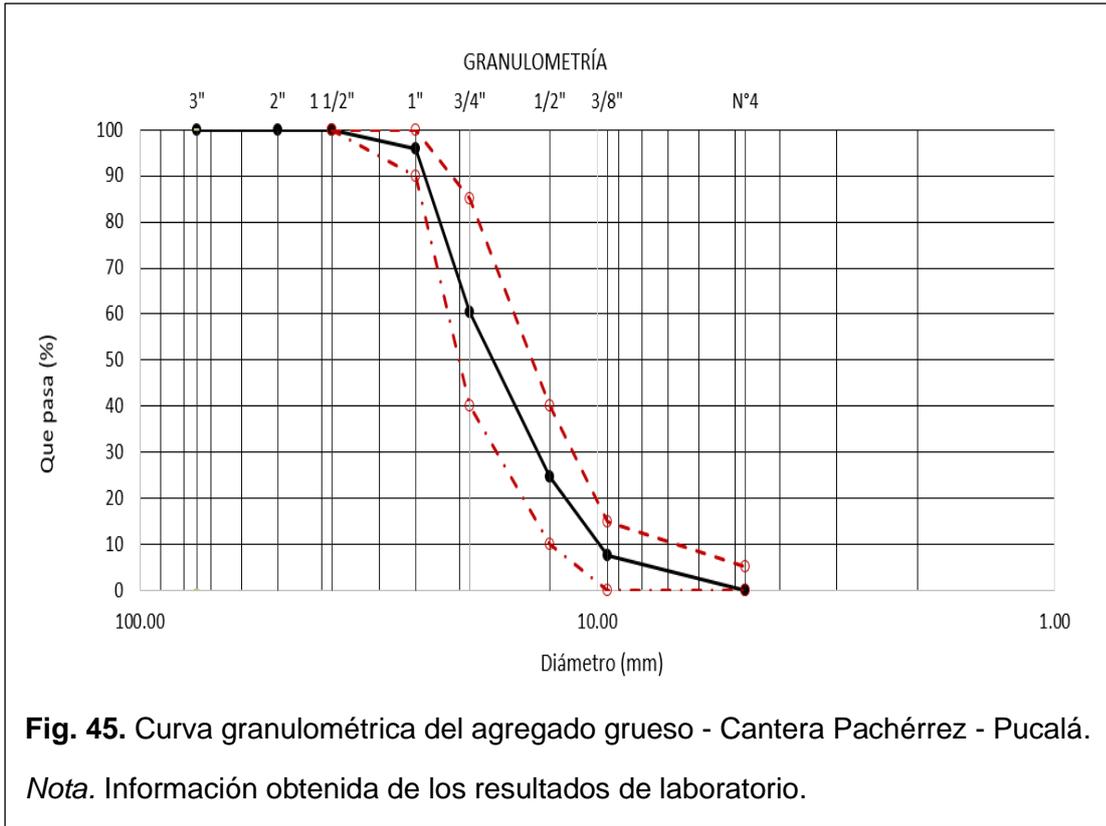
En la Figura 44 se observa la curva granulométrica obtenida de los ensayos realizados al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo I**.



La curva está esquematizada de acuerdo a los rangos mínimos y máximos que corresponden al Huso 56, Con el desarrollo del ensayo se obtuvo un TMN de  $\frac{3}{4}$ " del agregado en estudio; la curva obtenida tiene una tendencia estar muy cerca de los límites establecidos, por lo tanto, la cantera mencionada se descarta para un siguiente ensayo.

### A.3) Análisis granulométrico - cantera Pacherres

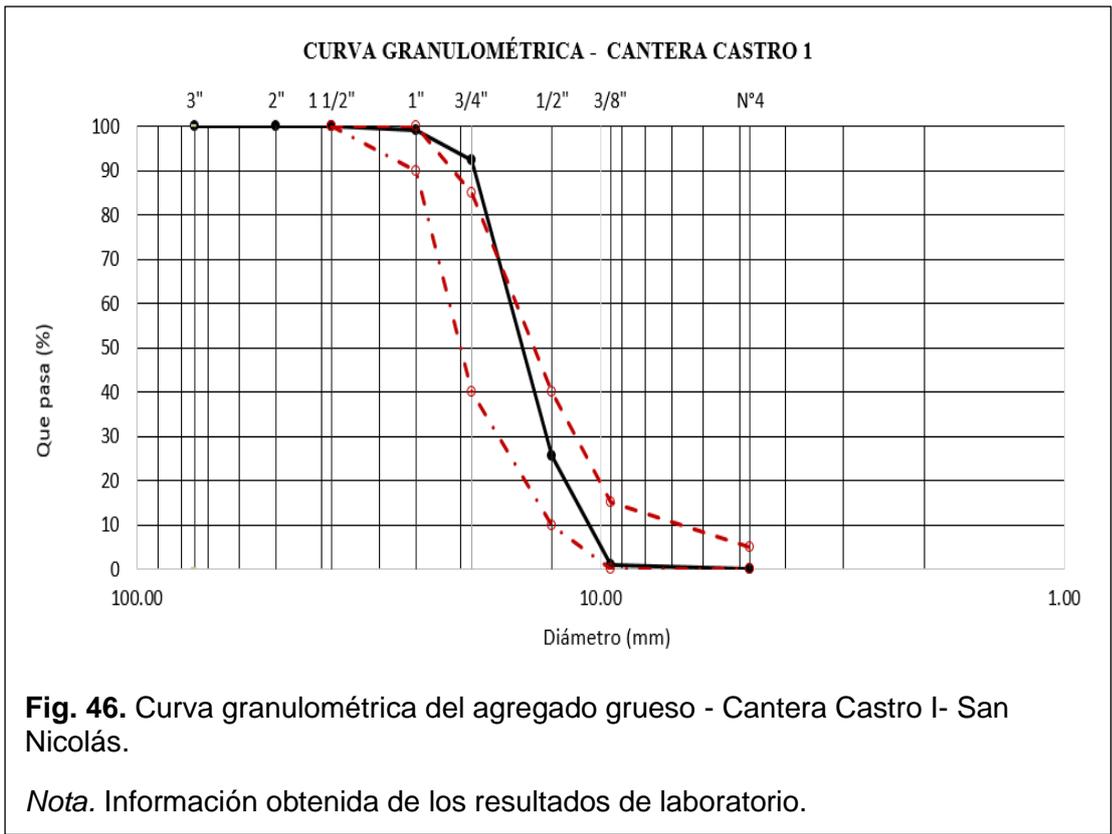
En la Figura 45 se observa la curva granulométrica obtenida de los ensayos realizados al agregado grueso de la cantera en mención, Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo I**.



Se observa que la curva granulométrica se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037 y NTP 400.012, se aprecia que, la curva obtenida se ubica correctamente entre los límites establecidos con ligera tendencia a salir de los parámetros, por lo tanto, se tomará en cuenta la cantera para para un siguiente ensayo correspondiente y observar si los resultados son óptimos.

*A.4) Análisis granulométrico del agregado grueso de cantera Zaña –“Castro I”*

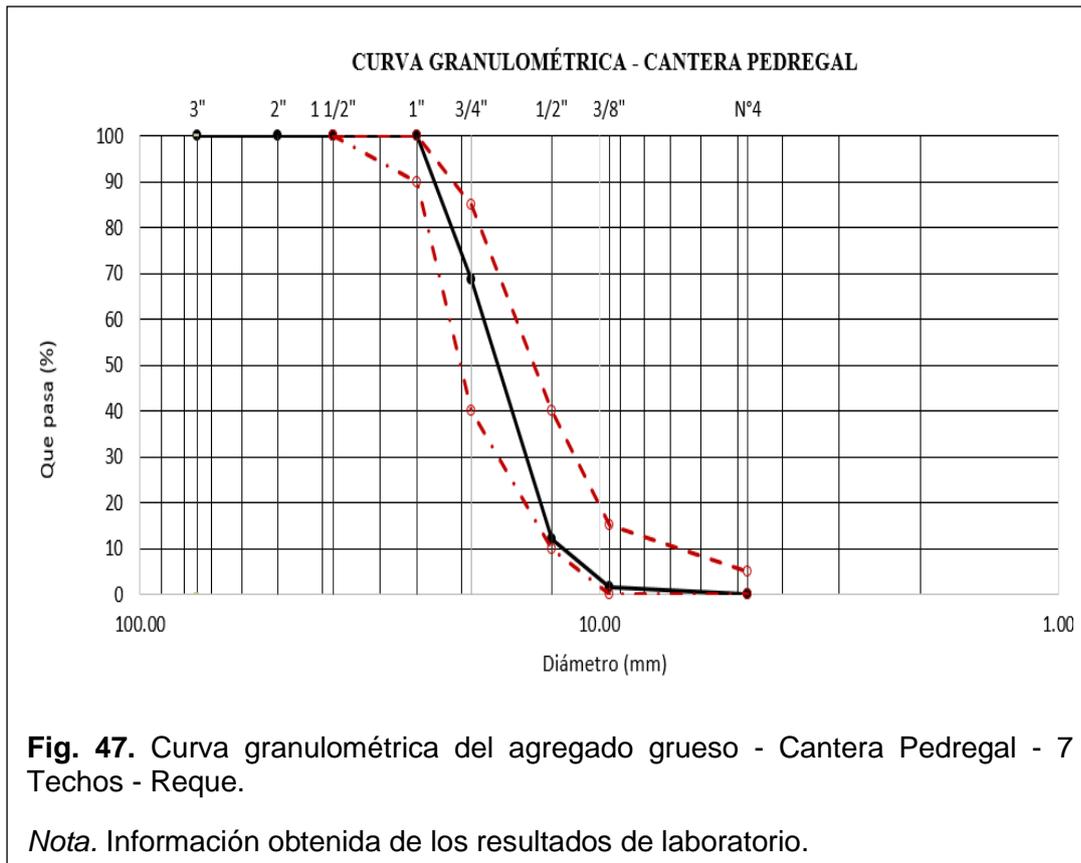
En la Figura 46 se observa la curva granulométrica obtenida de los ensayos realizados al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo I**.



La curva está esquematizada de acuerdo a los rangos mínimos y máximos que corresponden al Huso 56, Con el desarrollo del ensayo se obtuvo un tamaño máximo nominal de 3/4" del agregado en estudio. la curva tiene tendencia a estar fuera de los límites establecidos, por lo tanto, la cantera en mención no se tomará en cuenta para para un siguiente ensayo.

*A.5) Análisis del agregado fino - cantera Pedregal – “7 Techos”*

En la Figura 47 se observa la curva granulométrica del agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo I**.



Se observa que la curva granulométrica se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.037 y NTP 400.012, no obstante, la curva tiene mucha tendencia a estar pegado a los límites establecidos lo cual no es adecuado, por lo tanto, la cantera en mención no se tomará en cuenta para para un siguiente ensayo; Con el desarrollo del ensayo se obtuvo un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " del agregado en estudio. la curva tiene tendencia a estar fuera de los límites establecidos, por lo tanto, la cantera en mención no se tomará en cuenta para para un siguiente ensayo.

## **B.) Peso unitario de los agregados ASTM C29**

### *B.1) Análisis del agregado grueso de cantera peso unitario suelto y compactado*

En la Tabla 22 se observa los datos arrojados de ensayo de peso unitario realizado al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo II**.

**Tabla XXII**  
**Determinación de la masa por unidad de volumen del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.U. S</b>	<b>P.U.C</b>
<b>Tres tomas - "Ferreñafe"</b>	Húmedo (Promedio)	1444.59 Kg/m <sup>3</sup>	1565.42 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1440.39 Kg/m <sup>3</sup>	1560.86 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	Húmedo (Promedio)	1484.73 Kg/m <sup>3</sup>	1639.55 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1480.32 Kg/m <sup>3</sup>	1634.68 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pucalá - "Pachérrez"</b>	Húmedo (Promedio)	1431.48 Kg/m <sup>3</sup>	1556.11 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1424.55 Kg/m <sup>3</sup>	1548.58 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Zaña - "Castro I - San Nicolás"</b>	Húmedo (Promedio)	1445.00 Kg/m <sup>3</sup>	1583.14 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1438.57 Kg/m <sup>3</sup>	1576.10 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pedregal - "7 Techos" - Reque</b>	Húmedo (Promedio)	1433.91 Kg/m <sup>3</sup>	1576.02 Kg/m <sup>3</sup>
	Seco (Promedio)	1428.52 Kg/m <sup>3</sup>	1570.09 Kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

### **C.) Peso específico y absorción**

#### *C.1) Análisis del agregado grueso de cantera peso específico y absorción*

En la Tabla 23 se observa los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción realizado al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo III**.

**Tabla XXIII**  
**Peso específico y absorción del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>Tres Tomas - "Ferreñafe"</b>	P.E de masa	2.239 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.274 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.320 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.55%
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	P.E de masa	2.149 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.219 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.311 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	3.26%
<b>Pucalá - "Pacherres"</b>	P.E de masa	2.229 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.318 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.2447 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	4.00%
<b>Zaña - "Castro I - San Nicolás"</b>	P.E de masa	2.497 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.542 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.615 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.81%
<b>Pedregal - "7 Techos" - Reque</b>	P.E de masa	2.294 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E de masa saturado superficialmente seco	2.327 gr/cm <sup>3</sup>
	P.E aparente	2.373 gr/cm <sup>3</sup>
	Porcentaje de absorción	1.50%

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

#### **D.) contenido de humedad ASTM C-135**

##### *D.1) Análisis del agregado grueso de cantera contenido de humedad.*

En la Tabla 24 se observa los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad realizado al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo II**.

**Tabla XXIV**

**Contenido de humedad del agregado grueso natural de cada cantera seleccionada**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>Tres Tomas - "Ferreñafe"</b>	Peso muestra húmeda	4810.10 gr
	Peso muestra seca	4797.20 gr
	Cont. Humedad	0.29%
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	Peso muestra húmeda	5591.50 gr
	Peso muestra seca	5576.00 gr
	Cont. Humedad	0.30%
<b>Pucalá - "Pacherres"</b>	Peso muestra húmeda	4990.30 gr
	Peso muestra seca	4968.00 gr
	Cont. Humedad	0.49%
<b>Zaña - "Castro I - San Nicolás"</b>	Peso muestra húmeda	5189.50 gr
	Peso muestra seca	5168.10 gr
	Cont. Humedad	0.45%
<b>Pedregal - "7 Techos" - Reque</b>	Peso muestra húmeda	4686.60 gr
	Peso muestra seca	4674.50 gr
	Cont. Humedad	0.38%

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**E.) Resistencia a la abrasión e impacto en la máquina de los ángeles ASTM-C131**

*E.1) Análisis del agregado grueso de canteras ensayo de los Abrasión*

En la Tabla 25 se observa los resultados obtenidos del ensayo de degradación en la máquina de los ángeles realizado al agregado grueso. Para mayor detalle de los datos obtenidos en este ensayo ver **Anexo V**.

**Tabla XXV:  
Resultados de la degradación en agregados gruesos en la máquina de los ángeles de  
canteras con granulometría similar**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>La Victoria - Pátapo</b>	Masa de muestra sin tara	5000.00 gr
	Masa de muestra retenida en malla N°12	3996.00 gr
	Masa de muestra que pasa malla N°12	1004.00 gr
	Desgaste	18.50%
<b>Pachérrez - Pucalá</b>	Masa de muestra sin tara	5000.00 gr
	Masa de muestra retenida en malla N°12	4495.00 gr
	Masa de muestra que pasa malla N°12	505.00 gr
	Desgaste	9.80%

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

Se observa en los resultados obtenidos que ambas canteras cumplen con la NTP 400-019, la cual señala que la muestra debe tener un desgaste máximo del 50%, del estudio se tiene un desgaste por abrasión de 9.80% en la cantera “Pachérrez” y 20.20% en la cantera “La Victoria”, por lo que, se establece la elección de la cantera “Pachérrez” puesto que tiene menor desgaste para el desarrollo de la investigación.

### **3.1.1.3. Resultados obtenidos del estudio de canteras óptimas para el diseño de mezclas**

Luego de haber realizado los ensayos correspondientes a las canteras en estudio, se determinaron como las más óptimas para el desarrollo de investigación a la **cantera “La Victoria-Pátapo”** para el agregado fino y la **cantera “Pachérrez – Pucalá”** para el agregado grueso.

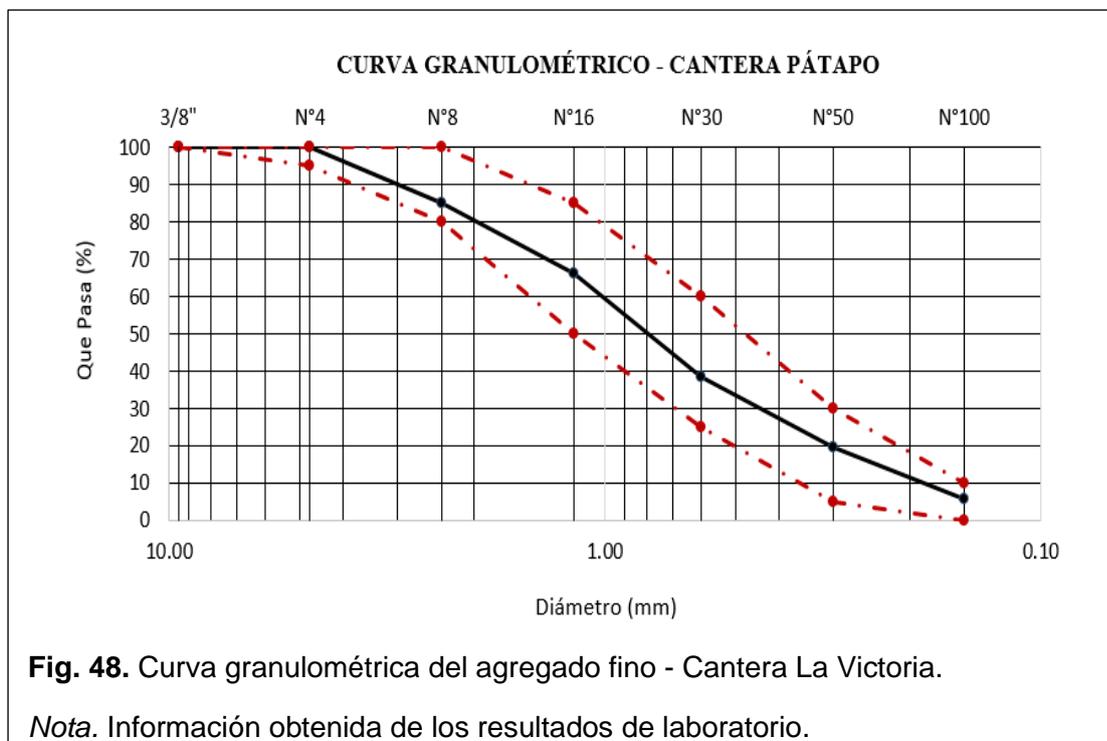
**A) Agregado fino – Cantera La Victoria – Pátapo (Anexo VII)**

**Tabla XXVI**

**Análisis Granulométrico del Agregado fino de la Cantera La Victoria**

Tamices		%	% Retenido	% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	15.0	15.0	85.0
Nº 16	1.180	18.8	33.8	66.2
Nº 30	0.600	27.7	61.5	38.5
Nº 50	0.300	19.0	80.5	19.5
Nº 100	0.150	13.7	94.2	5.8

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.



**Tabla XXVII**

**Características físicas del agregado fino de cantera La Victoria - Pátapo**

<b>Ensayos</b>	<b>Resultados</b>	<b>Anexo</b>
<b>Módulo de fineza</b>	2.85	<b>Anexo VI</b>
<b>Peso unit. Suelto seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.620	<b>Anexo VI</b>
<b>Peso unit. Compactado seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.764	<b>Anexo VI</b>
<b>Peso específico de masa (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.535	<b>Anexo VI</b>
<b>Porcentaje de absorción (%)</b>	0.563	<b>Anexo VI</b>
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0.31	<b>Anexo VI</b>

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**Tabla XXVIII**

**Resultado del ensayo de porcentaje de finos que pasa la malla N°200 - Cantera La Victoria**

<b>Cantera</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>Pátapo - "La Victoria"</b>	Masa seca de muestra original (gr)	695.85 gr
	Masa seca de la muestra luego del lavado (gr)	657.60 gr
	Porcentaje del material más fino que pasa por malla N°200 (%)	<b>5.15%</b>

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**B) Agregado grueso – Cantera Pacherez – Pucalá (Anexo VI)**

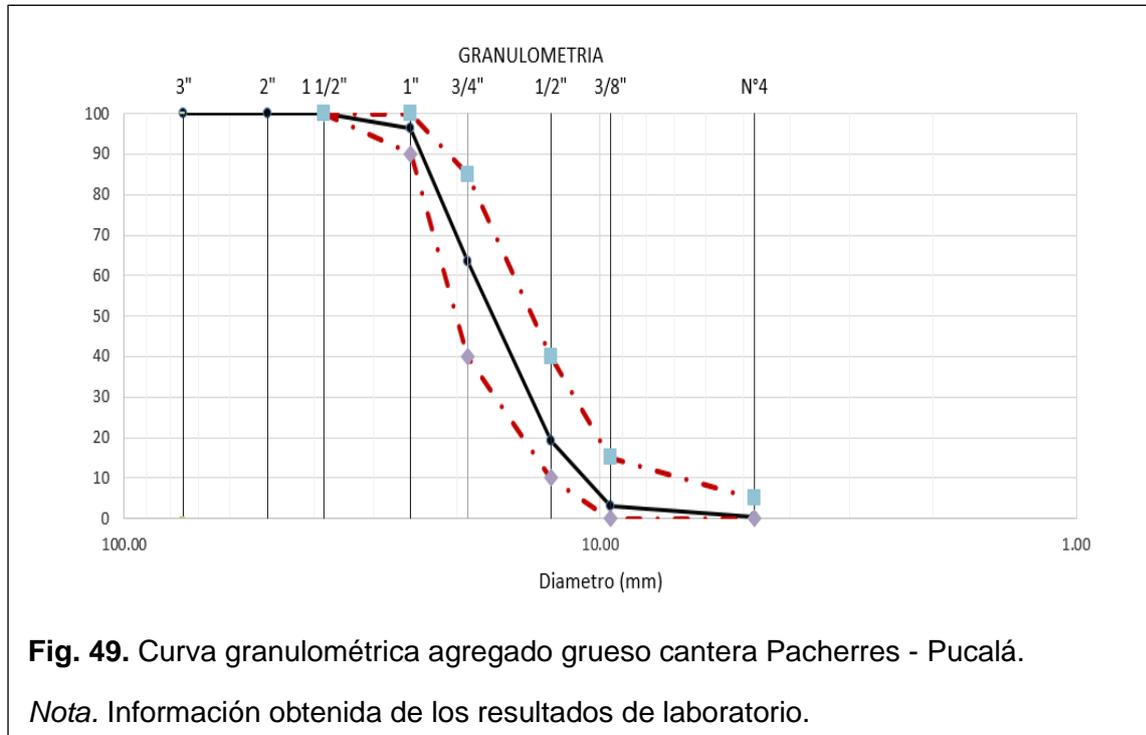
**Tabla XXIX**

**Análisis Granulométrico del Agregado grueso de la cantera Pacherez - Pucalá**

<b>TAMICES</b>		<b>PESO</b>	<b>%</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% QUE</b>
<b>(Pul)</b>	<b>(mm)</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>RETENIDO PARCIAL</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>PASA</b>
<b>3"</b>	75	0.0	0	0	100
<b>2"</b>	50.000	0.0	0.00	0.0	100.0
<b>1 1/2"</b>	38.000	0.0	0.00	0.0	100.0
<b>1"</b>	25.000	96.5	3.50	3.5	96.5
<b>3/4"</b>	19.000	905.7	33.20	36.7	63.3
<b>1/2"</b>	12.700	1205.7	44.10	80.8	19.2
<b>3/8"</b>	9.520	435.7	16.00	96.8	3.2

<b>Nº4</b>	4.750	78.7	2.90	99.7	0.3
<b>Fondo</b>	FONDO	8.4	0.30	100.0	0.0

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.



**Tabla XXX**  
**Características físicas del agregado grueso cantera Pacherres - Pucalá**

Ensayos	Resultados	Anexo
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	Anexo VI
Peso unit. Suelto seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.426	Anexo VI
Peso unit. Compactado seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.549	Anexo VI
Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.230	Anexo VI
Porcentaje de absorción (%)	4.000	Anexo VI
Contenido de humedad (%)	0.49	Anexo VI

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**Tabla XXXI**  
**Resultado del ensayo de abrasión del agregado grueso con la máquina de los ángeles**  
**- Cantera Pacherras**

Cantera	Descripción	Resultados
<b>Pucalá - "Pacherras"</b>	Peso inicial antes del ensayo (gr)	5000.00 gr
	Peso final después de las 500 revoluciones (gr)	4495.00 gr
	Porcentaje de desgaste por abrasión (%)	<b>9.80%</b>

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

#### **3.1.1.4. Caracterización del tipo de polímero reciclado que se incorporará en la investigación**

A continuación, muestran los resultados obtenidos para determinar el tipo de PR a utilizar en la presente investigación cuya finalidad es evaluar el desempeño del concreto estructural ligero con la incorporación de N y PR; El presente apartado corresponde al desarrollo del **objetivo específico a).**

De acuerdo a investigaciones que se detallan en el apartado 1.1 de esta investigación, se tiene que para la obtención de un concreto estructural ligero, unas de las mejores opciones es la utilización de polímeros reciclados, entre ellos uno de los más usados es el PE conocido comúnmente como Tecnopor, para ello se ha estudiado al tipo de Tecnopor a incorporar como se detalla a continuación:

A) *Probeta de prueba con PR cortado en forma cuadrada de 6mm x 6mm. – ver*

**Anexo VII.**



**Fig. 50.** Polímero reciclado cortado en 6 mm x 6mm.

*Nota.* Tecnopor cortado en forma cuadrada.

Esta mezcla de prueba contiene PR (Tecnopor) y se caracteriza por tener fragmentos de polímero recortados en forma cuadrada de 6mm x 6mm esparcido en su totalidad del volumen de la probeta. Los parámetros para el diseño de mezclas corresponden para una dosificación de  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , donde se incorporó 25% de Tecnopor respecto al volumen del agregado grueso ensayándose a los 7 días, de lo cual se obtuvo una media en resistencia de  $93.49\text{ kg/cm}^2$ , También se determinó las propiedades físicas del el Tecnopor reciclado (6mm x 6mm): el cual presenta tiene un peso unitario suelto húmedo de  $14.04\text{ kg/m}^3$ , Peso unitario suelto seco de  $13.73\text{ kg/m}^3$ , un peso unitario compactado húmedo de  $16.50\text{ kg/m}^3$ , un peso unitario compactado seco de  $16.12\text{ kg/m}^3$ ; con la incorporación del material se genera vacíos de aire en la mezcla. Por otro lado, se verificó que con la incorporación de 25% de Tecnopor al diseño de mezclas cortados en forma cuadra de 6mm x 6mm se obtienen densidades con tendencia a ser un concreto estructural ligero.

*B) Probeta de prueba con PR cortado en forma alargada de 5x10mm – Ver Anexo VII.*



**Fig. 51.** Polímero reciclado cortado en 5 mm x 10 mm.

*Nota.* Tecnopor reciclado y cortado en forma rectangular de 5x10mm.

Esta mezcla de prueba contiene PR (Tecnopor) y se caracteriza por tener fragmentos de polímero recortados en forma rectangular de 5 mm\*10mm esparcido en su totalidad del volumen de la probeta. Los parámetros para el diseño de mezclas corresponden para una dosificación de  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , donde se incorporó 25% de Tecnopor respecto al volumen del agregado grueso ensayándose a los 7 días, se obtuvo una media de resistencia de  $84.43\text{ kg/cm}^2$ , También se determinó las propiedades físicas del Tecnopor reciclado (5mm x 10mm): el cual presenta tiene un peso unitario suelto húmedo de  $9.03\text{ kg/m}^3$ , Peso unitario suelto seco de  $8.85\text{ kg/m}^3$ , un peso unitario compactado húmedo de  $11.03\text{ kg/m}^3$ , un peso unitario compactado seco de  $10.81\text{ kg/m}^3$ ; con la incorporación del material se genera vacíos de aire en la mezcla.

