



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Jean Richard Pinedo Pérez

ASESOR:

Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez

Tarapoto- Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

AUTOR:

Jean Richard Pinedo Pérez

Sustentada y aprobada el día 7 de Agosto del 2019 ante el honorable jurado:

Ing. Gilberto Aliaga Atalaya
Presidente

Ing. Ivan Gustavo Réategui Acedo
Secretario

Ing. Santiago Chávez Cachay
Vocal

Ing. Ernesto Eliseo Garcia Ramirez
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Jean Richard Pinedo Pérez, Bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín, identificado con DNI N° 70158189, con la tesis titulada “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”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 7 de agosto del 2019



Jean Richard Pinedo Pérez

DNI N° 70158189

Declaración Jurada

Yo, Jean Richard Pinedo Pérez, identificado con DNI ° 70158189 con domicilio en Jr. Sucre N° 446 – Banda de Shilcayoo, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, DECLARO BAJO JURAMENTO que toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, que acompaño es verás y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 7 de agosto del 2019



Jean Richard Pinedo Pérez

DNI N° 70158189

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Pinedo Pérez, Jean Richard		
Código de alumno :	70158189	Teléfono:	937558183
Correo electrónico :	jeanr0-196@hotmail.com	DNI:	70158189

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Esfuerzos 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.
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

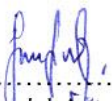
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.


.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

10 / 09 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A RICARDO Y SARA, mis padres, por haberme brindado la oportunidad de tener una excelente educación, y sobre todo por sus esfuerzos y su apoyo incondicional en todos mis proyectos y metas.

A PAUL, mi hermano, por su cariño y apoyo durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

Agradecimientos

A mis padres por su amor, paciencia, por los principios, consejos y valores inculcados en mi persona para poder alcanzar mis sueños.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín, por contribuir en mi proceso de aprendizaje a lo largo de mi vida universitaria.

Índice General

Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Marco Teórico – Conceptual	5
1.2.1. Concreto	5
1.2.1.1. Definición:	5
1.2.1.2. Componentes del concreto.....	5
1.2.1.2.1. El cemento	5
1.2.1.2.2. Agregados.	6
1.2.1.2.2.1. Agregado fino o arena.....	6
1.2.1.2.2.2. Agregado grueso o piedra.	7
1.2.1.2.2.3 Características.	8
1.2.1.2.3. Agua.....	9
1.2.1.3. Propiedades del concreto	9
1.2.1.3.1. Concreto fresco.	9
1.2.1.3.2. Concreto endurecido.	11
1.2.2. Tereftalato de polietileno (PET)	12
1.2.2.1. Definición:	12
1.2.2.2. Propiedades del plástico PET.....	13
1.2.2.3. Reciclaje del plástico PET.	14
1.2.3. Pruebas de laboratorio.....	15
1.2.3.1. Análisis Granulométrico	15
1.2.3.2. Peso unitario de agregado fino y grueso	16
1.2.3.3. Peso específico y absorción de agregado fino y grueso.....	16
1.2.3.4. Asentamiento	16

1.2.3.5. Resistencia a la compresión	16
1.3. Definición de términos Básicos	16
1.3.1 Análisis Granulométrico.	16
1.3.2 Agregado grueso	17
1.3.3 Agregado fino	17
1.3.4 Asentamiento	17
1.3.5 Cemento.	17
1.3.6 Concreto.	17
1.3.7 Concreto – PET.	17
1.3.8 Curado de concreto.	17
1.3.9 Fraguado:	18
1.3.10 PET.	18
1.3.11 Plástico.	18
1.3.12 Reciclaje.	18
1.3.13 Resistencia.	18
1.3.14 Trabajabilidad.	18
CAPÍTULO II.....	19
MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Materiales y Equipos.....	19
2.1.1. Materiales.....	19
2.1.2. Equipos	19
2.2. Metodología.....	20
2.2.1. Diseño de Investigación.....	20
2.2.2. Variables, operacionalizacion	20
2.2.2.1. Sistema de Variables.....	20
2.2.2.1.1. Variable independiente.	20
2.2.2.1.2. Variable dependiente.	20

