

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA**



**Proyecto**

**Resistencia a la Compresion y Traccion de un Concreto  
con sustitucion de 1% de agregado grueso por plastico  
Triturado.**

Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil

**Autor**

Albarran Acosta, Fhranzhua Bhellierr

**Asesor**

Flores Reyes, Gumercindo

**Chimbote – Peru**

**2019**

## Índice General

### Contenido

Título	I
Palabras clave - key words – Línea de investigación	II
Resumen	III
Abstract	IV
I. INTRODUCCIÓN:	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	162
III. RESULTADOS	25
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	37
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VII. ANEXOS Y APÉNDICES	48

## Índice de Figuras

Figura 1: Recoleccion de Botellas	19
Figura 2: Limpieza de las Botellas	19
Figura 3: Trituracion del Plastico (Material Limpio)	20
Figura 4: Tamiz del Plastico Triturado	21
Figura 5: Retenida del Material Triturado	21
Figura 6: Esquema para Elaboracion de Probetas de Concreto	24
Figura 7: Esquema para Elaboracion de Vigas de Concreto	24
Figura 8: Flujograma de Producción de Concreto Patrón	25
Figura 9: Flujograma de Produccion de Concreto Experimental	26
Figura 10: Elaboración de las Probetas Patrón	27
Figura 11: Ensayo Slump1 F'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>	27
Figura 12: Elaboracion de Vigas Patron	27
Figura 13: Asentamiento del Concreto	33
Figura 14: Grafica de las Resistencias a la Compresion a los 7 dias	34
Figura 15: Grafica de las Resistencias a la Compresion a los 14 dias	35
Figura 16: Grafica de las Resistencias a la Compresion a los 28 dias	36
Figura 17: Grafica de las Resist. Compr. Prom. a los 7,14 y 28 dias	38
Figura 18: Grafica de las Resistencia Compr. Prom. en porcentajes	38
Figura 19: Grafica de las Resistencia a la Traccion a los 7 dias.	39
Figura 20: Grafica de las Resistencia a la Traccion a los 14 dias	40
Figura 21: Grafica de las Resistencia a la Traccion a los 28 dias	41

## Índice de Tablas

Tabla 1: Variables Dependientes	14
Tabla 2: Variables Independientes	14
Tabla 3: Diseño Patrón y Experimental a la Resist. a la compresion	16
Tabla 4: Diseño Patrón y Experimental a la resistencia a la traccion	17
Tabla 5: Tecnica e Instrumentos de Investigacion	18
Tabla 6: Propiedades de los materiales	21
Tabla 7: Dosificación para Probeta Patrón	22
Tabla 8: Dosificación para Viga Patron	22
Tabla 9: Dosificación para Probeta Experimental	23
Tabla 10: Dosificación para Viga Experimental	23
Tabla 11: Asentamientos de Probetas	28
Tabla 12: Pesos promedios de los Testigos	28
Tabla 13: Resistencia a la Compresion de concreto en Probetas	28
Tabla 14: Resistencia a la Traccion de concreto en Vigas	28
Tabla 15: Resistencia a la Compresion de concreto en Probeta	30
Tabla 16: Diferencia de medias de la resistencia a la Compresion	30
Tabla 17: Resistencia a la Traccion de concreto en Vigas	31
Tabla 18: Diferencia de medias de la resistencia a la Traccion	31
Tabla 19: Consistencia del Concreto	33
Tabla 20: Porcentaje de Dureza del Concreto	37

**RESISTENCIA A LA COMPRESION Y TRACCION  
DE UN CONCRETO CON SUSTITUCION DE 1% DE  
AGREGADO GRUESO POR PLASTICO  
TRITURADO.**

**PALABRAS CLAVE:**

TEMA	RESISTENCIA DEL CONCRETO
ESPECIALIDAD	TECNOLOGIA DEL CONCRETO

**KEY WORDS:**

THEME	CONCRETE STRENGTH
SPECIALTY	CONCRETE TECHNOLOGY

**LINEA DE INVESTIGACION**

<b>CODIGO</b>	<b>LINEA</b>	<b>SEGUN</b>
01	INGENIERIA	<b>OCDE</b>
01.02	INGENIERIA Y TECNOLOGIA	<b>FACULTAD DE INGENIERIA DE LA USP</b>
01.02.01	INGENIERIA CIVIL	<b>FACULTAD DE INGENIERIA DE LA USP</b>
01.02.01.01	INGENIERIA CIVIL	<b>FACULTAD DE INGENIERIA DE LA USP</b>

## RESUMEN:

El propósito de la presente investigación fue determinar la resistencia a la compresión y tracción de un concreto con sustitución de 1% de agregado grueso por plástico triturado.

Para ello se procedió a recolectar botellas de plástico reciclado (PET) que será triturado, obteniendo hojuelas de plástico teniendo en cuenta que este material fue activado térmicamente obteniendo botellas para consumo público, luego se tamizo el material triturado para poder uniformizar el agregado grueso que vamos a sustituir a  $\frac{3}{4}$ "; se determinó la relación agua/cemento de las probetas patrón y experimental empleando el Método del Comité 211 del ACI, previa realización de los ensayos en los agregados. Se elaboraron probetas de concreto con  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en un número de 36 muestras: 9 del patrón, 9 experimentales para la prueba de la resistencia a la Compresión y 9 del patrón, 9 experimentales para la prueba de la resistencia a la Tracción, y se realizaron las roturas a los 7, 14 y 28 días, analizando y comparando las Resistencias a la Compresión y Tracción de las muestras patrón y experimentales.

Lo que confirmó mediante los ensayos, que la resistencia a la compresión de las probetas patrón, a los 7, 14 y 28 días son superiores a las probetas experimental, lo cual niega la hipótesis de la investigación, a los 28 días la resistencia a la compresión de las probetas patrón alcanzaron un **99.90%**, las experimentales al 1% de sustitución llego a un **94.56%** y las resistencias a la tracción de las probetas patrón alcanzaron **62.12 Kg/cm<sup>2</sup>** y las experimentales al 1% de sustitución llego a un **55.43 Kg/cm<sup>2</sup>** de resistencia, sufriendo un descenso en los diseños experimentales, comprobando que al sustituir el agregado grueso con el plástico triturado restringe el ciclo de hidratación, y disminuya la resistencia de las probetas y vigas de concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.

## ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to determine the compressive and tensile strength of a concrete with substitution of 1% coarse aggregate by crushed plastic.

To this end, we proceeded to collect recycled plastic bottles (PET) that will be crushed, obtaining plastic flakes taking into account that this material was thermally activated obtaining bottles for public consumption, then the crushed material was sieved in order to standardize the coarse aggregate that we are going to replace  $\frac{3}{4}$  "; The water / cement ratio of the standard and experimental specimens was determined using Method ACI Committee 211, after conducting the tests on the aggregates. Concrete specimens were prepared with  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , in a number of 36 samples: 9 of the standard, 9 experimental for the compression resistance test and 9 of the standard, 9 experimental for the resistance test to the Traction, and the breaks were made at 7, 14 and 28 days, analyzing and comparing the Resistances to the Compression and Traction of the standard and experimental samples.

What confirmed through the tests, that the resistance to compression of the standard specimens, at 7, 14 and 28 days are superior to the experimental specimens, which denies the hypothesis of the investigation, after 28 days the resistance to the compression of the standard specimens reached **99.90%**, the experimental ones with 1% substitution reached **94.56%** and the tensile strengths of the standard specimens reached **62.12 Kg / cm<sup>2</sup>** and the experimental ones with 1% substitution reached a **55.43 Kg / cm<sup>2</sup>** of resistance, suffering a decrease in the experimental designs, verifying that when replacing the coarse aggregate with the crushed plastic it restricts the hydration cycle, and decreases the resistance of the specimens and concrete beams  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ .



## I. Introducción:

Dentro de los antecedentes revisados para el presente estudio, se hizo una ardua revisión de los diversos estudios a nivel local y mundial, por lo que se encontró que en el estudio de **Moreno (2011)**, elaboró bloques con dimensiones de: 40x15x20 cm y 40x10x20 cm. sin incluir PET y bloques con PET al 25%, 50% y 75% en la mezcla dosificados al volumen. Luego se efectúan los ensayos a la resistencia a la compresión, permeabilidad y temperatura comparando el comportamiento entre los bloques tradicionales y los bloques que se les incluyo el PET, los cuales deben cumplir con requerimientos establecidos por la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Se fabricaron adoquines con agregados tradicionales (arena + gravilla + cemento). Luego se somete a ensayos de resistencia a la compresión de acuerdo a la Norma INEM 1485, desgaste de acuerdo a la Norma UNEM 1338/2004 se hace comparación con los adoquines sin agregar plástico.

La investigación llevo a las siguientes conclusiones:

Se realizaron pruebas iniciales para determinar el comportamiento del hormigón PET, para una resistencia de características de 180 Kg/cm<sup>2</sup>, a diferentes porcentajes de PET, se nota que la resistencia del hormigón disminuye mientras se le añade más porcentaje de plástico.

La resistencia promedio de compresión de hormigón a los 28 días:

- Al 0% resistió 180 Kg/cm<sup>2</sup>
- Al 25% resistió 170 Kg/cm<sup>2</sup>
- Al 50% resistió 96 Kg/cm<sup>2</sup>

Al momento de adherir más porcentaje de plástico a la mezcla para el hormigón, la relación agua-cemento aumenta, debido a que la masa es mayor y se necesita más agua para poder la consistencia adecuada para la trabajabilidad y docilidad.

Por otro lado, **Molina (2007)**, Evaluó las características físico mecánicas del concreto por lo cual se especifica que esta materia prima tiene muy baja propagación de llama y buen aislante térmico.

Es duradero y al exponerse a la intemperie no presenta alteraciones dimensionales ni daños aparentes al ser sometido a los rayos ultravioleta y a la humedad del medio ambiente. Además el plástico es un compuesto que dura muchos años en degradarse.

De los ensayos físico - mecánicos realizados al concreto de plástico reciclado tipo estándar se concluye lo siguiente teniendo en cuenta como referencia las Normas Técnicas Colombianas: tiene muy bajo porcentaje de absorción de agua en promedio de 0,29%, al ser sometidos a fuerzas de flexión el concreto se rompe a un ángulo de 45° aproximadamente soportando una presión promedio de 831.312,88Pa, lo que lo hace un concreto altamente resistente a la rotura, el concreto con plástico reciclado tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kgf/cm<sup>2</sup> y verticalmente 239 Kgf/cm<sup>2</sup> y se clasifica como un material frágil según su análisis de esfuerzo – deformación.