Por otro lado, se verificó que con la incorporación de 25% de Tecnopor al diseño de mezclas cortados en forma cuadra de 5mm x 10mm se obtienen densidades con tendencia a ser un concreto estructural no ligero.

- **Selección del tipo de polímero reciclado (PR)**

Analizando por compresión mecánica a los 7 días y con la incorporación de 25% de polímero, se verifica una mayor resistencia con el PR de Tecnopor recortado en forma

cuadrada de 6mm x 6mm cuya resistencia promedio es de 93.49 kg/cm<sup>2</sup>, seguido por el polímero recortado en forma alargada de 5 mm x 10mm donde se obtiene una resistencia promedio de 84.43 kg/cm<sup>2</sup>, ver tabla 32, para mayor detalle de los resultados ver **Anexo VII**.

Por otro lado, se observa que las densidades están al límite de un concreto estructural no ligero, Se observa que con el Tecnopor recortado en forma cuadrada de 6mm x 6mm tiene una media en densidad (Peso Unitario) de 2159.45 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo, con el Tecnopor recortado en forma rectangular de 5 mm x 10mm se obtiene una densidad (Peso Unitario) media de 2132.82 kg/m<sup>3</sup>, ver tabla 33 para mayor detalle de los resultados ver **Anexo VII**.

De lo detallado se verifica que, con el Tecnopor recortado en forma rectangular (5mmx10mm) se obtiene un concreto con menor resistencia mecánica en comparación al Tecnopor de forma cuadrada (6 mm \* 6 mm), se verifica densidades similares entre sí, por lo tanto, se selecciona el Tecnopor en forma cuadrada de 6mm x 6mm para posteriores ensayos, por ser el material con mejor desempeño.

**Tabla XXXII**  
**Selección del tipo de PR - Resistencia a la compresión axial con 25% de Tecnopor (polímero reciclado)**

Descripción	Identificación	Diseño	Edad	Diámetro	f'c	f'c promedio
		f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	(Días)	(Cm)	(Kg/Cm2)	(Kg/Cm2)
Con PR de 6 mm x 6 mm.	Testigo 1	175	7	15.37	91.70	93.49
	Testigo 2	175	7	15.34	93.21	
	Testigo 3	175	7	15.24	95.55	
Con PR de 5 mm x 10 mm.	Testigo 1	175	7	15.23	84.40	84.43
	Testigo 2	175	7	15.38	83.73	
	Testigo 3	175	7	15.33	85.16	

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**Tabla XXXIII**  
**Selección del tipo de PR – Densidad con 25% de Tecnopor (PR)**

Descripción	Identificación	Diseño	Peso Unitario	Volumen Recipiente	Densidad	Densidad Promedio
-------------	----------------	--------	---------------	--------------------	----------	-------------------

		$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(gr)	(m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )
<b>Con PR de 6 mm x 6 mm.</b>	Testigo 1	175	11625	0.00541	2149.52	
	Testigo 2	175	11714	0.00541	2165.98	2159.45
	Testigo 3	175	11697	0.00541	2162.83	
<b>Con PR de 5 mm x 10 mm.</b>	Testigo 1	175	11550	0.00541	2135.66	
	Testigo 2	175	11556	0.00541	2136.77	2132.82
	Testigo 3	175	11498	0.00541	2126.04	

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

Finalmente se establece que el tipo de PR óptimo para la presente investigación es incorporando el Tecnopor en forma cuadrada de 6mm x 6mm.

### 3.1.1.5. Nanosílice para la elaboración de un concreto estructural ligero.

A continuación, se detallan las prestaciones del N para esta investigación, conforme a la ficha técnica ver **Anexo VIII**.

- **N – Caracterización**

**Tabla XXXIV**

#### **Caracterización de Nanosílice para concreto estructural de baja densidad**

	<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
<b>Para un Concreto Estructural de baja densidad</b>	Reducción de agua	Hasta el 20% del agua de la mezcla.
	Permeabilidad	Nula o casi nula.
	Trabajabilidad	Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejas.
	Fraguado	No produce retrasos y evita la excesiva exudación.
	Resistencia	Aumenta la resistencia en sus propiedades mecánicas hasta un 50%.
	Química	No contiene cloruros, ni ningún ingrediente promotor de la corrosión.
	Cemento	Sustituye el porcentaje de nano partículas de cemento en la mezcla.

Nota. Características extraídas de las especificaciones técnicas del producto.

### 3.1.2. Resultados con respecto al objetivo específico b).

#### 3.1.2.1. Diseño de Mezclas de CP para $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Luego de haber determinado las características de los agregados pétreos, se procedió a determinar el diseño de mezclas mediante el método del ACI 211.1, de lo cual se obtuvieron resultados para el diseño de mezcla de un concreto convencional para resistencias de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Los resultados que se muestran en párrafos posteriores corresponden al desarrollo del **Objetivo específico b).**

#### Diseño de mezcla de prueba

Inicialmente para obtener el diseño de mezclas óptimo en el marco del ACI, se realizó el diseño de mezclas de prueba con la finalidad de comprobar si las dosificaciones que se muestran a continuación cumplen con los requerimientos mínimos establecidos, para ello se realizó en base a tres factores de seguridad, con un 0%, 50% y 100% para resistencias de un  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  ver Tablas 35 y 36.

**Tabla XXXV**  
**Diseño de mezclas de prueba del concreto con un  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ , para escoger el más óptimo en función a su factor de seguridad**

Descripción	Resistencias de diseño $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$		
	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
	Factor de seguridad		
	0%	50%	100%
Relación A/C	0.746	0.719	0.661
Cemento ( $\text{Kg/m}^3$ )	337	372	405
Cemento ( $\text{bls/m}^3$ )	7.9	8.8	9.5
Agua (Lts)	252	268	267
Agregado Fino ( $\text{Kg/m}^3$ )	877	797	778
Agregado Grueso ( $\text{Kg/m}^3$ )	872	881	886
<b>Elección de diseños de mezclas de prueba para <math>175 \text{ Kg/cm}^2</math></b>			
	<b>Diseño 1</b>	<b>Diseño 2</b>	<b>Diseño 3</b>

<b>F'c (Kg/cm<sup>2</sup>) a los 7 días P1</b>	133.456	166.397	186.777
<b>F'c (Kg/cm<sup>2</sup>) a los 7 días P2</b>	132.764	164.138	186.011
<b>F'c (%)</b>	76.063	94.439	106.511

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

De acuerdo a los diseños realizados de prueba para un  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> se eligió el Diseño 1 con un factor de seguridad al 0%, con una resistencia promedio (F'c %) de 76.063% que es mayor al porcentaje establecido como mínimo por el RNE de un 75%.

**Tabla XXXVI**  
**Diseño de mezclas de prueba del concreto con un  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, para escoger el más óptimo en función a su factor de seguridad**

Descripción	Resistencias de diseño $F'c= 210$ Kg/cm <sup>2</sup>		
	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
	Factor de seguridad		
	0%	50%	100%
<b>Relación A/C</b>	0.681	0.648	0.585
<b>Cemento (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	368	412	460
<b>Cemento (bls/m<sup>3</sup>)</b>	8.7	9.7	10.8
<b>Agua (Lts)</b>	250	267	270
<b>Agregado Fino (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	844	760	739
<b>Agregado Grueso (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	866	879	892
Elección de diseños de mezclas de prueba para 210 Kg/cm <sup>2</sup>			
	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
<b>F'c (Kg/cm<sup>2</sup>) a los 7 días P1</b>	159.607	171.119	195.572
<b>F'c (Kg/cm<sup>2</sup>) a los 7 días P2</b>	162.465	173.932	201.926
<b>F'c (%)</b>	76.684	82.155	94.643

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

De acuerdo a los diseños realizados de prueba para un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> se eligió el Diseño 1 con un factor de seguridad al 0%, con una resistencia promedio (F'c %) de 76.684% que es mayor al porcentaje establecido como mínimo por el RNE de un 75%. Asimismo, en

la Tabla 37 se muestra el diseño de mezcla para un CP de acuerdo a ambas resistencias planteadas en el estudio.

**Tabla XXXVII**  
**Diseño de mezclas del CP de cada resistencia diseñada**

Descripción	Resistencias de diseño de mezclas	
	F'c= 175 Kg/cm <sup>2</sup>	F'c= 210 Kg/cm <sup>2</sup>
Relación A/C	0.746	0.681
Cemento (Kg/m <sup>3</sup> )	337	367
Agua (Lts)	252	250
Agregado Fino (Kg/m <sup>3</sup> )	877	846
Agregado Grueso (Kg/m <sup>3</sup> )	872	866

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

### 3.1.2.2. **Diseño de mezclas de CP con adiciones de PR seleccionado.**

Cabe indicar que en el numeral 3.1.2 Elección del tipo de PR se ensayó con un porcentaje de 25% de PE, De lo cual se verificó que, con el Tecnopor recortado en forma rectangular se obtuvo densidades con tendencia a ser un concreto estructural no ligero. Por ello, en base a investigaciones detalladas en la presente investigación con la adición de 30%, 40%, 50% y 60% de PE en reemplazo del volumen del agregado grueso se tiene los siguientes resultados que se muestra en las Tablas 38 y 39, resultados que corresponden a diseños de f'c=175 kg/cm<sup>2</sup> y f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>.

Asimismo, en el **Anexo IX** se muestra de manera más detallada los datos del diseño de mezcla mostrado. Los resultados corresponden al **objetivo específico b).**

**Tabla XXXVIII**  
**Diseño de mezcla del CP incorporando porcentaje de PR para una resistencia de f'c=175 Kg/cm<sup>2</sup>**

Descripción	Resistencias de diseño F'c = 175 Kg/cm <sup>2</sup>
-------------	---

	<b>30PR</b>	<b>40PR</b>	<b>50PR</b>	<b>60PR</b>
<b>Relación A/C</b>	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>Cemento (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	337	337	337	337
<b>Agua (Lts)</b>	252	252	252	252
<b>Agregado Fino (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	877	877	877	877
<b>Agregado Grueso (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	871.86	871.81	871.77	871.72
<b>Polímero reciclado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	0.137	0.182	0.228	0.273

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**Tabla XXXIX**  
**Diseño de mezcla del CP incorporando porcentaje de PR para una resistencia de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$**

<b>Descripción</b>	<b>Resistencias de diseño <math>F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2</math></b>			
	<b>30PR</b>	<b>40PR</b>	<b>50PR</b>	<b>60PR</b>
<b>Relación A/C</b>	0.68	0.68	0.68	0.68
<b>Cemento (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	367	367	367	367
<b>Agua (Lts)</b>	250	250	250	250
<b>Agregado Fino (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	846	846	846	846
<b>Agregado Grueso (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	865.86	865.81	865.77	865.72
<b>Polímero reciclado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	0.136	0.137	0.137	0.137

Nota. Información obtenida de los resultados de laboratorio.

### **3.1.2.3. Diseño de mezclas de CP con adiciones del óptimo contenido de PR y N.**

En las Tablas 40 y 41 se muestran los diseños de mezcla para las resistencias de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> con adiciones de 0.6N+50PR, 1.0PR, 1.4N+50PR y 1.8%N+50PR de N y PR respectivamente en función del peso del cemento y el volumen del agregado grueso según corresponda. De igual manera, ver **Anexo X**

Cabe mencionar que los siguientes resultados se encuentran en base al cumplimiento del **objetivo específico b)**.

**Tabla XL**  
**Diseño de mezcla del CP incorporando porcentajes de N y PR para una resistencia de**  
 **$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$**

Descripción	Resistencias de diseño $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$			
	0.6N + 50PR	1.0N + 50PR	1.4N + 50PR	1.8N + 50PR
Relación A/C	0.75	0.75	0.75	0.75
Cemento ( $\text{Kg/m}^3$ )	334.980	333.63	332.28	330.93
Agua (Lts)	252	252	252	252
Agregado Fino ( $\text{Kg/m}^3$ )	877	877	877	877
Agregado Grueso ( $\text{Kg/m}^3$ )	871.77	871.77	871.77	871.77
Nanosílice ( $\text{Kg/m}^3$ )	2.022	3.370	4.718	6.070
Polímero reciclado ( $\text{Kg/m}^3$ )	0.228	0.228	0.228	0.228

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

**Tabla XLI**  
**Diseño de mezcla del CP incorporando porcentajes de N y PR para una resistencia de**  
 **$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$**

Descripción	Resistencias de diseño $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$			
	0.6N + 50PR	1.0N + 50PR	1.4N + 50PR	1.8N + 50PR
Relación A/C	0.68	0.68	0.68	0.68
Cemento ( $\text{Kg/m}^3$ )	364.8	36332	361.85	360.4
Agua (Lts)	250	250	250	250
Agregado Fino ( $\text{Kg/m}^3$ )	846	846	846	846
Agregado Grueso ( $\text{Kg/m}^3$ )	865.77	865.77	865.77	865.77
Nanosílice ( $\text{Kg/m}^3$ )	2.208	3.68	5.152	6.6
Polímero reciclado ( $\text{Kg/m}^3$ )	0.226	0.226	0.226	0.226

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

### **3.1.3. Resultados con respecto al objetivo específico c y d).**

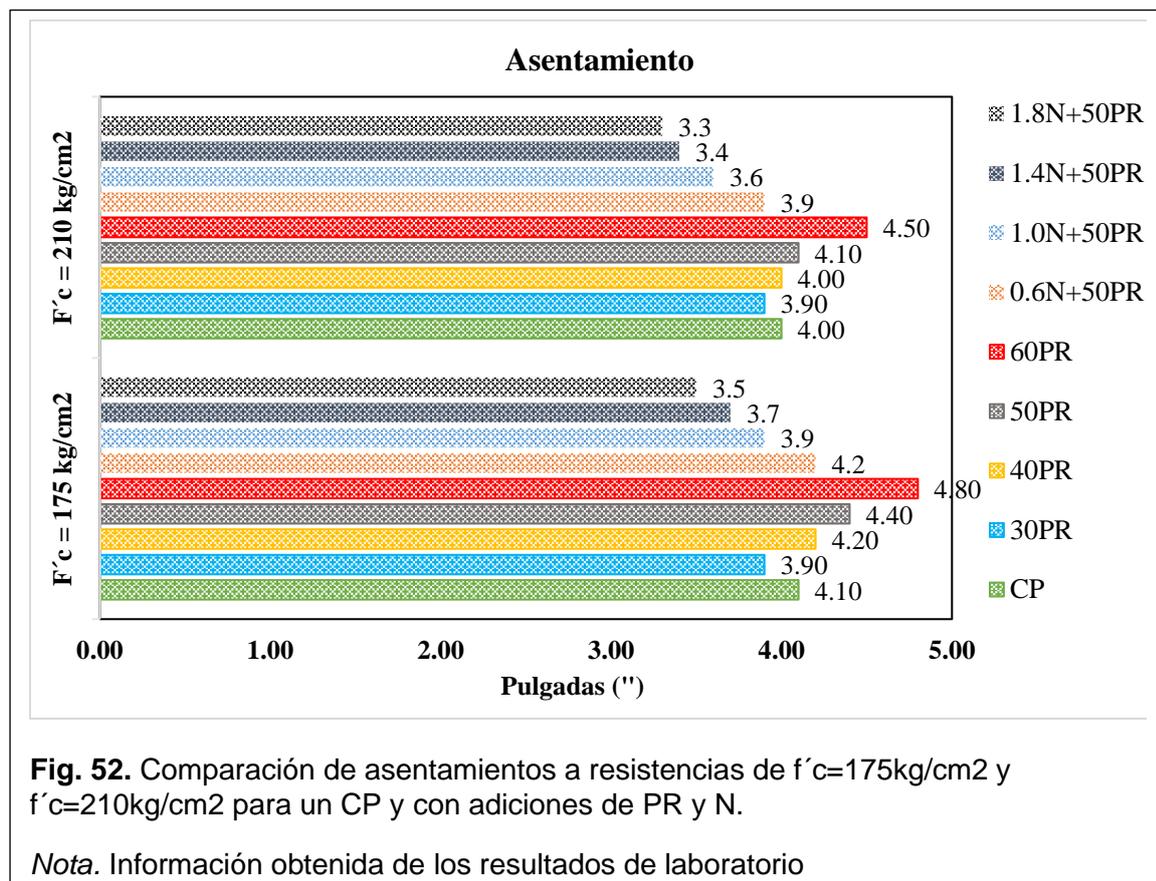
#### **3.1.3.1. Propiedades físicas del concreto patrón (CP) y con adiciones de PR y N.**

En el siguiente apartado se muestra los resultados de las características físicas del concreto en estado fresco como: Temperatura, Asentamiento, Peso unitario y Contenido de

Aire. El presente acápite corresponde al desarrollo del **objetivo específico c y d)**. En el **ANEXO XI** se detallan los informes de los ensayos en mención.

### 3.1.3.1.1. Asentamiento

En la figura 52, se observa la data arrojada en el ensayo de asentamiento para diseños de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup> de un CP y adiciones de N con PR, del ensayo se tiene que los asentamiento oscilan entre un rango de 3" a 4.80", así mismo, se observa un incremento del asentamiento al incorporar el 50% y 60% de PR, por otro lado, se observa una reducción del asentamiento a medida que se incorpora porcentajes de 0.6%, 1.0%, 1.4% y 1.8 de aditivo, concluyendo que a mayor porcentaje de N el asentamiento disminuye.

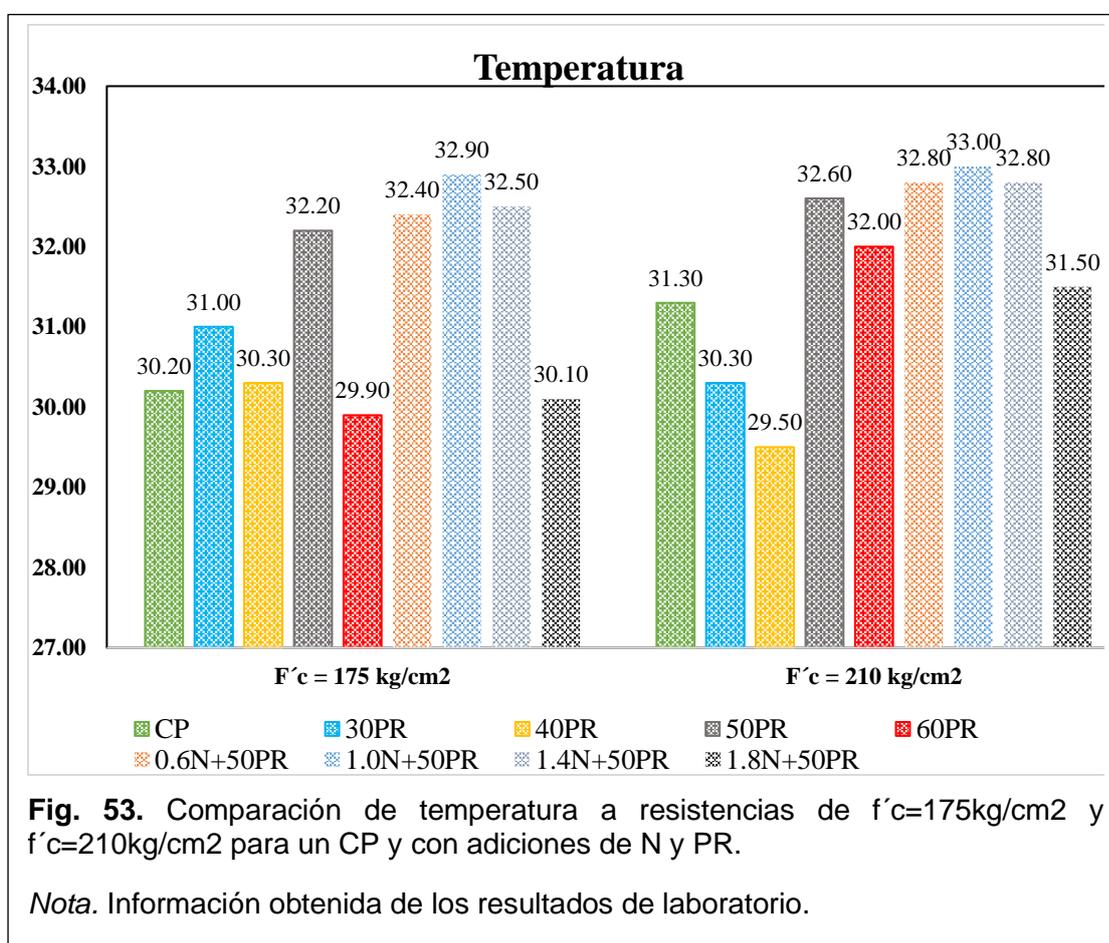


**Fig. 52.** Comparación de asentamientos a resistencias de f'c=175kg/cm<sup>2</sup> y f'c=210kg/cm<sup>2</sup> para un CP y con adiciones de PR y N.

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio

### 3.1.3.1.2. Temperatura

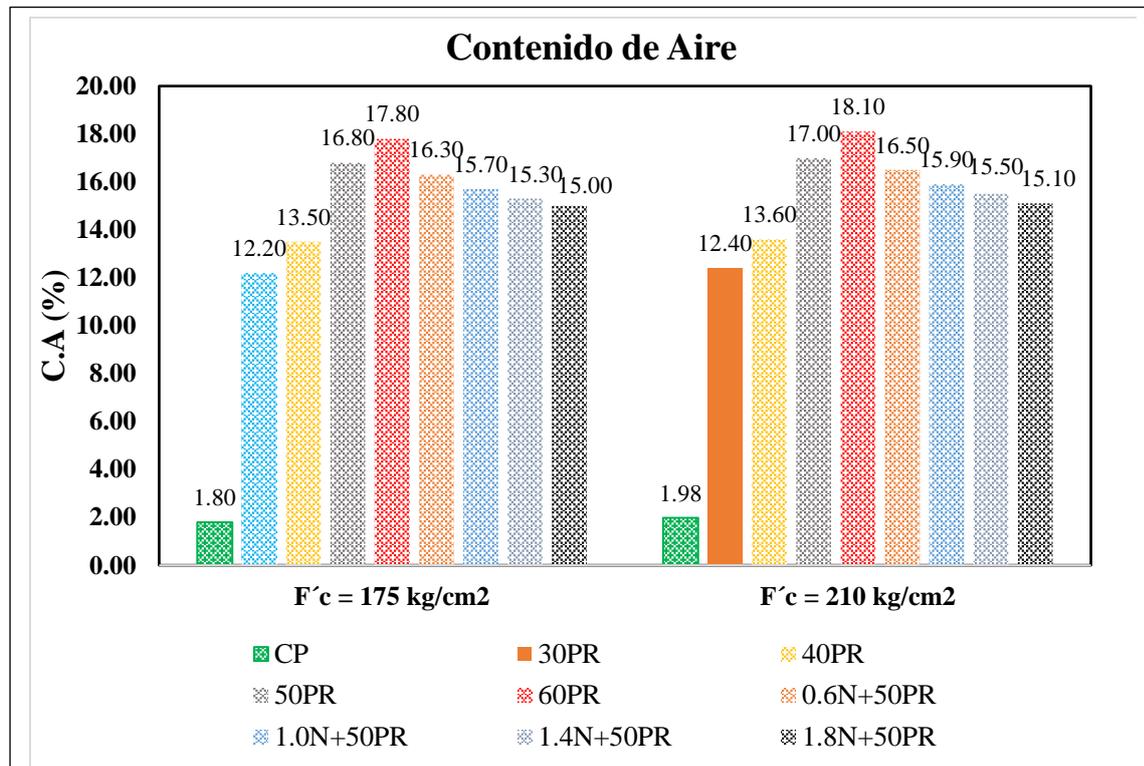
En el figura 53, se observa las temperaturas obtenidas para cada diseño de resistencia 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>, del ensayo se tiene que con 50 PR y 60PR se tienen temperaturas de 32.20 y 32.60 °C respectivamente, así mismo al incorporar el PR en un 50% la temperatura del concreto fresco incrementa en un rango de 1.3°C a 2°C en comparación a la muestra patrón, Por otro lado, del gráfico también se muestra que con incorporaciones de 0.6%, 1.0%, 1.4% y 1.8 de N la temperatura va en aumento; los resultados son establecidos según parámetros de la NTP 339.046 y ASTM C1064M.



### 3.1.3.1.3. Contenido de aire

El PR (Tecnopor) materia de estudio en la presente investigación es un material aireado, que al incorporar al concreto en una proporción del 50% presenta porcentaje de aire entre los rangos 15 a 17 para resistencias de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>, En la figura 54 se

muestra los resultados del ensayo, donde se muestra que con 60PR se tiene mayor contenido de aire en ambos diseños, por otro lado, también se aprecia que con la incorporación del 50% de PR va disminuyendo conforme se aumente el porcentaje de N, se muestra el aumento considerable de aire en el concreto a comparación con el CP



**Fig. 54.** Comparación de Contenido de aire para resistencias de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para un CP y con adiciones de N y PR.

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

### 3.1.3.1.4. Peso unitario del concreto

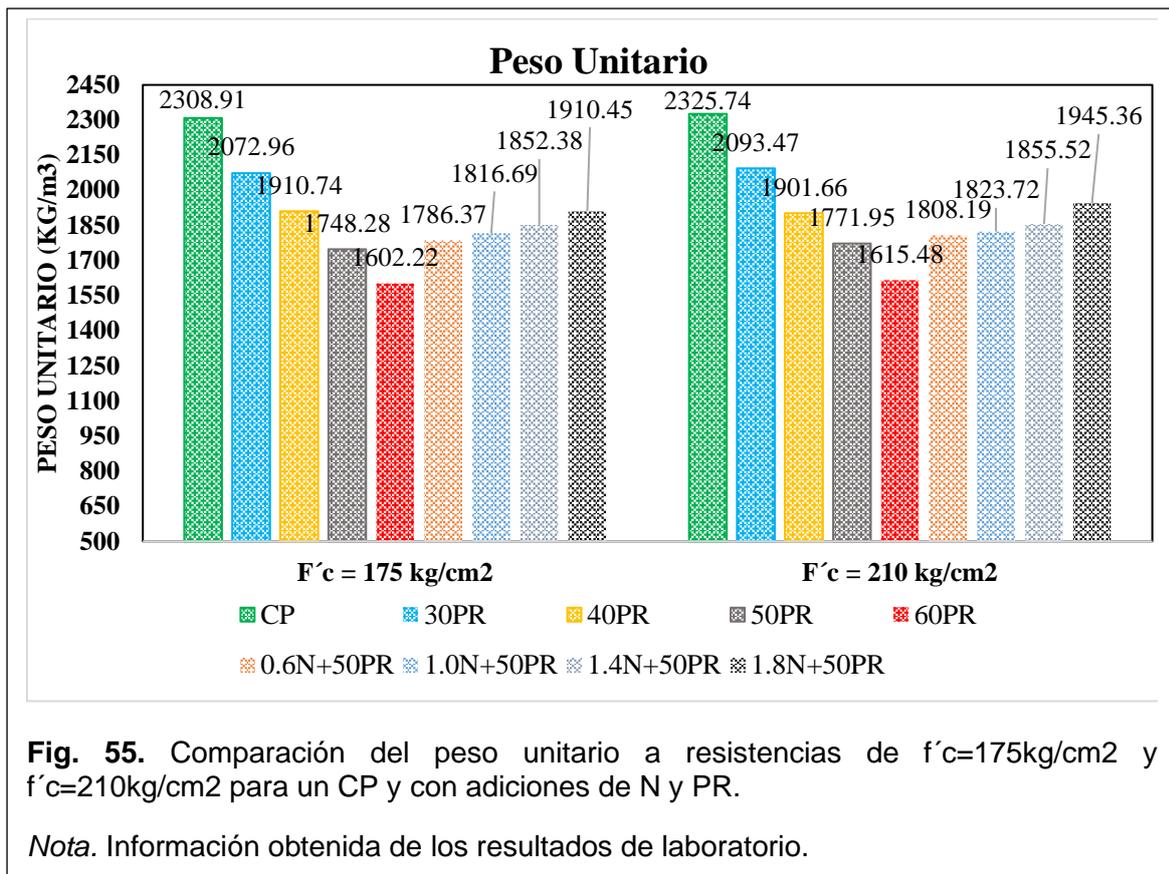
**Tabla XLII**  
Pesos de las muestras en estado fresco de ambas resistencias  $175\text{kg/cm}^2$  y  $210\text{kg/cm}^2$

Descripción	Peso de muestras en estado fresco	
	$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
CP	12487	12578
30PR	11194	11322
40PR	10318	10284
50PR	9455	9583
60PR	8652	8737
0.6N+50PR	9661	9779

<b>1.0N+50PR</b>	9825	9863
<b>1.4N+50PR</b>	10018	10035
<b>1.8N+50PR</b>	10332	10521
<b>Peso del recipiente (gr)</b>	210	
<b>Altura del recipiente (m)</b>	0.302	
<b>Diámetro del recipiente (m)</b>	0.151	
<b>Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)</b>	0.00541	

*Nota.* Información obtenida de los resultados de laboratorio.

