



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia De La Adición Del Plástico Reciclado Pet En  
Sus Propiedades Mecanicas En Un Concreto  
Convencional De  $f_c=210\text{kg/Cm}^2$**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**Ortiz Alvaro, Yvan Ayberto (ORCID: 0000-0003-2625-5127)**

**ASESOR:**

**Mgtr. Sagastegui Vasquez, German (ORCID: 0000-0003-3182-3352)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Diseño sísmico y estructural**

**HUARAZ – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

La investigación la dedico a mi mama MARINA A. y mi padre PRIMITIVO J. O. G. que fueron guías de Vida para continuar y quienes siempre me apoyaron constantemente en mi educación superior sin desvanecer hasta lograr mis objetivos profesionales.

A mis hermanas y padres, que son mi fuente de inspiración, mi motor y fuerza para superar cualquier obstáculo, además por su ayuda y apoyo para llegar a concluir esta primera etapa de mi formación profesional para llegar a convertirme en un ingeniero civil.

## **Agradecimiento**

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido A Dios, A mis padres y a mis familiares y las personas que formaron parte del proceso de mi formación académica y personal, que con su aporte yo pueda seguir y obtener el éxito deseado.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	21
3.2 Variables y operacionalización.....	21
3.3 Población, muestra y muestreo.....	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5 Método de análisis de datos.....	30
3.6 Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS.....	31
V. DISCUSIÓN .....	49
VI. CONCLUSIONES .....	52
VII. RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS .....	58

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Distribución de muestreo.....	23
<b>Tabla 2.</b> Granulometría de piedra chancada .....	31
<b>Tabla 3.</b> <i>Granulometría de agregado fino</i> .....	32
<b>Tabla 6.</b> Gravedad específica y absorción de piedra chancada .....	33
<b>Tabla 7.</b> Gravedad específica y absorción de agregado fino.....	34
<b>Tabla 8.</b> Peso unitario para piedra chancada.....	34
<b>Tabla 9.</b> Peso unitario de agregado fino.....	35
<b>Tabla 10.</b> Contenido de humedad de la piedra chancada .....	35
<b>Tabla 11.</b> Contenido de humedad de agregado fino .....	36
<b>Tabla 12.</b> Agregado grueso.....	37
<b>Tabla 13.</b> Agregado fino.....	38
<b>Tabla 14.</b> Cálculo de volumen para mezcla base.....	38
<b>Tabla 15.</b> Valores de diseño.....	39
<b>Tabla 16.</b> Humedad en agregados.....	39
<b>Tabla 17.</b> Aporte de humedad.....	39
<b>Tabla 18.</b> Peso de materiales.....	39
<b>Tabla 19.</b> Peso de materiales por m <sup>3</sup> .....	40
<b>Tabla 20.</b> Peso de materiales por bolsa.....	40
<b>Tabla 21.</b> Proporción de materiales en probeta .....	40
<b>Tabla 22.</b> Material PET por 9 probetas .....	41
<b>Tabla 23:</b> Material PET en 27 probetas.....	41
<b>Tabla 24.</b> Material a utilizar en las 36 probetas .....	41
<b>Tabla 25.</b> Cantidad de muestras .....	42
<b>Tabla 26.</b> Cronograma para el análisis de resistencia.....	42
<b>Tabla 27.</b> Fuerza lograda a los 7 días.....	42
<b>Tabla 28.</b> Resistencia de compresión obtenida a los 7 días.....	43
<b>Tabla 29.</b> Fuerza obtenida a los 14 días .....	44
<b>Tabla 30.</b> Resistencia a la compresión a los 14 días .....	45
<b>Tabla 31.</b> Fuerza conseguida a los 28 días.....	46
<b>Tabla 32.</b> Resistencia lograda a los 28 días.....	46
<b>Tabla 34.</b> Resumen de los resultados.....	47
<b>Tabla 35.</b> Grafica de Resistencia en distintas edades.....	48

<b>Tabla 36.</b> Matriz de consistencia.....	60
<b>Tabla 37.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	61

### Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Tamices.....	15
<i>Figura 2.</i> Reciclaje PET .....	18
<i>Figura 3.</i> Proceso de reciclaje - Compactado.....	20
<i>Figura 4.</i> Juego de tamices .....	25
<i>Figura 5.</i> Balanza analítica de precisión.....	25
<i>Figura 6.</i> Horno de laboratorio de suelos.....	26
<i>Figura 7.</i> Cono de absorción de arena y pisón .....	26
<i>Figura 8.</i> Barra compactadora .....	27
<i>Figura 9.</i> Cono de Abrams .....	27
<i>Figura 10.</i> Maquina mezcladora .....	28
<i>Figura 11.</i> Maquina a compresión .....	28
<i>Figura 12.</i> Probetas cilíndricas .....	29
<i>Figura 13.</i> Curva de granulometría – piedra chancada.....	32
<i>Figura 14.</i> Curva de granulometría - agregado fino.....	33
<i>Figura 15.</i> Material PET reciclado .....	36
<i>Figura 16.</i> PET picado y molido.....	37
<i>Figura 17.</i> Gráfico comparativo de resistencia de las muestras a los 7 días ....	43
<i>Figura 18.</i> Gráfico comparativo de resistencia de las muestras y un estándar a 7 días.....	44
<i>Figura 19.</i> Gráfico comparativo de resistencia de las muestras a los 14días ...	45
<i>Figura 20.</i> Gráfico comparativo de resistencia de las muestras con un estándar a 14 días.....	45
<i>Figura 21 .</i> Gráfico comparativo de resistencia a los 28 días .....	46
<i>Figura 22.</i> Gráfico resistencia los 28 días.....	47
<i>Figura 23.</i> Agregado grueso .....	62
<i>Figura 24.</i> Cuarteo del material agregado grueso .....	62
<i>Figura 25.</i> Granulometría de del agregado grueso.....	63
<i>Figura 26.</i> Cuarteo del material agregado fino .....	63
<i>Figura 27.</i> Granulometría de agregado fino.....	64

<i>Figura 28.</i> Muestra saturada .....	64
<i>Figura 29.</i> Pesado de prueba .....	65
<i>Figura 30.</i> Peso de agregado fino .....	65
<i>Figura 31.</i> Selección de muestras .....	66
<i>Figura 32.</i> Horno para el secado de las muestras .....	66
<i>Figura 33.</i> Cono de absorción de arena y pisón.....	67
<i>Figura 34.</i> Muestra de picnómetro.....	67
<i>Figura 35.</i> Prueba de cono de Abrams.....	68
<i>Figura 36.</i> Preparación de la mezcla .....	68
<i>Figura 37.</i> Elaboración de probetas .....	69
<i>Figura 38.</i> Ensayo de la fuerza de compresión .....	69
<i>Figura 39.</i> Prueba de resistencia a la compresión.....	70
<i>Figura 40.</i> Fisura de probeta .....	70
<i>Figura 41.</i> Resultado del ensayo.....	71
<i>Figura 42.</i> Probetas con fisuras.....	71
<i>Figura 43.</i> Análisis Granulométrico por tamizado – Agregado Fino.....	72
<i>Figura 44.</i> Análisis Granulométrico por tamizado – Agregado Grueso.....	73
<i>Figura 45.</i> Ensayo de Peso Unitario – Agregado fino.....	74
<i>Figura 46.</i> Ensayo de peso unitario - Agregado Grueso.....	75
<i>Figura 47.</i> Ensayo de peso específico y absorción - Agregado fino .....	76
<i>Figura 48.</i> Ensayo de peso específico y absorción - Agregado fino .....	77
<i>Figura 49.</i> Ensayo de contenido de humedad .....	78
<i>Figura 50.</i> Ensayo de resistencia a la compresión-7 días del fraguado.....	79
<i>Figura 51.</i> Ensayo de resistencia a la compresión - 14 días del fraguado.....	80
<i>Figura 52.</i> Ensayo de resistencia a la compresión - 28 días del fraguado.....	81

## RESUMEN

El presente trabajo, tiene por finalidad justipreciar la atribución de la adición del plástico reciclado PET en sus propiedades mecánicas en un concreto convencional de  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , el tipo de investigación es experimental, teniendo un enfoque cuantitativo, a través del diseño de cuatro muestras, una de ellas será el patrón y las demás con los porcentajes de 1%, 2% y 3%, para cada una tendrán 3 muestras haciendo un total de 36 probetas, siendo sometidas al ensayo de resistencia a la compresión. Como resultados se obtuvo las resistencias a la compresión a 7, 14 y 28 días de la incorporación de PET en la mezcla, siendo para 1% de PET, 140.6  $\text{kg/cm}^2$  a 7 días, 217.02  $\text{kg/cm}^2$  a 14 días y 302.24  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días; del mismo modo para 2% de PET, 152.80  $\text{kg/cm}^2$  a 7 días, 223.86  $\text{kg/cm}^2$  a 14 días y 319.67  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días; finalmente para 3% de PET, 157.1  $\text{kg/cm}^2$  a 7 días, 240.68  $\text{kg/cm}^2$  a 14 días y 332.32  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días. Como conclusión se define que la incorporación de PET en porcentajes de 1% a 3% beneficia a la resistencia mecánica del concreto.

**Palabras clave:** probetas, patrón, compresión, plástico PET.



## ABSTRACT

The purpose of this work is to assess the attribution of the addition of recycled PET plastic in its mechanical properties in a conventional concrete of  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , the type of research is experimental, having a quantitative approach, through design. of four samples, one of them will be the standard and the others with the percentages of 1%, 2% and 3%, for each one they will have 3 samples making a total of 36 specimens, being subjected to the compressive strength test. As results, the compressive strengths were obtained at 7, 14 and 28 days of the incorporation of PET in the mixture, being for 1% of PET, 140.6  $\text{kg/cm}^2$  at 7 days, 217.02  $\text{kg/cm}^2$  at 14 days and 302.24  $\text{kg/cm}^2$  at 28 days; in the same way for 2% PET, 152.80  $\text{kg/cm}^2$  at 7 days, 223.86  $\text{kg/cm}^2$  at 14 days and 319.67  $\text{kg/cm}^2$  at 28 days; finally for 3% PET, 157.1  $\text{kg/cm}^2$  at 7 days, 240.68  $\text{kg/cm}^2$  at 14 days and 332.32  $\text{kg/cm}^2$  at 28 days. As a conclusion, it is defined that the incorporation of PET in percentages of 1% to 3% benefits the mechanical resistance of the concrete.

**Keywords:** test tubes, pattern, compression, PET plastic.

## I. INTRODUCCIÓN

El plástico es una de las materias primas más edificadoras del mundo en la actualidad, ya que en su mayoría son creados para desecharse luego de ser utilizado. La ONU (1) indica que los desechos plásticos son aproximadamente la mitad de lo que se generan a nivel mundial, así mismo nos muestra cifras alarmantes, que si se continua con el consumo del plástico para el año 2050 el planeta albergara cerca de 12.000 millones de toneladas de residuos plásticos, así mismo señala que solo se logra reciclar el 9% de lo que se generan actualmente que son 9.000 millones de toneladas de basura plástica; a nivel mundial los países que generan gran cantidad de envases plásticos son EE.UU., la Unión Europea y Japón.

En América Latina, la lucha por la reducción de los residuos plásticos no es ajena, así lo afirma Arkin et al. (2) en nuestra región producimos el 4% de la cantidad mundial de los desechos plásticos, siendo un promedio de 0.91 kg/hab. por día. El PET es uno de los tipos de plástico con más inserción en el mercado Latino, así mismo solo se recicla el 25% del plástico PET en toda la región, esto se da gracias al trabajo del reciclaje informal y a las pequeñas industrias que hoy en día toman conciencia y emplean el PET como un material reusable.

Nuestro país, no es ajeno de esta realidad, según el Ministerio del Ambiente (3) el Perú se usa alrededor de 30 kg. De plástico por cada ciudadano al año, manteniendo una cifra a 1,926 toneladas de residuos plásticos; solo en Lima y Callao se concentra alrededor del 46% del total de desechos que son 886 toneladas; también se utilizan alrededor de 3 mil millones de bolsas por año, convirtiéndose en un peligro ambiental, debido a que el tiempo de degradación es entre 400 años y 1000 años dependiendo del producto plástico que se deseché.

Siguiendo con la línea de la contaminación, tenemos que el rubro de la construcción, también es uno de los que produce efectos adversos a nuestro medio ambiente, para Infante y Valderrama (4) señala que la se deben buscar nuevas tecnologías o formas de que ayuden a minimizar el impacto negativo, tanto en los materiales que se desechan, también por la extracción indebido de agregados.

Así mismo en nuestro país el sector construcción tiene un gran porcentaje de los desechos plásticos, que representa un 13.8% del total del plástico, convirtiéndose en un agente altamente peligroso para la contaminación de nuestro medio ambiente. (5)

Para disminuir la contaminación que ocasiona las construcciones y aumentar el proceso de reutilización en cuanto al PET, es por ello que se han realizado estudios acerca de su reutilización en la industria de la construcción, con el objetivo de reducir la gran brecha que se tiene del reciclaje de los plásticos como lo menciona Rodríguez, Chávez, Lartategui, & Letona (6), el PET contiene un gran potencial en cuanto al reciclaje, esto se debe al gran uso comercial que existen a nivel mundial, es por ello que la innovación en la reutilización de este material es fundamental y más aún su aplicación dentro de la elaboración de obras civiles en su proceso de construcción, es así que se ve una posibilidad de que el PET reciclado cumpla o sustituya la función de algún agregado, en busca de una mejora en cuanto a su resistencia.

La investigación se pretende evaluar la influencia de la adición del plástico reciclado PET, para posteriormente establecer en cuanto disminuye o aumenta sus propiedades mecánicas, a través de pruebas de ensayo con un diseño de mezcla concreto convencional de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Así mismo estos ensayos se realizarán en función al reemplazo de un agregado (arena) por el polietileno tereftalato (PET), en porcentajes de: 5%, 10% y 15%, y estos serán comparados con una mezcla patrón, de acuerdo a su fraguado en 7, 14 y 28 días, así veremos sus propiedades mecánicas en su estado fresco y endurecido.

En función a la problemática existente ya antes mencionado, se sabe que la contaminación del PET es un agente que viene en ascenso y por ello se tienen que establecer alternativas tecnológicas para la aplicación del plástico en otras industrias, siendo una de las alternativas el sector construcción, es por ello que la propuesta de esta investigación es reutilizar el PET reciclado en la mezcla de concreto, con la finalidad de evaluar sus propiedades mecánicas. Se tiene como Problema general: ¿Cómo influye la adición del plástico reciclado PET en las propiedades mecánicas de un concreto convencional de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?, y como problemas específicos a i) ¿Cuáles son las características del PET reciclado y

de los agregados?, ii) ¿Cuál es el diseño de la mezcla para un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando material PET?, iii) ¿En cuánto aumenta la resistencia a la compresión a la mezcla con plástico PET?

Esta investigación se justifica económicamente, ya que al realizarse un concreto con incorporación de material pet, permite brindar oportunidad laboral a muchas personas, por tratarse de una nueva alternativa en el sector construcción, asimismo, el material a incorporar en el concreto es asequible, ya que estos materiales pet se consiguen mediante el reciclaje de plásticos.

Para dar respuesta a las preguntas planteadas anteriormente, es necesario plantear el siguiente objetivo general: Evaluar la influencia de la adición del plástico reciclado PET en sus propiedades mecánicas en un concreto convencional de  $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, trazó como objetivos específicos a i) Determinar las características de los agregados convencionales y del material reciclado, ii) Realizar el diseño de la mezcla de un concreto con agregado convencional y con plástico PET de una resistencia de  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, iii) Analizar la resistencia a compresión de las mezclas de concreto en diferentes proporciones de plástico PET y del concreto convencional.

Finalmente, como hipótesis general se plantea, existe influencia de la adición del plástico reciclado PET en sus propiedades mecánicas en un concreto convencional  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, y como hipótesis específicas a i) El PET reciclado, posee similares características a los agregados, ii) Con el porcentaje de PET reciclado se logrará aumentar las propiedades mecánicas del concreto ,iii) La mezcla diseñada con el plástico PET, aumentara su resistencia a la compresión con los distintos porcentajes de adición.

## II. MARCO TEÓRICO

Como parte de la investigación se considera los siguientes antecedentes internacionales con respecto a la adición del plástico reciclado pet en las propiedades de concreto.

Quintero y Mehecha (7), en su investigación denomina: “Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de PET reciclado”, tuvo por finalidad instaurar una cierta cantidad de PET reciclado con porcentajes de 0%, 10%, 20% y 30%, con el fin de medir su resistencia de compresión. La investigación fue de tipo experimental, teniendo como resultados de los ensayos de compresión, al porcentaje del diseño de mezcla a los 14 días se obtuvo lo siguiente: con el 0% la carga máxima de 215 kg/cm<sup>2</sup>, con el 10% se alcanzó una resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> pero se ocasiono fisuras verticales en la parte inferior del cilindro, en el concreto con el 20% se logró una compresión de 189 kg/cm<sup>2</sup> teniendo fisuras verticales y por ultimo con el concreto del 30% se consiguió una compresión de 183.68 kg/cm<sup>2</sup> teniendo fisuras verticales después de ser sometido por el ensayo de laboratorio. Se concluye que la combinación entre el PET y el concreto no es la adecuada, de acuerdo a los análisis de laboratorio que se realizar para medir la resistencia de cada mezcla, recomendándose el no uso de concreto con PET en ninguno de los porcentajes utilizados en esta investigación.