Así mismo **Cordova C. (2015)** desarrolló la investigación del Efecto del Polietileno Telefatarato como agregado grueso en la resistencia del Concreto” Se diseñaron probetas de concreto patrón y probetas con adicción de plástico triturado para evaluar la resistencia dada.

Se diseñó con una dosificación de 1: 2.42: 3.11: 24.80 lt. Para el concreto patrón de dicho diseño, para la sustitución del plástico triturado por el agregado grueso si realizo por medio de su volumen dada que el plástico tiene una menor densidad que el agregado grueso.

Los ensayos realizados fueron por Esfuerzo a la Compresión:

- Al 1% de Pet resistió 274.09 Kg/cm<sup>2</sup>
- Al 2% de Pet resistió 267.63 Kg/cm<sup>2</sup>
- Al 3% de Pet resistió 254.43 Kg/cm<sup>2</sup>

**La justificación** de la presente investigación, inicia que debido a que cada día se genera residuos sólidos en la ciudad de Chimbote y que la mayor parte de estos no son biodegradables o lo son a muy largo plazo, ejemplo el Polietileno Tereftalato que encontramos comúnmente en las botellas descartables.

Es por ello que estamos con la responsabilidad de concientizar a la población del grave problema ambiental que se genera por el mal manejo de los desechos sólidos, y en particular por los materiales biodegradables; puesto que estos agudizan la problemática de contaminación.

Como centro de enseñanza estamos preocupados por dicha problemática y buscamos alternativas para minimizarla, por lo tanto planteamos la realización de elementos constructivos utilizando las botellas de plástico como materia prima; que permitirían utilizar un material altamente dañino para el medio ambiente en una alternativa para elaborar materiales de construcción.

En este sentido creemos que es necesario comenzar a desarrollar materiales alternativos que bajen los costos de construcción y que permita por medio de ello dar una solución al problema medio ambiental, que permita la creación y un diseño innovador de algunos elementos arquitectónicos; aplicando técnicas de ingeniería y arquitectura para diseñar un elemento donde se convine el reciclaje y la innovación.

**El Problema**, dado que la recurrencia de consumo del plástico es continuo el plástico, por su versatilidad, es el componente principal de muchas personas que desechan a diario en la basura, además, por su fácil manipulación y modelación, a altas temperaturas con un proceso adecuado de reciclaje, se debe convertir en una opción favorable en la construcción de casas con un concreto de plástico como también buscando un mejor costo para la construcción de las viviendas con un óptimo material a la construcción. Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la resistencia a la compresión y tracción de un concreto con sustitución de 1% de agregado grueso por plástico triturado en comparación con un concreto convencional  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>?

### **CONCRETO:**

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregado fino y grueso. La selección de los materiales que componen la mezcla de concreto y la proporción de cada uno debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos.

En la construcción podemos obtener aspectos importantes y vitales para una edificación de óptimas condiciones:

#### **Cemento**

Se denomina cemento a un conglomerante hidráulico que, mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado hormigón o concreto. Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil, siendo su principal función la de aglutinante. Existen distintos tipos de cemento que son:

- Tipo I: normal es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales). Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.
- Tipo II : de moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado. (Puentes, tuberías de concreto)
- Tipo III: Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado.

- Tipo IV: Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse dilataciones durante el fraguado.
- -Tipo V: Usado donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias).

### **Agregados**

Los agregados son la parte mayoritaria en el concreto ocupan el 75 % de su volumen y su influencia es de primer orden en el comportamiento del concreto tanto en su estado fresco como endurecido.

Comúnmente, se han considerado a los agregados como inertes en la definición del concreto, sin embargo la experiencia señala que la mayoría de los agregados son activos cuando se combinan con el cemento, agua y aditivos.

Esta actividad puede involucrar cambios físicos, químicos o térmicos o combinación de los mismos. Los agregados pueden limitar la resistencia del concreto pero más frecuentemente afectan la durabilidad y el comportamiento estructural del concreto.

Es de vital importancia considerar las características de los agregados para ser incluidos en el concreto las características de los agregados que influyen en el concreto se muestran:

Textura; Las características de textura superficial y forma del agregado grueso tienen una influencia importante en la resistencia a compresión del concreto, particularmente en la resistencia a flexión. Los conocimientos sobre la contribución del agregado grueso en la resistencia a compresión son muy escasos, pero posiblemente una textura rugosa dé como resultado una fuerza de adhesión más grande entre las partículas y la pasta de cemento. De igual forma, una superficie de concreto más grande en los agregados angulosos significa que se puede desarrollar una mayor fuerza adhesiva.

Resistencia; La resistencia a compresión del concreto no puede exceder a la del agregado con el que se fabrica. La experiencia enseña que las mejores resistencias en el concreto se obtienen cuando la matriz o pasta y los agregados tienen características mecánicas similares. Sin embargo, la resistencia a compresión del agregado tal como se encuentra en la naturaleza es difícil de determinar y la información requerida tiene que ser obtenida a través de pruebas indirectas sobre muestras labradas de la roca a estudiar. Una resistencia inadecuada del agregado representa una limitación ya que las propiedades del agregado inflúan en la resistencia del concreto aun cuando sea suficientemente resistente para no fracturarse prematuramente. Si se comparan concretos hechos con diferentes agregados se puede observar que la influencia es cualitativamente la misma, independientemente del proporciónamiento de la mezcla y de que el concreto se ensaye en compresión o tensión. Es posible que la influencia del agregado sobre la resistencia del concreto se deba no solamente a la resistencia mecánica del agregado sino también, y en grado considerable, a sus características de absorción y adherencia.

Influencia a la Contracción; Los agregados restringen la contracción que se puede presentar. El tamaño y la granulometría del agregado por ellos mismos no influyen en la magnitud de la contracción, pero un agregado más grande permite el uso de mezclas más pobres y origina, por lo tanto, una contracción menor. La presencia de arcilla en el agregado determina el grado de restricción ofrecido. Por ejemplo los agregados de acero, conducen a una contracción un tercio menor y los agregados de arcilla expandida un tercio mayor que la que permite los agregados ordinarios. La presencia de arcilla en el agregado reduce su efecto restrictivo en la contracción y dado que la arcilla misma está sujeta a contracción, la presencia de arcilla en el recubrimiento de los agregados puede incrementar la contracción hasta en un 70 %.

Granulometría; La granulometría de los agregados es decir, los diferentes tamaños de partículas en que se divide el agregado que se usará en la

fabricación del concreto es uno de los parámetros fundamentales empleados para la dosificación del mismo, puesto que constituye el esqueleto del concreto, teniendo una gran influencia sobre las siguientes propiedades.

Para ello se requerirá utilizar la piedra retenida por la malla de 1/4 para el uso de los ladrillos o tabiques de concreto, ya que no es necesario utilizar piedras 3/4" por la simple razón que necesitaríamos partículas de menor tamaño teniendo en cuenta que tiene que ser agregado grueso.

### **Agua**

El agua potable es, en la mayoría de los casos satisfactoria como agua de mezclado y este es el criterio de calidad que se especifica usualmente.

Por lo general, se conocerá la presencia de cualquier impureza dañina, como álcalis, ácidos, materia vegetal en descomposición, aceite, aguas de albañal, o cantidades excesivas de limo.

El agua de calidad dudosa deberá enviarse a un laboratorio para que se efectúe en ensayos o pruebas; o, si no se dispone de tiempo, comparar la resistencia y durabilidad de especímenes de concretos o morteros hechos con dicha agua con las de especímenes de control hechos con agua que se sabe que es satisfactoria.

Para la fabricación del cemento porland pueden utilizarse inicialmente minerales de origen natural o bien productos de desecho de procedencia industrial. En general, puede servir cualquier material entre cuyos componentes principales figuren la cal, la sílice, la alúmina y el óxido de fierro. Como es raro encontrar algún material en cuya composición se encuentren los cuatro componentes básicos mencionados en las proporciones adecuadas, es práctica habitual trabajar con mezclas de vanas materias primas. Así por ejemplo, la cal generalmente proviene de minerales calcáreos como las calizas o las margas; las arcillas aportan sílice y alúmina.

Propiedades:

- **Trabajabilidad:** Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.
- **Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.
- **Impermeabilidad:** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.
- **Resistencia:** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Componentes:

- **Cemento.** Los cementos hidráulicos son aquellos que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, porque reaccionan químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.
- **Agua.** Es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes.
- **Agregados.** Los agregados para concreto pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida.
- **Aditivos.** Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción.

**Diseño de Mezcla;** Es importante saber que se han realizado una gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas de concreto, en buena parte se entiende que el diseño de mezcla es un



procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio. Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

**Manejabilidad:** Es importante que el concreto se diseñe con la manejabilidad adecuada para la colocación, esta depende principalmente de las propiedades y características de los agregados y la calidad del cemento. Cuando se necesita mejorar las propiedades de manejabilidad, se puede pensar en incrementar la cantidad de mortero. Es fundamental la comunicación entre el diseñador, el constructor y el productor de concreto con el propósito de asegurar una buena mezcla de concreto. Una adición de agua en la obra es la peor solución para mejorar la manejabilidad del concreto, es totalmente contraproducente para la calidad del producto.

**Resistencia y Durabilidad del Concreto:** El concreto es diseñado para una resistencia mínima a compresión. Esta especificación de la resistencia puede tener algunas limitaciones cuando se especifica con una máxima relación agua cemento y se condiciona la cantidad de material cementante. Es importante asegurar que los requisitos no sean mutuamente incompatibles. O en algunos casos la relación agua/material cementante se convierte en las características más importante por tema de durabilidad. En algunas especificaciones puede requerirse que el concreto cumpla con ciertos requisitos de durabilidad relacionados con congelamiento y deshielo, ataques químicos, o ataques por cloruros, casos en los que la relación agua cemento, el contenido mínimo de cemento y el uso de aditivos se convierten en pieza fundamental para el diseño de una mezcla de concreto. Esto nos lleva a tener

presente que una mezcla perfecta o diseñada bajo los criterios de durabilidad no producirá ningún efecto si no se llevan a cabo procedimientos apropiados de colocación, compactación, acabado, protección y curado.

**Economía:** El costo de la elaboración de una mezcla de concreto está constituido básicamente por el costo de los materiales, equipo y mano de obra. La variación en el costo de los materiales se debe a que el precio del cemento por kilo es mayor que el de los agregados y de allí, que la proporción de estos últimos minimice la cantidad de cemento sin sacrificar la resistencia y demás propiedades del concreto. La diferencia en costo entre los agregados generalmente es secundaria; sin embargo, en algunas localidades o con algún tipo de agregado especial pueden ser suficientes para que influya en la selección y dosificación. El costo del agua usualmente no tiene ninguna influencia, mientras que el de los aditivos puede ser importante por su efecto potencial en la dosificación del cemento y los agregados. El costo de la mano de obra depende de la trabajabilidad de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. **Una mezcla poco trabajable con un equipo de compactación deficiente aumenta los costos de mano de obra.**

También la economía de un diseño de mezcla se debe contemplar el grado de control de calidad que se espera en la obra. El concreto tiene una variabilidad tanto la calidad de los materiales, la producción y las acciones que se ejecutan en la obra. En obras pequeñas “sobre diseñar” el concreto puede resultar económico entre comillas pero en una obra muy grande de altos volúmenes de concreto se debe implementar un extenso control de calidad con el propósito de mejorar los costos y la eficiencia.