En la figura 55, se muestra la data arrojada en el ensayo de peso unitario donde se determinó que las densidades obtenidas se redujeron significativamente respecto a los diseños de control CP de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup> con valores de 2308.91 kg/m<sup>3</sup> y 2325.74 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, de los cuales, se redujo en hasta un 30% con 60PR estimando una densidad promedio de 1600 kg/m<sup>3</sup> siendo muy liviana para producir un concreto estructural, a diferencia de una reducción del 24% con 50PR que tuvo un valor de 1748.28 kg/m<sup>3</sup> y 1771.95 kg/m<sup>3</sup> para diseños de 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, estableciéndose como una densidad óptima el 50PR que no supera ni disminuye excesivamente una densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup>. Por otra parte, mediante con las combinaciones de N y PR, se determinó que el N permitió contrarrestar los efectos del PR logrando una reducción promedio menos considerable en la densidad para 175kg/cm<sup>2</sup> del 22%, 21%, 19% y 17% con 0.6N+50PR, 1.0N+50PR, 1.4N+50PR, 1.8N+50PR respectivamente a diferencia del CP, siendo similar los resultados para 210kg/cm<sup>2</sup>.



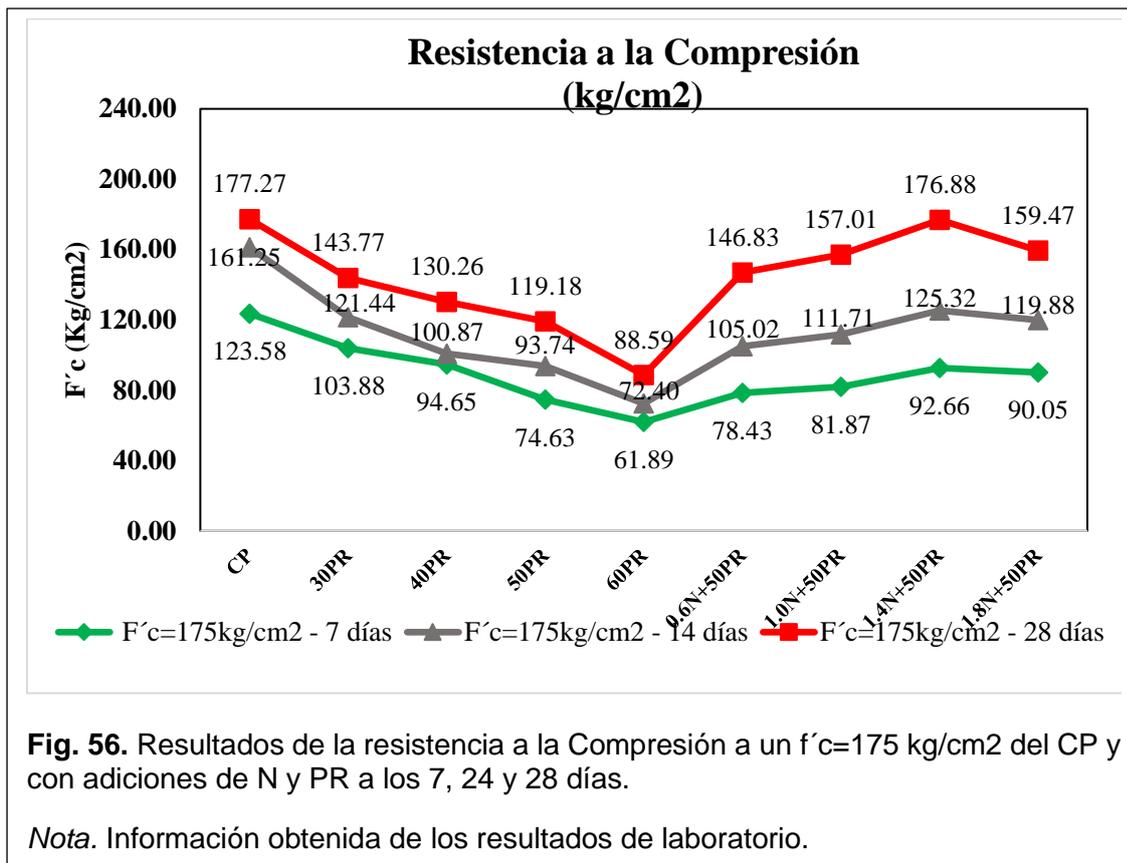
### 3.1.3.2. **Propiedades mecánicas del CP y con adiciones de PR y N.**

A continuación, se muestra los resultados de la evaluación realizada a las propiedades mecánicas del CP y con adiciones en cuanto a su (resistencia a la compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad), estos ensayos se realizaron en base a rotura de probetas, ensayadas a tres edades diferentes (7, 14 y 28 días). Los resultados que se muestran se encuentran en base al desarrollo del **objetivo específico c) y d)**. Ver **ANEXO XII**

#### 3.1.3.2.1. **Resistencia a la Compresión axial**

##### A. **Resistencia a compresión del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7, 14 y 28 días de curado para $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .**

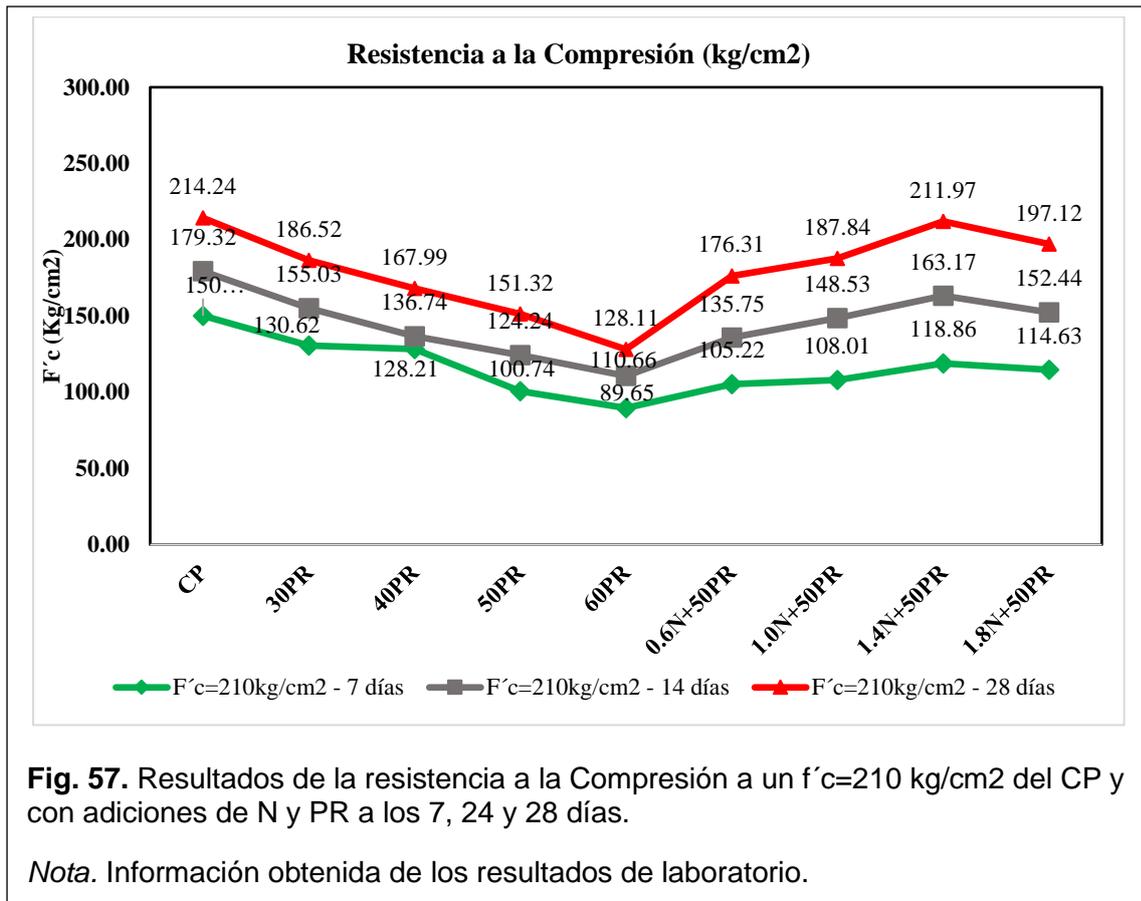
En la figura 56, se detallan los resultados de esfuerzo a compresión axial obtenidos en la rotura de testigos del CP y concreto con adiciones en base a los días de curado respectivos, para mayor detalle en el **Anexo XII**.



De los resultados obtenidos, se muestra en la figura 56 que la resistencia para el diseño de 175kg/cm<sup>2</sup> se reduce considerablemente en hasta un 50% con 60PR y un 32.7% con 50PR a los 28 días, seguido de reducciones del 26.52% y 18.90% con un 40PR y 30PR respectivamente, por otra parte, en las combinaciones con adiciones de N se logró mitigar el excesivo deterioro, alcanzando menor reducción de un 17% y 11% con 0.6N+50PR y 1.0N+50PR respectivamente a los 28 días, no obstante, con 1.4N+50PR alcanzó un valor de 176.88 kg/cm<sup>2</sup> similar a 177.27 kg/cm<sup>2</sup> del CP de diseño  $f_c=175$ kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, con 1.8N+50PR su resistencia empieza a reducir.

**B. Resistencia a compresión del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7, 14 y 28 días de curado para  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.**

En la figura 57, se data los resultados de esfuerzo a compresión obtenidos de la rotura de testigos de CP y concreto con adiciones en base a los días de curado, Ver **Anexo XII**.

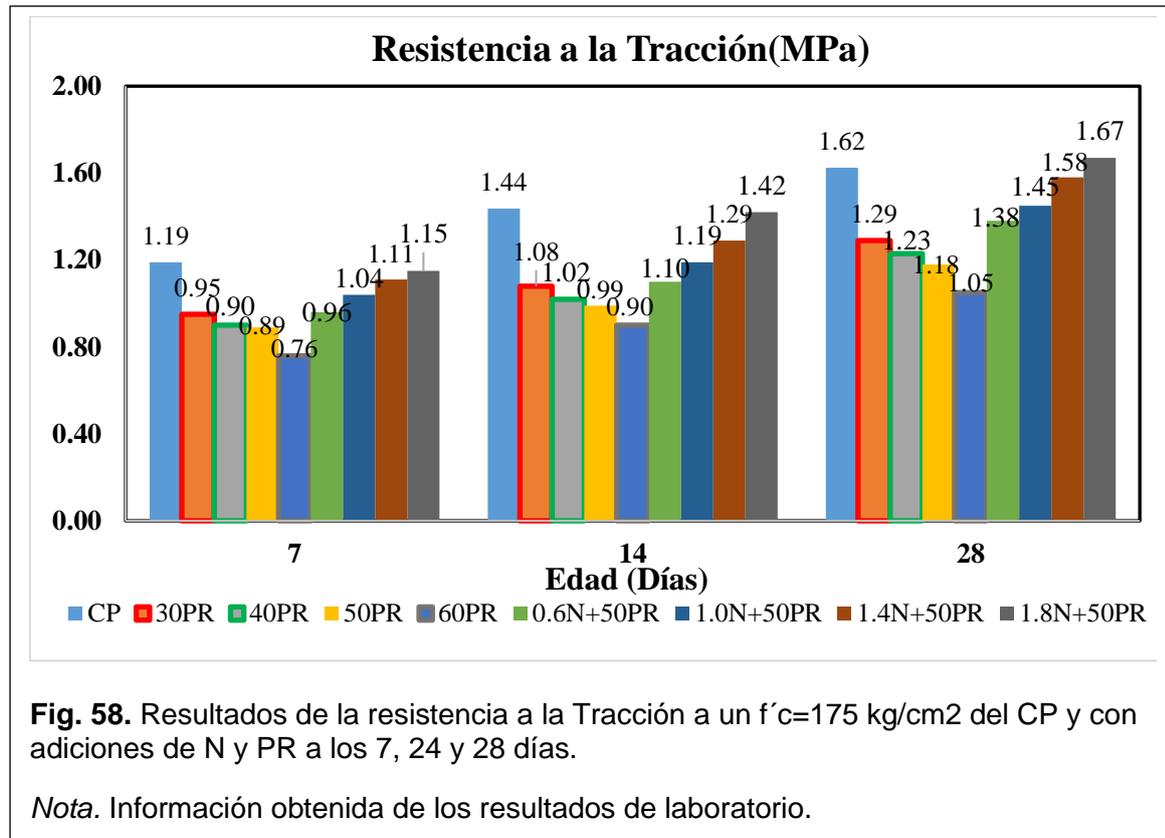


De los resultados obtenidos, se observó que a los 28 días de curado con un porcentaje de 1.4% N + 50% PR se alcanzó una resistencia de 211.97 kg/cm<sup>2</sup>, estableciéndose ligeramente por debajo de la resistencia del CP con una resistencia de 214.24 kg/cm<sup>2</sup>. La figura 57 también detalla que para una resistencia 210kg/cm<sup>2</sup> se tuvo reducciones, estimando una disminución máxima del 40.20% con 60PR a los 28 días, no obstante, mediante combinaciones de 0.6N+50PR y 1.0N+50PR se redujo un 17.7% y 12% respectivamente, pero con 1.4N+50PR se comparó con el diseño de 210kg/cm<sup>2</sup> con un valor de 211.97 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, con una dosificación mayor del 1.8N+50PR empieza a reducir ligeramente de manera progresiva.

### 3.1.3.2.2. Resistencia a la Tracción

**A. Resistencia a tracción del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7, 14 y 28 días de curado para  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup>.**

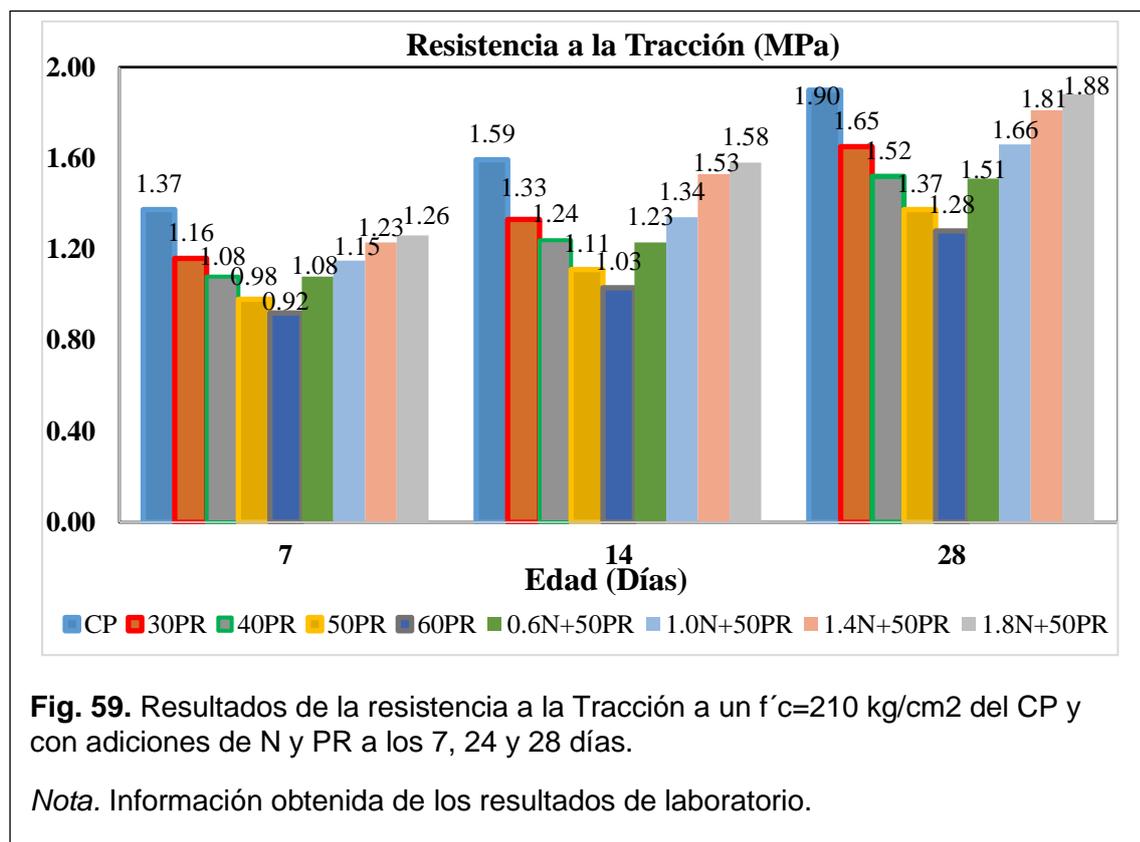
En la figura 58, se muestran las datos de esfuerzo final a tracción obtenido de la rotura de testigos de CP y concreto con adiciones respecto a los días de curado, Ver el **Anexo XII**.



Los resultados obtenidos en resistencia a la tracción para  $f_c=175$ kg/cm<sup>2</sup> arrojan un deterioro significativo de hasta un 20.60%, 24.30%, 27.13% y 35.37% con 30PR, 40PR, 50PR y 60PR respectivamente a los 28 días respecto al CP, por otra parte, dosificaciones con combinaciones ocasionaron una menor reducción en la resistencia, donde con 0.6N+50PR, 1.0N+50PR y 1.4N+50PR disminuyó un 15%, 11% y 2.7% equivalente a valores de 1.38MPa, 1.45MPa y 1.58MPa respectivamente a diferencia de un incremento no significativo del 3% con 1.8N+50PR en relación a CP, estableciendo una mejora conforme incrementa el contenido de N mínimamente. Con 1.4N+50PR se obtuvo a 1.58 MPa de resistencia, dicho porcentaje es el que está más cerca de la resistencia del CP que cuenta con 1.62 MPa.

**B. Resistencia a tracción del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7, 14 y 28 días de curado para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

En la figura 59, se datan los resultados de esfuerzo final a tracción obtenido de la rotura de testigos de CP y concreto con adiciones respecto a los días de curado, Ver el **Anexo XII**

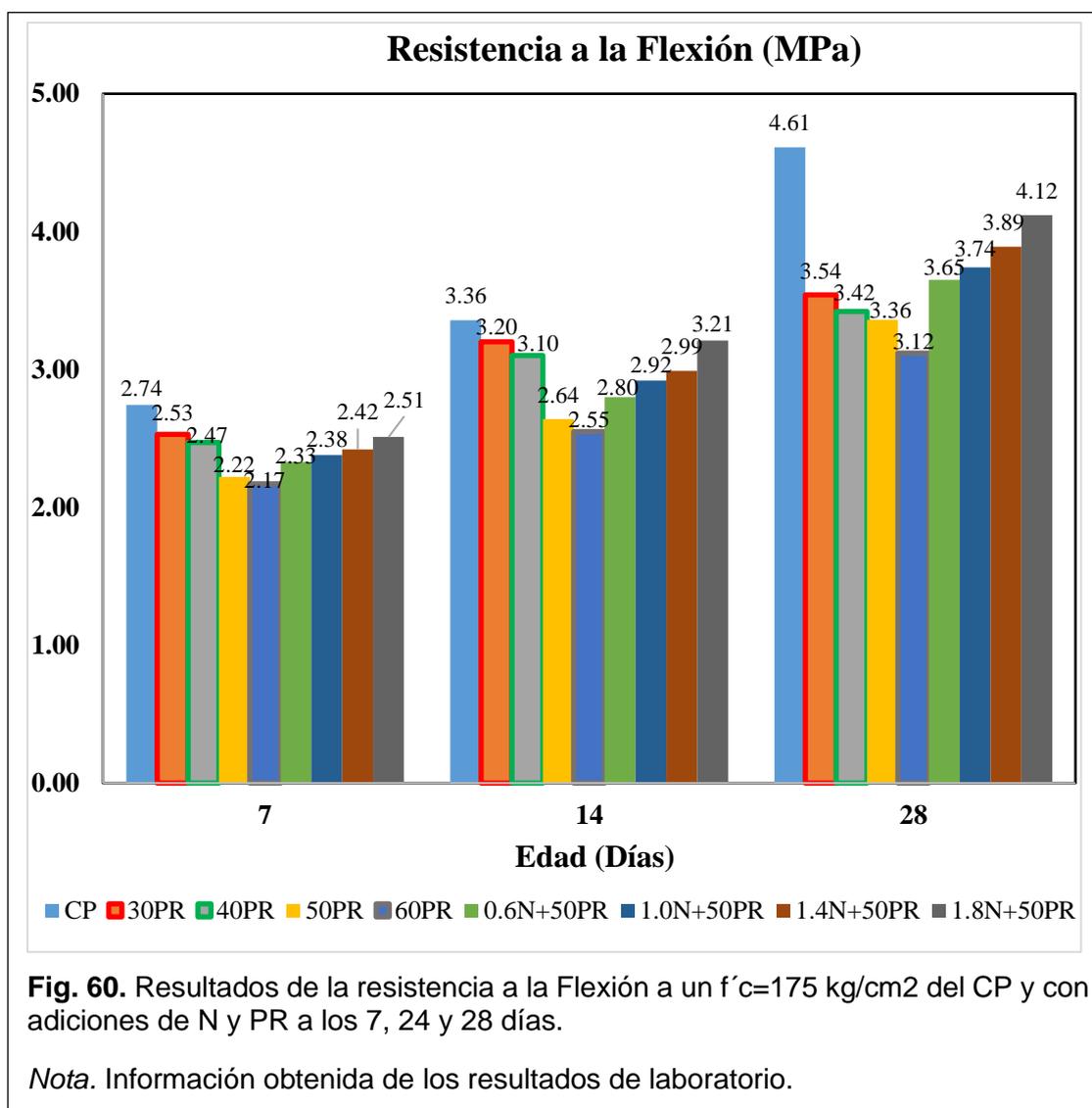


Los resultados para  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  muestran que con 60PR su resistencia se vio afectada en hasta un 32.61% equivalente a 1.28 MPa y mínimamente en un 13% con 30PR, por otra parte, mediante las combinaciones se obtuvo valores comparables al CP con dosificaciones de 1.4N+50PR, estimando una reducción mínima del 4.7%, sin embargo, a diferencia de M1 con 1.8N+50PR no incrementó pero si obtuvo un valor de 1.88MPa comparable al CP , además, se obtuvo reducciones de un 20.7% y un 12.5% con 0.6N+50PR y 1.0N+50PR respectivamente evaluado a los 28 días. se observó también que a los 28 días de curado se logró obtener un mayor incremento con un porcentaje combinado de 1.4% N + 50% PR llegando a 1.81 MPa de resistencia, sin embargo, se encuentra ligeramente por debajo de la resistencia del CP con un resultado de 1.90 MPa.

### 3.1.3.2.3. Resistencia a la Flexión

#### A. Resistencia a flexión del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7, 14 y 28 días de curado para $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .

En la figura 60, se muestran los resultados del esfuerzo final a flexión obtenido de la rotura de viguetas de CP y concreto con adiciones luego de sus respectivos días de curado, para mayor detalle en el **Anexo XIII** se muestra cada uno de los resultados del ensayo a la Flexión.



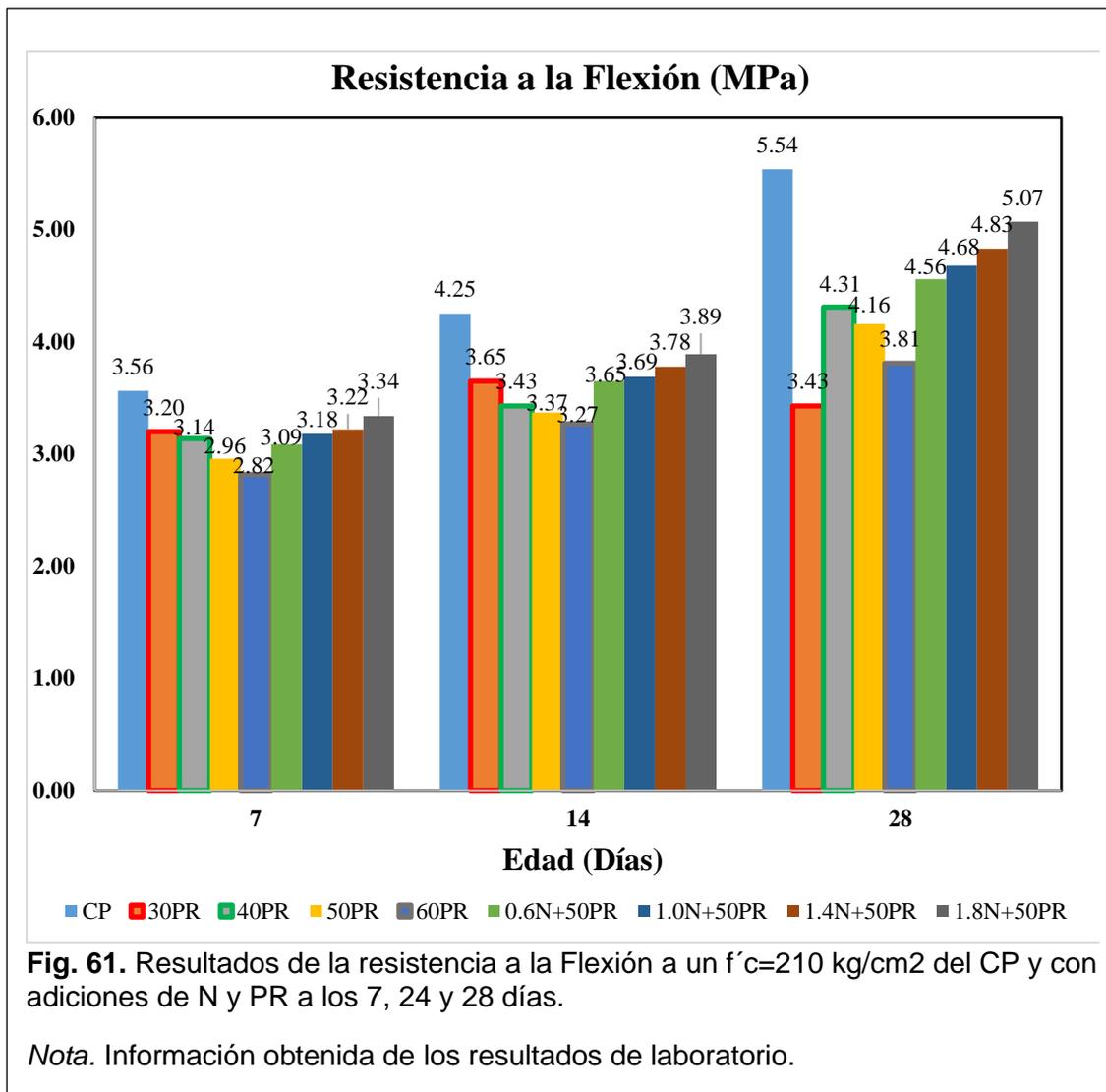
Se observó que a los 28 días de curado la resistencia a flexión de las muestras experimentales no logra alcanzar la resistencia del CP de 4.61 MPa, mostrando que la incorporación única de 50% PR reduce significativamente esta resistencia con un resultado

de 3.36 MPa, sin embargo, se obtiene un mayor incremento con 1.4%N + 50% PR llegando a alcanzar los 3.89 MPa a diferencia de los otros porcentajes.