Acevedo y Posada (8) en su artículo de investigación: “polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto”, tuvo por objetivo principal evaluar y establecer la cantidad necesaria de PET para una mezcla de concreto resistente. El estudio fue de tipo experimental evaluando la resistencia a la compresión y la manejabilidad del concreto, se tuvo como conclusión que mediante el reemplazo parcial del agregado de una mezcla de concreto por material PET, se ejecutó en los siguientes proporciones de 5, 10, 15 y 20% los resultados señalan que la resistencia a la compresión (MPa) durante 3, 7 y 28 días, a los 3 días de curado, la mezcla de referencia llevo a tener 13,5 MPa mientras que las mezclas con PET del 5% es 9.7 MPa, el de 10% tuvo 8,6 MPa, el 15% alcanzo el 10,2 MPa y el de 20% consiguió el 10,2 MPa; a los 7 días de su fraguado la mezcla de referencia obtuvo 20,9 MPa, la de 5% adquirió el 19,2 MPa, la de 10% logró 16,4 MPa, la de 15% alcanzo el 18,9 MPa,

la de 20% tuvo 16,8 MPa; finalmente a los 28 días de curado la mezcla referencial obtuvo como resultado 29,9 MPa, la mezcla con 5% de adición tiene un 18,8 MPa; 10% consiguió un 26,2 MPa, 10% obtuvo 25,7 MPa, 15% alcanzó un 25,7 MPa y la mezcla con 20% de PET logró un 24,7 MPa. Se concluye que, en base a los resultados mostrados, la mejor resistencia de las mezclas que contienen PET es la del 5%, pero que a pesar de eso no es un reemplazo adecuado debido a que la resistencia no es la adecuada para los elementos estructurales.

Espinoza (9), en su artículo de investigación: “adición de PET reciclado al mortero portland como refuerzo: Estudio de las propiedades mecánicas”, realizado en ECOFRAN – Bolivia, tuvo por objetivo general establecer mejoras en las propiedades mecánicas del concreto Portland, añadiendo PET reciclado. La investigación fue de tipo experimental en las cuales se realizaron cinco diseños de mezclas, la mezcla 1 consta de cemento, arena, agua que será la mezcla base; la mezcla 2 se adiciona el 0.5% de PET; la mezcla 3 tiene que se adiciona el 1% de PET; la mezcla 4 se le agrega el 1.5% de PET y finalmente la mezcla 5 se adiciona el 2% de PET. Como resultado de las pruebas de compresión a los 28 días se obtiene que la mezcla 1 la probeta tuvo un esfuerzo de compresión de 196 kg/cm<sup>2</sup>, la mezcla 2 obtuvo 215 kg/cm<sup>2</sup>, en la mezcla 3 alcanzó 193kg/cm<sup>2</sup>, la mezcla 4 consiguió 197 kg/cm<sup>2</sup> y por último la mezcla 5 adquirió 193 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, se concluye, según la evidencia existe algún incremento de compresión para la mezcla 2 que se adicionó el 0.5% de PET, mientras las demás mezclas se mantienen o reduce levemente en su compresión.

Blancas (10) en su investigación titulada: “Evaluación de mezclas de concreto modificadas con PET reciclado y adición mineral; su influencia en el módulo de ruptura y en la durabilidad de pavimentos rígidos”, tuvo por finalidad evaluar el diseño de las mezclas de concreto con adición de PET reciclado y con mineral. La investigación fue un estudio experimental a través del diseño de una mezcla de control (MC) y cuatro mezclas de concreto modificado, la primera es una mezcla con el 0.8% de adición de fibra PET (PR-0.8), la segunda mezcla con adición de 0.8% de PET molido (PM-0.8), la tercera mezcla es con el 0.8% de fibra PET y el 15% de ceniza de bagazo de caña (PR0.8+CBC15) y la última mezcla es con el 0.8% PET molido y el 15% de ceniza de bagazo de caña

(PM0.8+CBC15), todas estas mezclas fueron sometidas a pruebas por ensayo de laboratorio físico - mecánico para determinar su durabilidad y resistencia. Como resultado a los 28 días del curado de las probetas se procedió a realizar la prueba de resistencia, la mezcla M-C obtuvo un valor de 33.33 MPa al igual que la mezcla PR-0.8, mientras que la PM-0.8 consiguió 32.97 MPa, la mezcla PR0.8+CBC15 alcanzo un resultado de 24.62MPa y finalmente la mezcla PM0.8+CBC15, obtuvo 27.65 MPa. Concluyo que la presencia de microfibra de PET reciclado en la mezcla, ayudan a acrecentar la resistencia a la ruptura del concreto y mitigar las fallas del concreto convencional ante cualquier factor de carga, evitando las fallas graves en la estructura.

Vargas y Polo (11) en su estudio: “Obtención de una mezcla de concreto con residuos plásticos de equipos electrónicos para la fabricación de elementos no estructurales” elaborado en la Universidad de la Costa – Colombia, tuvo por objetivo proponer un diseño de mezcla de concreto con reemplazo de material que contenga plástico molido o restos de equipos electrónicos, para muros de concreto, empleado en viviendas sociales. La investigación es de tipo experimental, su diseño metodológico consta de cuatro fases, la primera fase, es analizar la situación actual de tanto de los materiales agregados para el concreto, como del plástico; su segunda fase, establece los diseños de mezclas a usar y las principales características de los materiales agregados; la tercera fase se basa en la realización de las mezclas, que se encuentran en estado fresco o endurecido y finalmente la cuarta fase que se procede a realizar el análisis final. Los resultados del trabajo que se realizaron 4 tipos de mezcla el concreto uno que es una mezcla patrón el cual alcanzo una compresión de 2728 psi a los 28 días, mientras que el concreto dos que contiene el 40% de la mezcla de plástico logró una resistencia a la compresión de 2147 psi, así mismo el concreto tres con el 60% de plástico obtuvo una resistencia de 1521 psi y finalmente el concreto 4 con el 50% de psi obtuvo una resistencia de 1803 psi, todas estas muestras fueron evaluadas a los 28 días de edad. Como conclusión tenemos que de acuerdo a los resultados obtenidos si se puede aplicar la adición del plástico, pero que estos elementos solo podrán ser de uso divisorio, no estructural; siendo así una alternativa de uso para la disminución de desechos plásticos y electrónicos.

En el ámbito nacional, De la Cruz y Quispe (12) señala en su investigación: “influencia del plástico PET reciclado en las propiedades físico – mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  Huamanga, Ayacucho – 2021”. Tuvo por finalidad determinar la atribución del plástico PET reciclado en las propiedades físico – mecánicas del concreto  $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$ . La investigación fue de tipo cuasi experimental, el diseño de las mezclas de concreto es de 5%, 10% y 15%, teniendo como resultados que la mezcla diseñada con el 5% de material PET tuvo una resistencia de  $221\text{ kg/cm}^2$  que alcanzo a los 28 días, la mezcla con adición del 10% logro una resistencia de  $191\text{ kg/cm}^2$ , el concreto con el 15% de PET consiguió una resistencia de  $151.7\text{ kg/c}$ . Concluyo que el hormigón que tiene el 5% de PET reciclado, muestra buenos resultados en cuanto a la resistencia y la trabajabilidad, por otro lado el concreto con 15% de PET reciclado tiene característica menos trabajable y de menor resistencia.

Pinedo (13), señala en su investigación: “Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018”. La finalidad del trabajo de investigación fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con adición de material PET reciclado. La investigación fue tipo experimental. Se ejecutó tres diseños de mezclas con PET al 5%, 10%, 15% y un concreto patrón que su resistencia a la compresión a los 28 días fue de  $220.01\text{kg/cm}^2$ . En esta prueba se mostraron resultados de  $191.84\text{kg/cm}^2$  para el 5%,  $168.25\text{kg/cm}^2$  para el 10% y  $151.31\text{kg/cm}^2$  para el 15%. Con estos resultados quedo demostrado que la mezcla con PET puede ser usado para elementos no estructurales, debido a su baja resistencia de compresión, pero que ayuda a mitigar los desechos plásticos.

Márquez (14) en su investigación denominada: “Estudio del comportamiento del concreto con adición de plástico reciclado en la ciudad de Arequipa”. Tuvo por objetivo general evaluar el comportamiento del hormigón con la adición de plástico reciclado como alternativa ecológica. La investigación fue de tipo experimental, para ello se realizaron 3 diseños de mezclas diferentes teniendo 0.5%, 1.0% y 1.5% esto en relación al peso del cemento. Según los resultados obtenidos de las pruebas por laboratorio en resistencia a la compresión tenemos que, a los 28 días del fraguado de las mezclas, para el 0.5% se tiene una compresión de  $291,77\text{ kg/cm}^2$ , así mismo el concreto con el 1.0% de adición se



obtiene 310.38 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia y finalmente la mezcla con el 1.5% de material PET se logró una resistencia a la compresión de 294.21 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyo que la adición del plástico al concreto es viable y ecológica, tomando en cuenta que mejora la calidad del concreto en cuanto a la resistencia a compresión y tensión, así mismo que la adición al 1.5% de plástico reciclado al concreto sería la mejor opción en cuanto al compresión y tensión del concreto estudiado.

Cantoral (15) nos informa en su tesis titulada “Trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto con adición de plástico PET en el distrito de Ate – Lima, 2017”. Su objetivo fue valorar las propiedades mecánicas del concreto con material adicional PET, mediante pruebas de resistencia a la compresión. La investigación es de tipo aplicada, experimental; para esto se han realizado probetas con cuatro porcentajes distintos de PET reciclado, entre ellos tenemos el de 0% que es la mezcla patrón, el de 5%, 10% y 20%. Mediante el ensayo SLUMP, se pudo evidenciar que existe una mejora en cuanto a la trabajabilidad del concreto adicionado con PET, es por ello que el concreto del 0%, 5%, 10% y 20 %, se obtuvo un asentamiento de 7 (cm), 8.25 (cm), 9 (cm) y 12.75 (cm) siendo su consistencia en la mayoría plástica, solo la mezcla con el 20% tiene una consistencia fluida. En cuanto al resultado de la resistencia a compresión, se tuvieron los siguientes 353.44 kg/cm<sup>2</sup>, 459.26 kg/cm<sup>2</sup>, 387.44 kg/cm<sup>2</sup> y 285.35 kg/cm<sup>2</sup> según al diseño de la mezcla con material PET al 0%, 5%, 10% y 20%. En conclusión, se logró medir la trabajabilidad y la resistencia de los concretos, así mismo se aprecia que a mayor cantidad de material PET se le adicione a la mezcla va disminuyendo su trabajabilidad y resistencia.

Léctor y Villarreal (16), señala en su tesis “Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote”. El objetivo principal de la investigación es elaborar concreto convencional adicionando materiales plásticos reciclados triturados (PET). La metodología empleada es el diseño de tipo aplicativo - experimental, a través de un diseño de mezclas de concreto con diferentes cantidades de PET entre ellas de 0%, 5%, 10% y 15%., se elaboraron testigos de 175 kg/cm<sup>2</sup> y de 210 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia con el porcentaje antes mencionado, luego fueron sometidos a los ensayos de resistencia a las 7, 14 y 28 días. Los resultados muestran que el

concreto del 5% para 175kg/cm<sup>2</sup> se obtuvo que a las 7, 14 y 28 días se logró una resistencia de 109.41kg/cm<sup>2</sup>, 127.74 kg/cm<sup>2</sup> y 148.72 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, así mismo el testigo para 210kg/cm<sup>2</sup> muestra unos resultados de 133.52 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 164.94 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 184.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Los resultados de la muestra con 10% de PET, para 175 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvieron para los 7,14 y 28 días una resistencia de 90.07 kg/cm, 90.93 kg/cm<sup>2</sup> y 109.26 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que para concreto F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días mostraba una resistencia de 120.51 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días 133.69 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 148.71 kg/cm<sup>2</sup>, y finalmente la muestra con el 15% de PET refleja que a los 7, 14 y 28 días tiene una resistencia de 83.53 kg/cm<sup>2</sup>, 90.32 kg/cm<sup>2</sup> y 94.53 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, para la resistencia de F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> se tuvo los siguientes resultados a los 7 días 94.04 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días 106.16 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 108.90 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión. Se concluye que la mezcla con el 5% de PET es la más recomendable para el concreto, también indica que el concreto disminuye en su densidad según a la cantidad de material agregado de PET teniendo una disminución entre 5% a 13% al agregar el plástico, así mismo se logra un aumento al volumen del concreto del 10% siendo un beneficio para mitigar el impacto ambiental.

Córdova (17), indica en su investigación: "Utilización de plástico reciclado (PET), en elementos prefabricados de concreto de f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2019", tuvo por finalidad perfeccionar los elementos de concreto de f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de material PET. La investigación es de tipo aplicativo – experimental, en donde los agregados naturales y agregados de plástico reciclado serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión con porcentajes de 0.0%, 0.7%, 1.2% y 1.4%. Los resultados arrojados de la prueba de laboratorio indicaron que a los 28 días de curado del concreto, se obtuvo un resistencia de compresión de 288.40 kg/cm<sup>2</sup> para la mezcla con 0%, para el de 0.5% se logró una resistencia de 299.21 kg/cm<sup>2</sup>, para el 1.2% se tuvo una resistencia de compresión de 303.91 kg/cm<sup>2</sup> y por ultimo para el diseño de mezcla con el 1.4% de material PET se obtuvo el 297.44 kg/cm<sup>2</sup>. Luego de la interpretación de los resultados se concluye que el agregado del 1.2% del PET es el óptimo para la resistencia a la compresión se obtuvo como resultado un concreto de 303.91 kg/cm<sup>2</sup> estableciendo de esta manera la cantidad de PET reciclado necesario

para un concreto resistente, recomendando su uso en estructuras que tengan cuantiosa cantidad de acero corrugado.

En el ámbito local, Jara (18), en su investigación: “Resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con material de reciclaje plástico – Huaraz – 2017”. La investigación tiene como finalidad evaluar la resistencia a la compresión de diseño de concreto con adición de PET en un 10 y 15 %. El tipo de investigación fue experimental mediante probetas de concreto sustituyendo el agregado grueso por el plástico. Concluyo que el concreto patrón a los 28 días tiene una resistencia de 222.07 kg/cm<sup>2</sup>, comparando con los concretos con sustitución del 10% a los 28 días llega a tener una resistencia de 198.87 kg/cm<sup>2</sup> y mientras que la sustitución del 15% llega a tener una resistencia de 190.42 kg/m<sup>2</sup>, confirmando así que el concreto patrón supera en resistencia a los experimentales y que a mayor cantidad de material sustituido por reciclaje será menos la capacidad de resistencia del concreto.

Por otro lado, se presentan las siguientes teorías de distintos autores, los mismos que brindaron nociones referidas a las variables y tema de estudio:

El concreto es un material que está formado por una mezcla de cemento, grava y arena, que al mezclarse con el agua y con la presencia del aire del medio ambiente la mezcla llega a endurecerse en las formas y dimensiones que se requiere para la construcción (19). El porcentaje mayor de la mezcla es de los agregados gruesos y finos. La interacción química del cemento y el agua en la mezcla con los agregados, se obtiene la masa sólida, en la cual el agua es fundamental para la trabajabilidad del concreto. A la mezcla se puede adicionar aditivos, ellos se pueden emplear para que el concreto mejore en algunos casos específicos (20).

Encontramos los siguientes tipos de concreto:

Concreto simple: Nematzadeh, Ali y Fakoor (21) expresan que, es la mezcla de cemento, arena, grava, roca triturada y agua. En determinadas mezclas se puede incorporar aditivos los cuales modifican algunas de las características de concreto, como modificando la resistencia, el tiempo de demora del fraguado, etc.

Concreto armado: Es la unión entre el concreto más la armadura de acero, empleado como refuerzo y que se diseña con la idea de que estos dos materiales trabajen de manera conjunta, la armadura actúa soportando los esfuerzos de incremento en la resistencia a la compresión del concreto o la tracción (22).

Concreto de peso normal: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (23) afirma en la Norma Técnica de Edificación E. 060 Concreto Armado, afirma que, el uso del concreto convencional, utilizado en edificaciones, pavimentos y otras construcciones, el peso varía entre 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>.

Concreto prefabricado: Puede ser concreto simple o armado, que es fabricado previo a la construcción en otro lugar diferente, con previo curado hasta lograr una resistencia adecuada para su manejo, removidos del molde y trasladado a la estructura en la cual se le empleará, el prefabricado puede ser arquitectónico o estructural (23).

Concreto premezclado: Es el resultado del proceso controlado en la combinación de agregados finos, gruesos, cemento, agua y aditivos, en una planta que cuenta con la tecnología de punta para identificar la dosificación de los materiales para el diseño de la mezcla y luego llevada a la obra (23).