**Dosificación:** Las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con dichas características con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste. Dicho sistema consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por diferentes métodos.

A la mezcla de prueba se le realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión.

Estos datos se comparan con la especificación y si llegan a ser diferentes o no cumplen con la expectativa de calidad se reajustan las cantidades, se elabora nuevamente la mezcla que debe cumplir todos los ensayos de control de calidad, si nuevamente no cumple los requisitos exigidos es necesario revisar los materiales, el método del diseño y nuevamente otra mezcla de concreto hasta ajustar los requisitos exigidos por la especificación.

**Material Reciclado:** El reciclaje es un proceso que utiliza ciertos materiales, por lo general no biodegradables, considerados "basura", como: papel, cartón, plástico, metales, residuos orgánicos y otros, al fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos, con lo que podemos lograr varios beneficios económicos, ecológicos y sociales:

- Bajar la contaminación ambiental.
- Crear fuentes de trabajo.
- Materia prima secundaria a bajo precio.
- Disminuye la cantidad de desechos.

El material reciclable es sustentable ya que busca optimizar recursos disminuyendo el impacto ambiental. Desde el ámbito económico se puede reducir gastos enfrentando el material habitual para construcción con los nuevos materiales que están resultando del reciclaje. Uno de estos materiales es:

### **PLÁSTICO:**

En su significación más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones.

Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

Según la enciclopedia el plástico es un conjunto de materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado.

Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Existen 3 métodos para el reciclaje de plásticos y su recuperación:

**Reciclaje Mecánico.**- Es realizado por medio de presión y calor. Es importante la clasificación minuciosa ya que la composición del plástico debe ser homogéneo.

**Reciclaje Químico.**- Es la descomposición de los plásticos usados clasificados en sus componentes más sencillos. Para ello se utiliza procesos como: la pirólisis, la hidrogenación, la gasificación o el tratamiento con disolventes.

**Recuperación de Energía.**- Se lo realiza debido a que los plásticos se producen a base de petróleo y tienen un valor calorífico elevado, a veces incluso más elevado que el del carbón o del fuelóleo

## TIPOS DE PLÁSTICOS RECICLABES

- PET.- Es un plástico de alta calidad que requiere un proceso sumamente complicado para ser recuperado. Con las tecnologías convencionales no es posible utilizar el PET para fabricar otra vez botellas de bebidas por razones de higiene. Existe una variedad de productos que se pueden hacer a base del PET reciclado, como: fibras para la producción de fundas para dormir, almohadas cobijas (que se venden bajo el nombre de plumón) y ropa protectora de lluvia, además se puede utilizar en la industria automotriz y para la producción de tablas aislantes.
- PEHD.-En la producción del PEHD, el criterio más importante es el “índice de fundición” (corresponde a la viscosidad de la resina) que puede ser muy diferente según el tipo de producto fabricado. El PEHD reciclado se puede reutilizar para la producción de fundas, tubería y manguera, recipientes para productos no alimenticios y otros productos moldeados.
- PVC.-Es un plástico que se puede reprocesar fácilmente y con métodos caseros, no necesita un tratamiento especial. Los productos de PVC reciclado son recipientes para productos no alimenticios, mangueras, productos moldeados como juguetes de niño, productos de uso sanitario, etc.
- PELD.- Plástico fácil de procesar, incluso con equipo casero. Los productos más comunes con PELD reciclado son mangueras de aguas servidas y las fundas negras.
- PP.- El PP reciclado generalmente se utiliza para productos que no requieren una calidad muy alta (pilotes, postes, muebles de jardín etc.).Es posible mezclarlo hasta un 10 – 13 % con el re granulado de PEHD.
- ESPUMAFLEX (PS).- Se puede dividir en espuma fina y espuma gruesa, los cuales necesitan diferentes tratamientos para el reciclaje.

La espuma fina debe pasar por un proceso de lavado, secado, granulación y politización, para después ser reutilizado como espuma aislante, producción de juguetes, recipientes para productos no alimenticios.

**Variable Dependiente:** Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Tracción.

Tabla 1: Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICION	UNIDAD DE MEDIA
<b>Resistencia a la Compresión</b>	La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental y frecuentemente encontramos su empleo en los cálculos para el diseño de puentes, edificios y otras estructuras.	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la Tracción</b>	La resistencia del concreto a la tracción es una de sus propiedades físicas la cual es proporcionalmente baja del orden de un décimo de la resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

**Variable Independiente:** Porcentaje de Fibras de plásticos triturado en el Concreto

Tabla 2: Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION	UNIDAD DE MEDIA
Porcentaje de Fibras de Plástico Triturado en el Concreto	Es la cantidad de fibras de plástico que se agregara al diseño de mezcla	Concreto Patrón (0% de fibras de Plásticos Triturado)  Concreto con 1% de Fibras de Pet.

Fuente: Elaboración Propia

Se planteó la siguiente **Hipótesis**: si sustituimos un 1 % del agregado grueso por plástico triturado se lograría un concreto con una mayor resistencia a la compresión y tracción que uno convencional  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

Dentro de los objetivos se planteó como **Objetivo General**: Evaluar la resistencia a la compresión y Tracción en un concreto  $F'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, aplicando plástico triturado (Pet) como sustituto del 1% del agregado grueso.

Y como **Objetivos Específicos**:

- Determinar la relación agua cemento de la muestra Patrón y la muestra Experimental.
- Realizar el diseño de mezcla para un concreto  $F'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar el esfuerzo a la compresión del concreto  $F'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> patrón y con agregado de plástico triturado (Pet) al 1% a los 7, 14, 28 días de curado.
- Determinar el esfuerzo a la Tracción del concreto  $F'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> patrón y con agregado de plástico triturado (Pet) al 1% a los 7, 14, 28 días de curado.
- Comparar, analizar e interpretar los resultados.


















## II. Metodología del Trabajo

El Tipo y diseño de investigación, según el proceso, Es una **investigación aplicada** porque buscamos descubrir una nueva técnica, aplicando y utilizando los conocimientos que se obtendrán en la investigación.

Es una **investigación explicativa** porque se quiere determinar cómo se comporta la resistencia del concreto cuando se remplaza un porcentaje del agregado grueso por el plástico triturado. Es una investigación con un enfoque cuantitativo; porque se dará realce a las mediciones en todo proceso de los diversos ensayos de laboratorio.

Es una **investigación de diseño experimental**; porque se manipula o modifica un porcentaje de agregado grueso por el plástico triturado y como consecuencia de ello ver la resistencia a la compresión y tracción. El Bloque Completo Al Azar, el diseño experimental de Bloque completo al azar, tiene la siguiente configuración:







Tabla 3: Diseño Patrón y Experimental a la Resistencia a la Compresión

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 1% DE AGREGADO GRUESO POR PLASTICO TRITURADO					
	RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON			1%		
	7					
14						
28						

Fuente: elaboración Propia



Tabla 4: Diseño Patrón y Experimental a la Resistencia a la Tracción

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE UN CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 1% DE AGREGADO GRUESO POR PLASTICO TRITURADO					
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		
	PATRON			1%		
7						
14						
28						

Fuente: elaboración Propia

La Población y muestra, Conjunto de probetas con diseño capaz cumplir las condiciones de resistencias indicadas de acuerdo a las normas técnicas peruanas. Para este estudio se trabajó con una muestra de 36 probetas con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de los cuales se realizaron 18 probetas para resistencia a la compresión (9 probetas patrón, 9 probetas experimentales con sustitución del 1% de plástico triturado), y 18 probetas para la resistencia a la Tracción (9 probetas patrón, 9 probetas experimentales con sustitución del 1% de plástico triturado),

Todos los materiales fueron llevados en sacos al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad, además se usó el Cemento portland Tipo I de la marca "Pacasmayo". Las Técnicas e instrumentos de investigación utilizados, son las que se muestra en la tabla.

Tabla 5: Técnicas e instrumentos de investigación

TECNICA	INSTRUMENTO
OBSERVACIÓN	- GUÍA DE OBSERVACIÓN RESUMEN. - FICHAS TÉCNICAS DEL LABORATORIO DE LAS PRUEBAS A REALIZAR.

Fuente: elaboración Propia

Sobre el Procesamiento y análisis de la información, los datos recolectados, mediante el método de la experimentación, y para el procesamiento de los datos se usó el software Excel v 2016. Se muestran cuadros y figuras que resumen datos para obtener la información final. Además del software IBM SSPS V21.

Se analizó los datos mediante promedios, varianzas y la prueba de hipótesis se realizará con el método ANOVA (ANalysis Of VAriance).

### III. Resultados

En la Planta de Reciclaje, con el material adquirido de los centros de acopio, se realiza lo que se denomina un Reciclado Mecánico para posteriormente el Lavado. El Reciclado Mecánico consiste en separar el PET por color para luego triturarlo y lavarlo por primera vez.

De aquí se obtiene: material limpio y sucio. El material sucio está compuesto por botellas trituradas incluidas tapas y etiquetas. El material limpio está compuesta por botellas trituradas sin chapas y etiquetas, luego de ser escogido y lavado.

Se compró material de otra recicladora ubicada en la av. Pardo – 3 de octubre, nuevo Chimbote para poder realizar un nuevo proceso de trituración al material con botellas limpias (sin impurezas), obteniendo 9 kg de botellas recicladas, luego hicimos un proceso de limpieza al material de manera manual, consistió en retirar las chapas y las etiquetas de las botellas y después pasar al proceso de Lavado se realiza introduciendo el material al agua para poder quitar las impurezas que se tiene.



Figura 01: Recolección de Botellas  
Fuente: Elaboración Pronia



Figura 02: Limpieza de las Botellas  
Fuente: Elaboración Propia

Una vez tenido las botellas limpias sin ninguna impureza ni etiquetas ni chapas (material limpio) procedemos a realizar el proceso de trituración, llevando el material (6.5 Kg de plástico reciclado) a la recicladora teniendo en cuenta que se tiene una pérdida de material en la máquina trituradora de 2 Kg aprox.