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión para  $F_c=175\text{kg/cm}^2$  arrojan que el CP tiene un valor de 4.61 MPa, disminuyéndose de manera progresiva a mayor contenido de PR, donde dosificaciones de 60PR y 50PR se redujeron significativamente un 32.35% y 27.18% respectivamente a los 28 días, por otra parte, mediante la incorporación de N se obtuvo reducciones que no superan el 20%, estimando a los 28 días la reducción de la resistencia en un 10.67%, 15.6%, 19% y 20.8% con 1.8N+50PR, 1.4N+50PR, 1.0N+50PR y 1.4N+50PR respectivamente a diferencia del diseño CP.

**B. Resistencia a flexión del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7, 14 y 28 días de curado para  $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

En la figura 61, se observa los resultados del esfuerzo final a flexión obtenido de la rotura de viguetas de CP y concreto con adiciones luego de sus respectivos días de curado, para mayor detalle en el **Anexo XIII** se muestra cada uno de los resultados del ensayo a la Flexión.

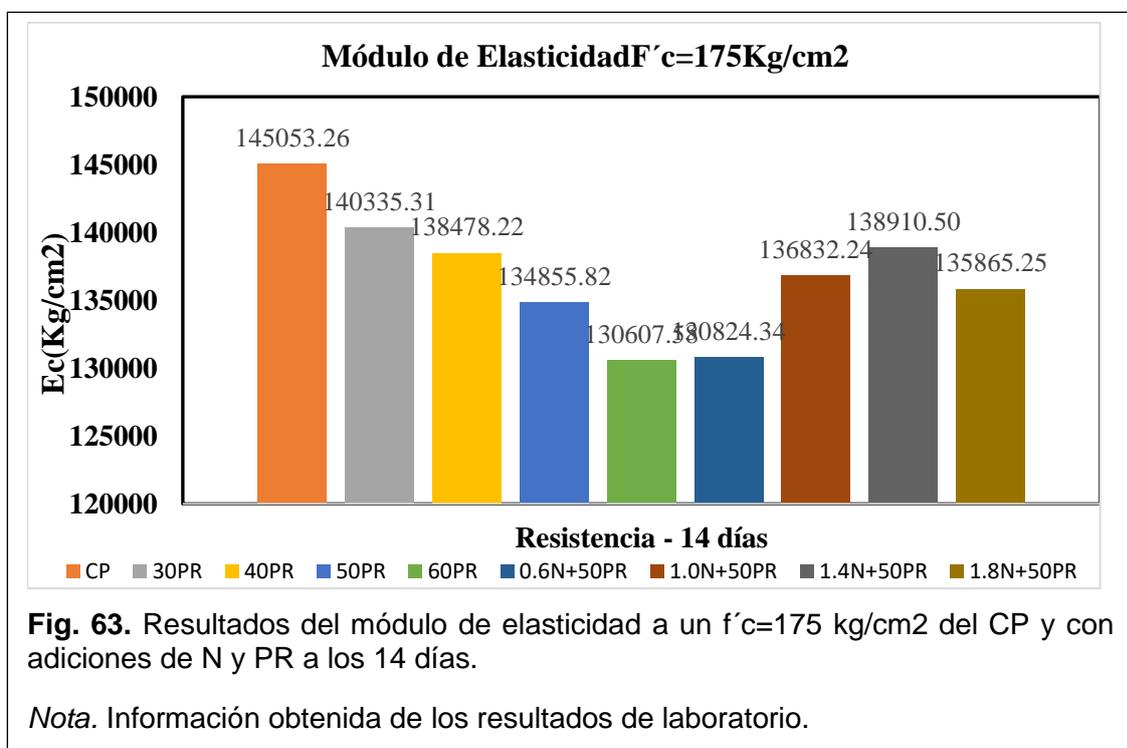
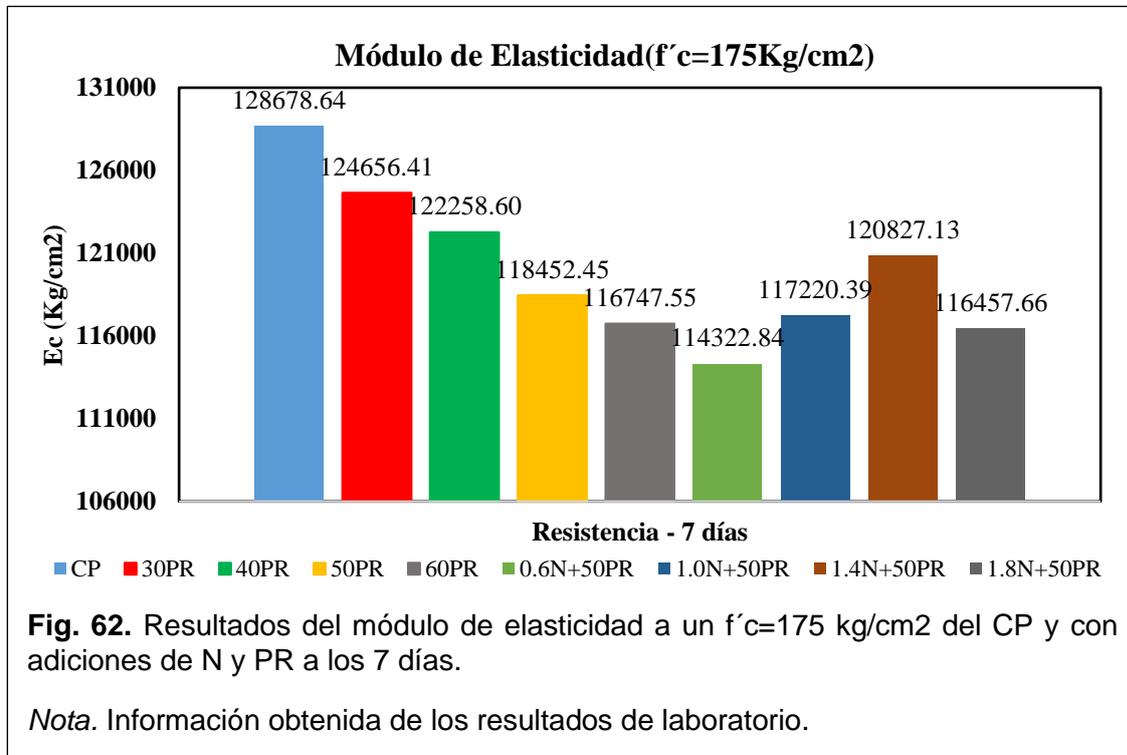


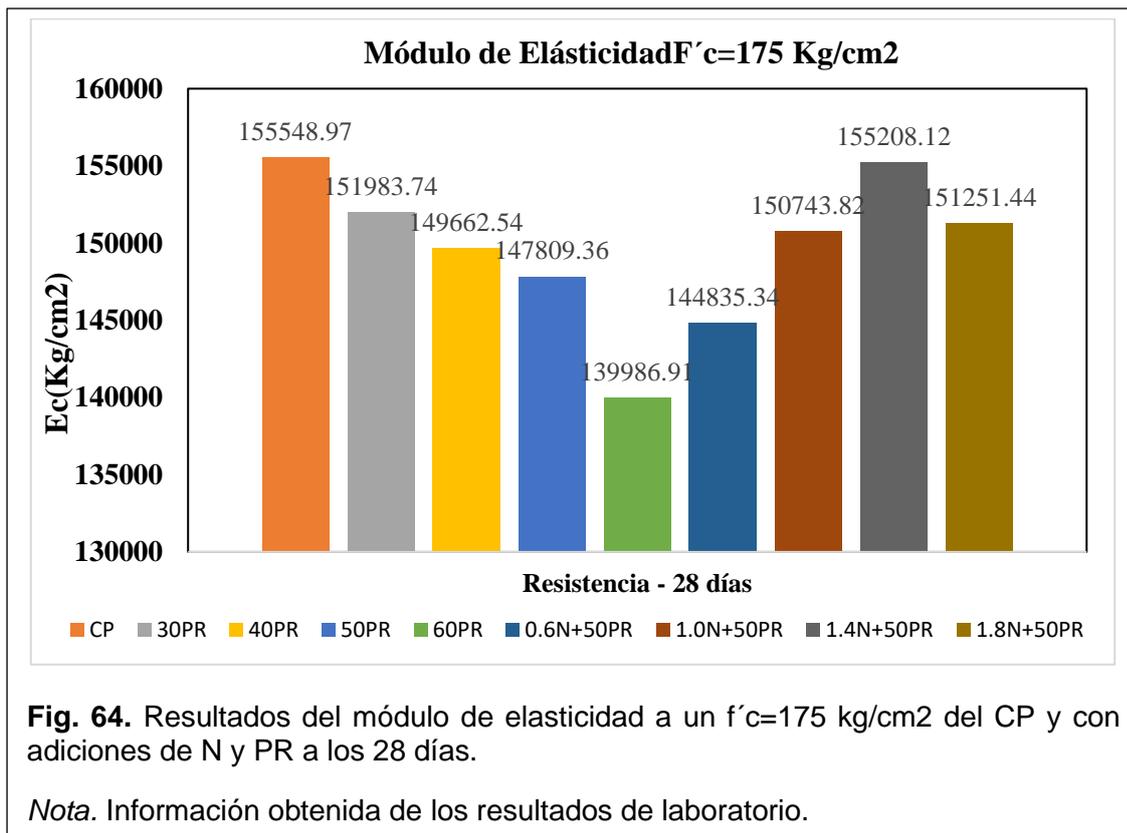
Por su parte muestra los resultados para una resistencia 210kg/cm<sup>2</sup>, donde se resalta una reducción mínima del 17.64% y máxima del 31.20% con 30PR y 60PR respectivamente, por otra parte, mediante combinaciones se obtuvo una reducción mínima del 8.43% con 1.8N+50PR equivalente a un valor de 5.07MPa respecto al CP que tuvo un valor de 5.54 MPa a los 28 días. se observó también que a los 28 días de curado la resistencia a flexión varia significativamente respecto al CP con 5.54 MPa, donde la resistencia más baja es de 4.16 MPa con 50% PR.

### 3.1.3.2.4. Módulo de Elasticidad

**A. Módulo de elasticidad estática del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7,14 Y 28 días de curado para  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup>.**

En la figura 62,63 y 64, se observan los resultados del ensayo de módulo de elasticidad realizado a los testigos cilíndricos de CP y concreto con adiciones de acuerdo a los días de curado, Ver **Anexo XIII**.

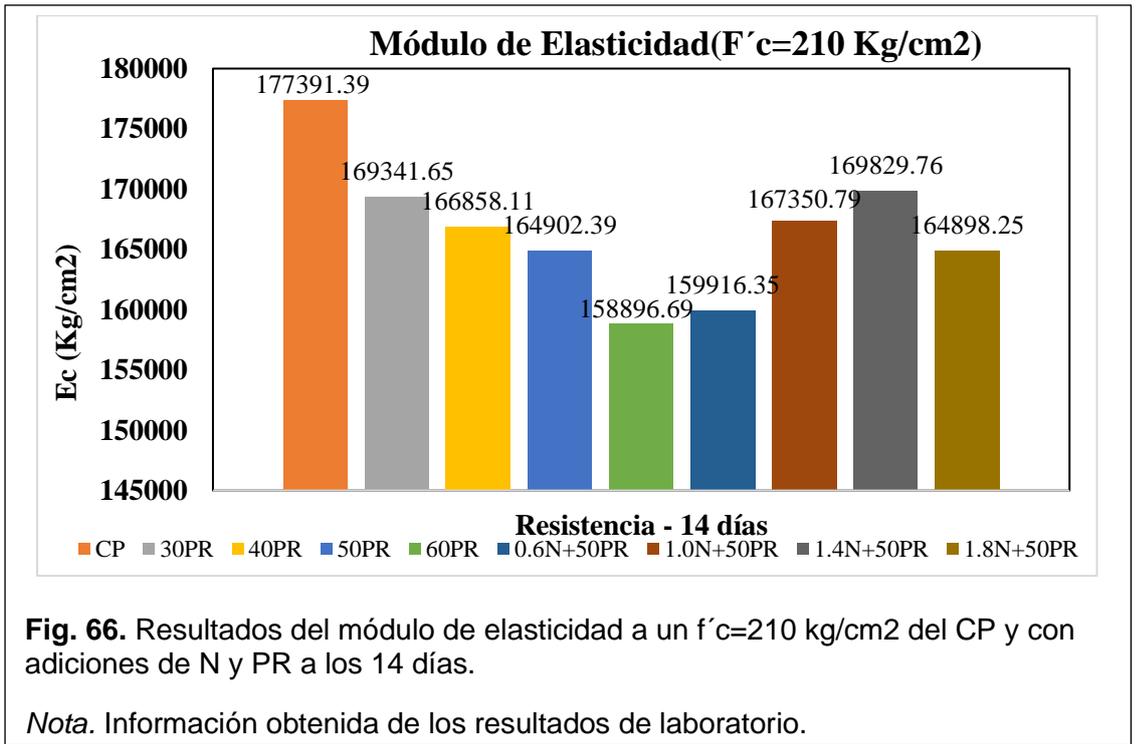
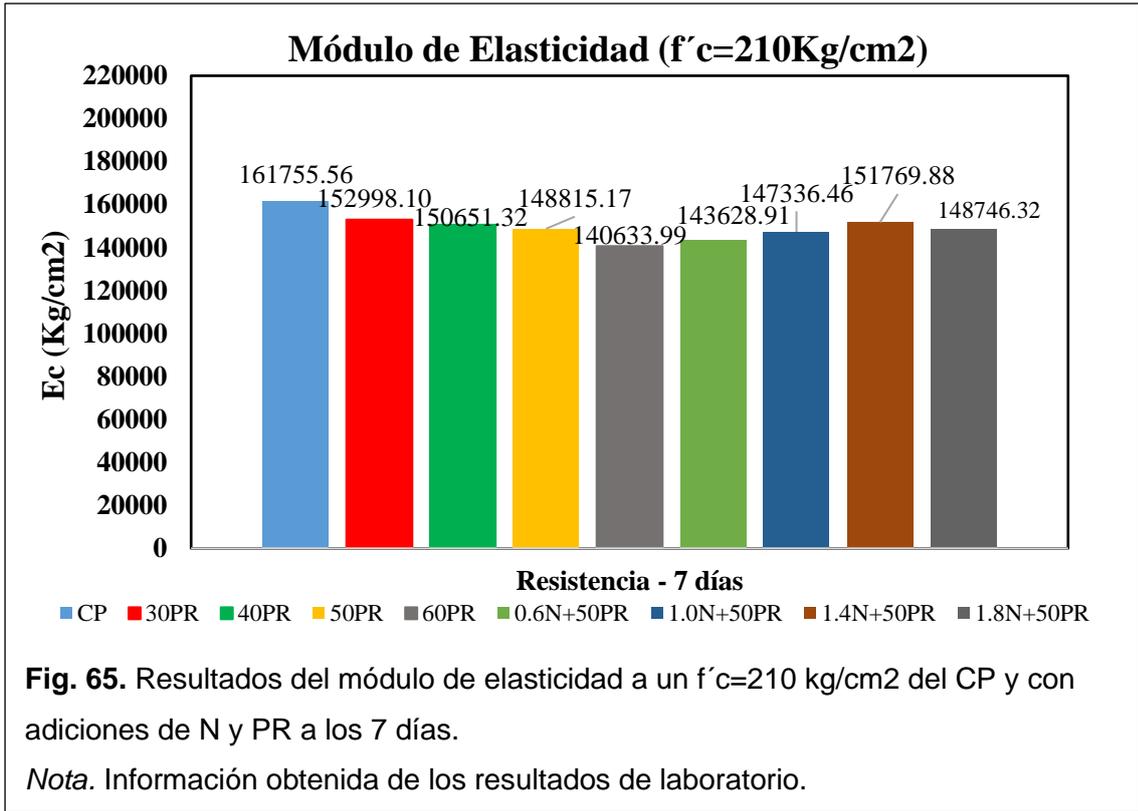


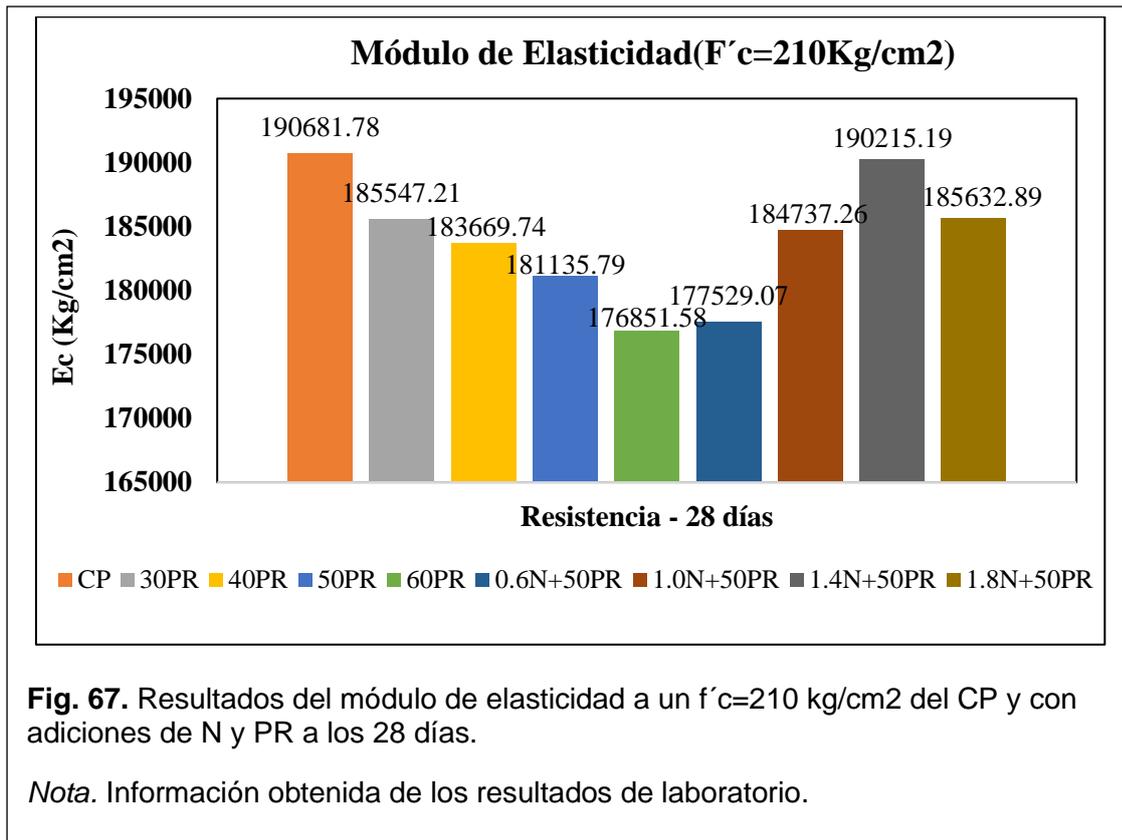


En el ensayo de módulo elástico para  $F_c=175\text{kg/cm}^2$ , se obtuvo valores no significativos determinando que su resistencia se redujo ligeramente en un 5% y 10% con 50PR y 60PR a los 28 días, con 30PR y 40PR la reducción no fue significativa, por otra parte, mediante adiciones de N en combinaciones de 1.4N+50PR su módulo es comparable al CP, sin embargo, diseños de 1.0N+50PR, 1.4N+50PR y 1.8N+50PR ocasionaron una disminución de un 3%, 6.9% y 2.7% respectivamente respecto a CP.

#### **B. Módulo de elasticidad estática del CP y con adiciones de PR y N a la edad de 7,14 y 28 días de curado para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

En la figura 65,66 y 67, se observan los resultados del ensayo de módulo de elasticidad realizado a los testigos cilíndricos de CP y concreto con adiciones de acuerdo a los días de curado respectivamente, para mayor detalle en el **Anexo XIII** se muestra cada uno de los resultados obtenidos del presente ensayo.





Los resultados para  $210\text{kg/cm}^2$ , determinan que se obtuvo una reducción máxima de 7.25% a los 28 días con 60PR, sin embargo, mediante combinaciones con N la mejor dosificación fue de 1.4N+50PR con un módulo comparable al de la muestra CP, seguida de 1.8N+50PR y 1.0+50PR con una reducción no significativa de 2% y 3% respectivamente; Así mismo, también se observó que con 1.4%N+50%PR se obtiene un mayor resultado de  $E_c=190215.19\text{ kg/cm}^2$  a diferencia de las otras muestras de adición, no obstante, se encuentra ligeramente por debajo del CP con un módulo de elasticidad de  $190681.78\text{ Kg/cm}^2$ .

### 3.2. Discusión

Luego del estudio a 5 canteras principales de la Región Lambayeque: 3 Tomas (Ferreañafe), La victoria (Pátapo), Pacherez (Pucalá), 7 techos (Reque) y Castro I (Zaña), se determinó que el agregado fino óptimo proviene de la cantera la victoria (Pátapo) y el agregado grueso óptimo proviene de la cantera Pacherez (Pucalá),

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con un incremento en las medidas del asentamiento como es el estudio de [26], quienes señalan que la incorporación

de PR ocasiona incrementos de más del 100% respecto a su diseño control con 50PR reduciéndose su asentamiento con menor contenido de PR, asimismo, [19] determinaron que el PR en el concreto fresco genera un aumento significativo en la medida del asentamiento de hasta un 80% con 45% de PR y un poco más de un 100% con 60% de PR respecto su diseño control. Por otra parte, se comprobó que con el N los efectos son contrarios produciendo una reducción en la trabajabilidad como señalan [21] reduciéndose un 5% y un 12.5% con 1N y 2N respectivamente en comparación con el concreto base, de igual manera, [27] reafirma una disminución de la medida de asentamiento con 1N y 2N en un 10.5% y 18% respectivamente a diferencia del concreto sin adiciones.

A diferencia del incremento considerable del contenido de aire a causa del PR, se comprueba que el N presenta efectos diferentes, tal como, [10] demostraron similarmente una ligera reducción del contenido de aire mediante incorporaciones de N, reduciéndose un 14% con 1N y 3% con 2N, asimismo, [22] y [23] en su estudio experimental determinaron que el N en la mezcla de concreto actúa como relleno de vacíos debido a sus partículas de tamaño nanométrico y en estado líquido.

Se comprueba que los resultados obtenidos son comparables con el estudio de [27], quienes establecen que de acuerdo a mayor contenido de PR menor será su densidad, alcanzaron una reducción de hasta 20% con un 40PR respecto a su diseño control, de igual manera, [25] alcanzó reducciones en la densidad de hasta 35% con un 45PR, asimismo, [19] reafirma con porcentajes de reducción similares de hasta un 25.6% y 30% con 45PR y 60PR respectivamente. Por otra parte, [26] superaron masivamente a los diferentes análisis con una disminución de más del 100% de su densidad con dosificaciones 50PR.

En base a la literatura expuesta se comprueba que los resultados obtenidos en la compresión son comparables con el estudio de [24], donde determinaron su resistencia se redujo significativamente con PR en hasta un 73% con dosificaciones de 40PR a los 28 días de curado respecto a su diseño control, asimismo, [25] en su evaluación alcanzó una reducción del 75% aplicando un 45PR como sustituto del agregado grueso, no obstante, [26] obtuvieron resultados más similares al presente estudio con una disminución del 50% de su

resistencia con 50PR de sustitución por volumen de agregado, de igual manera, lo comprueba quienes obtuvieron una reducción del 53% con 60PR. Por otra parte, se corrobora que las adiciones de N incrementan significativamente la resistencia a los 28 días como demuestra [21], con incrementos del 8.8% y 17.7% mediante diseños de 1N y 2N respectivamente, siendo [27] quienes comprueban lo mencionado en su estudio, obtuvieron aumentos del 17% y 31.3% con 1N y 2N respectivamente, no obstante, [5] demostró un incremento no significativo con 1N del 8% a diferencia de su muestra control.

Los resultados obtenidos a los 28 días concuerdan con el estudio de [19], quienes mediante un análisis experimental de PR en el concreto alcanzó una reducción del 38% con 60PR, no obstante, [26] determinó que la reducción de su resistencia no fue tan significativa con 50PR estimando un porcentaje del 5.8% respecto al diseño control. Por otra parte, se concuerda con [27] que la incorporación de N les permitió incrementar en hasta un 12.5% y 10.25% con 1N y 2N respectivamente, sin embargo, [21] en su estudio solo obtuvieron aumentos de hasta un 4.35 con 1N y 8.4% con 2N.

Los resultados obtenidos concuerdan parcialmente que mediante adiciones de PR se reduce de la resistencia a flexión como demuestran [26], quienes determinaron una reducción del 15% con una dosificación de 50PR, no obstante, se comprueba que la incorporación parcial de N permite elevar su resistencia como [21] en su estudio, quienes incrementaron un 3.8 y 7.8% con 1N y 2N respectivamente a diferencia de su diseño control, asimismo, [20] alcanzó aumentos no significativos de 1.7% y 2.5% con 1N y 2N respectivamente, no obstante, [5] obtuvo una reducción del 15% con 1N y un aumento del 13% con 2N.

Los resultados obtenidos difieren en gran medida con la literatura expuesta como demuestra [24], quienes luego de su evaluación experimental sustituyendo PR por volumen de agregado obtuvieron una reducción de hasta un 71% del módulo patrón con 40PR, de igual manera, concuerda con [19] quienes obtuvieron resultados similares con una reducción del 63% con un 60PR respecto a su diseño control.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Del estudio a los agregados pétreos y polímero reciclado, se concluye que el agregado fino y grueso más óptimo proviene de la cantera “La victoria – Pátapo” y la cantera “Pacherrez – Pucalá” respectivamente y el polímero reciclado (Tecnopor) cortado en forma cuadrada de 6mm x 6mm es el más óptimo para la elaboración de un concreto estructural ligero.
- En la investigación se realizaron 18 diseños de mezcla, 9 corresponden para resistencia de diseño de  $f_c=175\text{kg/cm}^2$  y 9 para el diseño de  $f_c= 210\text{kg/cm}^2$ , en los que se denotan el Concreto Patrón (CP), el Polímero Reciclado(PR) y adiciones con Nanosílice(N), concluyendo que para una resistencia de diseño de  $175\text{kg/cm}^2$  se tiene una relación a/c en todas su mezclas de 0.75 y una relación a/c de 0.68 para resistencia de diseño de  $210\text{kg/cm}^2$ , en las mezclas con CP, 30PR, 40PR, 50PR, 60PR, 0.6N+50PR, 1.0N+50PR, 1.4N+50PR y 1.8N+50PR.
- El análisis experimental en base al comportamiento físico y mecánico del concreto con materiales alternativos como sustitutos de manera parcial como el PR por volumen de agregado grueso y el N por peso de cemento, han permitido concluir lo siguiente:
  - Las propiedades físicas tuvieron un efecto significativo en el asentamiento generando que con 60 PR incremente las medidas en hasta un 17.07% para  $F'c=175\text{ kg/cm}^2$  y un 12.5% para  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  a diferencia de 50PR con valores que no superan en 7%, se resalta que el N redujo en hasta un 20% con 1.8N+50PR, no obstante, el contenido de aire tuvo mayor efecto significativo incrementándose en todas las dosificaciones de PR y combinaciones con N por encima del 100% respecto al CP, debido a los altos porcentajes de aire que contiene el PR, sin embargo, incorporaciones de N permitió contrarrestar ligeramente en hasta un 11% con 1.8N+50PR respecto al diseño de 50PR, por otra parte, mediante el ensayo de peso unitario se logró determinar cómo dosificación óptima para un concreto estructural ligero con

un diseño de 50PR que redujo en un 24% respecto al CP a diferencia del 60PR que su disminución fue excesiva con un 30% menos, no obstante, se logró mitigar parcialmente con un diseño de 1.8N+50PR reduciéndose a solo 17%.