Concreto ciclópeo: Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (23) en el Reglamento Nacional de Edificación en la norma técnica de edificación E-060 concreto armado, indica que es el concreto simple al cual se le ha incorporado piedras grandes, comúnmente llamado como canto rodado, siendo todo agregado que mida más de 2 pulg y pese hasta 50kgf.

En cuanto a los componentes del concreto son específicamente cuatro, entre ellos el cemento agregado, agua y aditivos, los cuales al combinarse se mezcla con el aire, el cual es un elemento pasivo (24).

Se resalta que los aditivos, en la actualidad han tenido mayor presencia en el uso de la mezcla del concreto, ya que en la antigüedad no se les consideraba, esto se debe al ahorro económico que genera en la obra, ya que nos ayuda a la resistencia, durabilidad y trabajabilidad (25).

Según Xiong, y otros (26) afirman que las principales propiedades del concreto fresco son:

**Trabajabilidad:** Es la facilidad del trabajo que tiene el concreto fresco al realizar el proceso de mezclado, transporte, colocación y compactación, para medir se hace mediante la prueba de Slump para saber la trabajabilidad del concreto Xiong, y otros (26). Para realizar esta prueba se necesita una varilla, un cono y una plancha base, todo de metal. El realizar la prueba de Slump se mide la altura de la masa de concreto después de ser retirada del molde de cono, luego de sacarlo del molde se mide y si la altura es mayor, la trabajabilidad del concreto es mejor, por otro lado, al tener una altura menor significa que la mezcla es muy seca y es poco trabajable (27).

**Exudación:** Es el proceso del agua cuando sale a la superficie del concreto, esto se debe evitar porque la superficie se debilita por la sobre concentración del agua y ocasionan fisuras.

**Contracción:** El cambio de volumen del concreto hace que ocurra la contracción por la pérdida del agua al evaporarse, al tener variaciones de humedad y la temperatura del medio. Esto se evita al realizar un correcto curado del concreto (28)

Osta, y otros (29) afirma que, las propiedades del concreto en su estado endurecido son:

**Elasticidad:** Es la propiedad que el concreto tiene para deformarse bajo cargas, sin deformarse de manera permanente, esto en ciertos límites.

**Resistencia:** Es cuando el concreto resiste esfuerzos sin que llegue al fallo, esto se requiere para resistir la compresión, el diseño se verifica al realizar el ensayo de resistencia.

**Extensibilidad:** Cuando el concreto se deforma sin presentar rajaduras, definida por la deformación unitaria máxima. Dependiendo del flujo plástico y la elasticidad.

**Durabilidad:** Es la capacidad del concreto que tiene para resistir a los agentes externo como el desgaste por abrasión, bajas o altas temperaturas, eflorescencia, la penetración del agua, retracción al secado, choques térmicos o agentes corrosivos, etc, sin perder las condiciones físico-químico al transcurso del tiempo (30).

Impermeabilidad: Capacidad que posee el concreto para que los gases o agua del exterior no penetre por los poros internos cuando el concreto está endurecido.

El cemento portland una materia pulverizada que posee la propiedad que, al añadirle la cantidad adecuada de agua, forma una pasta que es capaz de endurecerse cumpliendo la característica de conglomerante, propiedad presente cuando está al aire libre como en el agua (30).

La fabricación del cemento portland, se da mediante la extracción de la materia prima, en este caso el material calizo y arcilloso, posteriormente se tritura hasta que sea reducido a polvo. Continuando con el proceso de fabricación, es enviado a un horno donde empieza el proceso de cocción lentamente, llegando a estar al punto de clinkerización, posteriormente se enfría en bandejas, para luego ser mezclado con un mínimo agregado de yeso, todo esto se vuelve a moler y como resultante da el cemento portland. (31)

Los tipos de cemento, según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009:2020 (32) tenemos 6 tipos, que se mencionan a continuación:

El cemento Tipo I, es el cemento es de tipo común, siendo de silicato tricálcico (C3S), su uso es para aquellas obras en donde las condiciones de trabajo no conllevan ningún tipo de condición climática rigurosa

El cemento tipo II, es el cemento se emplea mayormente para estructuras de gran tamaño, teniendo como finalidad que los muros de concreto o columnas sufran algún tipo de fisura o agrietamiento debido al cambio termino durante el proceso de hidratación.

El cemento tipo III, es el cemento guarda en su proporción una alta cantidad de silicato tricálcico y poca cantidad de silicato dicalcico, ya que su función es la aceleración de su fraguado y que alcance la resistencia adecuada en poco tiempo.

El cemento tipo IV, es usado mayormente para las presas de concreto, debido a que es bajo en silicato tricálcico, esto ocasiona que su poder de hidratación se desarrolle con más lentitud, siendo mucho menor al cemento tipo I o normal, por tal motivo evita el agrietamiento de las construcciones de estructuras masivas.

El cemento tipo V, es aquel que tiene pocas cantidades de aluminato tricálcico, el cual garantiza la resistencia a los ataques de sulfato, este cemento es ideal en el empleo de locales industriales, además alcanza una resistencia muy rápida al poco tiempo de su fraguado.

El cemento tipo MS, es el que más resiste a la humedad, salitres y sulfatos, ideal para estructuras de drenaje o viviendas cerca a la playa. Su uso es muy similar que el tipo I y tipo II. Su composición es 5% yeso, 30% escoria y 65%clinker, en cuanto a su resistencia es igual al tipo III con la única diferencia que el tiempo de fraguado es superior.

Según Thiam et al (33) menciona que pueden ser naturales o de tipo artificial, que ocupan gran parte de la mezcla para obtener concreto, al obtener esta mezcla se utiliza para la resistencia y la buena calidad de un concreto a emplearse en una obra de construcción.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (23) que el nivel de calidad de los agregados debe ser el óptimo para que en su uso posterior no traiga problemas en la construcción.

Según Mehrabí, y otros (34) expresan que los agregados tienen diferentes clasificaciones ellas son:

El agregado fino es aquellos provenientes de la desintegración natural o artificial de las rocas, que poseen la cualidad de pasar por el tamiz de 3/8" y ser retenido en el tamiz N°200.

El agregado grueso es el material que se retiene en el tamiz N°4, se clasifica en grava y piedra chancada.

Meena et al. (35) indica que agregados deben pasar por diferentes ensayos, los cuales se realizan con materiales de la zona y se realiza estos ensayos por el personal adecuado al igual que las maquinas precisas para estos ensayos, el cual está normalizado para identificar la calidad del material.

El ensayo de granulometría es un proceso que se realiza con los agregados donde se determina el tamaño de ellos, esto se logra empleando siete tamices, que están estandarizados por ASTM 33, reconociendo como tamaño máximo de abertura a la menor y el tamaño máximo nominal a la abertura mayor (36).



*Figura 1. Tamices*

El módulo de finura de los agregados se calcula sumando las cantidades en porcentaje acumulados en la malla que sigue, esto se divide entre 100. Es el indicador de finura de los agregados, a menor el módulo de finura, más grueso es el agregado. Útil para la estimación de las proporciones que debe emplear en la mezcla del concreto (37).

Las impurezas de los agregados son las partículas que posee los agregados, las cuales se identifican mediante ASTM C33, con el cual se puede encontrar las especificaciones por las cuales se pueden establecer límites de impureza de un agregado (38)

El peso por unidad de volumen son las relaciones que se tiene entre el peso y el volumen para seleccionar y manejar los agregados adecuados, relacionando la calidad que debe poseer. Esto controla la relación agua-cemento (39)

La Humedad según Mohammadjavad, Faisal y Fini (40) comentan que, el agregado al poseer humedad aporta o quita agua a la mezcla, el agregado fino tiende a aumentar el volumen y es importante controlar la humedad del agregado para obtener una adecuada mezcla.

Lugeiyamu, Kunlin, Mensahn y Faraz (41) afirman que, el agua debe estar libre de álcalis y debe estar limpia para evitar daños al obtener el concreto o incluso puede dar al acero, se tiene en cuenta que la concentración de ion de cloro no debe ser mayor a 500 ppm y la de ion sulfato no debe ser mayor a 1000 ppm.



El Agua para concreto tiene dos funciones esenciales, para la mezcla del concreto y también sirve para el curado en las estructuras de las construcciones de diferentes obras, siendo un factor importante en el diseño de la mezcla, en estado fresco y en el curado (42).

El Diseño de mezclas de concreto es la aplicación práctica y técnica sobre los componentes e interacción que tienen entre los elementos, para obtener una mezcla con un resultado favorable que satisfaga eficientemente los requerimientos que tienen los proyectos de construcción (43). Asimismo, tiene como Objetivos, la determinación de la combinación factible de los materiales, mejorando la economía y satisfaciendo los requerimientos según la condición para su uso en las construcciones de las obras para obtener edificaciones que duren y tener eficiencia en la construcción: Se calcula las proporciones de elementos que forman el diseño del concreto, con el fin de obtener mejores resultados (44).

La resistencia a la compresión, es la propiedad mecánica del concreto, más importante, que juzga la calidad y sirve para soportar cargas por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzos, usualmente se representa en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y libras o pulgadas cuadradas (algunas veces). Por lo general se mide la Resistencia a los 28 días de fraguado el concreto. (45).

Umasabor y Daniel (46), expresan que es la medida común para determinar el desempeño del diseño de concreto que se utilizará en una determinada obra, midiéndose mediante la fracturación de probetas cilíndricas de concreto mediante una maquina especializada para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

El polietileno de tereftato (PET) según Paz (47), indica que el PET es un tipo de termoplástico derivado del petróleo, descubierto en el año 1941 y su mayor aplicación es en los envases de bebidas, estando presente en el mercado con mayor incidencia, dentro de sus principales características están la: alta resistencia, transparencia, resistencia química, baja absorción de agua, reciclable, liviano.

Para Paz (47), el uso del PET se encuentra en la mayoría de las envolturas, teniendo su principal aplicación e introducción en el mercado dentro de los rubros de:

Envases y empaques, debido a las propiedades de durabilidad, resistencia, impermeabilidad, esto se ve en los empaques de alimentos, envases de bebidas, detergentes y químicos. (47)

La industria textil según Bazalar & Palomino (48) afirma que la aplicación del polietileno de tereftalato se da en la fibra de poliéster, que es usado en su mayoría para confeccionar prendas de vestir, alfombras u otros accesorios; también en el rubro electrónico lo emplea como aislantes, conectores eléctricos, bobinas, transformadores, esto gracias a su alta resistencia dieléctrica y mecánica.

Las propiedades del plástico PET son muchas, gracias a esto cumplen diferentes especificaciones técnicas dentro de las diferentes industrias o rubros, para Echevarría (49), resalta las siguientes propiedades: elemento con un grado alto de resistencia, resistencia química, grandes propiedades térmicas, es un producto que puede ser reciclado, tiene un buen factor de deslizamiento.

Para Olivera (2016) el reciclaje de PET ayuda a preservar el medio ambiente y evita que muchos desechos plásticos lleguen a botaderos generando mayor contaminación, adicional a esto es una industria que viene en forma ascendente. El reciclaje es una de las actividades que se realiza día tras día que inicia con la eliminación de un producto reciclable en este caso los plásticos PET, para posteriormente convertirse en una chatarra comerciable, uno de los fines para el reciclaje es que se genere un proceso de transformación de materia prima para que nuevamente se convierta en botellas o envases de productos.



*Figura 2. Reciclaje PET*

Las principales características de tereftalato de polietileno, el PET es un plástico que puede ser modificado varias veces, lo cual se convierte en un elemento reciclable. El tereftalato de polietileno es manejable y reversible siendo un material muy usado en la industria de botellas. (50)

Su fórmula moléculas es  $C_{10}H_8O_4$ ,

Cevallos y Endara (51) señala que dentro de sus principales características del PET se tiene:

Biodegradable, por ser un material cristalino, permite su biodegradación, pero tarda demasiado, aproximadamente unos 50 años.

Cristalización, incrementa el peso molecular y la densidad del PET

Esterilización, el PET es altamente resistente a procesos de esterilización, ya sea por radiación u óxido de etileno.

Factor barrero, es por la protección que ofrecen los plásticos PET mediante el uso de sus envases, impidiendo el paso de agentes contaminantes, teniendo un efecto barrera.

Peso, es un material sumamente liviano, si lo comparamos con un envase de PVC es mucho más liviano, pero de igual consistencia, usando alrededor del 25% menos que el envase del PVC.

Degradación térmica, el PET es soportable a temperaturas muy altas, teniendo en cuenta que a los  $250^{\circ}$  se extrusiona y a los  $260^{\circ}$  es punto de fusión.

Resistencia química, cuenta con una alta resistencia a ciertos insumos como el aceite, alimentos, jabones, etc.

Alternativas ecológicas, el PET es un material retornable, por la cual cumple como una alternativa ecológica, debido al reciclaje y a su uso en otras industrias.

Dentro de los envases PET tenemos los reciclables y no reciclables.

Reciclable, aquellos envases de plástico que son transparentes y en su mayoría proceden de envases de gaseosa, agua, medicamentos, vinagre, jabón líquido, etc (52).

No reciclable, no se pueden reciclar alguno de los envases que hayan contenido algún tipo de sustancia peligrosa como agroquímicos, venenos, insecticidas, etc (52).

Según Pinedo (2019) el proceso de reciclaje es un proceso importante dentro de la renovación y reutilización del PET, para esto se tiene los pasos siguientes:

Acopio, la mayoría de acopiadores son los recicladores ambulantes, estos son los primeros intermediarios para que se inicie el proceso de reciclaje, también se da mediante programas de recolección de desechos plásticos, que finalmente son llevados a un centro de acopio para su almacenaje (13).

Compactado, este proceso se realiza para reducir el volumen y agilizar el transporte de todo el material reciclado. Por lo general los bloques de PET llegan a medir 153 x 130 x 85 cm. alcanzando un peso equivalente de 200 a 600 kg (13).

Molido, este proceso ayuda a facilitar la separación de los distintos tipos de polímeros del plástico PET, a su vez mejora la limpieza del material molido. Aquí es donde se determina que tamaño y dimensión se necesita el tamaño del PET por lo que podría ser en hojuelas de media o un cuarto de pulgada o finalmente polvo, esto depende del tipo del molino que se tenga y las características que se desee (47).

Limpieza, posteriormente de haber molido el PET, comúnmente estos se encuentran contaminados con desechos de comida, aceites, papel, polvo, etc. aquí es donde se procede a realizar un baño para eliminar los contaminantes, después de este proceso ya se obtienen hojuelas de PET totalmente limpias (47).

Secado, es aquí donde se realiza el proceso de eliminación de humedad de las hojuelas de PET, para esto se puede utilizar secadores centrífugos o al aire libre (13).



*Figura 3.*Proceso de reciclaje - Compactado

Según el Ministerio del ambiente (2020), el Perú produce alrededor de 900.00 toneladas de plástico, siendo solo el 4% de este total reciclado y es destinado para la producción de nuevos envases, teniendo la enorme diferencia como destino final a los basureros y rellenos sanitarios. Actualmente 49.000 toneladas de plástico es reciclado que impulsa la industria de la producción en la fabricación de envases para bebidas, shampoo, cosméticos, etc (13).

Anteriormente el PET ya ha tenido una incursión en el ámbito de la construcción, entre ellos se encuentran la elaboración de ladrillos, que ya han sido empleados en la construcción de viviendas.

### III.METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación:

Según Ñaupas et al. (53) es aplicada, dado que tiene como finalidad brindar una alternativa para mejorar un problema contrastando con aspectos prácticos.

De esta manera, esta propuesta de tesis es de este tipo, ya que, propone un nuevo diseño de concreto con incorporación de material pet.

El diseño de investigación es experimental puro, dado que llegan a tomar una o más variables independientes al igual que las dependientes. Además, se puede aplicar preprueba y posprueba para analizar la evolución. Asimismo, se le considera de corte longitudinal, puesto que se recolectan los datos en un periodo prolongado de tiempo (54).

El diseño que se optó para esta investigación es experimental, porque se estudiarán las mezclas de concreto con adición de plástico reciclado PET (variable independiente) a ensayos de laboratorio, para demostrar las propiedades mecánicas en un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> (variable dependiente). Y de corte longitudinal, ya que se medirá la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días, 14 días y 21 días.

Según el enfoque, nuestra investigación es cuantitativa.

Para Echevarría (55) la investigación cuantitativa es un proceso lineal, el cual tiene 4 etapas, entre ellas menciona a la planificación, el trabajo empírico, el procesamiento de datos y finalmente la comunicación científica, dentro de todo este proceso lineal también se utilizan herramientas de tipo matemático y estadístico.

#### 3.2 Variables y operacionalización:

##### **Variable independiente:**

Diseño de concreto con adición de plástico reciclado PET.

##### ✓ **Definición conceptual:**

Según Paz (47) indica que el PET es un tipo de termoplástico derivado del petróleo, descubierto en el año 1941 y su mayor aplicación es en los envases de bebidas, estando presente en el mercado con mayor incidencia, dentro de sus

principales características están la: alta resistencia, transparencia, resistencia química, baja absorción de agua, reciclable, liviano.