Figura 03: Trituración del Plástico (Material Limpio).  
Fuente: Laboratorio de la USP

En este proceso de ensayo, se tamizo el agregado grueso y también el material con el cual trabajaremos (plástico reciclado triturado – material limpio); uniformizando el tamaño para ambos materiales con una medida de tamiz de 3/4". Primero Tamizamos todo el material de plástico reciclado triturado:

Total del Material de Plástico Reciclado Triturado: 5.075 Kg.

Cantidad de material que retiene malla 1": 528 gr.

Cantidad de material que retiene malla 3/4": 3.058 Kg.

Cantidad de material que retiene malla 1/2": 1.489 gr.

Finalmente se pudo obtener un material limpio (botellas de plástico triturado) son impurezas para poder realizar nuestros concreto con un óptimo material, teniendo en cuenta que se tuvo un perdida de material al momento del proceso de triturado de 1.425 kg en la máquina trituradora, obteniéndonos un total de 5.075 Kg de plástico reciclado triturado.

Luego de analizar lo que conlleva el reciclaje del plástico se puede escoger la vía en la cual se puede encaminar la tesis para la aplicación de este material en construcción. El tratamiento que recibe el plástico genera dos clases de residuos: material limpio y material sucio, los cuales se ha escogido como materiales limpio adecuados para realizar las pruebas pertinentes.



Figura 04: Tamiz del plástico triturado.  
Fuente: Laboratorio de la USP



Figura 05: Retenido del material triturado ¾-“  
Fuente: Laboratorio de la USP

Para la determinación de la Relación Agua-Cemento del concreto  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>, se tomó en cuenta los parámetros del diseño ACI, para el Factor de seguridad, para fines de laboratorio, no contempla el Factor de seguridad. Por lo que el  $f'cr = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>, se trabajara con un Slump de 3 a 4”, los agregados tienen las siguientes propiedades:

Tabla 6: Propiedades de los materiales.

MATERIALES		RESULTADO DE DISEÑO		
AGREGADO	GRUESO	Peso Especifico	2.80	
		Tamaño Maximo del Agregado	1"	
		Humedad	0.36%	
		Absorcion	0.75%	
	FINO	Peso Especifico	2.62	
		Analisis Granulometrico	2.24	
		Humedad	0.48%	
		Absorcion	0.33%	
		CEMENTO	Peso Especifico	3.11
			Tipo	I
PET	Absorcion	0%		
AGUA	Peso Especifico	1		

Fuente: Ver apéndice.

Obteniendo los resultados anteriores podemos realizar la dosificación para nuestro concreto Patrón  $f'c=210$  g/cm<sup>2</sup>, y Obteniendo los resultados de la dosificación, sustituiremos el 1% de agregado grueso por plástico triturado.

Tabla 7: Dosificación para Probeta Patrón.

<b>DOSIFICACION</b>	<b>01 PROBETA</b>	
Cemento Tipo I	1.818	[Kg]
Arena	5.351	[Kg]
Piedra	7.092	[Kg]
Agua	1.265	[Kg]
a/c	0.70	

Fuente: elaboración Propia

Tabla 8: Dosificación para Viga Patrón

<b>DOSIFICACION</b>	<b>01 VIGA</b>	
Cemento Tipo I	3.636	[Kg]
Arena	10.702	[Kg]
Piedra	14.184	[Kg]
Agua	2.530	[Kg]
a/c	0.70	

Fuente: elaboración Propia

Tabla 9: Dosificación para Probeta Experimental

DOSIFICACION	01 PROBETA	
Cemento Tipo I	1.818	[Kg]
Arena	5.351	[Kg]
Piedra	7.021	[Kg]
Agua	1.265	[Kg]
Pet	70.920	[g]
a/c	0.70	

Fuente: elaboración Propia

Tabla 10: Dosificación para Viga Experimental.

DOSIFICACION	01 VIGA	
Cemento Tipo I	3.636	[Kg]
Arena	10.702	[Kg]
Piedra	14.042	[Kg]
Agua	2.530	[Kg]
Pet	141.840	[g]
a/c	0.70	

Fuente: elaboración Propia

En el Análisis, comparación e interpretación de los resultados de la Resistencia a la Compresión y tracción del Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días, para cumplir este objetivo, se deben cumplir los siguientes pasos:

- *Elaboración de Probetas y Vigas de Concreto Patrón*, se sigue el flujo grama de producción de Concreto patrón.
- *Elaboración de probetas de Concretos Experimentales*: similar al concreto patrón.

- *Resistencia a la compresión de probetas de concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días*, ensayo de compresión a las probetas patrón y experimentales.
- *Análisis, Comparación e Interpretación de Resultados*: Siguiendo las pruebas estadísticas, para validar la hipótesis propuesta.



Figura 06: Esquema para elaboración de Probetas de concreto  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 07: Esquema para elaboración de Vigas de concreto  
Fuente: Elaboración Propia



## FLUJOGRAMA DE PRODUCCION DE CONCRETO PATRON

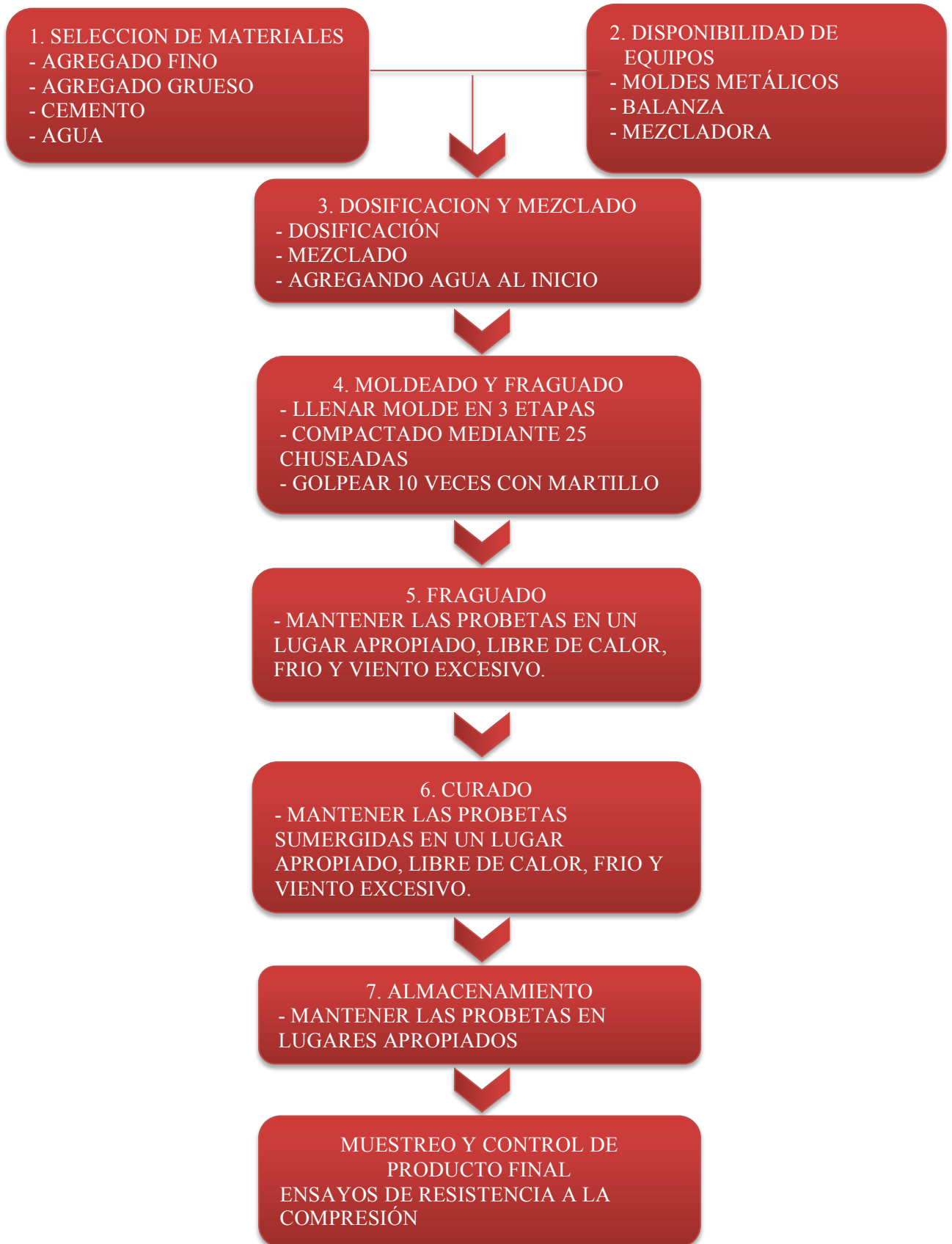


Figura 08: Flujo grama de Producción de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  Patrón