2.2.2.2. Operacionalización de variables	20
2.3. Características físicas de agregados.....	21
2.3.1 Agregado grueso	21
2.3.1.1 Granulometría (NTP 400.012:2013).....	21
2.3.1.2 Tamaño máximo (NTP 339.047:2006).....	22
2.3.1.3 Tamaño máximo nominal (NTP 339.047:2006).....	22
2.3.1.4 Contenido de humedad del agregado grueso (NTP 339.185:2013).....	22
2.3.1.5 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021:2002).....	22
2.3.1.6 Peso unitario suelto del agregado grueso (NTP 400.017:2011)	23
2.3.1.7 Peso unitario compactado del agregado grueso (NTP 400.017:2011).....	24
2.3.2 Agregado fino	24
2.3.2.1 Granulometría (NTP 400.012:2013).....	24
2.3.2.2 Módulo de finura (NTP 400.011:2013)	25
2.3.2.3 Granulometría de agregado fino triturado (NTP 400.012:2013)	25
2.3.2.4 Módulo de Finura de agregado fino triturado (NTP 400.011:2013).....	25
2.3.2.5 Combinación del agregado fino y agregado fino triturado	25
2.3.2.6 Módulo de finura del agregado fino (NTP 400.011:2013)	27
2.3.2.7 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185:2013).....	27
2.3.2.8 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.021:2002).....	27
2.3.2.9 Peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017:2011).....	28
2.3.2.10 Peso unitario compactado del agregado fino (NTP 400.017:2011).....	29
2.3.3 Plástico Reciclado PET.....	29
2.3.3.1 Análisis Granulométrico	29
2.4 Diseño de mezcla de concreto.....	29
2.4.1 Selección del Asentamiento.....	30
2.4.2 Calculo del volumen de agua y contenido de aire	30
2.4.3 Calculo de la resistencia requerida (f'_{cr}).....	30

2.4.4 Relación agua/cemento	31
2.4.5 Calculo de la cantidad de cemento.....	31
2.4.6 Calculo del peso de agregado grueso en función del factor (b/b).....	32
2.4.7 Calculo de los volúmenes absolutos	32
2.4.8 Calculo proporción Agregado Fino (A.F).....	33
2.4.9 Corrección por Humedad de Agregados	33
2.4.10 Aporte de agua libre de los agregados	33
2.4.11 Agua Efectiva.....	33
2.4.12 Calculo de proporciones en Peso	33
2.5 Mezcla de concreto con plástico reciclado PET	33
2.6 Preparación y curado de probetas en laboratorio.....	34
2.6.1 Equipo necesario.....	34
2.6.2 Mezclado de materiales (mezcladora eléctrica).....	34
2.6.3 Asentamiento	35
2.6.4 Muestreo	35
2.6.5 Resistencia por compresión	36
CAPÍTULO III	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 Resultados de las propiedades físicas de los agregados.....	38
3.1.1 Características físicas del agregado Grueso.....	38
3.1.1 Características físicas del agregado Fino	38
3.2 Resultado del diseño de mezcla	39
3.2.1 Proporciones de materiales por m ³	39
3.2.2 Proporciones de materiales por m ³	39
3.3 Resultados de ensayos a los testigos de concreto.	40
3.3.1 Resultados de testigos de concreto sin adición de PET	40
3.3.2 Resultados de testigos de concreto con adición de 5% PET.....	40

3.3.3 Resultados de testigos de concreto con adición de 10% PET.....	40
3.3.4 Resultados de testigos de concreto con adición de 15% PET.....	41
3.3.4 Comparación de Resistencia a la compresión de testigos sin y con adición de PET.....	41
3.3.5 Resultados de pesos de muestras.	43
3.4 Análisis y Discusión de Resultados	43
3.4.1 Análisis de resultados de los ensayos al concreto.....	43
3.4.1.1 Concreto patrón son adición de PET	43
3.4.1.2 Concreto con adición de plástico PET	43
3.4.2 En relación a la Hipótesis	44
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	49
ANEXO A: ENSAYO DE AGREGADOS	50
ANEXO B: DISEÑO DE MEZCLA	59
ANEXO C: ENSAYO TESTIGOS DE CONCRETO	65
ANEXO D: PANEL FOTOGRAFICO	72