✓ **Definición operacional:**

Para la definición operacional, se propondrán tres diseños distintos de concreto, adicionando el plástico reciclado PET, entre ellos serán de 1%, 2% y 3%, con la finalidad de analizar su influencia con respecto a las propiedades mecánicas.

**Variable dependiente:**

Propiedades mecánicas del concreto 210 Kg/cm<sup>2</sup>

✓ **Definición conceptual:**

Se definen de acuerdo a las cualidades que tiene el concreto en sus dos estados, como lo es: la resistencia, impermeabilidad, durabilidad y elasticidad. (29).

✓ **Definición operacional:**

En esta investigación, se plantean ensayos para medir la resistencia a la compresión para los cuatro diseños (patrón, 1%, 2% y 3%), estos analizados en los días 7, 14 y 28 días.

### **3.3 Población, muestra y muestreo:**

A continuación, se muestran la definición de la población, muestra y muestreo:

**Población.**

Según Arias et al. (56), define a la población como a un agrupamiento de casos, que estén definidos, limitas y accesibles, que pasara a formar parte de la selección de la muestra, precisa también que la población no es únicamente personas, también pueden ser objetos, organizaciones, todo aquello que pueda ser denominado como universo de estudio.

En la investigación el universo de estudio será conformado por el concreto y la adición del plástico reciclado PET.

En este estudio la población es: 36 muestras de concreto que abarcan el diseño de la mezcla patrón y las mezclas con adición de PET en porcentajes de 1%, 2% y 3%.

### **Muestra.**

Para Gamboa (57) señala que es una resultante de la población, del cual se podrá tomar análisis y estudios, según el caso sea necesario, la selección de la muestra, dependerá del propósito de la investigación.

En función a la definición la muestra de este estudio, se conformará por 36 probetas.

### **Muestreo.**

Manterola (58) indica que el muestreo es aquella técnica que puede ser probabilística que básicamente una elección al azar que permite reconocer los resultados del individuo y también puede ser no probabilística, esta dependerá en función a características o patrones de interés del investigador.

El muestreo en esta investigación es de tipo no probabilística, con el fin de medir adecuadamente la resistencia de un concreto tipo  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ , donde se adicionan distintas cantidades de PET reciclado, mostrándose a continuación:

- 9 muestras de probetas de concreto patrón de  $F'c=210\text{kg/cm}^2$
- 9 muestras de probetas con una adición de 1 % de PET reciclado.
- 9 muestras de probetas con una adición de 2 % de PET reciclado.
- 9 muestras de probetas con una adición del 3 % PET reciclado.

**Tabla 1.** *Distribución de muestreo*

<b>Muestras de ensayo</b>												
DISEÑO	MEZCLA 0%			MEZCLA 1 %			MEZCLA 2 %			MEZCLA 3%		
DIAS	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
CANTIDAD DE PROBETAS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TOTAL	9			9			9			9		



*Nota:* El cuadro presenta la distribución del muestreo que se aplicaran en la investigación.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica de recolección de datos**

Para Gauchi (59) la recolección de datos se da a través del proceso de investigación para lograr obtener información que posteriormente dará solución a los objetivos propuestos en nuestro proyecto.

Por esta razón, en nuestro estudio empleamos la recolección de datos, a través de fichas de observación, y ensayos de laboratorios que permitan avalar los resultados que muestre nuestro trabajo.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Según Gauchi (59) señala que son aquellos recursos que el investigador emplea para conocer de cerca cada fenómeno ocurrido y sustraer los datos necesarios que requiere la investigación.

Los instrumentos que nos ayudaran en nuestra investigación son los formatos según lo indica la norma ASTM C-39, que se utilizara para la resistencia de compresión y el método ACI-211 que nos servirá para el diseño de mezclas.

#### **Instrumentos metodológicos**

Como instrumentos metodológicos, emplearemos las guías de observación para evidenciar las propiedades mecánicas de los agregados a través de la recolección de datos, tales como:

- ✓ Granulometría de agregados:
- ✓ Contenido de humedad:
- ✓ Peso unitario:
- ✓ Gravedad Especifica y absorción de los agregados:
- ✓ Resistencia a la compresión.

**Instrumentos de ingeniería:** Los equipos a utilizar son los que se mencionan a continuación:

#### **Juego de tamices:**

Los tamices se utilizan para apartar los diferentes tamaños de partículas que estén en un solo conjunto.

Es un equipo que se compone básicamente por mallas de acero inoxidable, cada tamiz es de diferente medida, los tamaños son estandarizado y tiene medidas de: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50 y No. 200.



*Figura 4. Juego de tamices*

**Balanzas:** Para este tipo de procedimientos y trabajos, tenemos tres tipos de balanzas, la primera que cuenta con una capacidad no menor a 5000g. y con sensibilidad de al menos 1g.; la segunda balanza es de 500g. y con sensibilidad de 0.1 g. y por último la balanza hidrostática, el cual puede medir el peso sumergido en agua.



*Figura 5. Balanza analítica de precisión*

**Horno:** El horno de secado, para este tipo de pruebas se debe establecer una temperatura de 105°C a 110 °C. Así mismo sus termostatos, únicamente debe ser manipulado por un instructor, debido a que si lo manipula una persona

inexperta puede dañar las pruebas ya que toma tiempo estabilizar y ajustar la temperatura adecuada.



*Figura 6.*Horno de laboratorio de suelos

**Cono de absorción y pisón:** Es un molde de bronce con un diámetro de 40 mm. y de 90 mm. En su base, por 75 mm de altura.

El pisón es de acero y tiene un diámetro de 25,4 mm por 168 mm. Con un largode 1 a 5/8 y con peso de 340 g.



*Figura 7.*Cono de absorción de arena y pisón

**Barra compactadora o varilla apisonadora:** Está hecho de acero con una sección transversal circular de  $16 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  y una forma semiesférica en los extremos.



*Figura 8. Barra compactadora*

**Cono de Abrams:** es un instrumento que se usa en ensayos mecánicos para calcular su consistencia, en cuanto a su fluidez o plasticidad.

El cono es un molde con dimensiones: en el diámetro superior tiene las medidas de  $100 \pm 1.5 \text{ mm}$  mientras que en el diámetro inferior mide de  $200 \pm 1.5 \text{ mm}$ , su altura es de  $300 \pm 1.5 \text{ mm}$ . también cuenta con pisaderas a ambos lados en la parte inferior para que lo pueda utilizar correctamente el operador y con asas en los laterales del cono que ayudan a facilitar su uso posterior al llenado.



*Figura 9. Cono de Abrams*

**Mezcladora:** instrumentó que se emplea para homogenizar las mezclas de concreto, con ayuda de esta máquina ya se sustituye el mezclado manual que se realizaba con anterioridad, evitando el riesgo de una mezcla deficiente.



*Figura 10. Maquina mezcladora*

**Máquina a compresión:** se usa para calcular con precisión la resistencia a la compresión que presenta una probeta de concreto.



*Figura 11. Maquina a compresión*

**Probetas cilíndricas (briqueteras):** es un molde cilíndrico que se compone de una plancha de asiento adicional a un cilindro con medidas de 30 cm x 15 cm. se emplea para la utilización de probetas de concreto, para posteriormente ser analizadas.



*Figura 12. Probetas cilíndricas*

**Determinación de canteras para los agregados:** Para determinar una cantera idónea se realizaron una serie de pruebas con el material extraído para verificar que cumpliera con lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas: NTP 400.013 Agregado Fino, NTP 400.037 Agregado Grueso.

**Determinación de propiedades de los agregados:** Aquí se identifica las propiedades compuestas especificadas en el estándar, tales como:

Para agregados finos: módulo de finura, densidad, % de absorbanza, % de humedad.

Para árido grueso de densidad. Tamaño nominal máximo, porcentaje de humedad, porcentaje de absorbanza, materia seca compactada.

**Determinación de agua:** El agua utilizada en el diseño de nuestra mezcla es potable por ser la más apta para la mezcla de concreto, lo cual también se especifica en la norma técnica peruana NTP 339.088.

**Determinación del cemento:** El cemento utilizado en este artículo es la marca Portland I Sol ya que es la más comercializada en la zona de estudio.

**Recolección y selección de plástico de botellas:** Este proceso es importante porque al recolectar botellas de plástico, estas se mezclan con los artículos con la basura.

### **Procedimiento**

En la fase inicial, el proyecto tiene como objetivo recopilar, desarrollar e introducir el concepto del material que se utilizará para comprender cómo probarlo.

En la segunda fase, se ensayarán pruebas de compactación de hormigón y se dividirán en dos categorías: materiales estándar diseñados para 210 kg/cm<sup>2</sup> de

hormigón y la segunda se fabricará a partir de resinas PET al 5%, 10% y 15%. se agregará en diferentes proporciones.

### **3.5 Método de análisis de datos.**

Para el presente estudio de este proyecto se analizaron los datos obtenidos mediante tablas y gráficos en formato Excel, así como análisis de laboratorio y las herramientas utilizadas.

### **3.6 Aspectos éticos.**

Se tomaron muestras de tubos que contenían varios PET para los estudios de este proyecto, y los análisis de laboratorio posteriores mostraron que los métodos y los resultados de laboratorio utilizados en este estudio eran plausibles y verificables para poder investigar.

#### IV. RESULTADOS

La investigación fue realizada en el distrito de independencia, provincia de Huaraz, donde se procedió al análisis de 36 testigos de concreto.

##### Caracterización de agregados y material reciclado

El agregado grueso (piedra chancada) fue adquirida de la cantera del “Grupo Ortiz”. Así mismo el agregado fino se extrajo de la cantera Tacllan, localizado al margen del rio Santa. Ambos fueron sometido al análisis en los laboratorios de la Universidad San Pedro, para determinar las características físicas de los agregados.

En los análisis de granulometría para piedra chancada, arrojaron los siguientes datos:

**Tabla 2.** *Granulometría de piedra chancada*

A. GRUESO-PIEDRA CHANCADA					
TAMIZ	ABERT	PESO RETEN.	% RETEN.	% RETEN.	% QUE
Nº	(mm)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	19.00	8,258.00	38.19	38.19	61.81
1/2"	12.50	8,411.00	38.90	77.09	22.91
3/8"	9.50	3,417.00	15.80	92.89	7.11
1/4"	6.35	0.00	0.00	92.89	7.11
Nº 4	4.75	1,494.00	6.91	99.80	0.20
O	--	44.00	0.20	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>21,624.00</b>	<b>100.00</b>		

<b>TM=</b>	<b>1"</b>
<b>TMN=</b>	<b>3/4"</b>
<b>Mf=</b>	<b>7.31</b>

*Nota:* En el cuadro se muestra la granulometría del agregado grueso



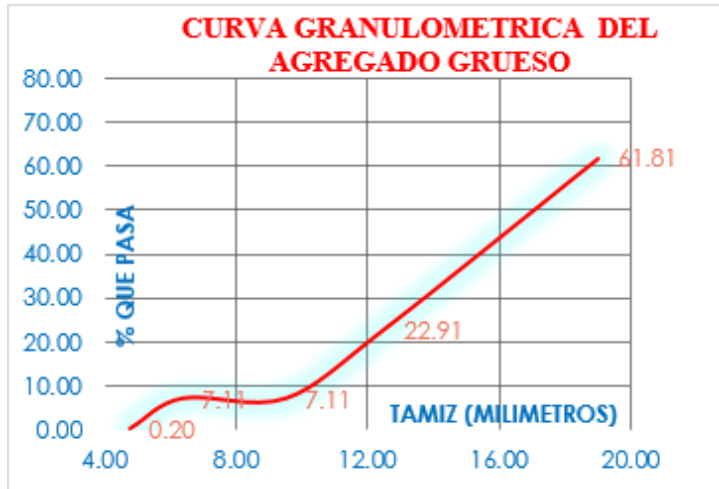


Figura 13. Curva de granulometría – piedra chancada

Con el análisis de granulometría en piedra chancada, se tiene que el tamaño máximo nominal es de  $\frac{3}{4}$ ", mientras que el módulo de finura es de 7.31, así mismo se aprecia en la curva de granulometría que la piedra de  $\frac{3}{4}$  es la que pasa más con un 61.81%.

Para agregado fino, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3. Granulometría de agregado fino

A. FINO- ARENA					
TAMIZ	ABERT	PESO RETEN.	% RETEN.	% RETEN.	% QUE
N°	(mm)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
4.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	2.36	101.90	5.65	5.65	94.35
16.00	1.18	302.90	16.81	22.46	77.54
30.00	0.60	645.70	35.83	58.29	41.71
50.00	0.30	506.90	28.13	86.41	13.59
100.00	0.15	183.10	10.16	96.57	3.43
200.00	0.08	57.20	3.17	99.74	0.26
FONDO		4.60	0.26	100.00	0.00
TOTAL		1,802.30	100.00		

Nota: En la tabla se verifica la granulometría del agregado fino – arena.

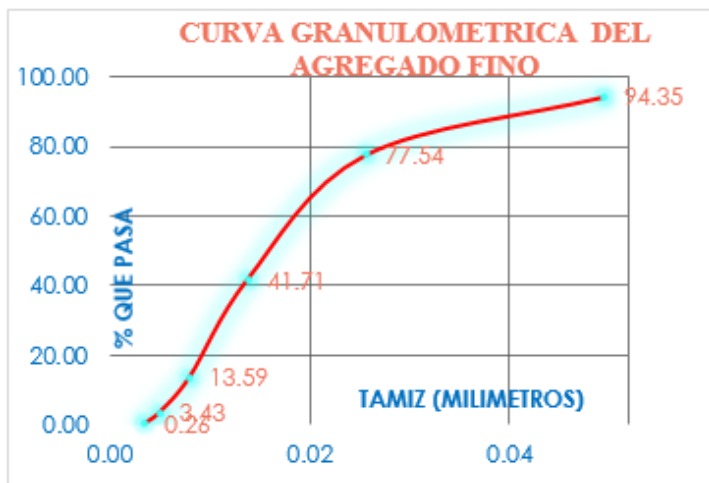


Figura 14. Curva de granulometría - agregado fino

De acuerdo al análisis de granulometría de agregado fino, se tiene el módulo de finura es de 2.7, así también la curva granulométrica indica que el porcentaje que más pasa es el tamiz N° 8.00 con un 94.35%.

En cuanto a peso específico y absorción los resultados fueron los siguientes:

Tabla 4. Gravedad específica y absorción de piedra chancada

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS				
Piedra chancada		I	II	III
IDENTIFICACION		10.00	35.00	45.00
A	peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1,126.50	994.00	1,016.00
B	peso mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	701.20	616.70	630.40
C	vol. De masa / vol. De vacios A-B	425.30	377.30	385.60
D	peso mat. Seco en estufa ( 105° C)	1,112.80	987.00	1,010.40
E	vol. de masa C-(A-D)	411.60	370.30	380.00
--	pe bulk (base seca) D/C	2.62	2.62	2.62
--	pe bulk (base saturada) A/C	2.65	2.63	2.63
--	pe aparente (base seca) D/E	2.70	2.67	2.66
--	% de absorcion ((A-D)/D)X100	1.23	0.71	0.55
--	Promedio de absorcio %	0.83		
--	Promedio pe bulk	2.64		

Nota: La tabla muestra las propiedades mecánicas de la piedra chancada.

**Tabla 5. Gravedad específica y absorción de agregado fino**

Agregado fino		
IDENTIFICACION		25.00
A	peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	300.00
B	peso frasco + agua	669.90
C	peso frasco + agua + peso mat. Sup seca (aire)	969.90
D	peso del material. + agua en el frasco	856.60
E	vol. De masa + vol. De vacios (C-D)	113.30
F	peso de mat. Seco en estufa (105°C)	294.00
G	vol. De masa	107.30
--	pe bulk (base seca)	2.59
--	pe bulk (saturada)	2.65
--	pe aparente (base seca )	2.74
--	% de absorcion	2.04

Nota: propiedades mecánicas del agregado fino.

Para el peso unitario los ensayos de laboratorio arrojaron los siguientes resultados:

**Tabla 6. Peso unitario para piedra chancada**

Agregado grueso-piedra chancada						
Tipo de Peso Unitario	peso unitario suelto			peso unitario compactado		
	I	II	III	I	II	III
muestra N°						
peso de material + molde	27,965.000	27,950.000	27,958.000	28,945.000	28,925.000	28,935.000
peso del molde	7,471.000	7,471.000	7,471.000	7,471.000	7,471.000	7,471.000
peso del material	20,494.000	20,479.000	20,487.000	21,474.000	21,454.000	21,464.000
volumen del molde cm <sup>3</sup>	13,724.000	13,724.000	13,724.000	13,724.000	13,724.000	13,724.000
peso unitario	1.493	1.492	1.493	1.565	1.563	1.564
peso unitario promedio	1.49			1.56		

Nota: en la tabla se muestra el peso unitario suelto y peso unitario compactado para la piedra chancada.