Fuente: Elaboración Propia

## FLUJOGRAMA DE PRODUCCION DE CONCRETO EXPERIMENTAL

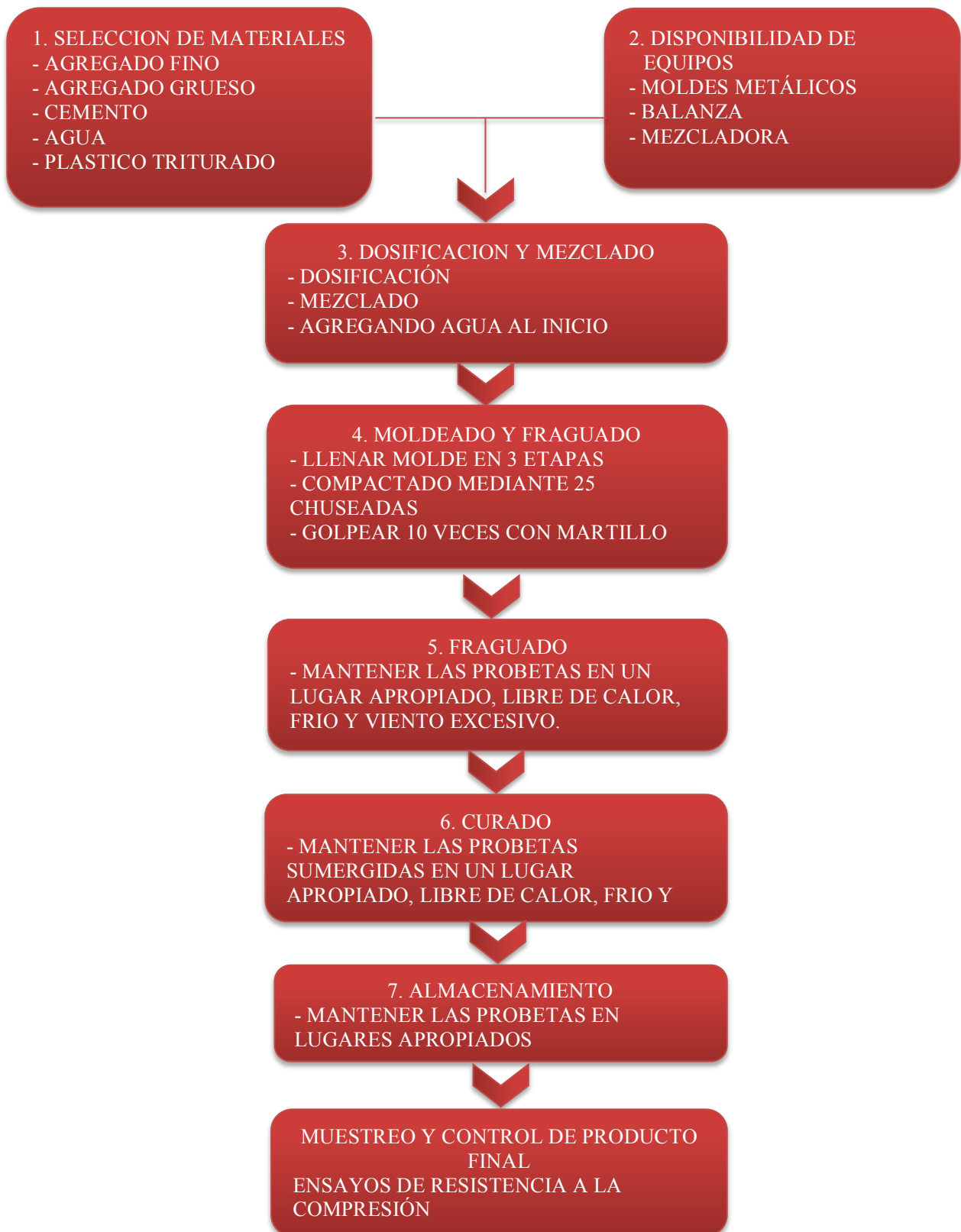


Figura 09: Flujo grama de Producción de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  Experimental  
Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo los pasos propuestos en el flujo grama para elaborar concreto se pudo realizarlo y concluir el análisis con las roturas a los 7,14 y 28 días. .



Figura 10: Elaboración de las Probetas Patrón  
Fuente: Laboratorio de la USP



Figura 11: Ensayo Slump 1 f'c=210kg/cm<sup>2</sup>  
Fuente: Laboratorio de la USP



Figura 12: Elaboración de las Vigas Patrón  
Fuente: Laboratorio de la USP

Tabla 11: Asentamientos de Probetas.

TIPO	Concreto Patron	Concreto 1% PET
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	3.3	3.5

Fuente: Resultados de ensayos del laboratorio de la USP

Tabla 12: Pesos promedio de los testigos

ELEMENTO	EDAD (Dias)	PESO (Kg)			PROMEDIO
		P1	P2	P3	
Concreto Patron	7	13.65	13.81	13.80	13.76
	14	13.75	13.88	13.78	13.81
	28	13.89	13.91	13.75	13.85
Concreto Experimental	7	13.66	13.76	13.50	13.64
	14	13.67	13.59	13.66	13.64
	28	13.76	13.55	13.86	13.72

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Resistencia a la compresión de concreto en Probetas

DIAS - PORCENTAJE	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
PROBETAS 0%	151.42 Kg/cm <sup>2</sup>	194.97 Kg/cm <sup>2</sup>	209.83 Kg/cm <sup>2</sup>
PROBETAS 1%	147.61 Kg/cm <sup>2</sup>	185.23 Kg/cm <sup>2</sup>	198.58 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Resultados de ensayos del laboratorio de la USP

Tabla 14: Resistencia a la Tracción de concreto en Vigas

DIAS - PORCENTAJE	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS 0%	46.30 Kg/cm <sup>2</sup>	53.90 Kg/cm <sup>2</sup>	62.12 Kg/cm <sup>2</sup>
VIGAS 1%	35.99 Kg/cm <sup>2</sup>	51.04 Kg/cm <sup>2</sup>	55.43 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Resultados de ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla se puede observar que las resistencias a la compresión de las probetas de concretos experimentales son mayores a los 28 días de curado. Asimismo, según la tendencia es de aumentar conforme pasan los días.

Prueba De Hipótesis: Se usó el Programa SPSS v21. En el cual se evaluaron las edades de 7,14 y 28 días, considerando 2 tipos de concreto evaluados: Concreto control o patrón, es el concreto sin sustitución alguna, Concreto sustituyendo 1% del agregado grueso por plástico triturado.

Además, se tomó los siguientes factores tales como: Factores a la edad de rotura, Tipo de concreto y Resistencia a la compresión.

En lo correspondiente a la estadística, se usó el análisis de la varianza ANOVA (ANalysis Of VAriance), la cual es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas. (Wikipedia, 2017).

La hipótesis definida para esta evaluación, está de acuerdo a los factores antes ya definidos, tales como los tipos de concreto (Patrón y experimental) y edad de rotura (7, 14 y 28 días), de acuerdo a dicha descripción la prueba ANOVA, identificó como hipótesis específica:

Las Hipótesis contempladas fueron:

- H0: Las medias de las resistencias a la compresión del concreto son iguales para los diferentes tipos de concreto.
- H1: Las medias de las resistencias a la compresión del concreto no son iguales para los diferentes tipos de concreto.

En la tabla 15, se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado.

Tabla 15: Resistencias a la compresión de las probetas de concreto.

DIAS - PORCENTAJE	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
PROBETAS 0%	151.42 Kg/cm <sup>2</sup>	194.97 Kg/cm <sup>2</sup>	209.83 Kg/cm <sup>2</sup>
PROBETAS 1%	147.61 Kg/cm <sup>2</sup>	185.23 Kg/cm <sup>2</sup>	198.58 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de arena gruesa por una 1% plásto triturado) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 16: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución	4.717	1	4.717	0.003	<b>0.960</b>
Días de curado	369.623	2	184.811	0.125	0.889
Error	2968.360	2	1484.180		
Total	3342.699	5			

compresión de las probetas de mortero.

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 16 Se puede visualizar que el  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.96 > 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos **muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula.**

Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas de concreto, con sustitución de la arena en 0% y 1% por plástico triturado, son iguales. También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.889 > 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son iguales a consecuencias de los día de curado. En la tabla 17, se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado.

Tabla 17: Resistencias a la compresión de las vigas de concreto con un porcentaje de arena gruesa sustituido por un 1% de plástico según días de curado

DIAS - PORCENTAJE	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
VIGAS 0%	46.30 Kg/cm <sup>2</sup>	53.90 Kg/cm <sup>2</sup>	62.12 Kg/cm <sup>2</sup>
VIGAS 1%	35.99 Kg/cm <sup>2</sup>	51.04 Kg/cm <sup>2</sup>	55.43 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de arena gruesa por una 1% plástico triturado) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 18: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la Traccion de las Vigas de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución	17,716	1	17,716	0,250	<b>0,666</b>
Días de curado	210,010	2	105,005	1,484	0,403
Error	141,494	2	70,747		
Total	369.219	5			

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 18 se puede visualizar que el  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.666 > 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos **muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula**. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas de concreto, con sustitución de la arena en 0% y 1% por plástico triturado, son iguales. También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.403 > 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son iguales a consecuencias de los día de curado.



#### IV. Análisis y discusión

El ensayo de consistencia del concreto, o “slump test”, sirve para evaluar su capacidad para adaptarse con facilidad al encofrado que lo va a contener

Tabla 19: Consistencia del Concreto.

CONSISTENCIA EN CONO		NORMATIVA EUROPEA	
Consistencia	Asentamiento en cm.	Clase	Asentamiento en mm.
Seca	0 a 2	S1	10 a 40
Plástica	3 a 5	S2	50 a 90
Blanda	6 a 9	S3	100 a 150
Fluida	10 a 15	S4	≥ 160
Líquida	≥ 16		

Fuente: ASTM C-33 – ACI 211.1-81

De acuerdo al ensayo establecido de Asentamiento del Concreto, podemos visualizar en la gráfica que se obtuvo un slump de 3.5” para un concreto Patrón y 3.3” para un concreto Experimental (con Plástico Triturado), lo cual significa que es un concreto trabajable y está en el rango de asentamiento recomendados para estructuras de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

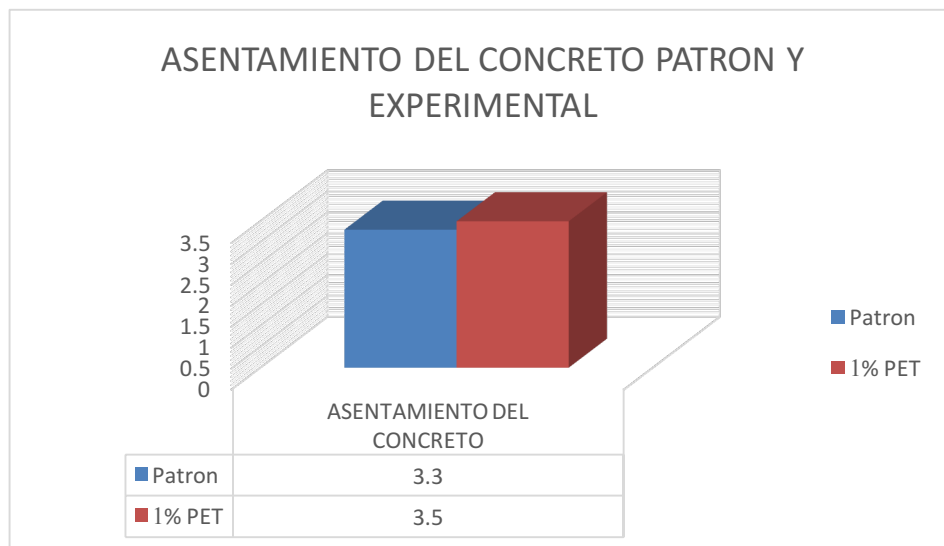


Figura 13: Asentamiento del concreto para las probetas patrón y experimentales.  
Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizar los ensayos respectivos para el concreto fresco, se comenzó a realizar los ensayos para concreto endurecido, en la cual mezclamos el plástico triturado con el concreto experimental, teniendo en cuenta que el plástico, es un material ya activado.

RESISTENCIA A LA COMPRESION; se realizó la rotura de probeta a los 7 días, la resistencia promedio de nuestro concreto patrón prevalece con 151.42 Kg/cm<sup>2</sup> llegando a un 72.10% en comparación con el concreto experimental con un 147.61 Kg/cm<sup>2</sup> llegando a un 70.30%, la diferencia promedio de ambos testigos es mínima de 3.81 Kg/cm<sup>2</sup> y la diferencia en porcentaje sería de 1.80%.