Índice de tablas

Tabla 1: Requisitos Granulométricos del Agregado Fino	6
Tabla 2: Requisitos Granulométricos para agregado grueso.....	7
Tabla 3: Sistema de identificación de envases PET	13
Tabla 4: Datos Técnicos del Polietileno Tereftalato	14
Tabla 5: Proporciones de mezclado de agregado fino en la mezcla de concreto....	26
Tabla 6: Agua de Diseño aproximado y contenido de aire requerido para diferentes asentamientos	30
Tabla 7: Resistencia Requerida	31
Tabla 8: Relación agua/cemento	31
Tabla 9: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	32
Tabla 10: Propiedades Físicas del agregado grueso	38
Tabla 11: Modulo de Finura de agregados finos	38
Tabla 12: Propiedades Físicas del agregado fino estabilizado (combinado)	39
Tabla 13: Diseño efectivo	39
Tabla 14: Dosificación	39
Tabla 15: Resultados de Resistencia a la compresión y asentamiento (C° patron)	40
Tabla 16: Resultados de Resistencia a la compresión y asentamiento (5%PET) ..	40
Tabla 17: Resultados de Resistencia a la compresión y asentamiento (10%PET).	41
Tabla 18: Resultados de Resistencia a la compresión y asentamiento (15%PET)	41
Tabla 19: Resultados de pesos de muestras promedio	43

Índice de figuras

Figura 1: Relación agua/cemento	11
Figura 2: Símbolo del Terftalano de polietileno	12
Figura 3: Ubicación de cantera	21
Figura 4: Comparativa Resistencia a la Compresión	42
Figura 5: Resistencia a la compresión en relación al concreto patrón	44

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado “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” se elaboró y desarrollo en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. La presente investigación es experimental, tiene como objetivo principal determinar si el concreto con adición de plástico reciclado PET mejorar su Resistencia a la Compresión. Los materiales usados en la presente investigación son: cemento Pacasmayo tipo 1, agregados gruesos y finos provenientes del río Huallaga. El plástico PET se obtuvo de la trituración de las botellas plásticas recicladas. En la investigación se elaboró concreto con la adición porcentual de 5%, 10%, 15% de plástico reciclado PET, que posteriormente se colocó en probetas y fueron sumergidas en agua, para realizar pruebas de resistencia a la compresión de éstas a las edades de 7, 14, 28 días para ser comparadas con la muestra patrón. Resultados se mencionen a continuación: La resistencia a la compresión del concreto sin adición de PET a edad de 28 días, fue 220 Kg/cm^2 , la resistencia a la compresión del concreto con adición de plástico reciclado PET de 5%, 10% y 15% se obtuvo 191 Kg/cm^2 , 168.25 Kg/cm^2 y 151.31 Kg/cm^2 respectivamente, concluyendo que, cuanto más porcentaje de PET disponga la mezcla disminuirá la Resistencia a la compresión del concreto. Finalmente, ya que se obtuvo resistencias a la compresión mayores a 140 kg/cm^2 y 175 kg/cm^2 el concreto con adición de plástico reciclado PET puede ser utilizado en elementos no estructurales, teniendo la ventaja de reducir la contaminación ambiental generada por los plásticos PET, creando una alternativa de reciclaje en el uso de la construcción.

Palabras clave: concreto, plástico, PET, reciclado, resistencia.