- Las propiedades mecánicas sufrieron un deterioro considerable a los 28 días de curado mediante la adición parcial de PR reduciéndose la compresión en un porcentaje máximo de 50% con 60PR y mínimo del 18.90% con 30PR, de igual manera, la tracción y flexión presentaron reducciones promedio en hasta un 34% y 31% respectivamente para  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  y  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  con 60PR, no obstante, el módulo elástico del concreto presento una disminución del 10% con 60PR y 5% con 50PR, sin embargo, mediante la aplicación de N se logró alcanzar las resistencias promedio de CP ( $F'c=175\text{kg/cm}^2$ ) y CP ( $F'c=210\text{kg/cm}^2$ ) con 1.4N+50PR en la resistencia a la compresión y módulo elástico, sin embargo, dicho diseño tuvo menor resistencia en tracción y flexión a diferencia de una dosificación de 1.8N+50PR que mostró valores más comparables a de CP ( $F'c=175\text{kg/cm}^2$ ) y CP ( $F'c=210\text{kg/cm}^2$ )
- Se concluye que la dosificación óptima para la producción de concretos estructurales de baja densidad es de 1.4N+50PR, estimando valores similares en las resistencias mecánicas al del CP ( $F'c=175\text{kg/cm}^2$ ) y CP ( $F'c=210\text{kg/cm}^2$ ) , asimismo, el contenido de PR no debe ser excesivo en más del 50% y el N en porcentajes no superiores al 2% debido que es un superplastificante de alto rendimiento.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda que toda investigación donde se involucre al concreto se realice los estudios de canteras de la zona en estudio a fin de conocer las características físicas del material a emplear en la elaboración de concretos, puesto que un material optimo permitirá tener mejores resultados en las propiedades físicas y mecánicas.
- Se recomienda tener en cuenta la dosificación recomendada del PR y el tipo de polímero al incorporar al concreto, puesto que el concreto estructural ligero requiere de densidades normadas, el exceso y otro tipo de polímero puede traer como

consecuencias la no obtención de un concreto ligero influenciándose en sus propiedades físicas y mecánicas.

- Se recomienda para los diseños de mezclas tener un control en la relación a/c, en el porcentaje de PR, así mismo se recomienda controlar los porcentajes de aditivo a incorporar, puesto que esto influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, un mal control de la incorporación de agua en la mezcla conllevaría a una inadecuada trabajabilidad.
- Se recomienda en el diseño de mezcla el uso del 50% de polímero reciclado en reemplazo del volumen del agregado grueso con 1.4% de Nanosilice en reemplazo del peso del cemento para llegar a tener un concreto estructural ligero con resistencias similares a 175kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>.
- Se recomienda hacer uso del concreto ligero en elementos estructurales como losas o columnas, su uso reduce las cargas muertas por su reducido peso unitario, conllevando a una disminución en el peso de la edificación ello en comparación al concreto convencional.

## REFERENCIAS

- [1] R. Faraj, H. Hama, A. Far, B. Hassan and K. Hogr, "Use of recycled plastic in self-compacting concrete: A comprehensive review on fresh and mechanical properties," *Journal of Building Engineering*, vol. 30, 2020.
- [2] P. Heru, Y. Rizki and T. Elly, "Direct Tensile Strength of Lightweight Concrete using Polypropylene," *Key Engineering Materials*, vol. 789, no. 1662-9795, pp. 131-136, 2019.
- [3] E. Rey, N. Almesfer, O. Saggi and J. Ingham, "Light-weight concrete with artificial aggregate manufactured from plastic waste," *Construction and Building Materials*, vol. 265, 2020.
- [4] F. Heidarneszhad, K. Jafari and T. Ozbakkaloglu, "Effect of polymer content and temperature on mechanical properties of lightweight polymer concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 260, p. 119853, 2020.
- [5] P. Sikora, T. Rucinska, D. Stephan, S. Chung and M. Abd Elrahman, "Evaluating the effects of nanosilica on the material properties of lightweight and ultra-lightweight concrete using image-based approaches," *Construction and Building Materials*, vol. 264, p. 120241, 2020.
- [6] D. Easwar y P. Asudeva, «Light weight concrete using expanded polystyrene beads,» *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, vol. 5, n° 9, pp. 705-707, 2018.
- [7] T. Chen, W. Wang and H. Wang, "Mechanical properties and ultrasonic velocity of lightweight aggregate concrete containing mineral powder materials," *Construction and Building Materials*, vol. 258, p. 119550, 2020.
- [8] M. Ibrahim, A. Ahmad, M. S. Barry, L. M. Alhems and A. C. Mohamed Suhoothi, "Durability of Structural Lightweight Concrete Containing Expanded Perlite Aggregate," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 14, no. 50, pp. 1-15, 2020.
- [9] F. Moutassem, «Ultra-lightweight eps concrete: Mixing procedure and predictive models for compressive strength,» *Civil Engineering and Architecture*, vol. 8, pp. 963-972, 2020.
- [10] M. Elrahman, S. Chung, P. Sikora, T. Rucinska and D. Stephan, "Influence of Nanosilica on Mechanical Properties, Sorptivity, and Microstructure of Lightweight Concrete," *Materials*, vol. 12, p. 3078, 2019.

- [11] M. Abd, P. Sikora, S. Yeop and D. Stephan, "The performance of ultra-lightweight foamed concrete incorporating nanosilica," *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol. 21, no. 79, p. 79, 2021.
- [12] M. Léctor y E. Viallareal, «Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo chimbote,» Chimbote, 2017.
- [13] E. Heredia y J. Pérez, «Análisis y evaluación del concreto ligero como concreto estructural usando como adición controlada poliestireno expandido modificado(meps) aplicado a una losa unidireccional para fines habitacionales,» Chimbote, 2018.
- [14] E. Ramirez, «Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosilice y puzolana natural en el Perú,» Lima, 2018.
- [15] F. Molina y H. Chara, «Influencia de la adición de nanosilice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de arequipa,» Arequipa, 2017.
- [16] W. Sanchez , «Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas ( $f'c=175\text{kg/Cm}^2$ ) distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Lambayeque,» Chiclayo, 2019.
- [17] Y. Rojas, «Centro piloto municipal de acopio y transformación de residuos sólidos inorganicos para reducir la contaminación y mejorar la conciencia ambiental en el distrito de la victoria,» Chiclayo, 2017.
- [18] M. Albitar, M. S. Mohamed Ali, P. Visintin and M. Drechsler, "Durability evaluation of geopolymer and conventional concretes," *Construction and Building Materials*, vol. 136, pp. 374-385, 2017.
- [19] H. Mohammed and O. Aayeel, "Flexural behavior of reinforced concrete beams containing recycled expandable polystyrene particles," *Journal of Building Engineering*, vol. 32, p. 101805, 2020.
- [20] R. Sldozian, Z. Mikhaleva and A. Tkachev, "Evaluation of the efficiency of lightweight concrete modified with additives based on nanostructures," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 693, p. 012009, 2019.
- [21] R. Roselin and M. Ravikumar, "Experimental investigation on concrete using nanosilica as mineral admixture," *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* , vol. 9, no. 6, pp. 1464-1469, 2018.
- [22] D. Chekravarty, A. Mallika, P. Sravana and S. Rao, "Effect of using nano silica on mechanical properties of normal strength concrete," *Materials Today: Proceedings*, vol. 51, pp. 2573-2578, 2022.

- [23] M. Elrahman, P. Sikora, S. Chung and D. Stephan, "The performance of ultra-lightweight foamed concrete incorporating nanosilica," *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol. 21, no. 79, pp. 1-16, 2021.
- [24] I. Nikbin and M. Golshekan, "The effect of expanded polystyrene synthetic particles on the fracture parameters, brittleness and mechanical properties of concrete," *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol. 94, pp. 160-172, 2018.
- [25] B. Rosca and A. Alexandru, "Study on influence of natural aggregate maximum size on compressive strength of polystyrene aggregate concrete of structural grade," *Materials Today: Proceedings*, vol. 61, pp. 433-439, 2022.
- [26] J. Wasiu and D. Baba , "Influence of chemical polymer additive on the physical and mechanical properties of expanded polystyrene concrete," *Acta Polytechnica*, vol. 6, no. 2, pp. 158-168, 2020.
- [27] S. Kumar, A. Kumar and J. Kujur, "Influence of nanosilica on mechanical and durability properties of concret," *Structures and Buildings*, vol. 172, no. 11, pp. 781-788, 2019.
- [28] B. Ayse, "Investigation of waste EPS foams modified by heart treatment method as concrete aggregate," *Journal of Building Engineering*, vol. 42, p. 102472, 2021.
- [29] H. Cabanillas, "Concreto de alta resistencia, utilizando nanosilice y superplastificante," Cajamarca, 2020.
- [30] E. Oliveros y D. Tapahuasco, «Influencia del concreto liviano en el desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de 10 pisos ubicada en Lima,» Lima, 2019.
- [31] J. Paulino y R. A. Espino, «Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú,» Lima, 2017.
- [32] C. Armas, «Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico,» Chiclayo, 2016.
- [33] B. Cantero, M. Bravo, J. Brito, I. F. Saez del Bosque and C. Medina, "Mechanical behaviour of structural concrete with ground recycled concrete cement and mixed recycled aggregate," *Journal of Cleaner Production*, vol. 275, p. 122913, 2020.
- [34] T. Timothy, R. Muhammad and L. Hieng, "Sustainable lightweight self-compacting concrete using oil palm shell and fly ash," *Construction and Building Materials*, vol. 264, p. 120590, 2020.
- [35] Y. Haryanto, A. Widyaningrum, G. Heri and A. Maryoto, "Mechanical properties of lightweight aggregate concrete reinforced with soda can waste fibre," *MATEC Web of Conferences*, vol. 138, pp. 1-10, 2017.

- [36] B. Herki, "Absorption Characteristics of Lightweight Concrete Containing Densified Polystyrene," *Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 8, pp. 594-609, 2017.
- [37] S. Saheed, Y. H. Mugahed, M. El-Zeadani, F. Nora, R. Fediuk, R. Alyousef and H. Alabduljabbar, "Structural behavior of out-of-plane loaded precast lightweight EPS-foam concrete C- shaped slabs," *Journal of Building Engineering*, vol. 33, p. 101597, 2020.
- [38] J. Hyung, S. Hoon, Y. Jin and S. Gul, "Structural Behavior of Durable Composite Sandwich Panels with High Performance Expanded Polystyrene Concrete," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 12, no. 21, 2018.
- [39] Y. Beju y J. Mandal, «Expanded polystyrene (EPS) geofom: preliminary characteristic evaluation,» *Procedia Engineering*, vol. 239, n° 189, 2017.
- [40] A. M. Jafarabad, M. Madhkhan and N. P. Sharifi, "Thermal and Mechanical Properties of PCM-Incorporated Normal and Lightweight Concretes Containing Silica Fume," *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 46, no. 7, pp. 643-656, 2019.
- [41] N. H. Ramili, S. A. Syaerah and M. K. Abdul, "Application of expanded polystyrene (EPS) in buildings and constructions: A review," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 136, no. 47529, pp. 1-11, 2019.
- [42] X. Wang, F. Cheng, Y. Wang, X. Zhang and H. Niu, "Impact Properties of Recycled Aggregate Concrete with Nanosilica Modification," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, pp. 1-10, 2020.
- [43] D. V. Kim, L. N. Cong, L. T. Van and S. I. Bazhenova, "Foamed concrete containing various amounts of organic-mineral additives," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1425, 2020.
- [44] Z. Wang, Z. Huang and T. Yang, "Silica coated expanded polystyrene/cement composites with improved fire resistance, smoke suppression and mechanical strength," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 240, p. 122190, 2020.
- [45] V. N. Yarmakovskiy y D. Z. Kadiev, «Physical and chemical bases, structural and technological models of constructional thermal insulating lightweight concrete creating,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 896, 2020.
- [46] Q. You, L. Miao, C. Li, H. Fang and X. Liang, "Study on the Fatigue and Durability Behavior of Structural Expanded Polystyrene Concretes," *Materials*, vol. 12, no. 18, p. 2882, Setiembre 2019.
- [47] C. Vilau y M. Dudescu, «Investigation of Mechanical Behaviour of Expanded Polystyrene Under Compressive and Bending Loadings,» *MATERIALE PLASTICE*, vol. 57, n° 2, pp. 199-207, 2020.

- [48] B. Akinyemi, J. Ojediran, O. Olawale and S. Ayanwola, "Efficacy of expanded polystyrene as fine aggregate in cement mortars modified with latex paint as an alternative to polymer admixture," *The Mechanical Behavior of Materials*, pp. 163-168, 2020.
- [49] A. Hajimohammadi, A. Hajimohammadi, T. Duc, P. Mendis and A. Kashani, "Alkali activated slag foams: The effect of the alkali reaction on foam characteristics," *J. Cleaner prod.*, no. 147, pp. 330-339, 2017.
- [50] A. Trabelsi y Z. Kammoun, «Mechanical properties and impact resistance of a high-strength lightweight concrete incorporating prickly pear fibres,» *Construction and Building Materials*, vol. 262, 2020.
- [51] S. Zorilla, «Introducción a la metodología de la investigación,» 2017.

# **ANEXOS**

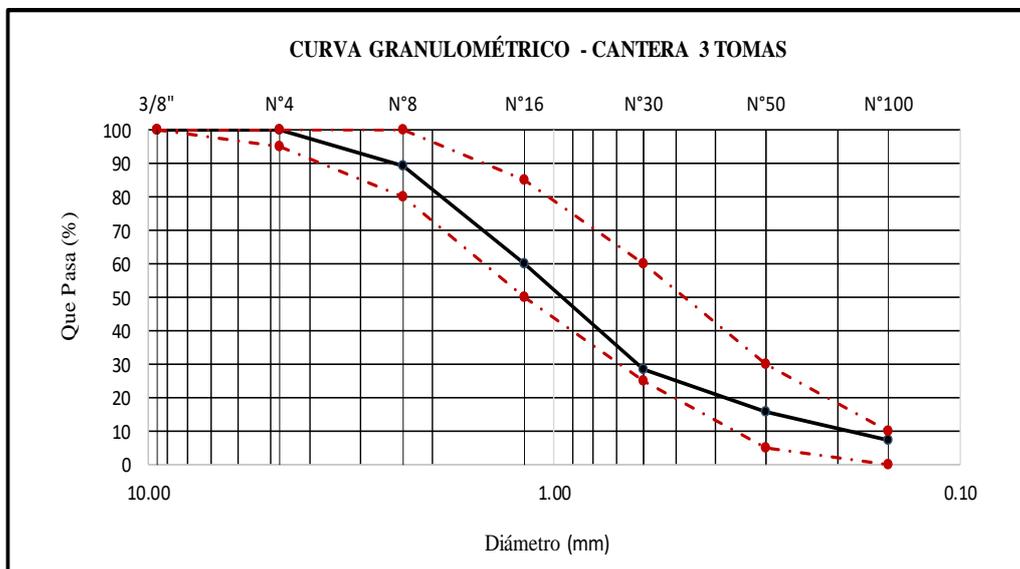
**ANEXO I: Estudio de canteras - Ensayo Granulométrico (Agregado Fino y Agregado Grueso)**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROVINCIA CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de apertura : **18/02/2021**  
 ENSAYO : **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**  
 NORMA : **N.T.P. 400.012**

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera : 3 TOMAS - FERREÑAFE**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITE DE APROBACIÓN
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	95 - 100
Nº 8	2.360	10.7	10.7	89.3	80 - 100
Nº 16	1.180	29.2	40.0	60.0	50 - 85
Nº 30	0.600	31.6	71.6	28.4	25 - 60
Nº 50	0.300	12.7	84.3	15.7	5 - 30
Nº 100	0.150	8.4	92.7	7.3	0 - 10

**MÓDULO DE FINEZA**
**2.99**

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

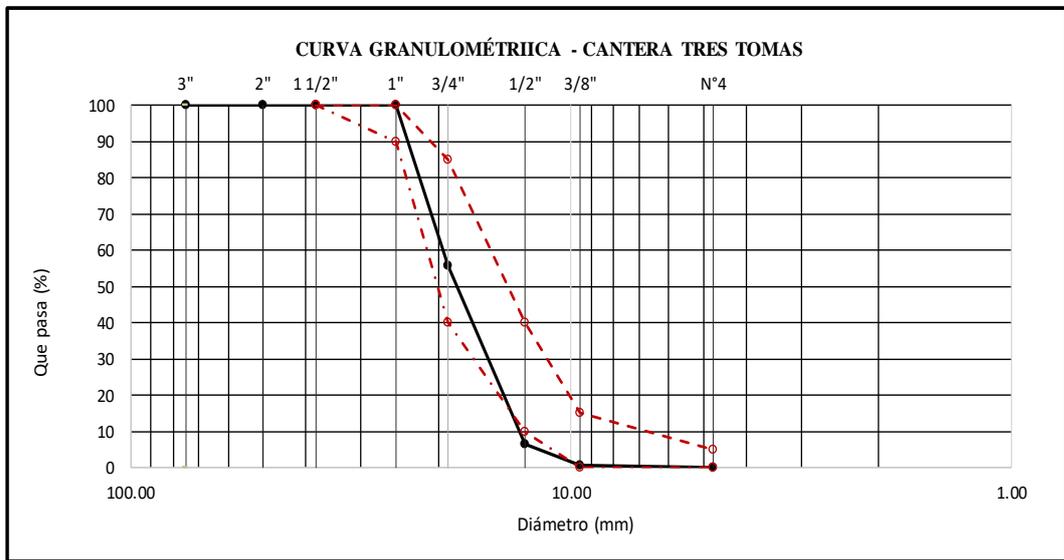
Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMERO RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
					<b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	44.1	44.1	55.9	40 - 85
1/2"	12.70	49.3	93.4	6.6	10 - 40
3/8"	9.52	6.0	99.4	0.6	0 - 15
N°4	4.75	0.4	99.8	0.2	0 - 5

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
-----------------------	------



OBSERVACIONES :

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



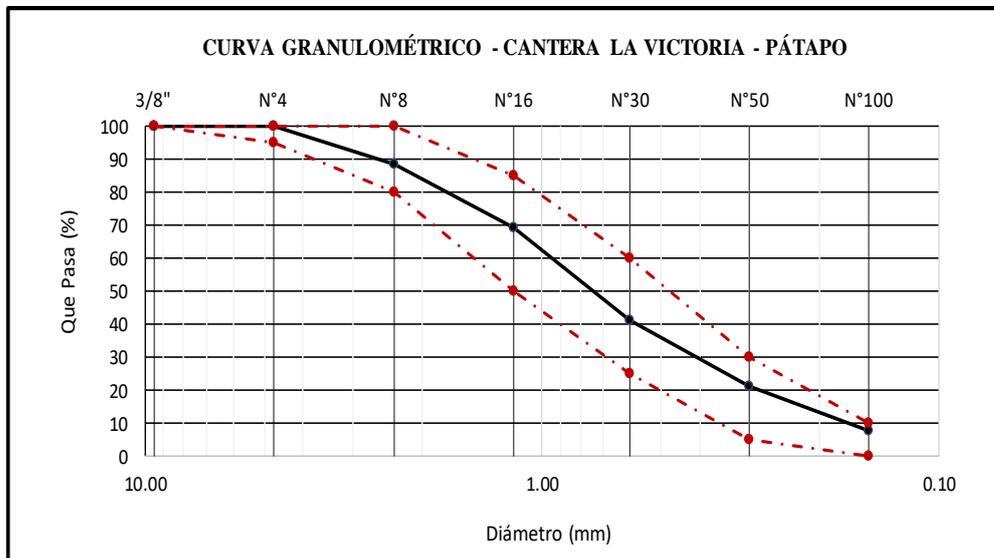
Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de apertura : **18/02/2021**  
 ENSAYO : **ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**  
 NORMA : **N.T.P. 400.012**

Muestra : Arena Guesa

Cantera : LA VICTORIA - PÁTAPO

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITE DE APROBACIÓN
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	95 - 100
Nº 8	2.360	11.5	11.5	88.5	80 - 100
Nº 16	1.180	19.1	30.5	69.5	50 - 85
Nº 30	0.600	28.2	58.8	41.2	25 - 60
Nº 50	0.300	20.2	79.0	21.0	5 - 30
Nº 100	0.150	13.4	92.4	7.6	0 - 10

**MÓDULO DE FINEZA**
**2.72**

**Observaciones:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

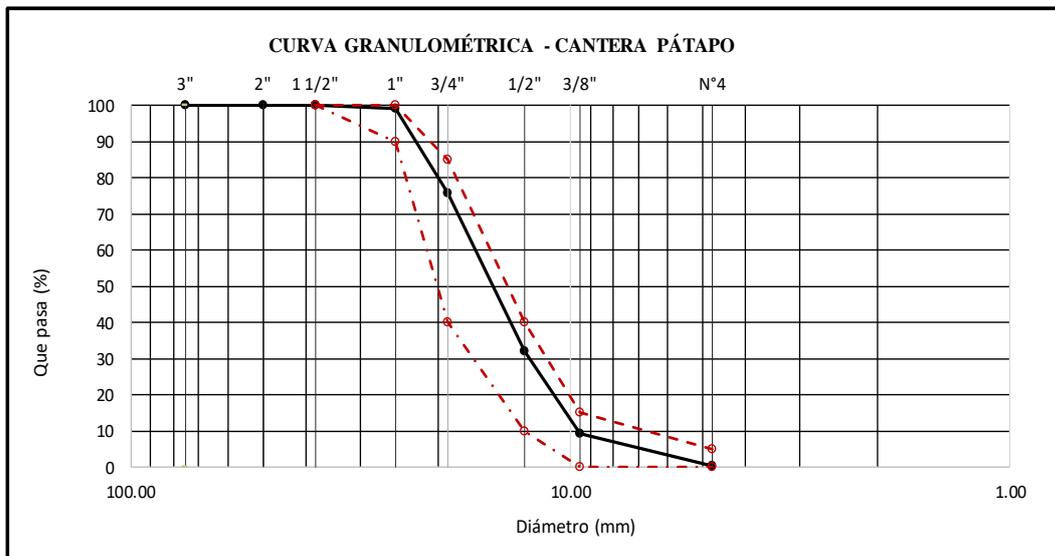
Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : LA VICTORIA - PATAPO

Análisis Granulométrico por tamizado					
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
					<b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.8	0.8	99.2	90 - 100
3/4"	19.00	23.5	24.3	75.7	40 - 85
1/2"	12.70	43.7	68.0	32.0	10 - 40
3/8"	9.52	22.7	90.7	9.3	0 - 15
Nº4	4.75	8.8	99.5	0.5	0 - 5

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
-----------------------	------



**OBSERVACIONES :**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

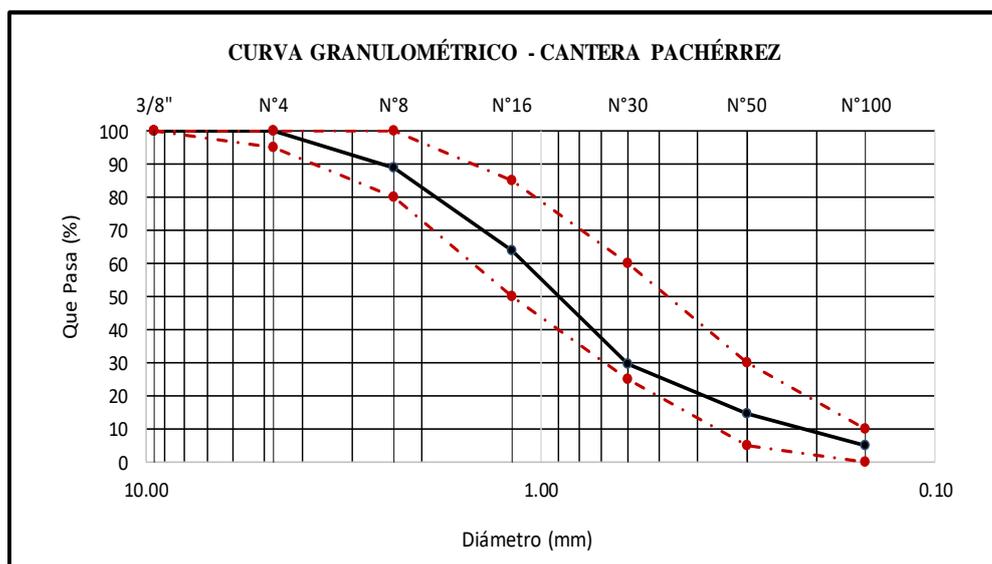


Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de apertura : 18/02/2021  
 ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera : PACHÉRREZ - PUCALÀ**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITE DE APROBACIÓN
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	95 - 100
Nº 8	2.360	10.9	10.9	89.1	80 - 100
Nº 16	1.180	25.1	35.9	64.1	50 - 85
Nº 30	0.600	34.3	70.2	29.8	25 - 60
Nº 50	0.300	15.1	85.3	14.7	5 - 30
Nº 100	0.150	9.6	94.9	5.1	0 - 10

**MÓDULO DE FINEZA**
**2.97**


Observaciones:

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

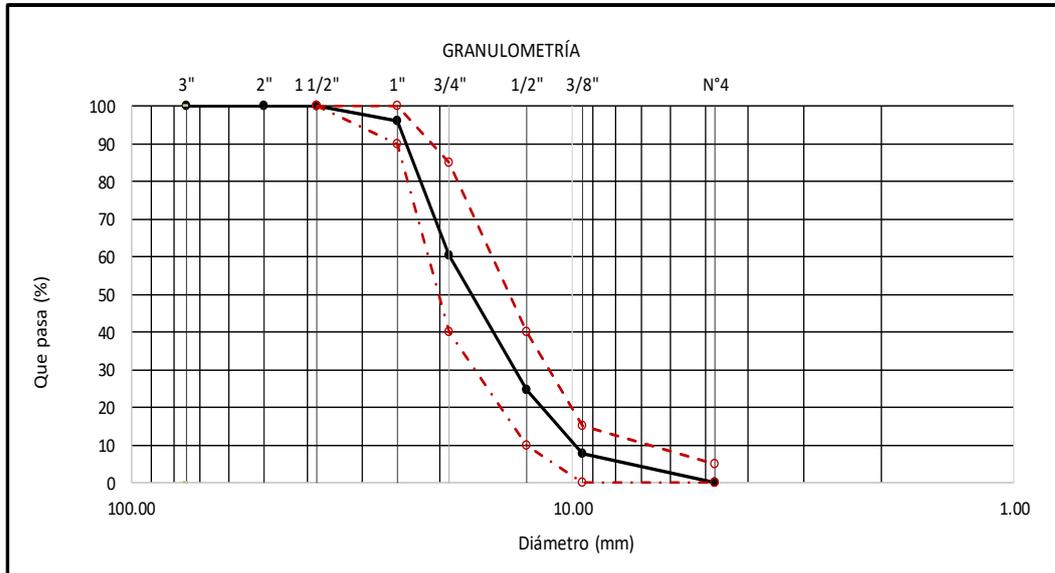
Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO  
 FORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : PACHÉRREZ - PUCALÀ