De acuerdo con la teoría de endurecimiento nuestro concreto patrón obtuvo un 72.10% lo que esto indica que aceleró levemente un 2.10% de más del endurecimiento teórico requerido, 70%.

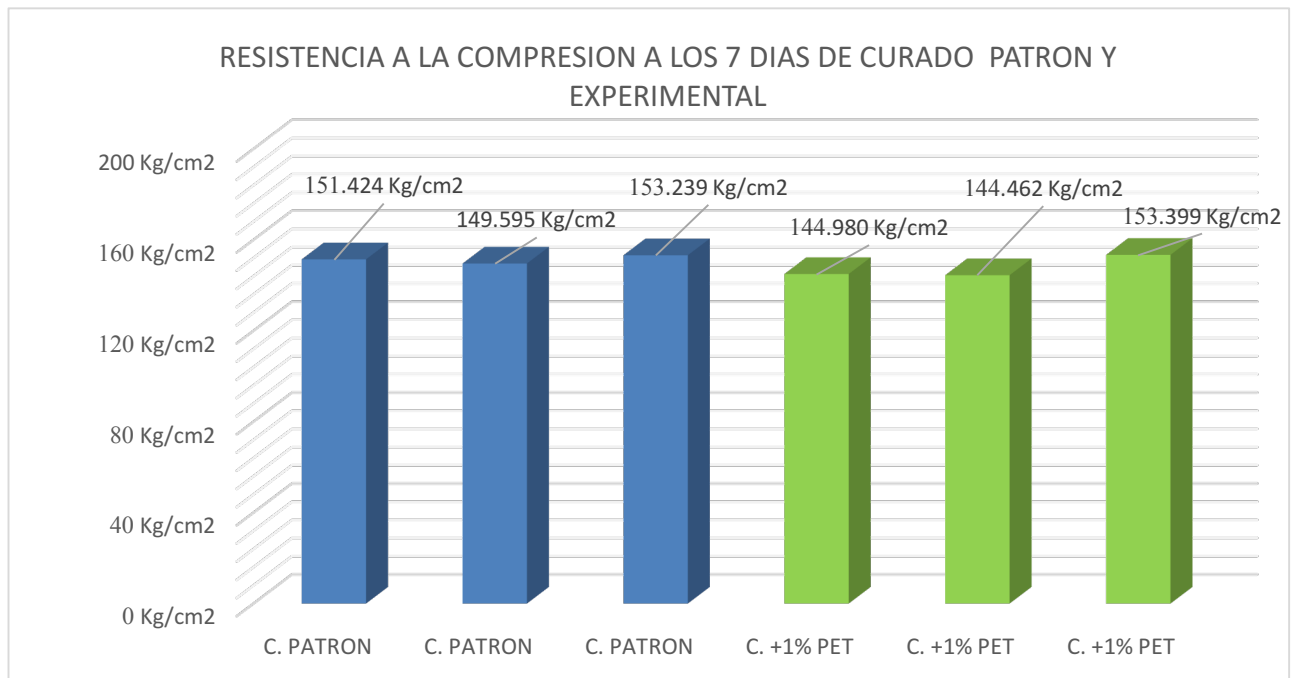


Figura 14: Gráfica de las Resistencias a la compresión a las edades de 7 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propia

Luego se realizó la rotura de probeta a los 14 días, la resistencia promedio de nuestro concreto patrón sigue prevaleciendo con 194.97 Kg/cm<sup>2</sup> llegando a un 92.80% en comparación con el concreto experimental con un 185.23 Kg/cm<sup>2</sup> llegando a un 88.20%, la diferencia promedio de ambos testigos aumento a 9.74 Kg/cm<sup>2</sup> el doble que a los 7 días; la diferencia en porcentaje seria de 4.60%.

De acuerdo con la teoría de endurecimiento nuestro concreto patrón obtuvo un 92.80% lo que significa que acelero aproximadamente un 7.80% de más del endurecimiento teórico requerido, 85%.

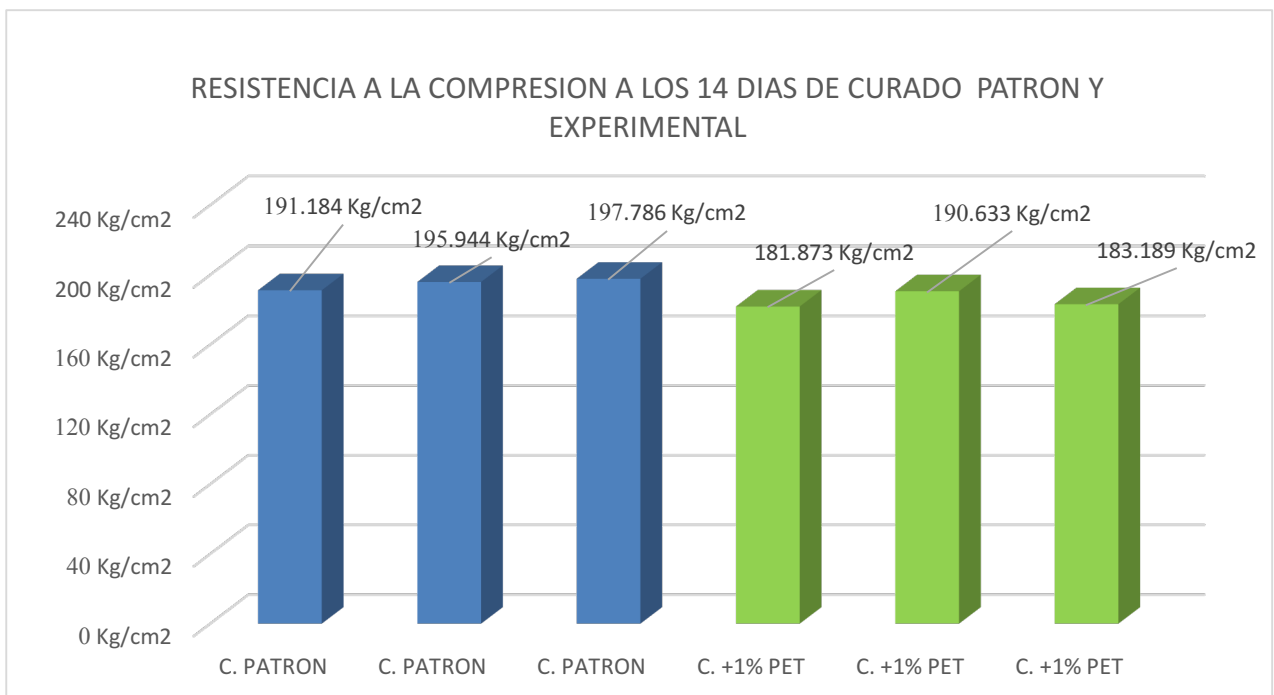


Figura 15: Gráfica de las Resistencias a la compresión a las edades de 14 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propia

Para la rotura de probeta a los 28 días, la resistencia promedio de nuestro concreto patrón sigue prevaleciendo con 209.83 Kg/cm<sup>2</sup> llegando a un 99.90% en comparación con el concreto experimental con un 195.58 Kg/cm<sup>2</sup> llegando a un 94.56%, la diferencia promedio de ambos testigos aumento a 11.25 Kg/cm<sup>2</sup>. La diferencia en porcentaje seria de 5.34%.

De acuerdo con la teoría de endurecimiento nuestro concreto patrón acelero a un 99.90% llegando casi al 100% del endurecimiento teórico requerido.

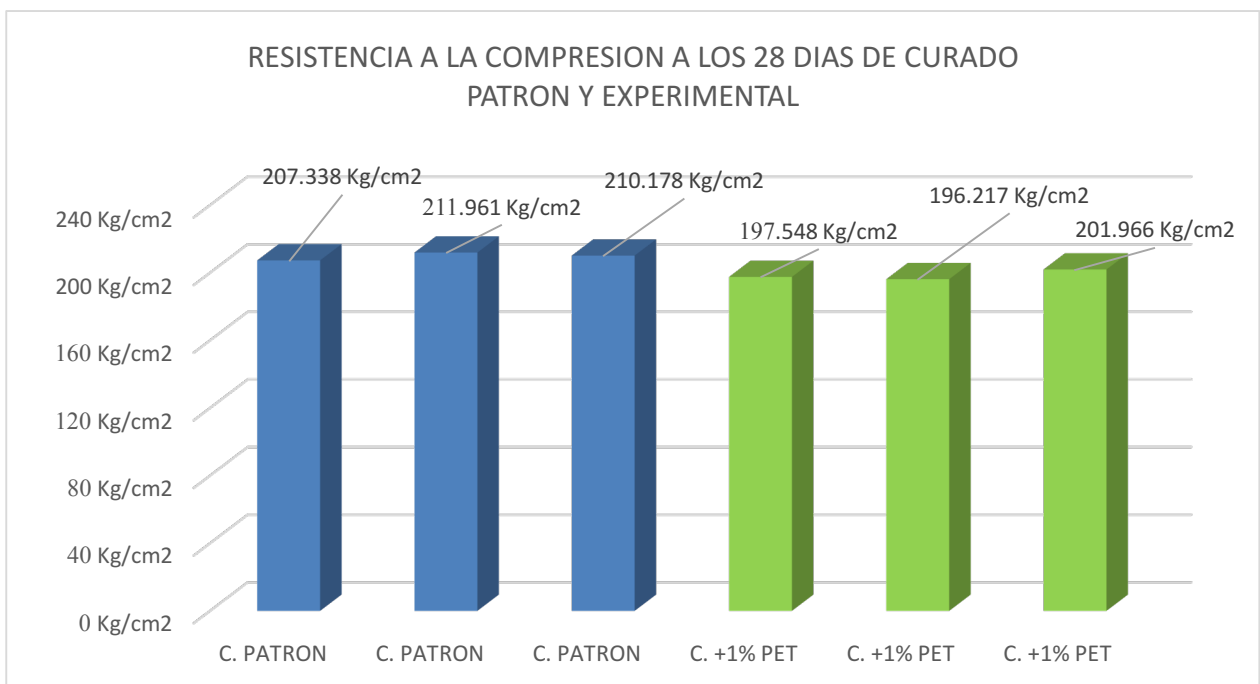


Figura 16: Gráfica de las Resistencias a la compresión a las edades de 14 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propio

Tabla 20: Porcentaje de dureza del Concreto.