**Tabla 7. Peso unitario de agregado fino**

agregado fino						
Tipo de Peso Unitario	peso unitario suelto			peso unitario compactado		
muestra N°	I	II	III	I	II	III
peso de material + molde	6,955.000	6,940.000	6,963.000	7,435.000	7,460.000	7,448.000
peso del molde	3,420.000	3,420.000	3,420.000	3,420.000	3,420.000	3,420.000
peso del material	3,535.000	3,520.000	3,543.000	4,015.000	4,040.000	4,028.000
volumen del molde	2,776.000	2,776.000	2,776.000	2,776.000	2,776.000	2,776.000
peso unitario	1.273	1.268	1.276	1.446	1.455	1.451
peso unitario promedio	1.27			1.45		

*Nota:* El cuadro refleja el peso unitario suelto y el peso unitario compactado del agregado fino.

Con respecto al contenido de humedad para ambos agregados se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 8. Contenido de humedad de la piedra chancada**

Agregado grueso-piedra chancada			
#	recipiente N°	45.00	10.00
1	peso de recp. + suelo humid.	1,267.50	1,222.50
2	peso de recp. + suelo seco	1,265.30	1,221.20
3	peso de recipiente (gr)	172.50	169.50
4	peso de agua (1)-(2)	2.20	1.30
5	peso de suelo seco (2)-(3)	1,092.80	1,051.70
6	humedad (W%) (4/5)x100(%)	0.20	0.12
7	humedad promedio %	0.16	

*Nota:* En la tabla se aprecia el contenido de la humedad que tiene la piedra chancada.

**Tabla 9.** Contenido de humedad de agregado fino

Agregado fino-arena			
#	recipiente N°	17.00	30.00
1	peso de recp. + suelo humed.	1,033.00	1,021.50
2	peso de recp. + suelo seco	990.30	981.80
3	peso de recipiente (gr)	165.00	168.00
4	peso de agua (1)-(2)	42.70	39.70
5	peso de suelo seco (2)-(3)	825.30	813.80
--	humedad (W%) (4/5)x100(%)	5.17	4.88
--	humedad promedio %	5.03	

*Nota:* En la tabla se aprecia la humedad del agregado fino (arena)

El plástico reciclado PET, se recolecto de manera aleatoria y en puntos estratégicos del distrito de independencia, la mayoría de envases reciclados son botellas de 500 ml. y seleccionadas de manera que cumplan con condiciones para que puedan ser recicladas (en buen uso, limpias y con su tapa). Luego del proceso de selección y recolección se procede al picado e las botellas hasta que se vuelven en pequeñas partículas de plástico.



*Figura 15.* Material PET reciclado



Figura 16. PET picado y molido

### Diseño de mezcla $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Para el diseño de mezcla se ha utilizado el método ACI, para obtener un concreto con una resistencia que a los 28 días alcance  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Para ello se utiliza el cemento tipo I, con un peso de  $3.15 \text{ gr/cm}^3$ .

El agregado grueso que se utilizó, tuvo las siguientes características:

Tabla 10. Agregado grueso

Agregado Grueso (piedra chancada) chancadora ortiz		unidad
peso específico (P.e)	2.64	gr/cm <sup>3</sup>
peso unitario suelto (PUSS)	1492.76	kg/m <sup>3</sup>
peso unitario compactado (PUSC)	1563.98	kg/m <sup>3</sup>
contenido de humedad %(CH)	0.16	%
Absorción% (Abs)	0.83	%
modulo de fineza (MF)	7.31	
tamaño máximo nominal (TMN)	3/4"	

Nota: En el cuadro se muestra las características del agregado grueso – piedra chancada.

El agregado fino, obtuvo las siguientes características:

**Tabla 11. Agregado fino**

Agregado Fino cantera de tcallan		unidad
peso específico (P.e)	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
peso unitario suelto (PUSS)	1272.57	kg/m <sup>3</sup>
peso unitario compactado (PUSC)	1450.89	kg/m <sup>3</sup>
contenido de humedad %(CH)	5.03	%
absorcion %(Abs)	2.04	%
modulo de fineza (MF)	2.7	

*Nota:* en la tabla se muestra las características del agregado fino.

La resistencia promedio del diseño base es de  $F'c = 294 \text{ kg/cm}^2$ , la granulometría usada para el agregado grueso es de  $\frac{3}{4}$ ", para el contenido de aire le corresponde 2%, en la relación agua – cemento es de  $a/c = 0.5584$  y el contenido de cemento es de 8.64 bolsas/m<sup>3</sup>

**Tabla 12. Cálculo de volumen para mezcla base**

Cemento	$\frac{367.12}{3.15 \times 1000} =$	0.117	m <sup>3</sup>
Agua	$\frac{205}{1 \times 1000} =$	0.205	m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	2 % =	0.02	m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	$\frac{985.30}{2.64 \times 1000} =$	0.373	m <sup>3</sup>
	suma=	0.715	m <sup>3</sup>

*Nota:* en el cuadro se aprecia el cálculo de la mezcla base.

Calculamos para la cantidad de agregado fino en nuestra mezcla base.

$$\text{volumen absoluto del agregado fino} = 1 - 0.715 = 0.285 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del Agregado Fino seco} = 0.285 \times 2.65 \times 1000 = 755.01 \text{ kg/m}^3$$

**Tabla 13. Valores de diseño**

Cemento	367.12	Kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	205	Lit/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	755.01	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso seco	985.30	kg/m <sup>3</sup>

Nota: el cuadro muestra los valores de diseño

Como corrección por humedad en los agregados tenemos:

$$\begin{aligned}\text{Agregado Grueso} &= \text{peso seco} \times ((\%CH/100) + 1) \\ &= 985.30 \times ((0.16/100) + 1) \\ &= 986.91 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado Fino} &= 755.01 \times (5.03/100) + 1) \\ &= 792.96 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Humedad Superficial (ch%-abs)

**Tabla 14. Humedad en agregados**

Agregado grueso	: 0.16-0.83	=-0.67%
Agregado fino	: 5.03-2.04	=2.99%

Nota: la tabla muestra la humedad de los agregados a utilizar.

Aporte de humedad de los agregados

**Tabla 15. Aporte de humedad**

Agregado grueso	: 985.30x-0.0067	=-6.59
Agregado fino	: 755.01x0.0299	=22.54
	<b>Suma</b>	=15.95

Nota: la tabla muestra toma el aporte de humedad.

$$\text{Agua efectiva} \quad : 200 - 15.95 \quad = 189.1 \text{ lt/m}^3$$

Peso de los materiales corregidos por humedad son:

**Tabla 16. Peso de materiales**

Cemento:	367.12	Kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva:	189.1	Lit/m <sup>3</sup>
Agregado fino humedo:	792.96	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso humedo:	986.91	Kg/m <sup>3</sup>



Nota: en la tabla se muestra el peso de los materiales a usar.

Proporción en peso:

**Tabla 17.** Peso de materiales por m<sup>3</sup>

	ceemento (kg/m <sup>3</sup> )	A. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	A. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	agua (lt/bolsa)
seco	367.12	755.01	985.30	23.73
	367.12	367.12	367.12	
Por cada bolsa	1	2.06	2.68	23.73
humedo	367.12	792.96	986.91	21.89
	367.12	367.12	367.12	
Por cada bolsa	1	2.16	2.69	

Nota: en la tabla se muestra el peso de los agregados en kg/m<sup>3</sup>

A continúan se determina el peso de los materiales por bolsa:

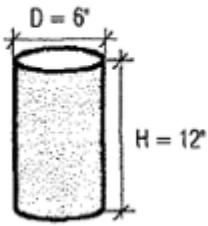
**Tabla 18.** Peso de materiales por bolsa

Cemento	=1.00*42.5	kg/bls	= 42.50	kg/bls
Agua Efectiva	= 21.89	kg/bls	= 21.81	kg/bls
AF húmedo	=2.16*42.5	kg/bls	= 91.80	kg/bls
AG húmedo	= 2.69*42.5	kg/bls	= 114.5	kg/bls

Nota: en la tabla se muestra el material en relación a una bolsa de cemento.

La cantidad de material a utilizar en las probetas de diseño son las siguientes:

**Tabla 19.** Proporción de materiales en probeta

Volumen de una probeta	Para 9 probetas		
$V=\pi*r^2*H$ 	$V=\pi*r^2*H$	0.005301	m <sup>3</sup>
	$v=0.005301*9$	0.0477	m <sup>3</sup>
	$v=1.20*0.0477$	0.0573	m <sup>3</sup>
	<b>ceemento</b> =0.0573*367.12	21.02	kg
	<b>AF</b> = 0.0573*792.96	45.40	kg
	<b>AG</b> =0.0573*986.91	56.51	kg
	<b>agua efectiva</b> = 0.00477*189.1	10.82	lt
	$\Sigma$ =	133.75	kg

Nota: En la tabla se puede ver el cálculo de volumen de las probetas y la cantidad necesaria de materiales.

El cálculo para el material PET que sea necesario según el porcentaje, es el siguiente:

**Tabla 20 .Material PET por 9 probetas**

MATERIAL POR 9 PROBETAS			MATERIAL PET POR 9 PROBETAS		
CEMENTO	10.000	kg	1.0%	1.227	kg
A. GRUESO	56.506	kg	2.0%	2.455	kg
A. FINO	45.401	kg	3.0%	3.682	kg
AGUA	10.824	kg	$\Sigma$	7.364	kg
TOTAL	122.731	kg			

*Nota:* en la tabla se muestra el material PET utilizar en las nueve probetas.

Para realizar la mezcla para nueve probetas se usarán: cemento 10 kg, agregado grueso 56.50 kg., agregado fino 45.40 kg., agua 10.82 kg. y para material PET se necesitará de acuerdo a cada porcentaje: para el 1% se utilizará 1.22 kg, 2% se empleará 2.45 kg. y para el 3% se añadirá 7.36 kg. Necesitando un total de 7.36 kg. de material PET.

**Tabla 21: Material PET en 27 probetas**

MATERIAL PET POR 27 PROBETAS		
1.0%	3.682	kg
2.0%	7.364	kg
3.0%	11.046	kg
$\Sigma$	22.092	kg

*Nota:* En la tabla se aprecia el material PET a utilizar de acuerdo al porcentaje de adición.

Según nuestros cálculos para las 27 probetas restantes se necesitará para el 1% de PET 3.68 kg., el 2% un 7.36 kg. y para el 3% se utilizará un 11.04 kg. necesitando un total de 22.092 kg de material PET.

**Tabla 22. Material a utilizar en las 36 probetas**

MATERIAL POR 36 PROBETAS		
CEMENTO	40.000	kg
A. GRUESO	226.023	kg
A. FINO	181.605	kg
AGUA	43.297	kg
PET	29.456	kg
TOTAL	520.381	kg

*Nota:* En la tabla muestra el material a utilizar en las 36 probetas

El material utilizado para las 36 probetas es de cemento 40 kg., agregado grueso 226.023 kg., agregado fino 181.65 kg., agua 43.297 kg. y 29.45 kg. de material PET reciclado.

## Análisis de la resistencia a compresión

Luego de haber realizado las probetas de concreto con un proceso de curado a los 7, 14 y 28 días, se procede a la prueba de resistencia a compresión. 3 de estos testigos son del concreto patrón y los demás son del 1%, 2% y 3%, así como se detalla a continuación:

**Tabla 23.** Cantidad de muestras

CANTIDAD DE MUESTRAS ENSAYAR A PRUEBAS DE COMPRESION			
DIAS	7	14	28
PATRON	3	3	3
c" +1%PET	3	3	3
c" +2%PET	3	3	3
c" +3%PET	3	3	3
TOTAL	12	12	12

*Nota:* En la tabla se muestra la cantidad de tablas a ensayar de acuerdo a los porcentajes de adición.

Para el análisis de la resistencia se toma en cuenta el día en que se realizó el vaciado de las probetas teniendo como fecha de inicio el día 28 de setiembre del 2021, las fechas se presentan a continuación en el siguiente cuadro:

**Tabla 24.** Cronograma para el análisis de resistencia

CRONONAGRAMA DE ENSAYO			
DIAS	7	14	28
PATRON	05/10/2021	12/10/2021	26/10/2021
c" +1%PET	05/10/2022	12/10/2022	26/10/2022
c" +2%PET	05/10/2023	12/10/2023	26/10/2023
c" +3%PET	05/10/2024	12/10/2024	26/10/2024

*Nota:* En la tabla se detalla los días que se realizaran los ensayos correspondientes.

Los resultados para al día 7 de fraguado de las probetas, fueron los siguiente:

**Tabla 25.** Fuerza lograda a los 7 días

RESULTADO DE LABORATORIO 7 DIAS					
MUETSRA	I	II	III	PROMEDIO	UND
PATRON	23300	24135	23190	23541.67	kg
c" +1%PET	24453	25220	24857	24843.33	kg
c" +2%PET	26978	28269	25760	27002.33	kg
c" +3%PET	27480	26940	28870	27763.33	kg

*Nota:* el cuadro muestra los resultados de la fuerza obtenidos a los 7 días, distribuido en cada porcentaje de adición.

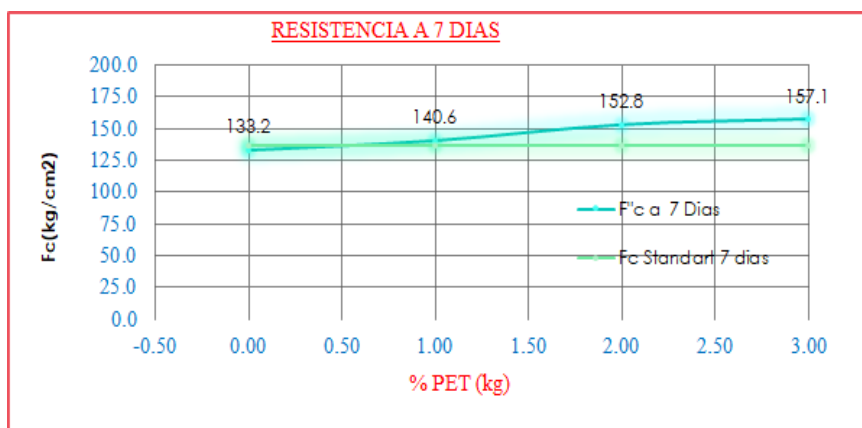
Los resultados a los 7 días de fraguado para nuestras muestras de concreto, se obtuvieron la siguientes: para el concreto patrón tuvo un promedio de 2354.67 kg, para el concreto con el 1% de adición PET obtuvo 24943.33 kg, para el 2% de material PET alcanzo una fuerza promedio de 27002.33 kg y finalmente para la probeta de concreto con 3% de PET logro una fuerza de 27763.33 kg.

**Tabla 26.** Resistencia de compresión obtenida a los 7 días

RESULTADO DE LABORATORIO 7 DIAS (Fc)					
MUETSRA	I	II	III	PROMEDIO	UND
PATRON	131.85	136.6	131.23	133.2	kg/cm2
c" +1%PET	138.38	142.7	140.66	140.6	kg/cm2
c" +2%PET	152.66	160	145.77	152.8	kg/cm2
c" +3%PET	155.5	152.4	163.37	157.1	kg/cm2

*Nota:* el cuadro muestra los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días de fraguado.

Los resultados obtenidos a los 7 días para la fuerza de compresión fueron los siguientes: para el diseño patrón tuvo un promedio de 133.2 kg/cm<sup>2</sup>, en la mezcla con adición del 1% se logró una resistencia de 140.60 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso del concreto con el 2% de material PET se consiguió 152.8 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia y finalmente la muestra con el 3% de PET obtuvo una resistencia promedio de 157.1 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 17.* Gráfico comparativo de resistencia de las muestras a los 7 días

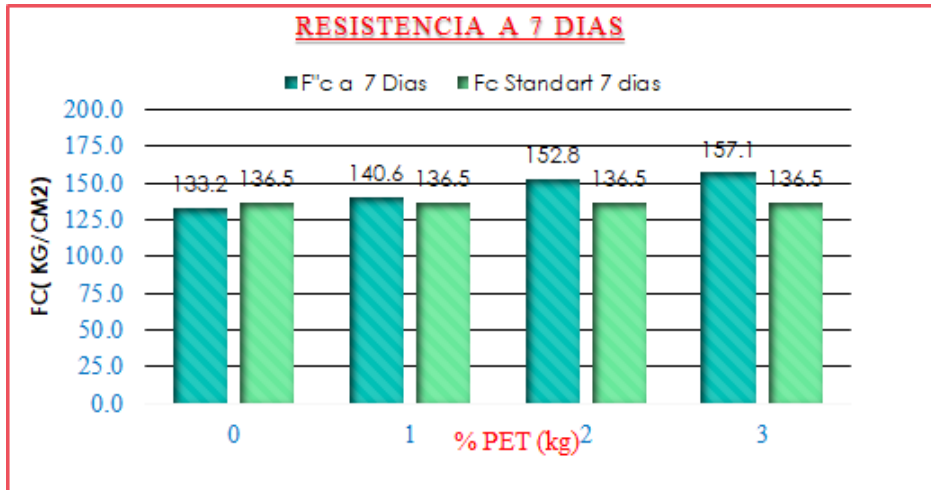


Figura 18. Gráfico comparativo de resistencia de las muestras y un estándar a 7 días.