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	56
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	4.0	4.0	96.0	90 - 100
3/4"	19.00	35.7	39.7	60.3	40 - 85
1/2"	12.70	35.6	75.3	24.7	10 - 40
3/8"	9.52	17.0	92.3	7.7	0 - 15
N°4	4.75	7.7	100.0	0.0	0 - 5

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
-----------------------	------



OBSERVACIONES :

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



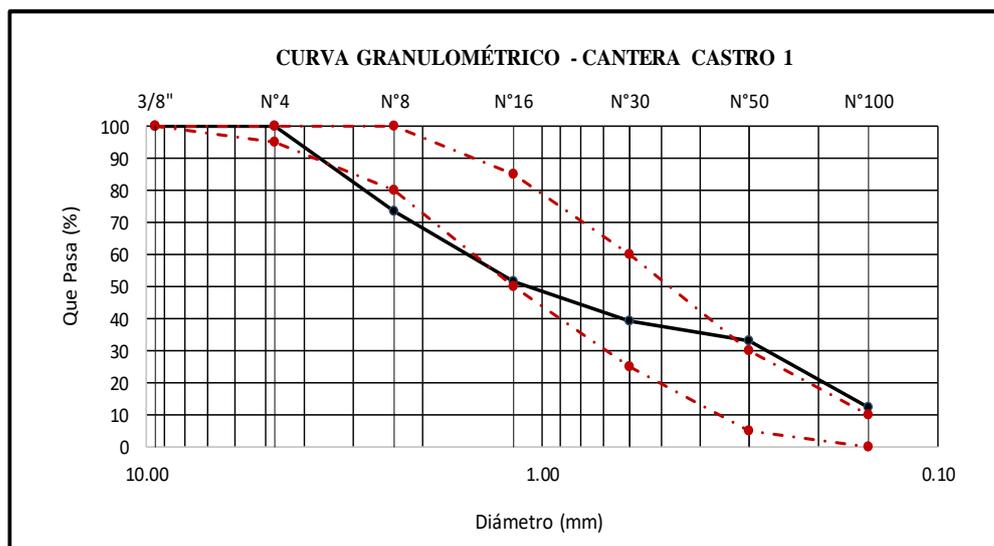
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de apertura : **18/02/2021**  
 ENSAYO : **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**  
 NORMA : **N.T.P. 400.012**

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera : CASTRO 1 - ZAÑA**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITE DE APROBACIÓN
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	95 - 100
Nº 8	2.360	26.5	26.5	73.5	80 - 100
Nº 16	1.180	21.8	48.4	51.6	50 - 85
Nº 30	0.600	12.5	60.9	39.1	25 - 60
Nº 50	0.300	5.8	66.7	33.3	5 - 30
Nº 100	0.150	21.1	87.8	12.2	0 - 10

**MÓDULO DE FINEZA**
**2.90**

**Observaciones:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

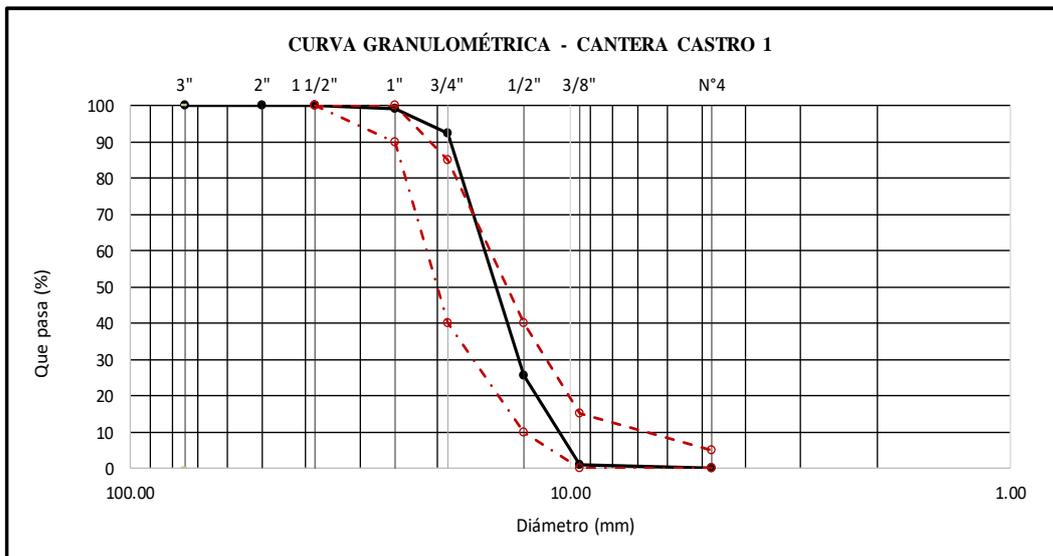
Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO  
 FORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : CASTRO 1 - ZAÑA

Análisis Granulométrico por tamizado					
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	56
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.8	0.8	99.2	90 - 100
3/4"	19.00	6.9	7.7	92.3	40 - 85
1/2"	12.70	66.7	74.4	25.6	10 - 40
3/8"	9.52	24.5	98.9	1.1	0 - 15
Nº4	4.75	1.0	99.9	0.1	0 - 5

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
-----------------------	------



**OBSERVACIONES :**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



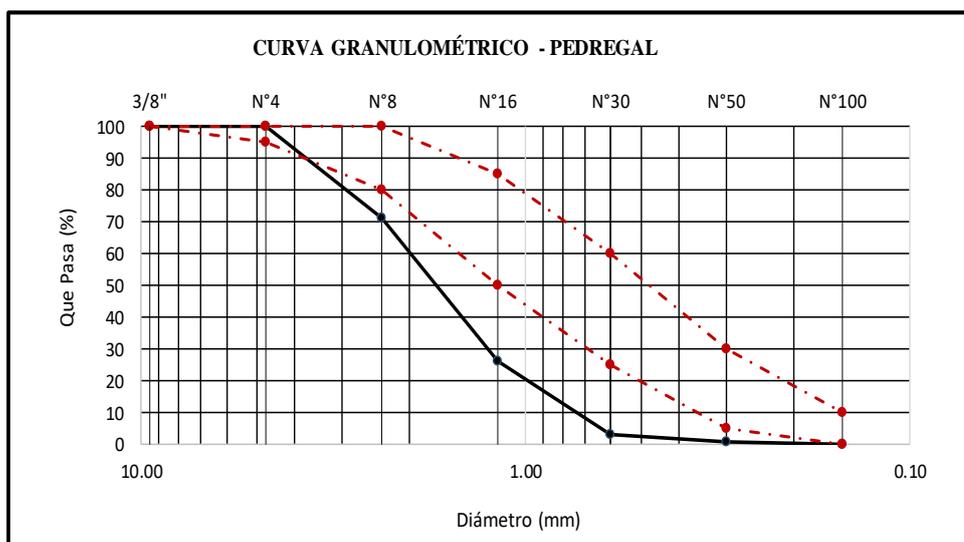
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de apertura : 18/02/2021  
 ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREFADO FINO  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera PEDREGAL(7 TECHOS) - REQUE**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITE DE APROBACIÓN
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	95 - 100
Nº 8	2.360	28.7	28.7	71.3	80 - 100
Nº 16	1.180	45.0	73.7	26.3	50 - 85
Nº 30	0.600	23.3	97.0	3.0	25 - 60
Nº 50	0.300	2.3	99.3	0.7	5 - 30
Nº 100	0.150	0.6	99.9	0.1	0 - 10

**MÓDULO DE FINEZA**
**3.99**

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS:"DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**  
 FORMA DE REFERENCIA : **N.T.P. 400.012 / ASTM C-136**

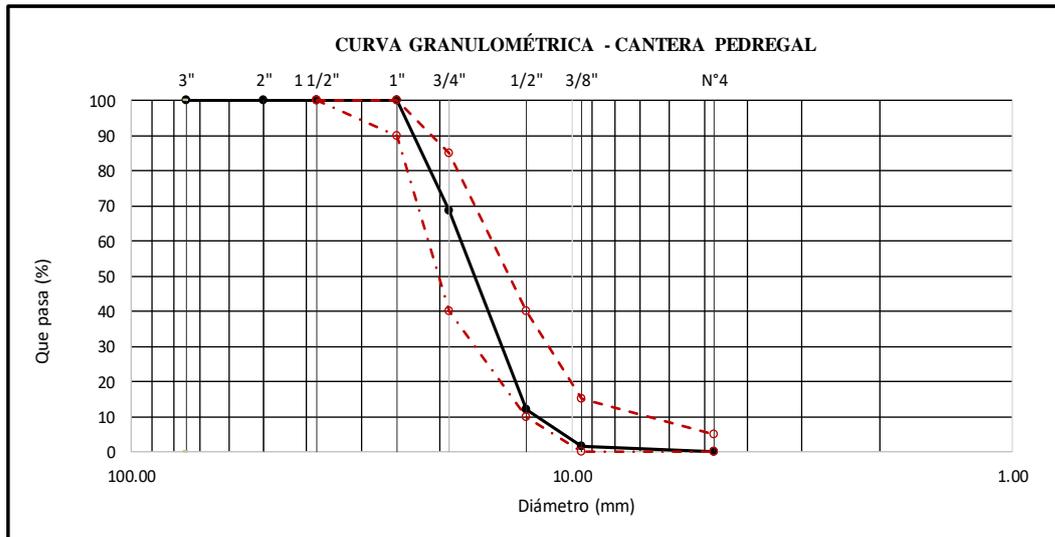
Muestra : Piedra Chancada

Cantera : **PEDREGAL (7 TECHOS) - REQUE**

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	<b>56</b>
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	31.4	31.4	68.6	40 - 85
1/2"	12.70	56.5	87.9	12.1	10 - 40
3/8"	9.52	10.6	98.5	1.5	0 - 15
N°4	4.75	1.5	100.0	0.0	0 - 5

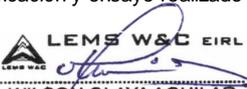
  

<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>	<b>3/4"</b>
------------------------------	-------------



**OBSERVACIONES :**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**ANEXO II: Estudio de canteras - Ensayo de Peso Unitario y Contenido de Humedad  
(Agregado Fino y Agregado Grueso)**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS : "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera: 3 TOMAS - FERREÑAFE**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1562.22
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1532.79
Contenido de Humedad	(%)	1.92

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1779.23
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1745.72
Contenido de Humedad	(%)	1.92

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICIE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Piedra

**Cantera: 3 TOMAS - FERREÑAFE**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1444.59
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1440.39
Contenido de Humedad	(%)	0.29
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1565.42
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1560.86
Contenido de Humedad	(%)	0.29

**OBSERVACIONES :**

· Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

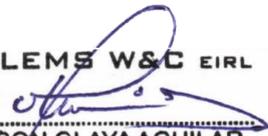
**Cantera: LA VICTORIA - PATAPO**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1625.86
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1620.88
Contenido de Humedad	(%)	0.31

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1770.87
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1765.45
Contenido de Humedad	(%)	0.31

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
           **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
               **NTP 339.185:2013**

Muestra : Piedra

<b>Cantera: 3 TOMAS - FERREÑAFE</b>
-------------------------------------

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1484.73
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1480.32
Contenido de Humedad	(%)	0.30

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1639.55
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1634.68
Contenido de Humedad	(%)	0.30

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL -PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada en ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

 Cantera: **PACHERREZ - PUCALÁ**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1681.59
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1663.78
Contenido de Humedad	(%)	1.07

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1905.96
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1885.78
Contenido de Humedad	(%)	1.07

**OBSERVACIONES :**

· Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Piedra

Cantera: **PACHERREZ - PUCALÁ**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1431.48
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1424.55
Contenido de Humedad	(%)	0.49
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1556.11
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1548.58
Contenido de Humedad	(%)	0.49

**OBSERVACIONES :**

· Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basad ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: CASTRO 1 - ZAÑA

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1673.01
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1656.01
Contenido de Humedad	(%)	1.03

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1895.15
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1875.89
Contenido de Humedad	(%)	1.03

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Piedra

**Cantera: CASTRO 1 - ZAÑA**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1445.00
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1438.57
Contenido de Humedad	(%)	0.45

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1583.14
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1576.10
Contenido de Humedad	(%)	0.45

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
CIP. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera: Pedregal (7 TECHOS) - REQUE**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1517.30
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1502.70
Contenido de Humedad	(%)	0.97
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1643.03
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1627.22
Contenido de Humedad	(%)	0.97

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO . LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basad ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Piedra

**Cantera: PEDREGAL(7 techos) - REQUE**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1433.91
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1428.52
Contenido de Humedad	(%)	0.38
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1576.02
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1570.09
Contenido de Humedad	(%)	0.38

**OBSERVACIONES :**

Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**ANEXO III: Estudio de canteras - Ensayo de Peso Específico y Absorción (Agregado  
Fino y Agregado Grueso)**

**INFORME**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCOPORTANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**

Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.022**

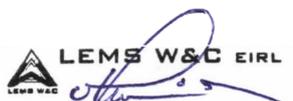
Muestra : Arena Gruesa

Cantera : 3 TOMAS - FERREÑAFE

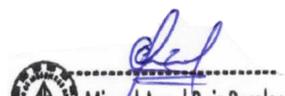
1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.543
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.543

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.021**

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: Tres Tomas - Ferreñafe

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.239
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.55

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 18/02/2021

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : LA VICTORIA - PATAPO

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.535
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.563

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.021**

Muestra: Piedra Chancada

**Cantera: La Victoria - Pátapo**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.149
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	3.26

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**  
 ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**  
 REFERENCIA : **N.T.P. 400.022**

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **PACHERREZ - PUCALÀ**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.560
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.215

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.021**

Muestra: Piedra Chancada

**Cantera: Pacherez - Pucalá**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.229
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	4.0

OBSERVACIONES :

· Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**  
 ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**  
 REFERENCIA : **N.T.P. 400.022**

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **CASTRO 1 - ZAÑA**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.591
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.806

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**  
 ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**  
 REFERENCIA : **N.T.P. 400.021**

Muestra: Piedra Chancada

**Cantera: CASTRO 1 - ZAÑA**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.497
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.81

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**

Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.022**

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera : PEDREGAL(7 TECHOS )- REQUE**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.603
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.949

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **18/02/2021**

ENSAYO : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.021**

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: Pedregal (7 Techos) - Reque

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.294
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.46

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

**ANEXO IV: Estudio de canteras - Ensayo de laboratorio para determinar el % de finos  
– Malla Nº 200 (Agregado Fino)**

### INFORME

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCOPORTANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (Nº 200) por lavada en agregados  
 REFERENCIA : N.T.P 400.018-2013/ASTM C117

Muestra : Arena Guesa

Cantera: La Victoria - Patapo	
-------------------------------	--

1.- Porcentaje del material más fino que pasa por el Tamiz Nº 200	(%)	5.154
---	-----	-------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Se utilizó procedimiento A.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCOPORTANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (Nº 200) por lavada en agregados  
 REFERENCIA : N.T.P. 400.018-2013/ASTM C117

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Pacherrez - Pucalá
-----------------------------

1.- Porcentaje del material más fino que pasa por el Tamiz Nº 200	(%)	5.400
---	-----	-------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Se utilizó procedimiento A.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**ANEXO V: Estudio de canteras - Informe de Ensayo de laboratorio – Abrasión los  
Ángeles (Agregado grueso)**

**INFORME**

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCOPORTANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021  
 ENSAYO : AGREGADO, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P 400.019

Muestra: Agregado Grueso

Cantera: La Victoria - Patapo	
-------------------------------	--

% de desgaste por abrasión	(%)	18.500
----------------------------	-----	--------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "A", N° de esferas: 12, Revoluciones: total 500



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCOPORTANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Lugar : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 18/02/2021

ENSAYO : AGREGADO, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.

REFERENCIA : NORMA N.T.P 400.019

Muestra: Agregado Grueso

Cantera: Pacherrez - Pucalá	
-----------------------------	--

% de desgaste por abrasión	(%)	9.800
----------------------------	-----	-------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "A", N° de esferas: 12, Revoluciones: total 500



LEMS W&C EIRL  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**ANEXO VI: Canteras optimas - Ensayos de laboratorio - Cantera La Victoria (Agregado fino), Cantera Pacherez (Agregado grueso)**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de apertura : **25/02/2021**

ENSAYO : **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**  
 NORMA : **N.T.P. 400.012**

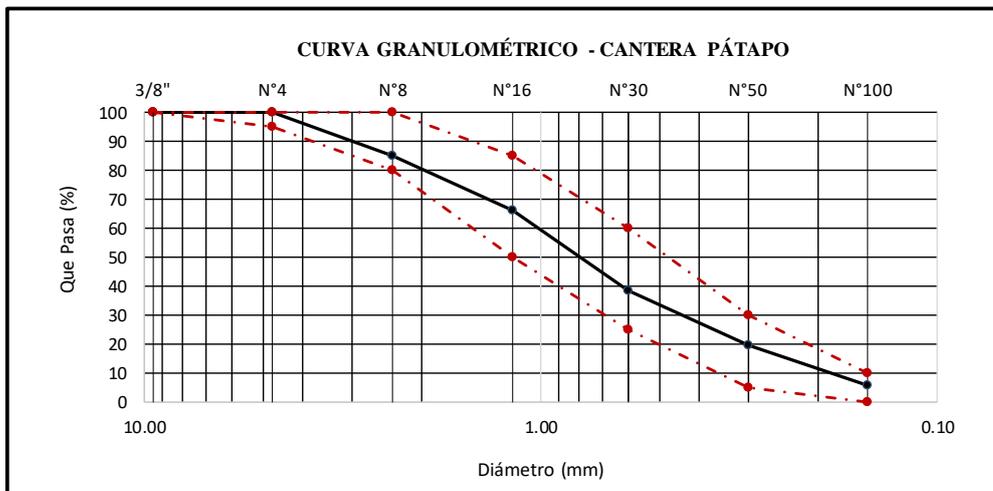
Muestra : Arena Gruesa

Cantera : LA VICTORIA - PÁTAPO

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	LÍMITES DE APROBACIÓN
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	95 - 100
Nº 8	2.360	15.0	15.0	85.0	80 - 100
Nº 16	1.180	18.8	33.8	66.2	50 - 85
Nº 30	0.600	27.7	61.5	38.5	25 - 60
Nº 50	0.300	19.0	80.5	19.5	5 - 30
Nº 100	0.150	13.7	94.2	5.8	0 - 10

**MÓDULO DE FINEZA**

**2.85**



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

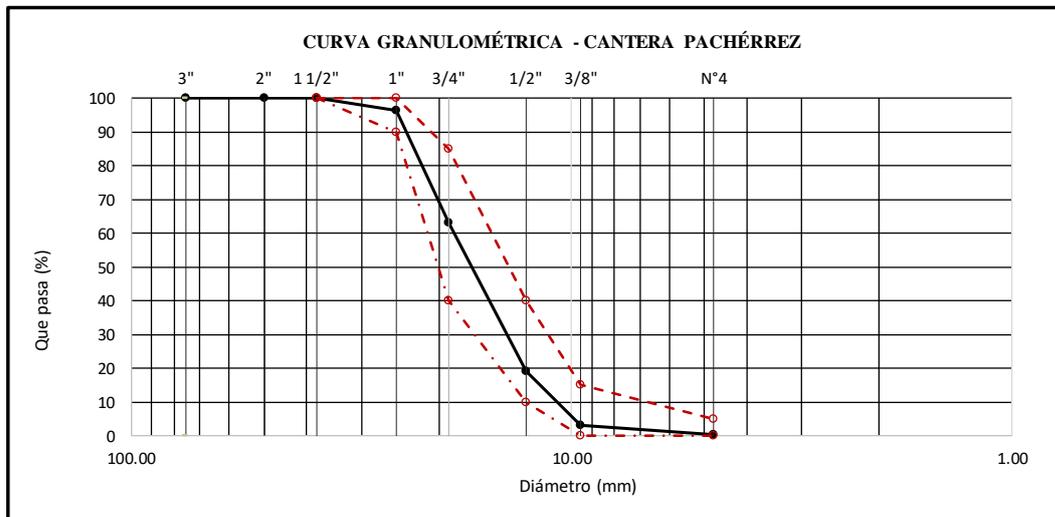
Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **25/02/2021**  
 ENSAYO : **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**  
 FORMA DE REFERENCIA : **N.T.P. 400.012 / ASTM C-136**

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : **PACHÉRREZ - PUCALÁ**

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>					
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	<b>HUSO</b>
					<b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	3.5	3.5	96.5	90 - 100
3/4"	19.00	33.2	36.7	63.3	40 - 85
1/2"	12.70	44.1	80.8	19.2	10 - 40
3/8"	9.52	16.0	96.8	3.2	0 - 15
Nº4	4.75	2.9	99.7	0.3	0 - 5

<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>	<b>3/4"</b>
------------------------------	-------------



**OBSERVACIONES :**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **25/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

<b>Cantera: LA VICTORIA - PATAPO</b>
--------------------------------------

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1625.20
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1620.19
Contenido de Humedad	(%)	0.31
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1770.09
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1764.64
Contenido de Humedad	(%)	0.31

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **25/02/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera: LA VICTORIA - PATAPO**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1625.20
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1620.19
Contenido de Humedad	(%)	0.31

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1770.09
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1764.64
Contenido de Humedad	(%)	0.31

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
Fecha de recepción : **25/02/2021**  
Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : Piedra

<b>Cantera: PACHERREZ - PUCALÁ</b>
------------------------------------

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1433.37
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1426.43
Contenido de Humedad	(%)	0.49
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1557.24
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1549.70
Contenido de Humedad	(%)	0.49

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

INFORME

Solicitante : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRRO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25/02/2021  
 ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.  
 REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

**Cantera : LA VICTORIA - PATAPO**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.535
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.563

OBSERVACIONES :

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **25/02/2021**

NORMA : **AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

REFERENCIA : **N.T.P. 400.021**

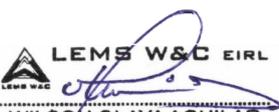
Muestra: Piedra Chancada

- Cantera: Pacherez - Pucalá

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.230
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	4.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## **ANEXO VII: Caracterización de Polímero reciclado (Tecnopor)**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS : "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/03/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : POLIMERO RECICLADO

**TECNOPOR RECICLADO (6 mm x 6mm)**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	14.04
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	13.73
Contenido de Humedad	(%)	2.31

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	16.50
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	16.12
Contenido de Humedad	(%)	2.31

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS : "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **17/03/2021**  
 Ensayo : **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)**  
**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**  
 Referencia : **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)**  
**NTP 339.185:2013**

Muestra : POLIMERO RECICLADO

**TECNOPOR RECICLADO (5 mm x 10 mm)**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	9.03
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	8.85
Contenido de Humedad	(%)	2.07

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	11.03
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	10.81
Contenido de Humedad	(%)	2.07

**OBSERVACIONES :**

· Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 18 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promedio (Kg/Cm²)
Polimero reciclado (Tecnopor) de 6mm x 6mm)	Testigo 1	175	18/03/2021	25/03/2021	7	17003.40	15.37	185.42	91.70	52.40	93.49
	Testigo 2	175	18/03/2021	01/04/2021	14	17215.56	15.34	184.70	93.21	53.26	
	Testigo 3	175	18/03/2021	08/04/2021	21	17429.76	15.24	182.41	95.55	54.60	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 18 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promedic (Kg/Cm²)
Polímero reciclado (Tecnopor) de 5mm x 10mm)	Testigo 1	175	18/03/2021	25/03/2021	7	15375.48	15.23	182.18	84.40	48.23	84.43
	Testigo 2	175	18/03/2021	01/04/2021	14	15545.82	15.38	185.66	83.73	47.85	
	Testigo 3	175	18/03/2021	08/04/2021	21	15719.22	15.33	184.58	85.16	48.67	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 18 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario")  
 Referencia : N.T.P. 400.017

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Unitario del Concreto (gr)	Diametro (m)	Altura (m)	Volumen recipiente (m <sup>3</sup> )	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	f'c promedio (Kg/Cm <sup>2</sup> )
Polímero reciclado Tecnopor) de 5mm x 10mm)	Testigo 1	175	11625	0.151	0.302	0.005	2149.524	2159.45
	Testigo 2	175	11714	0.151	0.302	0.005	2165.980	
	Testigo 3	175	11697	0.151	0.302	0.005	2162.837	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 18 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario")  
 Referencia : N.T.P. 400.017

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Peso Unitario del Concreto (gr)	Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen recipiente (m³)	Densidad (Kg/m³)	f'c promedio (Kg/Cm²)
Polimero reciclado (Tecnopor) de 5mm x 10mm)	Testigo 1	175	11550	0.151	0.302	0.005	2135.656	2132.82
	Testigo 2	175	11556	0.151	0.302	0.005	2136.765	
	Testigo 3	175	11498	0.151	0.302	0.005	2126.041	

**OBSERVACIONES:**

· Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## **ANEXO VIII: Ficha Técnica del Nanosilice**

## FICHA TECNICA

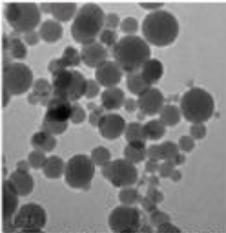
# GAIA Nanosilice

## Nano aditivo Superplastificante



Ficha Técnica  
Edición nº 1 11- 2008  
Identificación nº 1.001  
Versión - 01  
GAIA Nanosilice

### Descripción



Fotografía electrónica de nanosilice a 100 μm.

partículas de silice en nano partículas de cemento.

Cumple con todos los requerimientos de la norma ASTM C-494. Tipos A y F.

GAIA Nanosilice es un nano aditivo en estado líquido, a base de silice con partículas de tamaño nanométrico. Gran reductor de agua, de alta actividad. Pertenecer a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nano

### Aplicaciones

GAIA Nanosilice por su elevado poder de fluidificación y sumado a la capacidad de favorecer la evolución de resistencias, sobre todo a edades muy tempranas, lo hace ideal para:

- ❖ Industria del hormigón prefabricado, pretensado, armado y pos tensado.
- ❖ Hormigón Fast Track.
- ❖ Hormigón de Altas Prestaciones (AHR).
- ❖ Hormigón ligero de baja densidad.
- ❖ Y todas las aplicaciones tradicionales de microsíllice.

### Propiedades

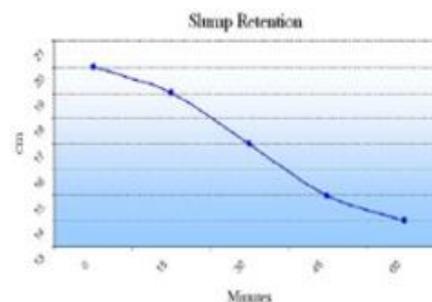
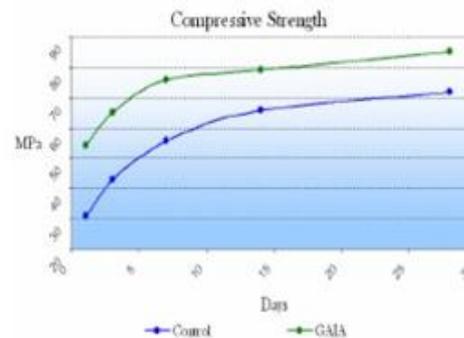
- ❖ Gran poder plastificante y reductor de agua.
- ❖ Incremento del desarrollo de alta resistencia inicial y final.
- ❖ Permeabilidad nula o casi nula por lo que aumenta la durabilidad del hormigón.
- ❖ No produce retrasos de fraguado.
- ❖ Ideal para Hormigón Fast Track.
- ❖ Evita la segregación y la excesiva exudación.
- ❖ Mejora el acabado y la textura de la superficie del hormigón.
- ❖ Evita la formación de coqueas y nidos de grava.



### Características Técnicas

Al eliminar el total de la silice en polvo en cualesquiera de sus alternativas y por su alta absorción de agua, nos permite eliminar superplastificantes y reducir al mínimo los reductores plastificantes.