PORCENTAJES DE DUREZA DE CONCRETO	
<b>1 días</b>	16 %
<b>3 días</b>	40 %
<b>7 días</b>	65 %
<b>14 días</b>	90 %
<b>28 días</b>	99 %

Fuente: ASTM C-33 – ACI 211.1-81

En esta tabla está claro que las ganancias de endurecimiento del concreto se produce mayormente en los días iniciales después de la colada del mismo, y se obtiene un 90% en tan solo los 14 días y llega a alcanzar un 99% al llegar los 28 días, pero después de estos 28 días el concreto sigue adquiriendo mayor resistencia, pero ya es mínima a comparación de estos días mostrados anteriormente. Después de pasar los 14 días el concreto solo gana un 9% en los demás días hasta llegar a los 28, de ahí en adelante se produce un porcentaje mucho menor de resistencia. La relación agua-cemento es definida como la relación entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del concreto fresco, este concepto fue desarrollado por Duff A. Abrams en 1918 (Cono de Abrams).

La finalidad de determinar la Relación Agua-Cemento es optimizar los agregados para obtener un buen desempeño en la mezcla, de modo general para todo diseño de mezcla. Si no se realiza como debe ser, se altera la relación de agua-cemento, lo que puede tener dos repercusiones importantes a nivel de calidad del concreto: pérdida de resistencia y pérdida de durabilidad. Para esta relación agua-cemento de la muestra, de acuerdo a los parámetros establecidos por el ACI, una relación agua-cemento no elevada, como es el caso  $a/c = 0.54$ , es mediana la porosidad y mayor la durabilidad.

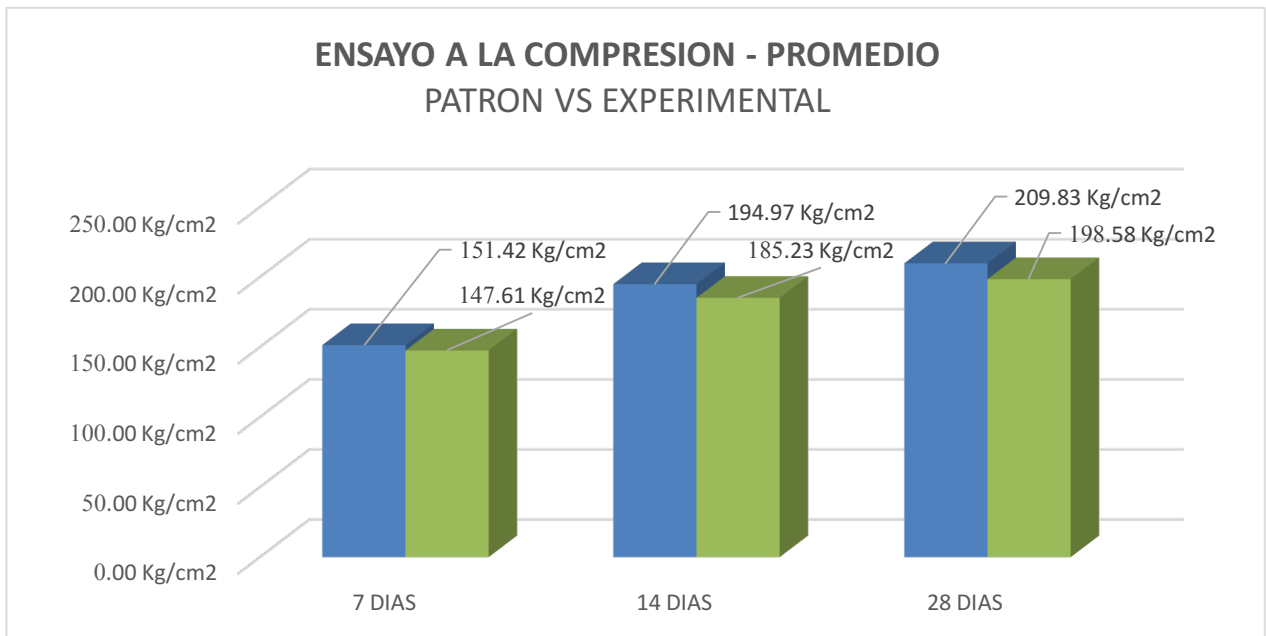


Figura 17: Gráfica de las Resistencias a la compresión promedio a las edades de 7, 14 y 28 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propia

Podemos visualizar las resistencias promedios del patrón y el experimental, llevándonos que nuestro concreto patrón prevalece de acuerdo a su resistencia establecida, mientras que nuestro concreto experimental sufre un descenso de acuerdo a la cantidad de días establecidos.

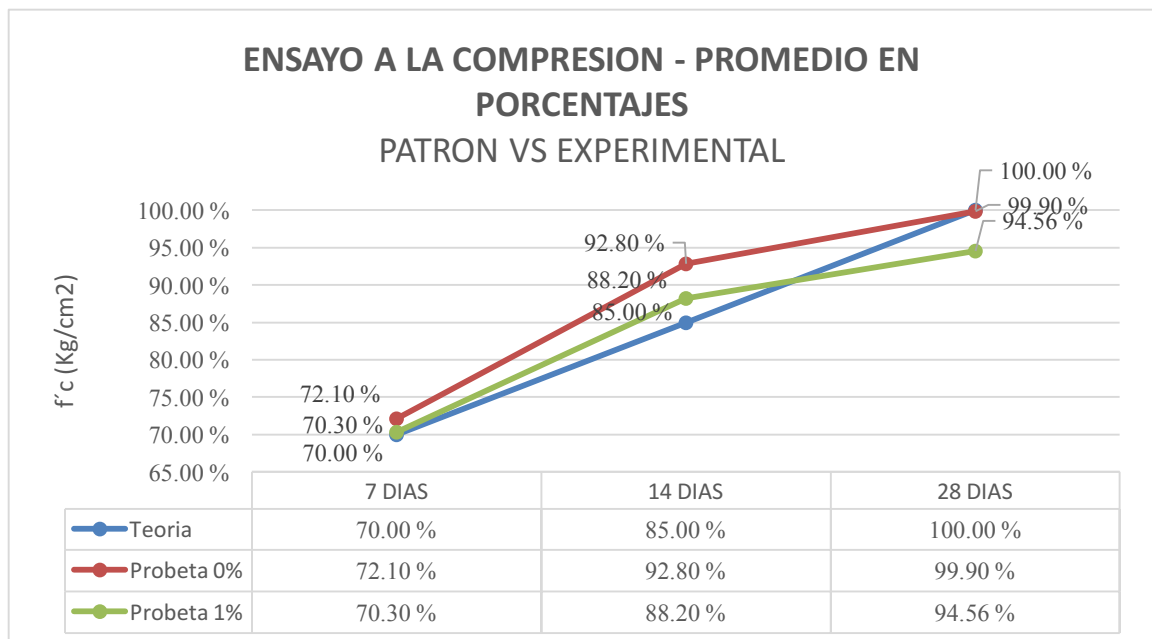


Figura 18: Gráfica de las Resistencias a la compresión promedio en porcentajes a las edades de 7, 14 y 28 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propia

RESISTENCIA A LA TRACCION; Se realizó la prueba de resistencia a la tracción para vigas a los 7 días, Obteniendo una resistencia promedio de nuestro concreto patrón de 46.30 Kg/cm<sup>2</sup> y nuestro concreto experimental de 36.00 Kg/cm<sup>2</sup>, mostrando en la gráfica que las resistencias obtenidas del concreto experimental con un resultado promedio de tiene una caída notoria, mientras el concreto patrón prevalece, obteniendo una diferencia aproximada de 10.31 kg/cm<sup>2</sup>

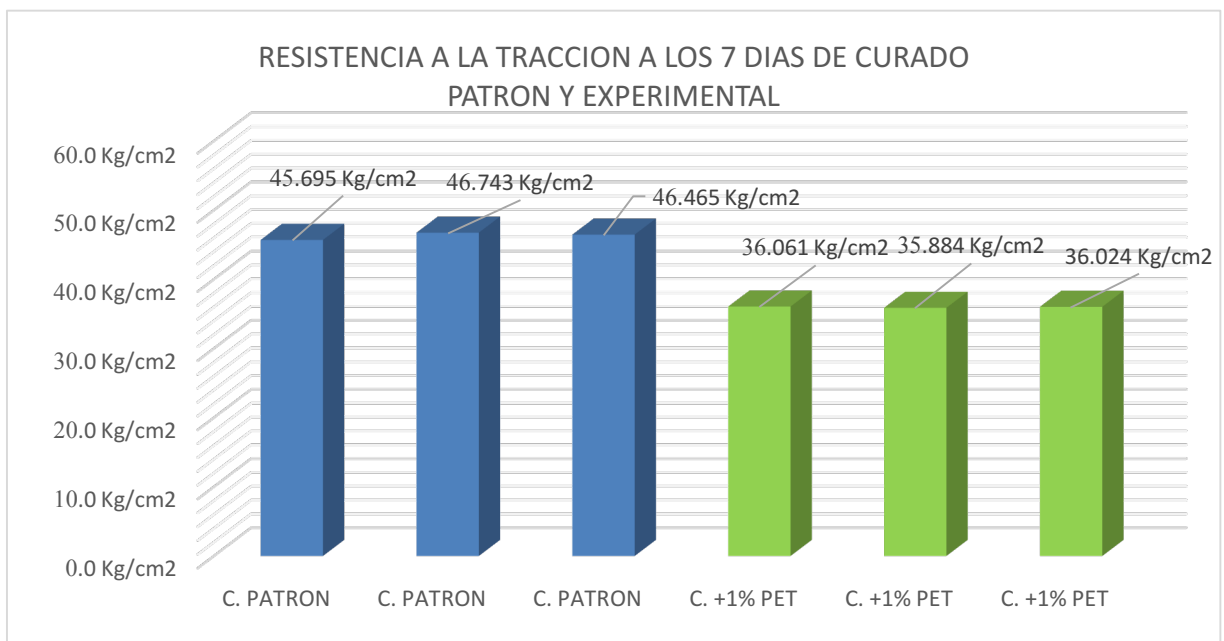


Figura 191: Gráfica de las Resistencias a la Tracción a los 7 días de curado, comparando las probetas patrón y los experimentales.  
Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la prueba de resistencia a la tracción para vigas a los 14 días, Obteniendo una resistencia promedio de nuestro concreto patrón de 53.90 Kg/cm<sup>2</sup> y nuestro concreto experimental de 51.04 Kg/cm<sup>2</sup>, mostrando en la gráfica que las resistencias obtenidas del concreto experimental con un resultado promedio de tiene una caída notoria, mientras el concreto patrón se mantiene por encima del concreto experimental, obteniendo una diferencia aproximada de 2.85 kg/cm<sup>2</sup>