A los 7 días del fraguado de las mezclas obtuvieron distinta resistencia de compresión tanto la mezcla patrón, las mezclas de 1%, 2% y 3%, obtuvieron 133.2 kg/cm<sup>2</sup>, 140.6 kg/cm<sup>2</sup>, 152.80 kg/cm<sup>2</sup> y 157.1 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Luego de proceder con el ensayo de resistencia a la compresión, se observó que a más cantidad de PET adicionado a la mezcla se adquiere una mayor resistencia, incluso que al concreto patrón.

Por otro lado, los resultados para al día 14 de fraguado de las probetas, fueron los siguiente:

Tabla 27. Fuerza obtenida a los 14 días

RESULTADO DE LABORATORIO 14 DIAS					
MUETSRA	I	II	III	PROMEDIO	UND
PATRON	35960	37720	33580	35753.33	kg
c" +1%PET	38450	37730	38870	38350.00	kg
c" +2%PET	39670	38940	40070	39560.00	kg
c" +3%PET	40970	42670	43955	42531.67	kg

Nota: en la tabla se muestra los resultados de la fuerza lograda a los 14 días.

**Tabla 28.** Resistencia a la compresión a los 14 días

RESULTADO DE LABORATORIO 14 DIAS (Fc)					
MUETSRA	I	II	III	PROMEDIO	UND
PATRON	203.49	213.45	190.02	202.32	kg/cm2
c" +1%PET	217.58	213.51	219.96	217.02	kg/cm2
c" +2%PET	224.49	220.36	226.75	223.86	kg/cm2
c" +3%PET	231.84	241.46	248.73	240.68	kg/cm2

Nota: en la tabla se muestra los resultados de la resistencia a la compresión obtenido a los 14 días.

Gráfico comparativo de resistencia de las muestras a los 14 días

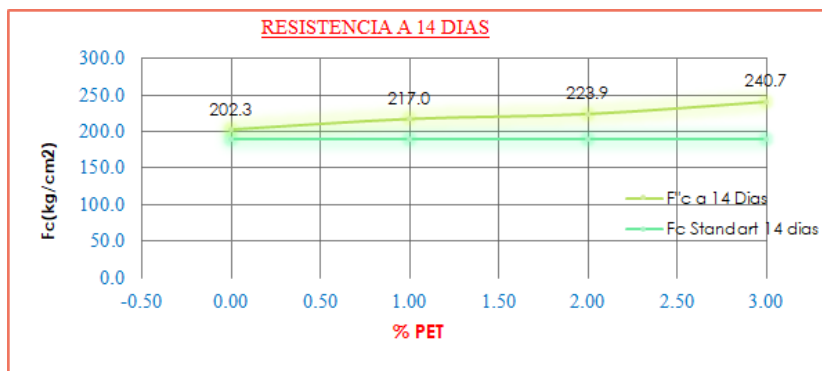


Figura 19. Gráfico comparativo de resistencia de las muestras a los 14 días

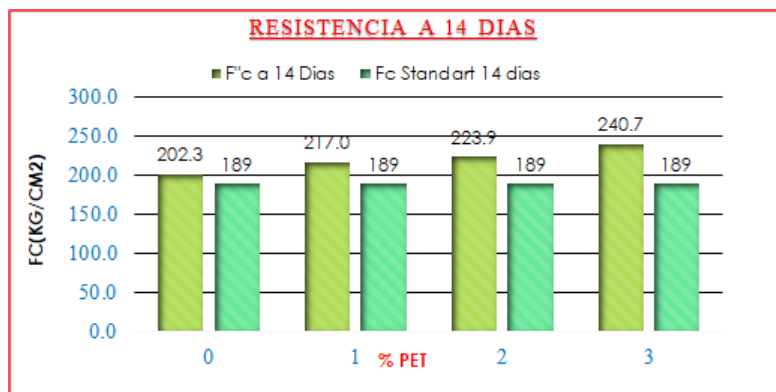


Figura 20. Gráfico comparativo de resistencia de las muestras con un estándar a 14 días

El concreto patrón muestra una resistencia de 202.32 kg/cm2, el concreto con el 1% de material adicionado es de 217.02 kg/cm2, también se tiene que la probeta con el 2% tuvo una resistencia de 223.86 kg/cm2 y el diseño con el 3% obtuvo 240.68 kg/cm2. Según los resultados mostrados a los 14 días, se

evidencia que a más porcentaje de PET mayor es la resistencia a la compresión, incluso por encima del concreto patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otro lado, los resultados para al día 28 de fraguado de las probetas, fueron los siguiente:

**Tabla 29.** Fuerza conseguida a los 28 días

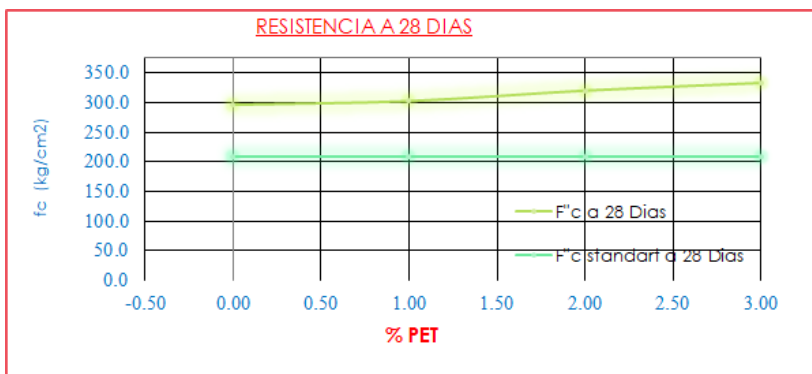
RESULTADO DE LABORATORIO 28 DIAS					
MUETSRA	I	II	III	PROMEDIO	UND
PATRON	51120	52850.0	52970.0	52313.3	kg
c" +1%PET	53160	54080	52990	53410.0	kg
c" +1.5%PET	55340	57190	56940	56490.0	kg
c" +2%PET	58590	60010.0	57580.0	58726.7	kg

*Nota:* en la tabla se muestran los resultados obtenidos de fuerza promedio en el laboratorio a los 28 días

**Tabla 30.** Resistencia lograda a los 28 días

RESULTADO DE LABORATORIO 28 DIAS (F <sub>c</sub> )					
MUETSRA	I	II	III	PROMEDIO	UND
PATRON	289.28	299.07	299.75	296.03	kg/cm <sup>2</sup>
c" +1%PET	300.82	306.03	299.86	302.24	kg/cm <sup>2</sup>
c" +2%PET	313.16	323.63	322.21	319.67	kg/cm <sup>2</sup>
c" +3%PET	331.55	339.59	325.84	332.32	kg/cm <sup>2</sup>

*Nota:* en la tabla se muestran los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión promedio en el laboratorio a los 28 días



**Figura 21.** Gráfico comparativo de resistencia a los 28 días

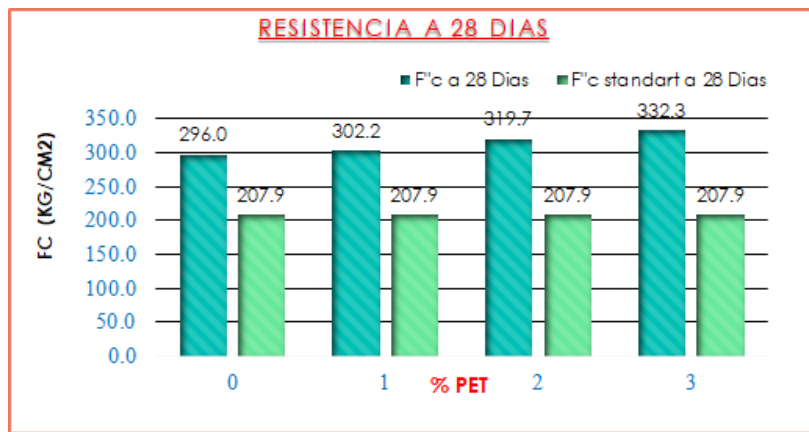


Figura 22. Gráfico resistencia los 28 días

Como se puede observar de los resultados a los 28 días del fraguado de las probetas, mientras mayor sea la adición de material PET, más aumenta la resistencia de compresión, es por ello de la mezcla patrón tiene 296.03 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, la mezcla del 1% es de 302.24 kg/cm<sup>2</sup>; también se tiene que la probeta del 2% es de 319.67 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente el diseño con 3% tuvo una resistencia a 332.32 kg/cm<sup>2</sup>.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos durante los días 7, 14 y 28 a través del ensayo de resistencia de compresión, realizado en los laboratorios de Universidad San Pablo.

Tabla 31. Resumen de los resultados

Fc a los 7, 14 y 28 días				
MUETSRA	7	14	28	UND
PATRON	133.22	202.32	296.03	kg/cm <sup>2</sup>
c" +1%PET	140.58	217.02	302.24	kg/cm <sup>2</sup>
c" +2%PET	152.80	223.86	319.67	kg/cm <sup>2</sup>
c" +3%PET	157.11	240.68	332.32	kg/cm <sup>2</sup>

Nota: en la figura se muestra el grafico comparativo de la resistencia de los 7, 14 y a los 28 días



**Tabla 32.** Grafica de Resistencia en distintas edades



*Nota:* en la figura se muestra el grafico comparativo de la resistencia de los 7, 14 y a los 28 días

Según la gráfica mostrada, se aprecia que las mezclas con adición de material PET reciclado del 1%, 2% y 3% despuntan en cuanto a su resistencia de compresión en comparación del concreto patrón.

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación determina las propiedades mecánicas de un concreto convencional con  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al agregarse plástico reciclado PET en porcentajes de 1%, 2% y 3%. Se analiza y discute a continuación los resultados con los objetivos planteados.

La resistencia a la compresión del concreto en los casos experimentales realizados tuvo un mejor resultado en la adición del 3% de PET en el concreto valuados a los 7 días con un promedio de 157.1kg/cm<sup>2</sup> que corresponde al 74.81% de la resistencia requerida, siendo una resistencia alta y confiable para la utilización de este concreto; algo que induce que el mayor porcentaje en el rango de 1% a 3% de PET en el concreto le ayuda potencialmente en sus propiedades de resistencia.

El concreto con adición PET a los 14 días de fraguado denota que su resistencia a la compresión sigue aumentando, tal como se espera en un concreto convencional. Esta resistencia llega a un promedio de 240.68 kg/cm<sup>2</sup> para el 3% de agregado de PET, siendo un resultado óptimo correspondiente al 114.61%, teniendo en cuenta el  $f'_c$  esperado de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Lo cual sugiere que este concreto alcanza altas resistencias a la compresión en pocos días, brindando características óptimas para su uso.

A 28 días de fraguado, la resistencia a la compresión sigue siendo más óptima en 3% de adición de material PET, en lo cual se llega a un promedio de 332.32 kg/cm<sup>2</sup>, resultado el cual sobrepasa a un concreto convencional con diseño de 280  $f'_c$ , lo cual notablemente acepta a este concreto como un concreto que se puede emplear en procesos constructivos que requieran resistencia a la compresión.

Los valores de agregado de 1 y 2% también alcanzan el  $f_c$  esperado, sobrepasando el  $f_c$  de diseño, por lo cual, en caso de limitar la adición de PET a porcentajes menores, de igual forma se obtendrá el  $f_c$  y un concreto confiable resistente a la compresión.

En la investigación Quintero y Mehecha (2016), se utilizó también fibras de plástico reciclado en porcentajes de 0%, 10%, 20% y 30%, siendo porcentajes más elevados a los empleados en esta investigación y evaluándose que en esos porcentajes elevados el empleo de PET, el material añadido afecta al concreto y lo fisura, entendiéndose que el verdadero uso de PET se realiza en porcentajes entre 1% al 3% donde el material no daña la mezcla, no causa separación de materiales que afecten a su composición y ocurran presencia de daños posteriores en el concreto.

Otros materiales utilizados en el concreto como el polietileno tereftalato desarrollado en la investigación de Acevedo y Posada (2018), donde se optaron por porcentajes de 5%, 10% y 15%, no se obtuvieron resultados óptimos para un concreto que se pueda utilizar o pueda reemplazar al convencional, verificando que la falla de añadir material reciclado al concreto se debe al porcentaje de uso, induciendo que el porcentaje óptimo se encuentra en el intervalo del 1% al 3%. Pero a su vez se contrasta a la investigación de Espinoza (2018) donde se realizó la adición de PET para mortero portland como refuerzo en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% y obtuvieron resultados de poca  $f_c$ , siendo sus valores más alto de 0.5%. Estas investigaciones confirman que el PET en bajos porcentajes no causan daños a la composición del concreto y que el porcentaje correcto tiende a estar entre 2% a 3% habiendo un contraste en el valor obtenido en 1% de agregado de PET que se realizó en esta investigación. Sin embargo, en la investigación de Blancas (10) muestra buenos resultados para añadir PET al 0.8 %, confirmando nuestra investigación y desestimando que el PET reduzca la resistencia a la compresión del concreto, manteniéndose como valor óptimo los porcentajes del 0.5% al 3%.

El aumento del rango mencionado de PET entre el 0.5% al 3% como se investigó en el proyecto de Pinedo (2019) en el cual se realizó la inclusión de PET de 5%, sugiere que el rango tomado de proporción de PET es el más óptimo, puesto que, si bien el 5% de PET mejoró las propiedades mecánicas del concreto, no alcanzó gran diferencia con el concreto convencional y a su vez no se sugirió su uso para concretos estructurales. Se reafirma que en cuanto más porcentaje de PET añadido al concreto disminuye la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto en adición (Cantoral, 2018).

Córdova (2020) establece que se obtuvo mejores resultados con el 1.2% logrando alcanzar valores muy superiores al  $f_c$  210 de diseño a los 28 días de fraguado; la investigación afirma que los porcentajes óptimos de utilización de PET se encuentran por debajo del 3%.

## VI. CONCLUSIONES

La investigación ha permitido conocer a profundidad el proceso del concreto para adquirir su fuerza a la compresión que se observó en sus diferentes tiempos de fraguado y se pudo verificar la importancia de esta propiedad del material para ser utilizado en obra.

La incorporación del material PET tiene una importancia para el reciclaje de materiales, dándole un uso en el concreto, para lo cual en esta investigación se concluyó que el material es significativamente favorable para alcanzar un concreto de calidad.

Los porcentajes en el rango de 1 a 3% de incorporación de PET tienden a tener los mejores resultados con respecto a la compresión alcanzada del concreto diseñado, en lo cual a su vez se asegura que estos bajos porcentajes no afectarán a la trabajabilidad del concreto para aplicarse en la obra, siendo otra característica fundamental del concreto en su aplicación.

Los porcentajes más elevados de incorporación de PET afectan al concreto, en lo que refiere su trabajabilidad, resistencia a la compresión y composición, ocasionando daños como fisuras a los 28 días de fraguado. Por lo cual, una mala incorporación de PET al diseño de mezcla sería contraproducente.

La investigación resalta al 3% de material PET añadido como el porcentaje más óptimo; teniendo la más elevada resistencia a la compresión; promediando 157.1 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, superando su  $f'_c$  de diseño a los 14 días al alcanzar 240.68 kg/cm<sup>2</sup> en promedio y obteniendo un  $f'_c$  superior a los 28 días de fraguado de 332.32 kg/cm<sup>2</sup> en promedio. Mostrando que el PET añade un 58.2% a la resistencia a la compresión del concreto.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de material reciclado PET en un porcentaje de 3% para la elaboración de un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y siendo un buen reemplazo al concreto convencional.

No se debe utilizar mayores porcentajes de adición de PET en el concreto puesto que afecta directamente a la trabajabilidad y a la resistencia a la compresión del concreto y puede causar posteriores fisuras o agrietamientos.

Sería recomendable evaluar la resistencia a la compresión y flexión del concreto con un diseño de mezcla superior al 210 kg/cm<sup>2</sup>, ya que al tener resultados altos de resistencia a la compresión sugiere que esta adición de PET se puede utilizar sin causar problemas al concreto y siendo al contrario una adición beneficiosa.

Realizar otros análisis de estudio del concreto para asegurar su comportamiento en obras de construcción y saber efectivamente en que tipos de estructuras se puede utilizar este tipo de concreto con adición de material PET.

Se debe evaluar el concreto en edades mayores a 28 días de fraguado para poder cerciorar que este concreto con añadido de PET sigue cumpliendo su función y manteniendo sus propiedades.