- ❖ No contiene cloruros, ni ningún ingrediente promotor de la corrosión. Es utilizado sin problemas en hormigón armado y pretensando.
- ❖ Ideal para hormigones tipo "Fast Track", a usar dentro de las 24 horas posteriores, con adecuadas dosificaciones.
- ❖ Hormigones de altas prestaciones: 70 MPa R28.
- ❖ Cono de 78 a 50 cm. en 2 horas con R1 de 44 MPa y 80 MPa a R 28.
- ❖ Aumenta en más del 50% la resistencia a la flexotracción.
- ❖ Evita en gran medida las eflorescencias.



**ANEXO IX: Diseño de Mezcla con 30PR,40PR,50PR y 60PR – FC=175 y 210 Kg/cm<sup>2</sup>**

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON 30% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 19/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 30% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.10 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	337	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	252	L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	877	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	871.863	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.137	Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.61	2.59	0.000408	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>

Proporción en volumen :	1.0	2.62	2.70	0.000426	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>
-------------------------	-----	------	------	----------	------	----------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON  
30% POLIMERO  
RECICLADO**       $F'c = 210$        $kg/cm^2$

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
2.- Peso específico : 3150  $Kg/m^3$

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	$gr/cm^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	$gr/cm^3$
3.- Peso unitario suelto	1496	$Kg/m^3$
4.- Peso unitario compactado	1650	$Kg/m^3$
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	$gr/cm^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	$gr/cm^3$
3.- Peso unitario suelto	1443	$Kg/m^3$
4.- Peso unitario compactado	1553	$Kg/m^3$
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Fecha de recepción : 19/03/2021

Referencia de pago : -----

**30% POLIMERO RECICLADO**      **F'c = 210**      **kg/cm<sup>2</sup>**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.40 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.681

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	367	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	250	L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	846	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	865.864	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.136	Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.30	2.36	0.000369	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.31	2.46	0.000385	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

eticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 royecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 ibicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 echa de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON 40% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO**

EMENTO

- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 - Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

REGADOS :

gregado fino :

Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
 - Peso específico de masa 2.560 gr/cm<sup>3</sup>  
 - Peso específico de masa S.S.S. 2.599 gr/cm<sup>3</sup>  
 - Peso unitario suelto 1496 Kg/m<sup>3</sup>  
 - Peso unitario compactado 1650 Kg/m<sup>3</sup>  
 - % de absorción 1.5 %  
 - Contenido de humedad 2.3 %  
 - Módulo de finza 2.85

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
 1.- Peso específico de masa 2.613 gr/cm<sup>3</sup>  
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.633 gr/cm<sup>3</sup>  
 3.- Peso unitario suelto 1443 Kg/m<sup>3</sup>  
 4.- Peso unitario compactado 1553 Kg/m<sup>3</sup>  
 5.- % de absorción 0.8 %  
 6.- Contenido de humedad 0.5 %  
 7.- Tamaño máximo 1" Pulg.  
 8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

iranulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Beneficiario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Fecha de recepción : **19/03/2021**

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 40% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>**  
**POLIMERO RECICLADO**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.10 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	337	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	252	L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	877	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	871.818	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.182	Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.61	2.59	0.000544	31.7	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :						
	1.0	2.62	2.70	0.000568	31.7	Lts/pe <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.  
 En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% POLIMERO  
 RECICLADO**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 19/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% POLIMERO  
 RECICLADO**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.40 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.681

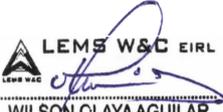
Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	367	Kg/m <sup>3</sup>	:	Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	250	L	:	Potable de la zona.	
Agregado fino	846	Kg/m <sup>3</sup>	:	Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	865.819	Kg/m <sup>3</sup>	:	Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.181	Kg/m <sup>3</sup>	:	Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.30	2.36	0.000492	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.31	2.46	0.000513	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 19/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.10 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	337 Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	252 L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	877 Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	871.772 Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.228 Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.61	2.59	0.00068	31.7	Lts/pe <sup>3</sup>

Proporción en volumen :	1.0	2.62	2.70	0.00071	31.7	Lts/pe <sup>3</sup>
-------------------------	-----	------	------	---------	------	---------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **19/03/2021**

**DISEÑO DE MEZCLA CON F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**  
**50% POLIMERO RECICLADO**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : **Tipo I - PACASMAYO.**  
 2.- Peso específico : **3150 Kg/m<sup>3</sup>**

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICIOS Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 19/03/2021

Referencia de pago :

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**DISEÑO DE MEZCLA CON  
50% POLIMERO RECICLADO**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.40 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
Relación agua cemento de diseño : 0.681

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	367	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	250	L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	846	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	865.7740	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.226	Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.30	2.36	0.000615	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.31	2.46	0.000641	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON 60% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
POLIMERO RECICLADO**

**CEMENTO**

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

- |                                    |       |                    |
|------------------------------------|-------|--------------------|
| 1.- Peso específico de masa        | 2.560 | gr/cm <sup>3</sup> |
| 2.- Peso específico de masa S.S.S. | 2.599 | gr/cm <sup>3</sup> |
| 3.- Peso unitario suelto           | 1496  | Kg/m <sup>3</sup>  |
| 4.- Peso unitario compactado       | 1650  | Kg/m <sup>3</sup>  |
| 5.- % de absorción                 | 1.5   | %                  |
| 6.- Contenido de humedad           | 2.3   | %                  |
| 7.- Módulo de fineza               | 2.85  |                    |

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

- |                                    |       |                    |
|------------------------------------|-------|--------------------|
| 1.- Peso específico de masa        | 2.613 | gr/cm <sup>3</sup> |
| 2.- Peso específico de masa S.S.S. | 2.633 | gr/cm <sup>3</sup> |
| 3.- Peso unitario suelto           | 1443  | Kg/m <sup>3</sup>  |
| 4.- Peso unitario compactado       | 1553  | Kg/m <sup>3</sup>  |
| 5.- % de absorción                 | 0.8   | %                  |
| 6.- Contenido de humedad           | 0.5   | %                  |
| 7.- Tamaño máximo                  | 1"    | Pulg.              |
| 8.- Tamaño máximo nominal          | 3/4"  | Pulg.              |

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 19/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 60% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>**  
**POLIMERO RECICLADO**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.10 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

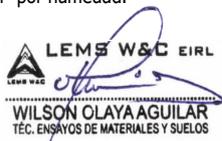
Cemento	337 Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	252 L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	877 Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Guesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	871.727 Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.273 Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.61	2.59	0.000852	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>

Proporción en volumen :	1.0	2.62	2.70	0.000816	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>
-------------------------	-----	------	------	----------	------	----------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 19/03/2021

**DISEÑO DE MEZCLA CON F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
60% POLIMERO RECICLADO**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de finiza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 19/03/2021  
Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON  
60% POLIMERO RECICLADO**

**F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.40 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
Relación agua cemento de diseño : 0.681

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	367	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.	273
Agua	250	L	: Potable de la zona.	
Agregado fino	846	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo	
Agregado grueso	865.729	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez	
Polimero reciclado	0.271	Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado	

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Tecnopor (Polimero)	Agua	
	1.0	2.30	2.36	0.000738	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.31	2.46	0.000769	28.9	Lts/pe <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**ANEXO X: Diseño de mezclas con 50PR y adiciones de Nanosílice (0.6,1.0,1.4,1.8 –  
FC=175 y 210KG/CM2**

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **22/03/2021**

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = **175** kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO +0.6 %  
 NANOSILICE

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : **Tipo I - PACASMAYO.**  
 2.- Peso específico : **3150 Kg/m<sup>3</sup>**

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa 2.560 gr/cm<sup>3</sup>  
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.599 gr/cm<sup>3</sup>  
 3.- Peso unitario suelto 1496 Kg/m<sup>3</sup>  
 4.- Peso unitario compactado 1650 Kg/m<sup>3</sup>  
 5.- % de absorción 1.5 %  
 6.- Contenido de humedad 2.3 %  
 7.- Módulo de fineza 2.85

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa 2.613 gr/cm<sup>3</sup>  
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.633 gr/cm<sup>3</sup>  
 3.- Peso unitario suelto 1443 Kg/m<sup>3</sup>  
 4.- Peso unitario compactado 1553 Kg/m<sup>3</sup>  
 5.- % de absorción 0.8 %  
 6.- Contenido de humedad 0.5 %  
 7.- Tamaño máximo 1" Pulg.  
 8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 22/03/2021

Referencia de pago :

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO +0.6 %  
 NANOSILICE

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4.20 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 334.98 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
 Agua 252 L : Potable de la zona.  
 Agregado fino 877 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
 Agregado grueso 872 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
 Polímero reciclado 0.228 Kg/m<sup>3</sup> : Tecnopor reciclado  
 Nanosilice 2.022 Kg/m<sup>3</sup> : Aditivo

	Cemento	Arena	Piedra	Polimero(Tec nopor)	Aditivo(na nosilice 0.6%)	Agua	
Proporción en peso :	1.0	2.60	2.58	0.000680	0.21250	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.61	2.69	0.000710	0.21250	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **22/03/2021**

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**  
**POLIMERO RECICLADO + 0.6% NANOSILICE**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : **Tipo I - PACASMAYO.**  
 2.- Peso específico : **3150 Kg/m<sup>3</sup>**

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Fecha de recepción : 22/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**  
**POLIMERO RECICLADO + 0.6% NANOSILICE**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.90 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.681

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 364.792 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
 Agua 250 L : Potable de la zona.  
 Agregado fino 846 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
 Agregado grueso 865.774 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
 Polimero reciclado 0.226 Kg/m<sup>3</sup> : Tecnopor reciclado  
 Nanosilice 2.208 Kg/m<sup>3</sup> : Aditivo

	Cemento	Arena	Piedra	Polimero(Te cnopor)	Aditivo(na nosilice 0.6%)	Agua	
Proporción en peso :	1.0	2.30	2.36	0.000614	0.23250	28.9	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.31	2.46	0.000641	0.23250	28.9	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 23/03/2021

DISEÑO DE MEZCLA CON 50%  $F'c = 175$   $kg/cm^2$   
 POLIMERO RECICLADO+ 1% DE  
 NANOSILICE

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150  $Kg/m^3$

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	$gr/cm^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	$gr/cm^3$
3.- Peso unitario suelto	1496	$Kg/m^3$
4.- Peso unitario compactado	1650	$Kg/m^3$
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	$gr/cm^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	$gr/cm^3$
3.- Peso unitario suelto	1443	$Kg/m^3$
4.- Peso unitario compactado	1553	$Kg/m^3$
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Fecha de recepción : 23/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% POLIMERO RECICLADO+ 1% DE NANOSILICE**      **F'c = 175**      **kg/cm<sup>2</sup>**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.90 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 333.630 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
 Agua 252 L : Potable de la zona.  
 Agregado fino 877 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
 Agregado grueso 871.772 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
 Polimero reciclado 0.228 Kg/m<sup>3</sup> : Tecnopor reciclado  
 Nanosilice 3.370 Kg/m<sup>3</sup> : Aditivo

	Cemento	Arena	Piedra	Polimero( Tecnopor)	Aditivo(nanosilice 1.0%)	Agua	
Proporción en peso :	1.0	2.60	2.58	0.00068	0.35417	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.61	2.69	0.00071	0.35	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLATO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 23/03/2021

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO + 1%  
 NANOSILICE

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Fecha de recepción : **23/03/2021**

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**  
**POLIMERO RECICLADO + 1%**  
**NANOSILICE**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.60 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.681

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 363.320 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
 Agua 250 L : Potable de la zona.  
 Agregado fino 846 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Guesa - La Victoria - Patapo  
 Agregado grueso 865.774 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
 Polimero reciclado 0.226 Kg/m<sup>3</sup> : Tecnopor reciclado  
 Nanosilice 3.680 Kg/m<sup>3</sup> : Aditivo

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Polimero(Te cnopor)	Aditivo(na nosilice 1.0%)	Agua	
	1.0	2.30	2.36	0.000615	0.37417	28.9	Lts/pie <sup>3</sup>

Proporción en volumen :	Cemento	Arena	Piedra	Polimero(Te cnopor)	Aditivo(na nosilice 1.0%)	Agua	
	1.0	2.31	2.46	0.000641	0.37	28.9	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 24/03/2021

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% POLIMERO RECICLADO + 1.4% NANOSILICE  $F'c = 175$   $kg/cm^2$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150  $Kg/m^3$

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	$gr/cm^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	$gr/cm^3$
3.- Peso unitario suelto	1496	$Kg/m^3$
4.- Peso unitario compactado	1650	$Kg/m^3$
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	$gr/cm^3$
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	$gr/cm^3$
3.- Peso unitario suelto	1443	$Kg/m^3$
4.- Peso unitario compactado	1553	$Kg/m^3$
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**

Fecha de recepción : 24/03/2021

Referencia de pago :

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>**  
**POLIMERO RECICLADO + 1.4%**  
**NANOSILICE**

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.70 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 332.28 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
 Agua 252 L : Potable de la zona.  
 Agregado fino 877 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
 Agregado grueso 871.772 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
 Polimero reciclado 0.228 Kg/m<sup>3</sup> : Tecnopor reciclado  
 Nanosilice 4.718 Kg/m<sup>3</sup> : Aditivo

	Cemento	Arena	Piedra	Polimero( Tecnopor)	Aditivo(na nosilice 1.4%)	Agua	
Proporción en peso :	1.0	2.60	2.58	0.00068	0.4958	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.61	2.69	0.00071	0.50	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 24/03/2021

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO + 1.4% DE NANOSILICE

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 24/03/2021

Referencia de pago :

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
POLIMERO RECICLADO + 1.4% DE  
NANOSILICE

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.40 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2329 Kg/m<sup>3</sup>  
Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %  
Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
Relación agua cemento de diseño : 0.681

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	361.85	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.
Agua	250	L	: Potable de la zona.
Agregado fino	846	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo
Agregado grueso	865.774	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cantera Pacherez
Polimero reciclado	0.226	Kg/m <sup>3</sup>	: Tecnopor reciclado
Nanosilice	5.152	Kg/m <sup>3</sup>	: Aditivo

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Polimero(Te cnopor)	Aditivo(na nosilice 1.4%)	Agua	
	1.0	2.30	2.36	0.000615	0.44500	28.9	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :							
	1.0	2.31	2.46	0.000641	0.45	28.9	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : **JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO**  
 Proyecto : **TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"**  
 Ubicación : **DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
 Fecha de recepción : **24/03/2021**

**DISEÑO DE MEZCLA CON 50%  
POLIMERO RECICLADO + 1.8%  
NANOSILICE**

**F'c = 175**

**kg/cm<sup>2</sup>**

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : **Tipo I - PACASMAYO.**  
 2.- Peso específico : **3150 Kg/m<sup>3</sup>**

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa 2.560 gr/cm<sup>3</sup>  
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.599 gr/cm<sup>3</sup>  
 3.- Peso unitario suelto 1496 Kg/m<sup>3</sup>  
 4.- Peso unitario compactado 1650 Kg/m<sup>3</sup>  
 5.- % de absorción 1.5 %  
 6.- Contenido de humedad 2.3 %  
 7.- Módulo de fineza 2.85

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa 2.613 gr/cm<sup>3</sup>  
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.633 gr/cm<sup>3</sup>  
 3.- Peso unitario suelto 1443 Kg/m<sup>3</sup>  
 4.- Peso unitario compactado 1553 Kg/m<sup>3</sup>  
 5.- % de absorción 0.8 %  
 6.- Contenido de humedad 0.5 %  
 7.- Tamaño máximo 1" Pulg.  
 8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"

Fecha de recepción : 24/03/2021

Referencia de pago :

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>  
POLIMERO RECICLADO + 1.8%  
NANOSILICE

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.70 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2338 Kg/m<sup>3</sup>  
Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm<sup>2</sup>  
Porcentaje promedio a los 7 días : 89 %  
Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 7.9 bolsas/m<sup>3</sup>  
Relación agua cemento de diseño : 0.746

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 330.93 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
Agua 252 L : Potable de la zona.  
Agregado fino 877 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
Agregado grueso 871.772 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Pacherez  
Polimero reciclado 0.228 Kg/m<sup>3</sup> : Tecnopor recidado  
Nanosilice 6.070 Kg/m<sup>3</sup> : Aditivo

	Cemento	Arena	Piedra	Polimero( Tecnopor)	Aditivo(na nosilice 1.4%)	Agua	
Proporción en peso :	1.0	2.60	2.58	0.00068	0.6375	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.61	2.69	0.00071	0.6429	31.7	Lts/pie <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JHUNIOR JOEL GALLARDO GUERRERO  
 Proyecto : TESIS: "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLIMEROS RECICLADOS"  
 Ubicación : DIST. PIMENTEL - PROV. CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 24/03/2021

DISEÑO DE MEZCLA CON 50% F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 POLIMERO RECICLADO + 1.8% DE NANOSILICE

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m<sup>3</sup>

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.560	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.599	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1496	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1650	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.5	%
6.- Contenido de humedad	2.3	%
7.- Módulo de fineza	2.85	

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherez

1.- Peso específico de masa	2.613	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.633	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1443	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1553	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.8	%
6.- Contenido de humedad	0.5	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	0.0	100.0
Nº 08	15.0	85.0
Nº 16	18.8	66.2
Nº 30	27.7	38.5
Nº 50	19.0	19.5
Nº 100	13.7	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.5	96.5
3/4"	33.2	63.3
1/2"	44.2	19.1
3/8"	16.0	3.2
Nº 04	2.9	0.3
Fondo	0.3	0.0



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**ANEXO XI: Propiedades Físicas del concreto patrón y adiciones, para  $F_c=175$  y  $210$   
 $\text{kg/cm}^2$**

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chicalayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 01 de marzo 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para la medición de asentamiento del concreto de cemento portland  
 Referencia : N.T.P. 339.035.2009

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Asentamiento obtenido (Pulg)	Asentamiento obtenido (cm)
1.0	Concreto patrón(CP)	175	01/03/2021	4.10	10.414
2.0	Concreto patrón (CP) con 30% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	3.90	9.906
3.0	Concreto patrón (CP) con 40% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	4.20	10.668
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	4.40	11.176
5.0	Concreto patrón (CP) con 60% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	4.80	12.192
6.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	175	15/03/2021	4.20	10.668
7.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	175	16/03/2021	3.90	9.906
8.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	175	17/03/2021	3.70	9.398
9.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.8% de Nanosilice	175	17/03/2021	3.50	8.890

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tests "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 01 de marzo 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para la medición de asentamiento del concreto de cemento portland  
 Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Asentamiento obtenido (Pulg)	Asentamiento obtenido (cm)
1.0	Concreto patrón(CP)	210	01/03/2021	4.00	10.160
2.0	Concreto patrón (CP) con 30% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	3.90	9.906
3.0	Concreto patrón (CP) con 40% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	4.00	10.160
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	4.10	10.414
5.0	Concreto patrón (CP) con 60% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	4.50	11.430
6.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	210	15/03/2021	3.90	9.906
7.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	210	16/03/2021	3.60	9.144
8.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	210	17/03/2021	3.40	8.636
9.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.8% de Nanosilice	210	17/03/2021	3.30	8.382

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chichayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 01/03/2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón  
 Referencia : N.T.P. 399.189.2002

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura ambiente		Temperatura Obtenida	
				Temperatura ambiente (°C)	Temperatura ambiente (F)	Temperatura obtenida (°C)	Temperatura obtenida (F)
1.0	Concreto patrón(CP)	175	01/03/2021	29.40	84.92	30.20	86.36
2.0	Concreto patrón (CP) con 30% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	29.32	84.78	31.00	87.80
3.0	Concreto patrón (CP) con 40% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	29.32	84.78	30.30	86.54
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	0	12/03/2021	29.32	84.78	32.20	89.96
5.0	Concreto patrón (CP) con 60% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	29.32	84.78	29.90	85.82
6.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	175	15/03/2021	29.28	84.70	32.40	90.32
7.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	175	16/03/2021	29.30	84.74	32.90	91.22
8.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	175	17/03/2021	29.31	84.76	32.50	90.50
9.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.8% de Nanosilice	175	17/03/2021	29.31	84.76	30.10	86.18

0.79

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

olicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 royecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 bicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 echa de apertura : 01 de marzo 2021  
 nsayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón  
 eferencia : N.T.P. 399.189.2002

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura ambiente		Temperatura Obtenida	
				Temperatura ambiente (°C)	Temperatura ambiente (F)	Temperatura obtenida (°C)	Temperatura obtenida (F)
1.0	Concreto patrón(CP)	210	01/03/2021	29.40	84.92	31.30	88.34
2.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	29.32	84.78	32.60	90.68
3.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	210	15/03/2021	29.28	84.70	32.80	91.04
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	210	16/03/2021	29.30	84.74	33.00	91.40
5.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	210	17/03/2021	29.31	84.76	32.80	91.04

**BSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS REICLADOS".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 01 de marzo 2021

Ensayo : Método de ensayo normalizado de Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado mediante el método por presión  
Referencia : A.S.T.M C231/C231M-14

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire - Método por presión(%)		
				Hora de ensayo (Hr)	Tipo de medidor	Contenido de aire (%)
1.0	Concreto patrón(CP)	175	01/03/2021	9.250	Medido "B"	1.800
2.0	Concreto patrón (CP) con 30% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	9.250	Medido "B"	12.200
3.0	Concreto patrón (CP) con 40% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	9.250	Medido "B"	13.500
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	9.250	Medido "B"	16.800
5.0	Concreto patrón (CP) con 60% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	9.250	Medido "B"	17.800
6.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	175	15/03/2021	9.500	Medido "B"	16.300
7.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	175	16/03/2021	10.000	Medido "B"	15.700
8.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	175	17/03/2021	11.200	Medido "B"	15.300
9.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.8% de Nanosilice	175	17/03/2021	11.200	Medido "B"	15.000

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".

Lugar de Ejecución : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 01 de marzo 2021

Ensayo Referencia : Metodo de ensayo normalizado de Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado mediante el método por presión : A.S.T.M C231/C231M-14

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire - Metodo por presión(%)	
				Hora de ensayo (Hr)	Tipo de medidor
1.0	Concreto patrón(CP)	210	01/03/2021	9.250	Medido "B" 1.980
2.0	Concreto patrón (CP) con 30% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	9.250	Medido "B" 12.400
3.0	Concreto patrón (CP) con 40% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	9.250	Medido "B" 13.600
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	9.250	Medido "B" 17.000
5.0	Concreto patrón (CP) con 60% Polímero reciclado (PR)	210	12/03/2021	9.250	Medido "B" 18.100
6.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	210	15/03/2021	9.500	Medido "B" 16.500
7.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	210	16/03/2021	10.000	Medido "B" 15.900
8.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	210	17/03/2021	11.200	Medido "B" 15.500
9.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.8% de Nanosilice	210	17/03/2021	11.200	Medido "B" 15.100

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

olicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 royecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 bicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 echa de apertura : 01 de marzo 2021  
 nsayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario")  
 eferencia : N.T.P. 400.017

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)		Peso Unitario del Concreto (gr)	Diametro (m)	Altura (m)	Volumen recipiente (m³)	Densidad (Kg/m³)
1.0	Concreto patrón(CP)	175	01/03/2021	12487	0.151	0.302	0.005	2308.912
2.0	Concreto patrón (CP) con 30% Polímero reciclado (PR)	#REF!	12/03/2021	11194	0.151	0.302	0.005	2072.959
3.0	Concreto patrón (CP) con 40% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	10318	0.151	0.302	0.005	1910.741
4.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	9455	0.151	0.302	0.005	1748.279
5.0	Concreto patrón (CP) con 60% Polímero reciclado (PR)	175	12/03/2021	8652	0.151	0.302	0.005	1602.222
6.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 0.6% de Nanosilice	175	15/03/2021	9661	0.151	0.302	0.005	1786.370
7.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.0% de Nanosilice	175	16/03/2021	9825	0.151	0.302	0.005	1816.694
8.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.4% de Nanosilice	175	17/03/2021	10018	0.151	0.302	0.005	1852.381
9.0	Concreto patrón (CP) con 50% Polímero reciclado (PR) + 1.8% de Nanosilice	175	17/03/2021	10332	0.151	0.302	0.005	1910.446

**RESERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**ANEXO XII: Propiedades Mecánicas del concreto con polímeros y adiciones –  $F'c=175$   
y  $210 \text{ kg/cm}^2$**

## **Resistencia a la Compresión**

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado :  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Dímetro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promedi (Kg/Cm²)
01	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	29/03/2021	7	14356.50	15.23	182.06	78.86	45.06	
02	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	29/03/2021	7	13978.08	15.13	179.67	77.80	44.46	78.43
03	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	29/03/2021	7	14223.90	15.18	180.86	78.65	44.94	
04	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	05/04/2021	14	18764.94	15.20	181.46	103.41	59.09	
05	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	05/04/2021	14	19062.78	15.13	179.67	106.10	60.63	105.02
06	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	05/04/2021	14	19216.80	15.23	182.06	105.55	60.32	
07	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	19/04/2021	28	26674.02	15.25	182.65	146.04	83.45	
08	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	19/04/2021	28	27030.00	15.25	182.65	147.98	84.56	146.83
09	50%PR + 0.6%N	175	22/03/2021	19/04/2021	28	26841.30	15.28	183.25	146.47	83.70	

**OBSERVACIONES:**

. Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 22 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)	f'c promedio (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	50% PR + 0.6% N - Testigo 1	210	22/03/2021	29/03/2021	7	18843.48	15.26	182.77	103.10	49.09	
02	50% PR + 0.6% N - Testigo 2	210	22/03/2021	29/03/2021	7	19323.90	15.14	180.03	107.34	51.11	105.22
03	50% PR + 0.6% N - Testigo 3	210	22/03/2021	29/03/2021	7	19410.60	15.33	184.46	105.23	50.11	
04	50% PR + 0.6% N - Testigo 4	210	22/03/2021	05/04/2021	14	24336.18	15.23	182.18	133.59	63.61	
05	50% PR + 0.6% N - Testigo 5	210	22/03/2021	05/04/2021	14	24625.86	15.18	180.86	136.16	64.84	135.75
06	50% PR + 0.6% N - Testigo 6	210	22/03/2021	05/04/2021	14	25181.76	15.27	183.13	137.50	65.48	
07	50% PR + 0.6% N - Testigo 7	210	22/03/2021	19/04/2021	28	31809.72	15.25	182.65	174.15	82.93	
08	50% PR + 0.6% N - Testigo 8	210	22/03/2021	19/04/2021	28	32274.84	15.20	181.46	177.86	84.70	176.31
09	50% PR + 0.6% N - Testigo 9	210	22/03/2021	19/04/2021	28	32442.12	15.28	183.37	176.92	84.25	

**OBSERVACIONES:**

: Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prologacion Biognesi Km. 3.5  
Chidayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

licitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
fecha de vaciado : 23 de marzo del 2021.  
ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
referencia : N.T.P.: 339.034:2015

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Dias)	Fecha de ensayo (Dias)	Edad (Dias)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promediado (Kg/Cm²)
01	50%PR + 1.0% N - Testigo 1	175	23/03/2021	30/03/2021	7	14520.72	15.20	181.46	80.02	45.73	
02	50%PR + 1.0% N - Testigo 2	175	23/03/2021	30/03/2021	7	14923.62	15.17	180.62	82.62	47.21	81.87
03	50%PR + 1.0% N - Testigo 3	175	23/03/2021	30/03/2021	7	15112.32	15.23	182.18	82.95	47.40	
04	50%PR + 1.0% N - Testigo 4	175	23/03/2021	06/04/2021	14	20013.42	15.21	181.58	110.22	62.98	
05	50%PR + 1.0% N - Testigo 5	175	23/03/2021	06/04/2021	14	20812.08	15.28	183.37	113.50	64.85	111.71
06	50%PR + 1.0% N - Testigo 6	175	23/03/2021	06/04/2021	14	20285.76	15.23	182.06	111.43	63.67	
07	50%PR + 1.0% N - Testigo 7	175	23/03/2021	20/04/2021	28	27842.94	15.20	181.46	153.44	87.68	
08	50%PR + 1.0% N - Testigo 8	175	23/03/2021	20/04/2021	28	28412.10	15.12	179.55	158.24	90.42	157.01
09	50%PR + 1.0% N - Testigo 9	175	23/03/2021	20/04/2021	28	29012.88	15.23	182.06	159.36	91.06	

**RESERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.





**LEMS W&C EIRL**

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chidlayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chidlayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 23 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promedi (Kg/Cm²)
01	50% PR + 1.0 N - Testigo 1	210	23/03/2021	30/03/2021	7	19276.98	15.23	182.18	105.82	50.39	
02	50% PR + 1.0 N - Testigo 2	210	23/03/2021	30/03/2021	7	19993.02	15.21	181.70	110.03	52.40	108.01
03	50% PR + 1.0 N - Testigo 3	210	23/03/2021	30/03/2021	7	19825.74	15.28	183.25	108.19	51.52	
04	50% PR + 1.0 N - Testigo 4	210	23/03/2021	06/04/2021	14	26251.74	15.21	181.58	144.58	68.85	
05	50% PR + 1.0 N - Testigo 5	210	23/03/2021	06/04/2021	14	27403.32	15.20	181.46	151.02	71.91	148.52
06	50% PR + 1.0 N - Testigo 6	210	23/03/2021	06/04/2021	14	27165.66	15.19	181.10	150.00	71.43	
07	50% PR + 1.0 N - Testigo 7	210	23/03/2021	20/04/2021	28	33606.96	15.23	182.06	184.60	87.90	
08	50% PR + 1.0 N - Testigo 8	210	23/03/2021	20/04/2021	28	34374.00	15.25	182.53	188.32	89.67	187.84
09	50% PR + 1.0 N - Testigo 9	210	23/03/2021	20/04/2021	28	34724.88	15.23	182.18	190.61	90.77	

**OBSERVACIONES:**

. Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promediado (Kg/Cm²)
01	50%PR - 1.4% N - Testigo 1	175	24/03/2021	31/03/2021	7	16325.10	15.21	181.70	89.85	51.34	
02	50%PR - 1.4% N - Testigo 2	175	24/03/2021	31/03/2021	7	17249.22	15.18	180.86	95.37	54.50	92.66
03	50%PR - 1.4% N - Testigo 3	175	24/03/2021	31/03/2021	7	16941.18	15.25	182.65	92.75	53.00	
04	50%PR - 1.4% N - Testigo 4	175	24/03/2021	07/04/2021	14	22964.28	15.25	182.65	125.73	71.84	
05	50%PR - 1.4% N - Testigo 5	175	24/03/2021	07/04/2021	14	22236.00	15.20	181.46	122.54	70.02	125.32
06	50%PR - 1.4% N - Testigo 6	175	24/03/2021	07/04/2021	14	23323.32	15.25	182.65	127.69	72.97	
07	50%PR - 1.4% N - Testigo 7	175	24/03/2021	21/04/2021	28	31983.12	15.25	182.65	175.10	100.06	
08	50%PR - 1.4% N - Testigo 8	175	24/03/2021	21/04/2021	28	31801.56	15.11	179.32	177.35	101.34	176.88
09	50%PR - 1.4% N - Testigo 9	175	24/03/2021	21/04/2021	28	32655.30	15.28	183.25	178.20	101.83	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".

Jbicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.

Ensayo Referencia : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
: N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promedic (Kg/Cm²)
01	50%PR - 1.4% N - Testigo 1	210	24/03/2021	31/03/2021	7	21613.80	15.25	182.65	118.33	56.35	
02	50%PR - 1.4% N - Testigo 2	210	24/03/2021	31/03/2021	7	21282.30	15.17	180.62	117.83	56.11	118.86
03	50%PR - 1.4% N - Testigo 3	210	24/03/2021	31/03/2021	7	21940.20	15.23	182.18	120.43	57.35	
04	50%PR - 1.4% N - Testigo 4	210	24/03/2021	07/04/2021	14	29590.20	15.22	181.94	162.64	77.45	
05	50%PR - 1.4% N - Testigo 5	210	24/03/2021	07/04/2021	14	29678.94	15.24	182.30	162.81	77.53	163.17
06	50%PR - 1.4% N - Testigo 6	210	24/03/2021	07/04/2021	14	30066.54	15.28	183.25	164.07	78.13	
07	50%PR - 1.4% N - Testigo 7	210	24/03/2021	21/04/2021	28	38237.76	15.20	181.46	210.72	100.35	
08	50%PR - 1.4% N - Testigo 8	210	24/03/2021	21/04/2021	28	38401.98	15.20	181.46	211.63	100.78	211.97
09	50%PR - 1.4% N - Testigo 9	210	24/03/2021	21/04/2021	28	38903.82	15.23	182.18	213.55	101.69	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promedio (Kg/Cm²)
01	50%PR - 1.8% N - Testigo 1	175	24/03/2021	31/03/2021	7	16325.10	15.21	181.70	89.85	51.34	
02	50%PR - 1.8% N - Testigo 2	175	24/03/2021	31/03/2021	7	17249.22	15.18	180.86	91.05	52.03	90.05
03	50%PR - 1.8% N - Testigo 3	175	24/03/2021	31/03/2021	7	16941.18	15.25	182.65	90.80	51.89	
04	50%PR - 1.8% N - Testigo 4	175	24/03/2021	07/04/2021	14	22964.28	15.25	182.65	119.10	68.06	
05	50%PR - 1.8% N - Testigo 5	175	24/03/2021	07/04/2021	14	22236.00	15.20	181.46	120.20	68.69	119.88
06	50%PR - 1.8% N - Testigo 6	175	24/03/2021	07/04/2021	14	23323.32	15.25	182.65	119.80	68.46	
07	50%PR - 1.8% N - Testigo 7	175	24/03/2021	21/04/2021	28	31983.12	15.25	159.40	179.80	102.74	
08	50%PR - 1.8% N - Testigo 8	175	24/03/2021	21/04/2021	28	31801.56	15.11	160.10	1.00	0.57	159.47
09	50%PR - 1.8% N - Testigo 9	175	24/03/2021	21/04/2021	28	32655.30	15.28	159.50	204.74	116.99	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm²)	f'c (Kg/Cm²)	f'c (%)	f'c promediado (kg/Cm²)
01	50%PR - 1.8% N - Testigo 1	210	24/03/2021	31/03/2021	7	21613.80	15.25	182.65	114.60	54.57	
02	50%PR - 1.8% N - Testigo 2	210	24/03/2021	31/03/2021	7	21282.30	15.17	180.62	114.58	54.56	114.63
03	50%PR - 1.8% N - Testigo 3	210	24/03/2021	31/03/2021	7	21940.20	15.23	182.18	114.61	54.58	
04	50%PR - 1.8% N - Testigo 4	210	24/03/2021	07/04/2021	14	29590.20	15.22	181.94	152.50	72.62	
05	50%PR - 1.8% N - Testigo 5	210	24/03/2021	07/04/2021	14	29678.94	15.24	182.30	152.48	72.61	152.44
06	50%PR - 1.8% N - Testigo 6	210	24/03/2021	07/04/2021	14	30066.54	15.28	183.25	152.40	72.57	
07	50%PR - 1.8% N - Testigo 7	210	24/03/2021	21/04/2021	28	38237.76	15.20	181.46	197.20	93.90	
08	50%PR - 1.8% N - Testigo 8	210	24/03/2021	21/04/2021	28	38401.98	15.20	181.46	197.50	94.05	197.12
09	50%PR - 1.8% N - Testigo 9	210	24/03/2021	21/04/2021	28	38903.82	15.23	182.18	196.90	93.76	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## **Resistencia a la Tracción**

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 22 de marzo del 2021.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revisada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50%PR + 0.6% N - Testigo 1	175	22/03/2021	29/03/2021	7	67640	152	303	0.9	
02	50%PR + 0.6% N - Testigo 2	175	22/03/2021	29/03/2021	7	69990	152	301	1.0	0.96
03	50%PR + 0.6% N - Testigo 3	175	22/03/2021	29/03/2021	7	70740	152	301	1.0	
04	50%PR + 0.6% N - Testigo 4	175	22/03/2021	05/04/2021	14	76880	152	302	1.1	
05	50%PR + 0.6% N - Testigo 5	175	22/03/2021	05/04/2021	14	79690	153	302	1.1	1.10
06	50%PR + 0.6% N - Testigo 6	175	22/03/2021	05/04/2021	14	81070	152	300	1.1	
07	50%PR + 0.6% N - Testigo 7	175	22/03/2021	19/04/2021	28	98600	152	304	1.4	
08	50%PR + 0.6% N - Testigo 8	175	22/03/2021	19/04/2021	28	100450	152	302	1.4	1.38
09	50%PR + 0.6% N - Testigo 9	175	22/03/2021	19/04/2021	28	99550	151	303	1.4	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 22 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revisada el 2017)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50% PR - 0.6% N - Testigo 1	210	22/03/2021	29/03/2021	7	78940	152	304	1.1	
02	50% PR - 0.6% N - Testigo 2	210	22/03/2021	29/03/2021	7	76090	152	302	1.1	1.08
03	50% PR - 0.6% N - Testigo 3	210	22/03/2021	29/03/2021	7	79590	153	302	1.1	
04	50% PR - 0.6% N - Testigo 4	210	22/03/2021	05/04/2021	14	85930	153	303	1.2	
05	50% PR - 0.6% N - Testigo 5	210	22/03/2021	05/04/2021	14	89200	153	300	1.2	1.23
06	50% PR - 0.6% N - Testigo 6	210	22/03/2021	05/04/2021	14	89780	152	300	1.3	
07	50% PR - 0.6% N - Testigo 7	210	22/03/2021	19/04/2021	28	106540	152	303	1.5	
08	50% PR - 0.6% N - Testigo 8	210	22/03/2021	19/04/2021	28	108440	152	301	1.5	1.51
09	50% PR - 0.6% N - Testigo 9	210	22/03/2021	19/04/2021	28	111670	153	303	1.5	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 fecha de vaciado : 23 de marzo del 2021.  
 ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50%PR + 1.0% N - Testigo 1	175	23/03/2021	30/03/2021	7	76690	153	303	1.1	
02	50%PR + 1.0% N - Testigo 2	175	23/03/2021	30/03/2021	7	74170	152	301	1.0	1.04
03	50%PR + 1.0% N - Testigo 3	175	23/03/2021	30/03/2021	7	76040	153	304	1.0	
04	50%PR + 1.0% N - Testigo 4	175	23/03/2021	06/04/2021	14	83130	152	300	1.2	
05	50%PR + 1.0% N - Testigo 5	175	23/03/2021	06/04/2021	14	86870	152	300	1.2	1.19
06	50%PR + 1.0% N - Testigo 6	175	23/03/2021	06/04/2021	14	86720	153	302	1.2	
07	50%PR + 1.0% N - Testigo 7	175	23/03/2021	20/04/2021	28	100270	152	304	1.4	
08	50%PR + 1.0% N - Testigo 8	175	23/03/2021	20/04/2021	28	104460	151	302	1.5	1.45
09	50%PR + 1.0% N - Testigo 9	175	23/03/2021	20/04/2021	28	108480	153	300	1.5	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".

Lugar de vaciado : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 23 de marzo del 2021.

Objetivo del ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revisada el 2017)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50% PR + 1.0 %N - Testigo 1	210	23/03/2021	30/03/2021	7	80420	153	300	1.1	
02	50% PR + 1.0 %N - Testigo 2	210	23/03/2021	30/03/2021	7	84800	152	303	1.2	1.15
03	50% PR + 1.0 %N - Testigo 3	210	23/03/2021	30/03/2021	7	84020	153	303	1.2	
04	50% PR + 1.0 %N - Testigo 4	210	23/03/2021	06/04/2021	14	96190	153	300	1.3	
05	50% PR + 1.0 %N - Testigo 5	210	23/03/2021	06/04/2021	14	95980	151	304	1.3	1.34
06	50% PR + 1.0 %N - Testigo 6	210	23/03/2021	06/04/2021	14	97440	152	300	1.4	
07	50% PR + 1.0 %N - Testigo 7	210	23/03/2021	20/04/2021	28	116950	153	300	1.6	
08	50% PR + 1.0 %N - Testigo 8	210	23/03/2021	20/04/2021	28	119810	152	301	1.7	1.66
09	50% PR + 1.0 %N - Testigo 9	210	23/03/2021	20/04/2021	28	121390	152	301	1.7	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycceirl.com

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50%PR + 1.4% - Testigo 1	175	24/03/2021	31/03/2021	7	72930	152	287	1.1	
02	50%PR + 1.4% - Testigo 2	175	24/03/2021	31/03/2021	7	79870	152	300	1.1	1.11
03	50%PR + 1.4% - Testigo 3	175	24/03/2021	31/03/2021	7	82530	153	303	1.1	
04	50%PR + 1.4% - Testigo 4	175	24/03/2021	07/04/2021	14	89980	152	300	1.3	
05	50%PR + 1.4% - Testigo 5	175	24/03/2021	07/04/2021	14	91450	152	301	1.3	1.29
06	50%PR + 1.4% - Testigo 6	175	24/03/2021	07/04/2021	14	94800	152	300	1.3	
07	50%PR + 1.4% - Testigo 7	175	24/03/2021	21/04/2021	28	112850	153	303	1.6	
08	50%PR + 1.4% - Testigo 8	175	24/03/2021	21/04/2021	28	114050	152	300	1.6	1.58
09	50%PR + 1.4% - Testigo 9	175	24/03/2021	21/04/2021	28	115230	152	303	1.6	

**OBSERVACIONES:**

. Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
Referencia : N.T.P. 339.084: 20102 (revisada el 2017)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50%PR + 1.4 % N - Testigo 1	210	24/03/2021	31/03/2021	7	87820	153	307	1.2	
02	50%PR + 1.4 % N - Testigo 2	210	24/03/2021	31/03/2021	7	89330	152	300	1.2	1.23
03	50%PR + 1.4 % N - Testigo 3	210	24/03/2021	31/03/2021	7	91470	153	302	1.3	
04	50%PR + 1.4 % N - Testigo 4	210	24/03/2021	07/04/2021	14	107360	152	302	1.5	
05	50%PR + 1.4 % N - Testigo 5	210	24/03/2021	07/04/2021	14	109990	153	304	1.5	1.53
06	50%PR + 1.4 % N - Testigo 6	210	24/03/2021	07/04/2021	14	113000	152	301	1.6	
07	50%PR + 1.4 % N - Testigo 7	210	24/03/2021	21/04/2021	28	129460	152	300	1.8	
08	50%PR + 1.4 % N - Testigo 8	210	24/03/2021	21/04/2021	28	129040	152	303	1.8	1.81
09	50%PR + 1.4 % N - Testigo 9	210	24/03/2021	21/04/2021	28	132440	153	300	1.8	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



RNP Servicios S0608569

Prolongacion biognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

Referencia : N.T.P. 339.084- 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50%PR + 1.8% - Testigo 1	175	24/03/2021	31/03/2021	7	72930	152	287	1.2	
02	50%PR + 1.8% - Testigo 2	175	24/03/2021	31/03/2021	7	79870	152	300	1.2	1.15
03	50%PR + 1.8% - Testigo 3	175	24/03/2021	31/03/2021	7	82530	153	303	1.2	
04	50%PR + 1.8% - Testigo 4	175	24/03/2021	07/04/2021	14	89980	152	300	1.4	
05	50%PR + 1.8% - Testigo 5	175	24/03/2021	07/04/2021	14	91450	152	301	1.4	1.42
06	50%PR + 1.8% - Testigo 6	175	24/03/2021	07/04/2021	14	94800	152	300	1.4	
07	50%PR + 1.8% - Testigo 7	175	24/03/2021	21/04/2021	28	112850	153	303	1.7	
08	50%PR + 1.8% - Testigo 8	175	24/03/2021	21/04/2021	28	114050	152	300	1.7	1.67
09	50%PR + 1.8% - Testigo 9	175	24/03/2021	21/04/2021	28	115230	152	303	1.6	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
 ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 referencia : N.T.P 339.084; 20102 (revisada el 2017)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm²)	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T promedio (MPa)
01	50%PR + 1.8 % N - Testigo 1	210	24/03/2021	31/03/2021	7	87820	153	307	1.3	
02	50%PR + 1.8 % N - Testigo 2	210	24/03/2021	31/03/2021	7	89330	152	300	1.2	1.26
03	50%PR + 1.8 % N - Testigo 3	210	24/03/2021	31/03/2021	7	91470	153	302	1.3	
04	50%PR + 1.8 % N - Testigo 4	210	24/03/2021	07/04/2021	14	107360	152	302	1.5	
05	50%PR + 1.8 % N - Testigo 5	210	24/03/2021	07/04/2021	14	109990	153	304	1.5	1.58
06	50%PR + 1.8 % N - Testigo 6	210	24/03/2021	07/04/2021	14	113000	152	301	1.6	
07	50%PR + 1.8 % N - Testigo 7	210	24/03/2021	21/04/2021	28	129460	152	300	1.8	
08	50%PR + 1.8 % N - Testigo 8	210	24/03/2021	21/04/2021	28	129040	152	303	1.8	1.88
09	50%PR + 1.8 % N - Testigo 9	210	24/03/2021	21/04/2021	28	132440	153	300	1.8	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## **Resistencia a la Flexión**

licitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS" ..  
 ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 fecha de vaciado : 22 de marzo del 2021.

ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>t</sub> (Mpa)	Mr promedio (MPa)
01	50%PR + 0.6%N - Testigo 1 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	29/03/2021	7	15570	530.00	155	155	0	2.22	
02	50%PR + 0.6%N - Testigo 2 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	29/03/2021	7	15860	532.00	154	155	0	2.30	2.33
03	50%PR + 0.6%N - Testigo 3 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	29/03/2021	7	16780	530.00	154	153	0	2.48	
04	50%PR + 0.6%N - Testigo 4 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	05/04/2021	14	18750	530.00	154	154	0	2.72	
05	50%PR + 0.6%N - Testigo 5 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	05/04/2021	14	17660	530.00	152	154	0	2.61	2.80
06	50%PR + 0.6%N - Testigo 6 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	05/04/2021	14	20590	530.00	153	153	0	3.08	
07	50%PR + 0.6%N - Testigo 7 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	19/04/2021	28	23920	533.00	152	158	0	3.37	
08	50%PR + 0.6%N - Testigo 8 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	19/04/2021	28	24760	531.00	154	154	0	3.64	3.65
09	50%PR + 0.6%N - Testigo 9 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	22/03/2021	19/04/2021	28	26900	530.00	152	154	0	3.95	

**RESERVACIONES:**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS" .  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 22 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>i</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promedio (MPa)
01	50%PR + 0.6% N - Testigo 1 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	29/03/2021	7	20790	530.00	153	157	0	2.93	
02	50%PR + 0.6% N - Testigo 2 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	29/03/2021	7	21440	530.00	154	155	0	3.07	3.09
03	50%PR + 0.6% N - Testigo 3 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	29/03/2021	7	21880	531.00	154	152	0	3.28	
04	50%PR + 0.6% N - Testigo 4 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	05/04/2021	14	23310	531.00	152	154	0	3.43	
05	50%PR + 0.6% N - Testigo 5 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	05/04/2021	14	25660	530.00	153	152	0	3.89	3.65
06	50%PR + 0.6% N - Testigo 6 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	05/04/2021	14	24440	533.00	155	153	0	3.63	
07	50%PR + 0.6% N - Testigo 7 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	19/04/2021	28	30330	530.00	154	154	0	4.43	
08	50%PR + 0.6% N - Testigo 8 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	19/04/2021	28	29970	535.00	154	152	0	4.52	4.56
09	50%PR + 0.6% N - Testigo 9 - 210 (kg/cm²)	22/03/2021	19/04/2021	28	31840	530.00	154	152	0	4.74	

**OBSERVACIONES:**

· Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS"..  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 23 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promediado (MPa)
01	50%PR + 1.0 % N - Testigo 1 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	30/03/2021	7	15600	530.00	155	154	0	2.26	
02	50%PR + 1.0 % N - Testigo 2 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	30/03/2021	7	15330	540.00	153	154	0	2.30	2.38
03	50%PR + 1.0 % N - Testigo 3 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	30/03/2021	7	17480	530.00	155	152	0	2.59	
04	50%PR + 1.0 % N - Testigo 4 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	06/04/2021	14	19120	533.00	158	157	0	2.63	
05	50%PR + 1.0 % N - Testigo 5 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	06/04/2021	14	20890	534.00	156	155	0	3.01	2.92
06	50%PR + 1.0 % N - Testigo 6 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	06/04/2021	14	21410	530.00	154	154	0	3.13	
07	50%PR + 1.0 % N - Testigo 7 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	20/04/2021	28	24890	530.00	151	157	0	3.56	
08	50%PR + 1.0 % N - Testigo 8 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	20/04/2021	28	25660	533.00	152	155	0	3.75	3.74
09	50%PR + 1.0 % N - Testigo 9 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	23/03/2021	20/04/2021	28	27350	530.00	154	156	0	3.91	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

licitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 fecha de vaciado : 23 de marzo del 2021.  
 ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promedio (MPa)
01	50%PR + 1.0% N - Testigo 1 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	30/03/2021	7	19500	530.00	148	153	0	3.01	
02	50%PR + 1.0% N - Testigo 2 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	30/03/2021	7	21220	535.00	155	153	0	3.14	3.18
03	50%PR + 1.0% N - Testigo 3 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	30/03/2021	7	22660	531.00	153	153	0	3.38	
04	50%PR + 1.0% N - Testigo 4 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	06/04/2021	14	26090	534.00	152	160	0	3.58	
05	50%PR + 1.0% N - Testigo 5 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	06/04/2021	14	24620	533.00	153	156	0	3.55	3.69
06	50%PR + 1.0% N - Testigo 6 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	06/04/2021	14	26740	530.00	152	154	0	3.96	
07	50%PR + 1.0% N - Testigo 7 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	20/04/2021	28	29680	530.00	150	152	0	4.55	
08	50%PR + 1.0% N - Testigo 8 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	20/04/2021	28	30700	534.00	151	154	0	4.58	4.68
09	50%PR + 1.0% N - Testigo 9 - 210 (kg/cm²)	23/03/2021	20/04/2021	28	32110	535.00	155	151	0	4.91	

**RESERVACIONES:**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
 Método de ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promedio (MPa)
01	50%PR + 1.4% - Testigo 1 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	15620	530.00	159	151	0	2.30	
02	50%PR + 1.4% - Testigo 2 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	17090	530.00	155	153	0	2.50	2.42
03	50%PR + 1.4% - Testigo 3 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	16280	533.00	153	152	0	2.48	
04	50%PR + 1.4% - Testigo 4 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	19120	532.00	155	157	0	2.67	
05	50%PR + 1.4% - Testigo 5 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	20090	531.00	153	154	0	2.96	2.99
06	50%PR + 1.4% - Testigo 6 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	21700	530.00	152	151	0	3.35	
07	50%PR + 1.4% - Testigo 7 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	25970	535.00	158	158	0	3.56	
08	50%PR + 1.4% - Testigo 8 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	27660	530.00	157	154	0	3.94	3.89
09	50%PR + 1.4% - Testigo 9 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	28770	534.00	152	156	0	4.18	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
 ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promedi (MPa)
01	50 PR+1.4% N - Testigo 1 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	19760	530.00	155	156	0	2.80	
02	50 PR+1.4% N - Testigo 2 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	21940	535.00	152	154	0	3.28	
03	50 PR+1.4% N - Testigo 3 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	23780	533.00	153	152	0	3.59	3.22
04	50 PR+1.4% N - Testigo 4 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	25320	530.00	158	157	0	3.48	
05	50 PR+1.4% N - Testigo 5 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	26290	535.00	156	154	0	3.81	3.78
06	50 PR+1.4% N - Testigo 6 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	27330	531.00	156	152	0	4.05	
07	50 PR+1.4% N - Testigo 7 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	31980	530.00	154	157	0	4.47	
08	50 PR+1.4% N - Testigo 8 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	33870	530.00	155	155	0	4.84	4.83
09	50 PR+1.4% N - Testigo 9 - 210 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	35070	530.00	152	154	0	5.19	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promedi (MPa)
01	50%PR + 1.8% - Testigo 1 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	15620	530.00	159	151	0	2.51	
02	50%PR + 1.8% - Testigo 2 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	17090	530.00	155	153	0	2.50	2.51
03	50%PR + 1.8% - Testigo 3 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	31/03/2021	7	16280	533.00	153	152	0	2.49	
04	50%PR + 1.8% - Testigo 4 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	19120	532.00	155	157	0	3.22	
05	50%PR + 1.8% - Testigo 5 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	20090	531.00	153	154	0	3.21	3.21
06	50%PR + 1.8% - Testigo 6 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	07/04/2021	14	21700	530.00	152	151	0	3.21	
07	50%PR + 1.8% - Testigo 7 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	25970	535.00	158	158	0	4.13	
08	50%PR + 1.8% - Testigo 8 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	27660	530.00	157	154	0	4.11	4.12
09	50%PR + 1.8% - Testigo 9 - 175 (kg/cm <sup>2</sup> )	24/03/2021	21/04/2021	28	28770	534.00	152	156	0	4.12	

**OBSERVACIONES:**

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitante : GALLARDO GUERRERO, JHUNIOR JOEL  
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL LIGERO INCORPORANDO NANOSILICE Y POLÍMEROS RECICLADOS".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 24 de marzo del 2021.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>i</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> promedio (MPa)
01	50 PR+1.8% N - Testigo 1 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	31/03/2021	7	19760	530.00	155	156	0	3.35	
02	50 PR+1.8% N - Testigo 2 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	31/03/2021	7	21940	535.00	152	154	0	3.33	3.34
03	50 PR+1.8% N - Testigo 3 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	31/03/2021	7	23780	533.00	153	152	0	3.34	
04	50 PR+1.8% N - Testigo 4 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	07/04/2021	14	25320	530.00	158	157	0	3.89	
05	50 PR+1.8% N - Testigo 5 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	07/04/2021	14	26290	535.00	156	154	0	3.90	3.89
06	50 PR+1.8% N - Testigo 6 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	07/04/2021	14	27330	531.00	156	152	0	3.88	
07	50 PR+1.8% N - Testigo 7 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	21/04/2021	28	31980	530.00	154	157	0	5.10	
08	50 PR+1.8% N - Testigo 8 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	21/04/2021	28	33870	530.00	155	155	0	5.08	5.07
09	50 PR+1.8% N - Testigo 9 - 210 (kg/cm²)	24/03/2021	21/04/2021	28	35070	530.00	152	154	0	5.07	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

### **ANEXO XIII: Panel fotográfico**



*Visita a cantera pacherez para extracción de agregados*



*Estudio del agregado fino de las 5 canteras estudiadas*



*Ensayo de peso específico al cemento Pacasmayo tipo I – color verde*



*Polímero reciclado (Tecnopor) utilizado en el estudio*



*Mezclado en trompo para el diseño de mezcla de prueba concreto convencional*



*Ensayo de peso unitario (densidad) del polímero reciclado*



*Ensayo de asentamiento del concreto patrón*



*Aditivo(nanosílice) a incorporar al concreto patrón con polímero reciclado*



*Probetas cilíndricas y prismáticas en proceso de fraguado*



*Probetas cilíndricas y prismáticas en estado endurecido*



*Curado de probetas patrón en agua potable*



*Probeta ensayada a la resistencia a compresión axial*



*Probeta ensayada a la resistencia a tracción*



*Probeta a ser ensayada a la resistencia a flexión*



*Probeta prismática después de ser ensayada a resistencia a la flexión*



*Probetas cilíndricas después de ser ensayada a resistencia a la compresión*