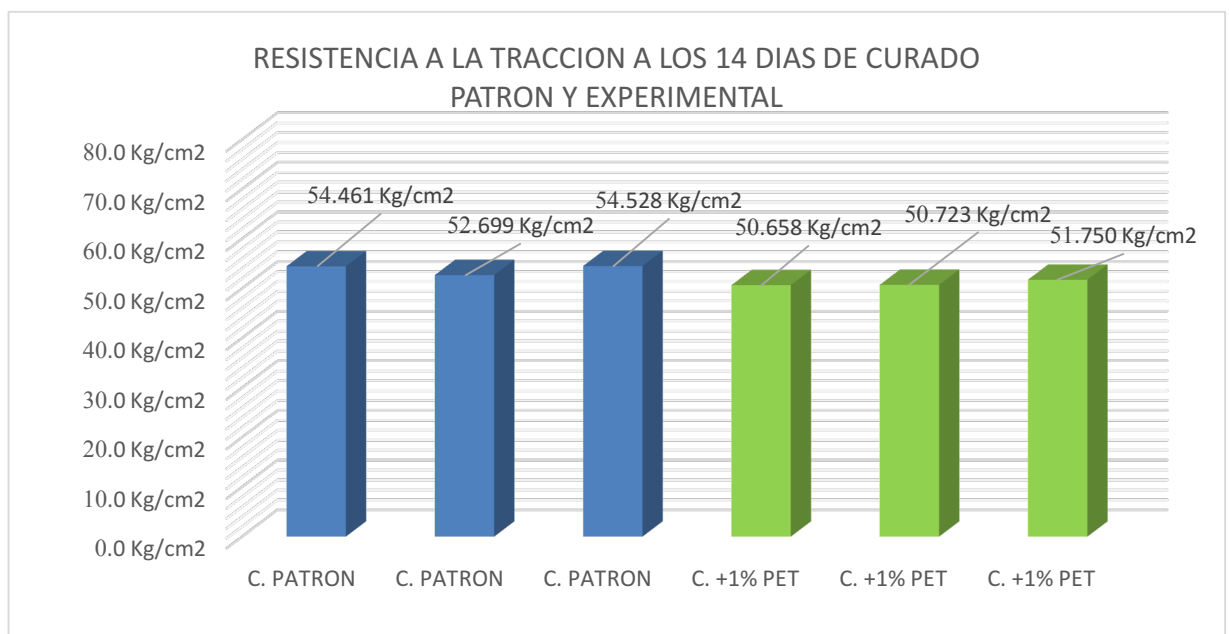


Figura 20: Gráfica de las Resistencias a la Tracción a los 14 días de curado, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propia



Por último se realizó la prueba de resistencia a la tracción para vigas a los 28 días, Obteniendo una resistencia promedio de nuestro concreto patrón de 62.12 Kg/cm<sup>2</sup> y nuestro concreto experimental de 55.43 Kg/cm<sup>2</sup>, mostrando en la gráfica que las resistencias obtenidas del concreto experimental con un resultado promedio de tiene una caída notoria, mientras el concreto patrón se mantiene por encima del concreto experimental, obteniendo una diferencia aproximada de 6.69 kg/cm<sup>2</sup>

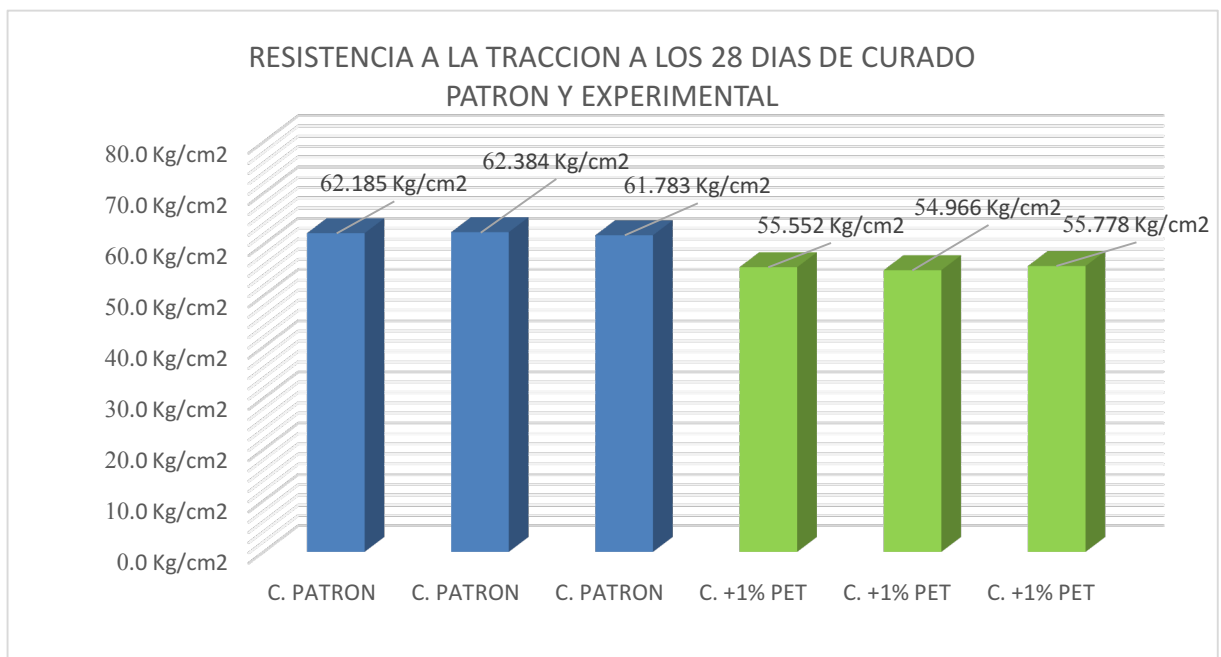


Figura 21: Gráfica de las Resistencias a la Tracción a los 28 días de curado, comparando las probetas patrón y los experimentales.

Fuente: Elaboración Propia

## V. Conclusiones y recomendaciones

Las Conclusiones a las que se llegó, fueron las siguientes:

- Mediante el Trabajo de investigación realizado podemos concluir que el material que sustituimos (plástico triturado) al agregado grueso, restringe el ciclo de hidratación del cemento.
- El plástico triturado (PET) tiende a no absorber agua, ya que tiende a perder agua en el proceso del llenado.
- De acuerdo con mis resultados estadísticos el material empleado (plástico triturado) para la sustitución del agregado me muestra que la hipótesis que se planteó en dicho tema es nula.
- La Resistencia del Concreto que contiene plástico triturado es la más baja, por lo que se comprueba que este material (PET) es el menos adherente de los plásticos.
- Tenemos una disminución de la resistencia debido a que le estamos quitando agregado grueso ya que dicho elemento le da la dureza a nuestro concreto
- Al reemplazar 1% de plástico triturado PET la resistencia a la compresión disminuyó en un 1.80%, 4.60%, 5.34% con respecto a la resistencia del concreto patrón con el experimental.
- Al reemplazar 1% de plástico triturado PET a la resistencia a la tracción hay una diferencia entre nuestro ensayo patrón y experimental a los 7 días de 10.31 Kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días de 2.85 Kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de 6.69 kg/cm<sup>2</sup>.

Se recomienda en futuras investigaciones:

- Se recomienda no sustituir el plástico con el agregado grueso ya que restringe el ciclo de hidratación
- Se recomienda no sustituir el plástico con cualquier otro material ya que el plástico es un material que tiende a no absorber agua.
- Trabajar con una dosificación de Cemento y Plástico de manera artesanal.
- La elaboración del material plástico triturado debe ser Material Limpio.
- Se recomienda trabajar con dos o tres dosificaciones para dicho proyecto para poder visualizar la dispersión del concreto.

## VI. Referencias Bibliográficas

- Alfredo E. (2010) “Estudio de la vivienda rural en Ancash”. Revista Digital Apuntes de Arquitectura, num.53.  
Extraída el 25/IX/2014 desde <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/333/877>
- Bryan C. (2010) “Que materiales se emplean para hacer edificaciones ecologicas”. Revista Digital Hogar, pp.18-20 Extraída el 25/IX/2014.
- Enkerlin, C. (1997) “Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible”. Esan gestión de proceso.
- Hernandez, F. (2006). “Pruebas de Resistencia a la compresión del concreto”. Instituto mexicano del Cemento y el concreto (IMCYC).
- Gomez J. (2004) “Propiedades del concreto y sus componentes”. Manual del ingeniero civil, McGraw-Hill, 3era edición.
- Martinez, J. (2014). “Gestión Ambiental en minería”. Exposición presentada para iniciativa del ambiente. Huaraz.
- Sánchez, D., (2001), "Tecnología Del Concreto Y Del Mortero", Colombia: Bhandar Editores.
- Sánchez Muñoz F. (2015), “Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días”, Tesis para optar el título de ingeniería civil, Universidad Upao - Trujillo  
[Http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/688/1/SANCHEZ\\_FERNANDO\\_RESISTENCIA\\_COMPRENSI%C3%93N\\_CILINDROS.pdf](Http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/688/1/SANCHEZ_FERNANDO_RESISTENCIA_COMPRENSI%C3%93N_CILINDROS.pdf)

Web:

- <http://www.ing.unlp.edu.ar/estruc3a/arq/e3/torsion.pdf>.
- <http://www.aiarg.org.ar/revista/ficha%20tecnica%20002.pdf>
- <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/concreto-resistencia-la-flexion.html>
- [http://www.ehowenespanol.com/materiales-lista\\_316050](http://www.ehowenespanol.com/materiales-lista_316050).
- <http://farusacremoto.blogspot.com/2013/05/disenio-de-mezcla-de-concretos.html>.
- <https://ingenieriareal.com/recomendaciones-dinamita-construcciones/>
- <https://ingenieriareal.com/resistencia-del-concreto-a-los-28-dias/>

## VII. Anexos y apéndices

### A.1 Panel fotográfico



Foto 1: Recolección de Plástico Reciclado  
Fuente: Elaboración propia



Foto 2: Limpieza del Plástico Reciclado  
Fuente: Elaboración propia



Foto 3: Triturado del Plástico Reciclado  
Fuente: Elaboración propia



Foto 4: Molido del Plástico Reciclado  
Fuente: Elaboración propia





Foto 5: Contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia



Foto 6: Granulometría  
Fuente: Elaboración propia





Foto 7: Granulometría (separación del plástico en  $\frac{3}{4}$ "  
Fuente: Elaboración propia



Foto 8: Peso específico y Absorción  
Fuente: Elaboración propia



Foto 9: Elaboración de probetas de concreto  $f'c=210\text{kc/cm}^2$   
Fuente: Elaboración propia



Foto 10: Medición de Slump (3 a 4")  
Fuente: Elaboración propia



Foto 11: Final de colocado de concreto  
Fuente: Elaboración propia



Foto 12: Desencofrado de Probetas  
Fuente: Elaboración propia





Foto 14: Prueba de probetas a compresión  
Fuente: Elaboración propia



Foto 14: Prueba de Vigas a la Tracción  
Fuente: Elaboración propia