## REFERENCIAS

1. **ONU.** *El estado de los plásticos, prelectiva del día mundial del medio ambiente 2018.* Madrid : s.n., 2018.
2. **Arkin, Clairen, y otros.** *Atlas del plástico, datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos.* San Salvador : Heintich Boll Stiftung, 2019.
3. **Ministerio del Ambiente.** Menos plástico mas vida, cifras del mundo y el Perú. [En línea] 2021. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>.
4. *Análisis técnico, económico y medioambiental de la fabricación de bloques de hormigón con polietileno tereftalato reciclado (PET).* **Infante, Josefina y Valderrama, Claudia.** 2019, Scielo.
5. *Concepciones actuales sobre la principal medida de prevención de la contaminación del suelo en obras civiles según especialistas.* **Rojales, Amilkar y Centurion, Angel.** 2018, Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación.
6. *Factibilidad de uso del PET reciclado en elementos de cubiertas y envolventes.* **Rodriguez, Lizeth, y otros.** San José : s.n., 2017, Ingeniería, págs. 1-16.
7. **Quintero, Cristian y Mahecha, Jeisson.** *Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de PET reciclado.* Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2016.
8. *Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino.* **Acevedo, Ana y Posada, Juan.** 2018, Revista ingenieros Universidad de Medellin, págs. 1-12.
9. *Adición de PET reciclado al mortero Portland como refuerzo: Estudio de la propiedades mecánicas.* **Espinoza, Enrique.** 2018, Revista de Simulación y Laboratorio, págs. 5-9.
10. **Blancas, Victor.** *Evaluación de mezclas de concreto modificadas con PET reciclado y adición mineral; su influencia en el módulo de ruptura y en la durabilidad de pavimentos rígidos.* s.l. : Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2020.
11. **Vargas, Jhonny y Polo, Elkyn.** *Obtención de una mezcla de concreto con residuos plásticos de equipos electrónicos para la fabricación de elementos no estructurales.* Barranquilla : Universidad de la costa, 2017.

12. **De la Cruz, Jhan y Quispe, Isabel.** *Influencia del plástico PET reciclado en las propiedades físico - mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> Huamanga, Ayacucho - 2021.* Ayacucho : Universidad César Vallejo, 2021.
13. **Pinedo.** *Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018.* Tarapoto : Universidad Nacional de San Marin, 2019.
14. **Marquez, Paúl Eduardo.** *Estudio del comportamiento del concreto con adición de plástico reciclado en la ciudad de Arequipa.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
15. **Cantoral, Brian.** *Trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto con adición de plástico PET en el distrito de Ate - Lima, 2017.* Lima : Universidad Privada Telesup, 2018.
16. **Léctor, Michael Anthony y Villarreal, Edson Jesús.** *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote.* Nuevo Chimbote : Universidad Nacional del Santa, 2017.
17. **Cordova, Santiago.** *Utilización de plástico reciclado (PET), en elementos prefabricados de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2019.* Lima : Universidad César Vallejo, 2020.
18. **Jara, Manuel Ignacio.** *Resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con material de reciclaje plástico - Huaraz - 2017.* Huaraz : Universidad de San Pedro, 2018.
19. *Recycling of plastic box waste in the concrete mixture as a percentage of fine aggregate.* **Mahir, Hamsa y Oda, Abbas.** 2021, Construction and Building Materials.
20. *Experimental design of concrete mixtures using recycled plastic, fly ash, and silica nanoparticles.* **Cotto, Anamarie, y otros.** 2020, Construction and Building Materials.
21. *Post-fire compressive strength of recycled PET aggregate concrete reinforced with steel fibers: Optimization and prediction via RSM and GEP.* **Nematzadeh, Mahdi, Ali, Amir y Fakoor, Mazie.** 2020, Construction and Building Materials.



22. *Physical, strength, and microscale properties of plastic fiber-reinforced concrete containing fine ceramics particles.* **Awoyera, Paul, Olalusi, Oladimeji y Iweriebo, Nkay.** 2021, Materialia.
23. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.* Lima : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009.
24. *A meta-analysis on the use of plastic waste as fibers and aggregates in concrete composites.* **Ojeda, Juan.** 2021, Construction and Building Materials.
25. *Optimization of mechanical properties in concrete reinforced with fibers from solid urban wastes (PET bottles) for the production of ecological concrete.* **Lopes, Erlon, Oliveira, André y Gomes, Adonai.** 2017, Construction and Building Materials.
26. *Sustainable use of recycled carbon fiber reinforced polymer and crumb rubber in concrete: mechanical properties and ecological evaluation.* **Xiong, Chen, y otros.** 2021, Journal of Cleaner Production.
27. *Characterization of concrete composites with recycled plastic aggregates from postconsumer material streams.* **Vaillancout, Colin y Sorelli, Luca.** 2018, Construction and Building Materials.
28. —. **Jacob, Colin y Sorelli, Luca.** 2018, Construction and Building Materials.
29. *Development of sustainable concrete using recycled high-density polyethylene and crumb tires: Mechanical and thermal properties.* **Osta, Mohammed, y otros.** 2021, Journal of Building Engineering.
30. *Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: A review.* **Almeshal, Ibrahim, y otros.** 2020, Construction and Building Materials.
31. *Energía contenida y emisiones de CO2 en el proceso de fabricación del cemento en Ecuador.* **León, Ana y Guillén, Vanessa.** 2020, Ambiente construido, págs. 1-15.
32. *NTP 334.009:2020 CEMENTOS.* **El Peruano** . Lima : s.n., 2020, El Peruano.
33. *Mechanical properties of a mortar with melted plastic waste as the only binder: Influence of material composition and curing regime, and application in Bamako.* **Thiam, Moussa, Fall, Mamadou y Diarra, M.** 2021, Case Studies in Construction Materials.

34. *Effect of pumice powder and nano-clay on the strength and permeability of fiber-reinforced pervious concrete incorporating recycled concrete aggregate.* **Mehrabí, Peyman, y otros.** 2021, Construction and Building Materials.
35. *Assessment of mechanical properties and workability for polyethylene terephthalate fiber reinforced concrete.* **Meena, Ayush, Surendranath, Arigela y Ramana, P.** 2021, materialstoday:PROCEEDINGS.
36. *Effect of pumice powder and nano-clay on the strength and permeability of fiber-reinforced pervious concrete incorporating recycled concrete aggregate.* **Mehrabi, Peyman, y otros.** 2021, Construction and Building Materials.
37. *Evaluation of effectiveness of palm oil fuel ash as green filler and methyl methacrylate as additive in recycled PET resin polymer composite.* **Sarde, Bhagyashi, Patil, Yogesh y Dholakiya, B.** 2021, Journal of Building Engineering.
38. *Microwave radiation treatment to improve the strength of recycled plastic aggregate concrete.* **Abu, Mahmoud, y otros.** 2021, Case Studies in Construction Materials.
39. *The effect of recycled PET bottles on the fracture toughness of polymer concrete.* **Asdollah, M., Heidari, M. y Aliha, M.** 2021, Composites Communications.
40. *State of the art in recycling waste thermoplastics and thermosets and their applications in construction.* **Mohammadjavad, Kazemi, Faisal, Kabir y Fini, Elham.** 2021, Resources, Conservation and Recycling.
41. *Utilización de residuos de tereftalato de polietileno (PET) como reemplazo parcial de betún en asfalto de masilla de piedra.* **Lugeiyamu, Lameck, y otros.** 2021, Materiales de construcción y edificación.
42. *Investigating the effects of recycled PET particles, shredded recycled steel fibers and Metakaolin powder on the properties of RCCP.* **Noroozi, Reza, y otros.** 2019, Construction and Building Materials.
43. *Plastic-based sustainable synthetic aggregate in Green Lightweight concrete – A review.* **Alqahtani, Fahad y Zafar, Idrees.** 2021, Construction and Building Materials.
44. *Use of recycled fibers in concrete composites: A systematic comprehensive review.* **Unis, Hemn, y otros.** 2021, Composites Part B: Engineering.

45. *Study of the acoustical and thermo-mechanical properties of dune and river sand concretes containing recycled plastic aggregates.* **Boucedra, Aissa, Bederina, Madani y Ghernouti, Youcef.** 2020, Construction and Building Materials.
46. *The effect of using polyethylene terephthalate as an additive on the flexural and compressive strength of concrete.* **Umasabor, Richie y Daniel, Samuel.** 2020, Heliyon.
47. **Paz, María.** *Reciclado de PET a partir de botellas post consumo.* Cordova : Universidad Nacional de Córdoba, 2016.
48. **Bazalar, Geralidne Pamela y Palomino, Cinthia.** Analisis de gestion empresarial de las empresas privadas en la industria de plasticos que han incorporado a las asociaciones de recicladores en su cadena de valor, en Lima Metropolitana. *Repositorio Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.* [En línea] 19 de 07 de 2018. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624798/BAZALAR\\_HG.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624798/BAZALAR_HG.pdf?sequence=4&isAllowed=y).
49. **Echevarría, Rosario Evelyn.** Ladrillos de concreto con plastico PET reciclado. *Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca.* [En línea] 2017. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>.
50. **Turpo, Sirly.** *Reciclado de plástico (PET) para la elaboración de adoquín mediante el proceso de extrusión.* Juliaca : Universidad peruana unión, 2019.
51. **Cevallos, Esteban y Erick, Endara.** *Bases de diseño para la construcción sostenible con mampostería de ladrillo tipo PET, tercera etapa.* Quito : Universidad Central del Ecuador, 2018.
52. **Caballero, Bryan y Flores, Orlando.** *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno-tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción.* Cartagena : Universidad de Cartagena, 2016.
53. **Ñaupas, Humberto, y otros.** *Metodología de la Investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis.* Bogota : Ediciones de la U, 2021.
54. *Tipos de investigación.* **Grajales, Tervni.** 2020, cmapspublic2, pág. 4.
55. **Echevarría, Hugo Darío.** *Los diseños de investigación cuantitativa en psicología y educación .* Río Cuarto - Argentina : UniRío, 2016.
56. *El protocolo de investigación III: la población de estudio.* **Arias, Jesús, Villasís, Miguel y Miranda, María.** 2016, Alergia México, págs. 1-7.

57. *Estadística aplicada a la investigación educativa*. **Gamboa, Michel**. 2018, Dilemas contemporáneos, educación, política y valores, págs. 1-23.
58. *Técnicas de muestreo sobre una población a estudio*. **Manterola, Carlos y Otzen, Tamara**. Temuco : s.n., 2017, International Journal of Morphology.
59. *Estudio de los métodos de investigación y técnicas de recolección de datos utilizadas en bibliotecología y ciencia de la información*. **Gauchi, Veronica**. 2016, Revista española de documentación científica, págs. 1-13.
60. **ANJUM, Ruhina**. Gestion y explotacion de los desechos del cabello humano como aditivo para materiales de construccion. *Entorno e infraestructura sostenibles*. 2021, Vol. 90, págs. 137-146.
61. **Casas, Jorge**. *Prototipo de tablero para paredes en base de mezcla de viruta de madera, yeso y plástico pet reciclado para viviendas de interés social*. Guayaquil : Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2018.
62. *Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET)*. **Infante Alcalde, Josefina y Valderrama Ulloa, Claudia**. 2019, Información Tecnológica, pág. 28.
63. *Evaluation of the mechanical properties of modified concretes with glass microspheres and tire debris*. **Valencia Villegas, Juan Pablo, González Mesa, Ana María y Arbeláez Pérez, Oscar Felipe**. 2019, Lámpsakos.

**ANEXO:  
Anexo 01**

**Tabla 33. Matriz de consistencia**

PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
¿Cómo influye la adición del plástico reciclado PET en las propiedades mecánicas de un concreto convencional F'c=210 kg/cm <sup>2</sup> ?	Existe influencia de la adición del plástico reciclado PET en sus propiedades mecánicas en un concreto convencional f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Evaluar la influencia de la adición del plástico reciclado PET en sus propiedades mecánicas en un concreto convencional de f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO DE CONCRETO CON ADICION DE PLASTICO RECICLADO PET	DOSIFICACIÓN	Incorporación de PET en 1%, 2% y 3%	De razón	<p>1. Tipo de investigación: Aplicada, se consigue una solución a un problema existente.</p> <p>2. Diseño de investigación: Es experimental, describe las causas que produce una situación.</p> <p>3. Población: Abarca todas las probetas de concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>4. Muestras: Son 36 muestras de concreto.</p> <p>5. Técnicas: Recolección y análisis de la información.</p> <p>6. Instrumentos: Entre los instrumentos tenemos metodológicos, instrumentos de ingeniería.</p>
¿Cuáles son las características del PET reciclado y de los agregados?	El PET reciclado, posee similares características a los agregados.	Determinar la caracterización de los agregados convencionales y material reciclado.					
¿Cuál es el diseño de la mezcla para un concreto de f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> adicionando material PET?	Con el porcentaje de PET reciclado se logrará aumentar las propiedades mecánicas del concreto	Realizar el diseño de la mezcla de un concreto con agregado convencional y con plástico PET de una resistencia de F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>					
¿En cuánto aumenta la resistencia a la compresión a la mezcla con plástico PET?	La mezcla diseñada con el plástico PET, aumentara su resistencia a la compresión con los distintos porcentajes de adición	Analizar la resistencia a compresión de las mezclas de concreto en diferentes proporciones de plástico PET en el concreto convencional y reciclado	VARIABLE DEPENDIENTE: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO 210KG/CM <sup>2</sup>	PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la compresión	De razón	

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 02

**Tabla 34.** Matriz de operacionalización de variables

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE	Diseño de concreto con adición de plástico reciclado PET	Es un tipo de termoplástico derivado del petróleo, siendo un elemento con características de: alta resistencia, transparencia, resistencia química, baja absorción de agua, reciclable y liviano.	Esta investigación propondrá tres diseños distintos de concreto adicionado el plástico reciclado PET, sustituyéndolo en distintos porcentajes por el agregado fino.	DOSIFICACIÓN	Incorporación de PET en 1%, 2% y 3%	De razón
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas del concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	Son las características físicas o químicas que se obtienen del concreto mediante un análisis físico, realizado en sus dos estados, fresco y seco.	Esta investigación plantea ensayos para medir la resistencia a la comprensión, asentamiento y durabilidad	PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la compresión	De razón

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 03: Panel fotográfico



*Figura 23. Agregado grueso*

*Nota: en la imagen se aprecia la piedra chancada de la cantera “Grupo Ortiz” utilizada para el ensayo.*



*Figura 24. Cuarteo del material agregado grueso*

*Nota: Se realizó el cuarteo del agregado grueso para proceder a tomar las muestras.*



*Figura 25. Granulometría de del agregado grueso*  
*Nota: La figura muestra el trabajo realizado de granulometría, a través de los tamices, para determinar el tamaño del agregado grueso.*



*Figura 26. Cuarteo del material agregado fino*  
*Nota: En la figura se aprecia el cuarteo del agregado fino para proceder al ensayo de la granulometría.*





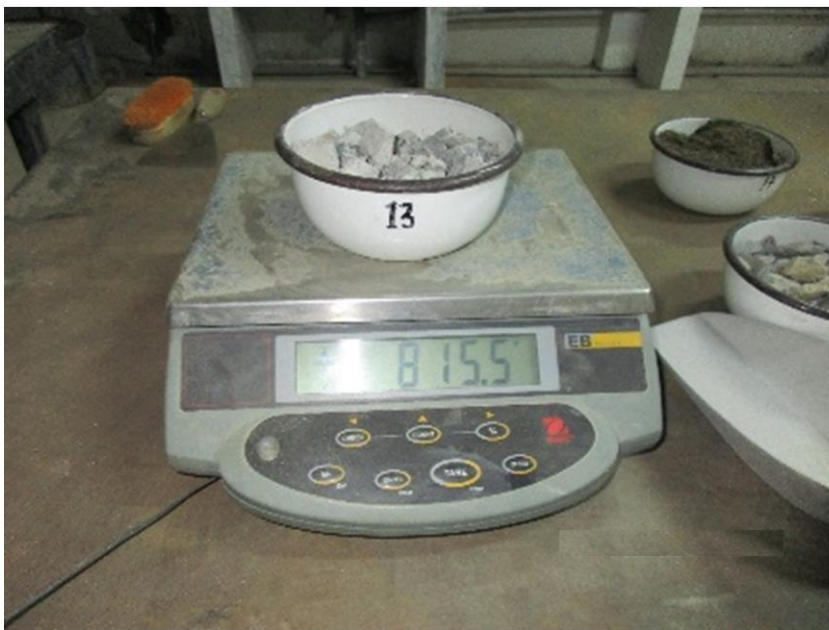
*Figura 27. Granulometría de agregado fino*

*Nota: En la figura se aprecia el proceso de tamizado del agregado fino para el diseño de la mezcla*



*Figura 28. Muestra saturada*

*Nota: en la figura se muestra que las muestras han sido sumergidas*



*Figura 29. Pesado de prueba*

*Nota: en la figura se muestra el peso de una de las muestras de agregado grueso*



*Figura 30. Peso de agregado fino*

*Nota: En la figura se muestra el peso del agregado fino*



*Figura 31.* Selección de muestras

*Nota:* En la figura se muestra la selección de muestras de agregado grueso y agregado fino.



*Figura 32.* Horno para el secado de las muestras

*Nota:* en la figura se muestra el horno con las muestras para su secado respectivo.





*Figura 33.* Cono de absorción de arena y pisón

*Nota:* En la imagen se aprecia la prueba con el cono de absorción de arena y pisón.



*Figura 34.* Muestra de picnómetro

*Nota:* en la figura se aprecia la muestra de picnómetro.



*Figura 35.* Prueba de cono de Abrams

*Nota:* En la imagen se puede apreciar la realización de la prueba del cono de Abrams.



*Figura 36.* Preparación de la mezcla

*Nota:* En la imagen se muestra las herramientas utilizadas y el procedimiento realizado para la obtención de la mezcla.



*Figura 37. Elaboración de probetas*

*Nota:* En la imagen se visualiza las probetas, las cuales se desarrollaron un total de 36.



*Figura 38. Ensayo de la fuerza de compresión*



*Nota:* En la figura se aprecia como se procedió a la colocación de muestras a la máquina que mide la resistencia a la compresión.



*Figura 39.* Prueba de resistencia a la compresión

*Nota:* En la imagen se muestra cómo se realizó el ensayo de resistencia a la compresión.



*Figura 40.* Fisura de probeta

*Nota:* En la figura se aprecia los daños ocasionados a la probeta por la fuerza de compresión.



*Figura 41.* Resultado del ensayo

*Nota:* En la figura se aprecia el resultado de la fuerza de compresión para la probeta de concreto.



*Figura 42.* Probetas con fisuras

*Nota:* En la imagen se aprecia las probetas de concreto después de ser sometidas al ensayo de resistencia a la compresión.





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemizada

RUC: 20407968272

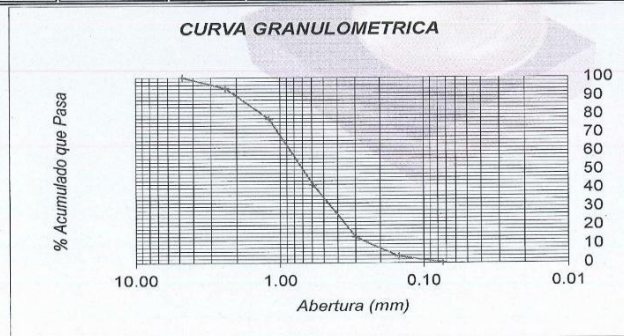


## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO CLASIFICACION ASTM C - 33

TESISTA : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
 TESIS : " INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DE FC=210 KG/CM2 "  
 UBICACIÓN : LUGAR DISTRITO PROVINCIA REGION  
 TACLÁN HUARAZ HUARAZ ANCASH  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021 AGREGADO : FINO.

PESO INICIAL SECO: 1802.30 grs. % QUE PASA MALLA N° 200: 0.26  
 PESO LAVADO SECO: 1797.70 grs. %RETENIDO MALLA N° 4": 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
N°4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.380	101.90	5.65	5.65	94.35
N°16	1.190	302.90	16.81	22.46	77.54
N°30	0.590	645.70	35.83	58.29	41.71
N°50	0.297	506.90	28.13	86.41	13.59
N°100	0.149	183.10	10.16	96.57	3.43
N°200	0.074	57.20	3.17	99.74	0.26



NOTA: Las muestra fueron traídas por el interesado para su respectivo ensayo en laboratorio.

D&J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
SERVIDOR DE MUESTRA ALVARO YVAN AYBERTO  
YULIANA ROSALES  
RUC: 20407968272  
SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
LUIS ALBERTO HA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 (043) 609785 959578024 / 943 848823  
 E-mail: sueloscme@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 43. Análisis Granulométrico por tamizado – Agregado Fino.



# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemizada

RUC: 20407968272



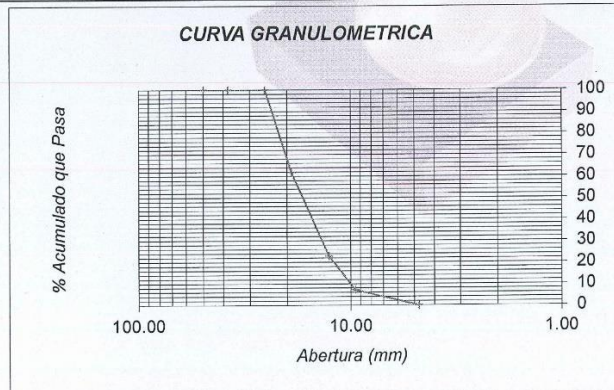
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO CLASIFICACION ASTM C - 33

TESISTA : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
 TESIS : " INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DE FC=210 KG/CM2 "  
 UBICACIÓN : LUGAR : TACLLÁN DISTRITO : HUARAZ PROVINCIA : HUARAZ REGION : ANCASH

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021 AGREGADO : GRUESO.

PESO INICIAL SECO: 21624.00 grs. % QUE PASA MALLA N° 4: 0.00  
 PESO LAVADO SECO: 21624.00 grs. %RETENIDO MALLA 2": 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	8258.00	38.19	38.19	61.81
1/2"	12.700	8411.00	38.90	77.09	22.91
3/8"	9.525	3417.00	15.80	92.89	7.11
N°4	4.760	1538.00	7.11	100.00	0.00



NOTA: Las muestra fueron traídas por el interesado para su respectivo ensayo en laboratorio.

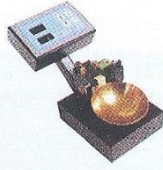
D&J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE MATERIALES Y DIMENSIONES  
NELISA AZAÑA SAL Y ROSAS  
RUC: 20407968272  
SUS GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
LUIS ALBERTO IJA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 ☎ (043) 609785 ☎ 959578024 / 943 848823  
 ✉ E-mail: suelosec@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 44. Análisis Granulométrico por tamizado – Agregado Grueso.





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistematizada

RUC: 20407968272



## PESO UNITARIO

**SOLICITA** : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO

**TESIS** : "INFLUENCIA EN LA ADICIÓN DEL PLASTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DEL FC=210 KG/CM2"

**LUGAR** : HUARAZ

**CANTERA** : TACLLAN

**MATERIAL** : AGREGADOS FINO

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2021

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	6955	6940	6963
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3535	3520	3543
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1273	1268	1276
<b>Peso unitario prom.</b>	1273 Kg/m3		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7435	7460	7448
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4015	4040	4028
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1446	1455	1451
<b>Peso unitario prom.</b>	1451 Kg/m3		

D & J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
PRUEBA DE MATERIALES Y MOVIMIENTOS  
YULISA AZAÑA SAL Y ROSAS  
RUC: 20407968272  
SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 ☎ (043) 609785 📞 959578024 / 943 848823  
 ✉ E-mail: sueloscme@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 45. Ensayo de Peso Unitario – Agregado fino





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemizada

RUC: 20407968272



## PESO UNITARIO

**SOLICITA** : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO

**TESIS** : "INFLUENCIA EN LA ADICIÓN DEL PLASTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DEL FC=210 KG/CM<sup>2</sup>"

**LUGAR** : HUARAZ

**CANTERA** : TACLLAN

**MATERIAL** : AGREGADOS FINO

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2021

### PESO UNITARIO SUELO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	27965	27950	27958
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	20494	20479	20487
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1493	1492	1493
<b>Peso unitario prom.</b>	1493 Kg/m <sup>3</sup>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	28945	28925	28935
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	21474	21454	21464
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1565	1563	1564
<b>Peso unitario prom.</b>	1564 Kg/m <sup>3</sup>		

D&J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
PRUEBA DE MATERIALES Y PAVIMENTOS  
*[Firma]*  
TULISA AZAÑA SAL Y ROSAS  
RUC: 20407968272  
SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
*[Firma]*  
LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
☎ (043) 609785 📞 959578024 / 943 848823  
✉ E-mail: sueloscme@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 46. Ensayo de peso unitario - Agregado Grueso





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistematizada

RUC: 20407968272



## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

**SOLICITA** : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
**TESIS** : "INFLUENCIA EN LA ADICIÓN DEL PLASTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DEL FC=210 KG/CM2"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADOS FINO  
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2021

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire) 300.0  
**B** : Peso de frasco + agua 669.9  
**C = A - B** : Peso frasco + agua + material 969.9  
**D** : Peso de material + agua en el frasco 856.6  
**E = C - D** : Volumen de masa + volumen de vacío 113.3  
**F** : Peso Material seco en homo 294.0  
**G = E - (A - F)** : Volumen de masa -107.30

300.0		
669.9		
969.9		
856.6		
113.3		
294.0		
-107.30		
2.04		
2.04		

**ABSORCION (%)**:  $((A-F/F) \times 100)$   
**ABS. PROM. (%)**:

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

2.59		
2.65		
-2.74		

PROMEDIO

P.e Bulk (Base Seca)  
P.e Bulk (Base Saturada)  
P.e Aparente (Base Seca)

2.59
2.65
-2.74

**D&J S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
PRUEBAS DE MATERIALES Y FUNDAMENTOS  
TULISA AZARA SAL Y ROSAS  
RUC 20407968272  
SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
**LUIS ALBERTO IIA ROBLE**  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
(043) 609785 / 959578024 / 943 848823  
E-mail: suelosmec@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 47. Ensayo de peso específico y absorción - Agregado fino





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemática

RUC: 20407968272



## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

**SOLICITA** : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
**TESIS** : "INFLUENCIA EN LA ADICIÓN DEL PLASTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DEL FC=210 KG/CM2"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADOS FINO  
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2021

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C= A - B : Volumen de masa + volumen efe vacíos  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - D : Volumen de masa

1126.5	994.0	1016.0
701.2	616.7	630.4
425.3	377.3	335.5
1112.8	937.0	1010.4
411.6	370.3	380.0
1.23	0.71	0.55
0.83		

ABSORCION (%): ((A-D/D)100)  
 ABS. PROM. (%)

P.e Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

### PROMEDIO

2.62	2.62	2.62
2.65	2.63	2.53
2.70	2.67	2.66

### PROMEDIO

P.e Bulk (Base Seca)  
 P.e Bulk (Base Saturada)  
 P.e Aparente (Base Seca)

2.62
2.64
2.68

**D & J S.A.C.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 PRUEBAS DE MATERIALES Y FUNDAMENTOS  
 JULISA AZANA SAL Y ROSAS  
 RUC: 20407968272  
 SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 LUIS ALBERTO IIA ROBLES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú

(043) 609785 959578024 / 943 848823

E-mail: suelosemec@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 48. Ensayo de peso específico y absorción - Agregado fino



# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemizada

RUC: 20407968272



## CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

TESISTA : BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO

TESIS : " INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DE FC=210 KG/CM2 "

UBICACIÓN : LUGAR DISTRITO PROVINCIA REGION  
TACLÁN HUARAZ HUARAZ ANCASH

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

AGREGADO	MA - 01 (A. Fino)		MA - 01 (A. Grueso)	
CALICATA	MA - 01 (A. Fino)		MA - 01 (A. Grueso)	
MUESTRA	...		...	
FRASCO N°	18	10	08	14
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	1033.00	1021.50	981.00	1071.50
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	990.30	981.80	946.80	1034.60
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	42.70	39.70	34.42	36.90
(4) Pfr (gr)	165.50	168.00	165.50	165.00
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	825.30	813.80	781.10	869.60
(6) C. Humedad (%) (3) - (5)	5.17	4.88	4.41	4.24
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	5.03		4.32	

NOTA: Las muestra fueron traídas por el interesado para su respectivo ensayo en laboratorio.

D&J S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE MATERIALES Y RESISTENCIA

JULISA AZAÑA DEL ROSAS  
RUC: 20407968272  
SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 ☎ (043) 609785 📞 959578024 / 943 848823  
 ✉ E-mail: sueloscme@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 49. Ensayo de contenido de humedad





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistematizada

RUC: 20407968272



### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO

SOLICITA: BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
 TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DE DE FC=210KG/CM2"  
 UBICACIÓN: LOCALIDAD: TACLLÁN DISTRITO: HUARAZ PROVINCIA: HUARAZ DEPARTAMENTO: ANCASH  
 FECHA: OCTUBRE DEL 2021  
 DOSIFICACION: En Peso..... En Volumen.....  
 f<sub>c</sub> DE DISEÑO: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 30.00 cm Diámetro: 15.00 cm

BRIQ. N°	DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUM P (m)	FECHAS		EDAD Dias	CARGA (Kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (Kg/cm)	% F <sub>c</sub> /f <sub>c</sub>
				MOLDEO	ROTURA					
01	PATRON	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	23300	176.7	132	63
02	PATRON	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	24135	176.7	137	65
03	PATRON	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	23190	176.7	131	62
04	c" +1%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	24453	176.7	138	66
05	c" +1%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	25220	176.7	143	68
06	c" +1%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	24857	176.7	141	67
07	c" +2%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	26978	176.7	153	73
08	c" +2%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	28269	176.7	160	76
09	c" +2%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	25760	176.7	146	69
10	c" +3%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	27480	176.7	156	74
11	c" +3%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	26940	176.7	152	73
12	c" +3%PET	210	3"	20/10/2021	27/10/2021	07	28870	176.7	163	78

NOTA: Las muestras de briquetas fueron traídas por el solicitante para su respectiva prueba a la compresión.

**D&J S.A.C.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE MATERIALES Y PAGAMENTOS  
 YULISA AZAÑA SAL Y ROSAS  
 RUC: 20407968272  
 SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 ☎ (043) 609785 📞 959578024 / 943 848823  
 ✉ E-mail: sueloscme@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 50. Ensayo de resistencia a la compresión-7 días del fraguado





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemática

RUC: 20407968272



### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO

SOLICITA: BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
 TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DE DE FC=210KG/CM2"  
 UBICACIÓN: LOCALIDAD: TAACLÁN DISTRITO: HUARAZ PROVINCIA: HUARAZ DEPARTAMENTO: ANCASH  
 FECHA: NOVIEMBRE DEL 2021  
 DOSIFICACION:..... En Peso..... En Volumen.....  
 fc DE DISEÑO: 210 Kg/cm2 Altura: 30.00 cm Diametro: 15.00 cm

BRIQ. Nº	DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm2	SLUM P (")	FECHAS		EDAD Días	CARGA (Kg)	AREA (cm2)	Fc (Kg/cm)	% Fc/fc
				MOLDEO	ROTURA					
01	PATRON	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	35960	176.7	203	97
02	PATRON	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	37720	176.7	213	102
03	PATRON	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	33580	176.7	190	90
04	c" +1%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	38450	176.7	218	104
05	c" +1%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	37730	176.7	214	102
06	c" +1%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	38870	176.7	220	105
07	c" +2%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	39670	176.7	224	107
08	c" +2%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	38940	176.7	220	105
09	c" +2%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	40070	176.7	227	108
10	c" +3%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	40970	176.7	232	110
11	c" +3%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	42670	176.7	241	115
12	c" +3%PET	210	3"	20/10/2021	3/11/2021	14	43955	176.7	249	118

NOTA: Las muestras de briquetas fueron traídas por el solicitante para su respectiva prueba a la compresión.

D&J S.A.C.  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 PRUEBAS DE MATERIALES Y PAPELAMENTOS  
 JULISA AZAÑA SAL Y ROSAS  
 RUC: 20407968272  
 SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 LUIS ALBERTO IITA ROBLES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 ☎ (043) 609785 📠 959578024 / 943 848823  
 ✉ E-mail: suelomec@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 51. Ensayo de resistencia a la compresión - 14 días del fraguado





# D&J S.A.C.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
Topografía Sistemizada

RUC: 20407968272



## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO

SOLICITA: BACH. ORTIZ ALVARO YVAN AYBERTO  
 TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN UN CONCRETO CONVENCIONAL DE DE FC=210KG/CM2"  
 UBICACIÓN: LOCALIDAD: TACLLÁN DISTRITO: HUARAZ PROVINCIA: HUARAZ DEPARTAMENTO: ANCASH  
 FECHA: NOVIEMBRE DEL 2021  
 DOSIFICACION: En Peso: En Volumen:  
 Fc DE DISEÑO: 210 Kg/cm2 Altura: 30.00 cm Diámetro: 15.00 cm

BRIQ. N°	DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm2	SLUMP P (")	FECHAS		EDAD Dias	CARGA (Kg)	AREA (cm2)	Fc (Kg/cm)	% Fc/fc
				MOLDEO	ROTURA					
01	PATRON	210		20/10/2021	17/11/2021	28	51120	176.7	289	138
02	PATRON	210		20/10/2021	17/11/2021	28	52850	176.7	299	142
03	PATRON	210		20/10/2021	17/11/2021	28	52970	176.7	300	143
04	c" +1%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	53160	176.7	301	143
05	c" +1%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	54080	176.7	306	146
06	c" +1%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	52990	176.7	300	143
07	c" +2%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	55340	176.7	313	149
08	c" +2%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	57190	176.7	324	154
09	c" +2%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	56940	176.7	322	153
10	c" +3%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	58590	176.7	332	158
11	c" +3%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	60010	176.7	340	162
12	c" +3%PET	210		20/10/2021	17/11/2021	28	57580	176.7	326	155

NOTA: Las muestras de briquetas fueron traídas por el solicitante para su respectiva prueba a la compresión.

D&J S.A.C.  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE MATERIALES Y PAPELAMENTOS  
 JULISA AZANA SAL Y ROSAS  
 RUC: 20407968272  
 SUB GERENTE

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 39331

Jr. Soledad 1345 Huaraz - Perú  
 ☎ (043) 609785 ☎ 959578024 / 943 848823  
 ✉ E-mail: suelosemec@hotmail.com / yulian\_22@hotmail.com

Figura 52. Ensayo de resistencia a la compresión - 28 días del fraguado