Abstract

This thesis project titled as “Study of Compressive Strength of Concrete $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, with the Addition of Recycled Plastic (PET), in the City of Tarapoto, 2018” was developed and developed in the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martin - Tarapoto. This research is experimental; whose main objective is to determine whether the concrete with addition of recycled plastic PET improve Compressive Strength. The materials used in the following investigation are: Pacasmayo cement type 1, thick and fine aggregates from the Huallaga River. PET plastic was obtained from the crushing of recycled plastic bottles. In the investigation, concrete was elaborated with the percentage addition of 5%, 10%, 15% of recycled PET plastic, which was subsequently placed in test tubes and submerged in water, to perform compression resistance tests of these at the ages of 7, 14, 28 days to be compared with the standard sample. Results are mentioned below: The compressive strength of concrete without the addition of PET at the age of 28 days was 220 Kg / cm^2 , the compressive strength of concrete with the addition of recycled PET plastic of 5%, 10% and 15% was obtained 191 Kg / cm^2 , 168.25 Kg / cm^2 and 151.31 Kg / cm^2 respectively, concluding that, the higher the percentage of PET available in the mixture, the compressive strength of the concrete will decrease. Finally, since compressive strengths greater than 140 kg / cm^2 and 175 kg / cm^2 were obtained, concrete with the addition of recycled PET plastic can be used in non-structural elements, having the advantage of reducing the environmental pollution generated by PET plastics, creating a recycling alternative in the use of construction.

Keywords: concrete, plastic, PET, recycling, resistance.



Introducción

Planteamiento del problema

Se estima que hasta el año 2017, globalmente se generaron 8.300 millones de toneladas de residuos plásticos. De los cuales el 9% es reciclado, 12% es incinerado y el 79% es acumulado en vertederos o entornos naturales. (BBC Mundo, 2017)

En el Perú, los residuos sólidos producidos diariamente están compuestos, en su mayoría por envases de bebidas de consumo masivo, que no se degradan fácilmente, y a su vez no hay inicios de proyectos en la cual se emplea el rehusó de plástico en la elaboración de materiales de construcción. Se tiene escasa información sobre las implicancias del material plástico en la elaboración de concreto.

En la ciudad de Tarapoto, la generación de residuos sólidos no posee un adecuado tratamiento, esto ha provocado que se origine problemas en la localidad por el acumulamiento de los residuos sólidos en depósitos inapropiados, y el arrojado directo de estos a fuentes hídricas. (Torres, 2011)

Considerando lo anterior, surge esta investigación con la finalidad de reutilizar material plástico PET para la elaboración de concreto, con adición de plástico, teniendo en cuenta que existe la posibilidad de que este material (PET) pueda llegar a aumentar la resistencia a la compresión del concreto, así como resolver porcentualmente los problemas del medio ambiente.

Formulación del problema

¿Cómo influye la incorporación de material plástico reciclado (PET) en las propiedades física-mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$?

Justificación del problema

Existe limitado conocimiento sobre el uso del plástico PET reciclado en la construcción en el Perú, por lo que se desconocen las características y beneficios de este material, a nivel de elaboración de concreto.

A lo largo de muchos años, debido al avance de la tecnología, se desarrollaron materiales alternativos que bajaron costos en construcción y que permiten por medio de ello dar una solución al problema medio ambiental.

Con la presente investigación se pretende proporcionar una alternativa para la elaboración del concreto, utilizando material reciclado de plástico (PET), ya que este material se acumula sin utilidad alguna en lugares inapropiados, el cual permitiría su reutilización y de esta manera contribuir en atenuar el problema de la contaminación ambiental.

Con los resultados de esta investigación será posible conocer las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas de concreto con adición de PET, ampliar el conocimiento científico del material en estudio para futuras investigaciones de materiales alternativos en el rubro de la construcción.

Hipótesis

Las propiedades físicas-mecánicas del concreto, mejoraran al adicionar material plástico reciclado PET en la mezcla.

Objetivos

Objetivo general

-Estudiar las propiedades física-mecánicas del concreto con la adición de material plástico reciclado PET

Objetivo específico

-Diseñar concreto con incorporación de diferentes porcentajes (5%, 10%, 15%) de plástico PET.

-Analizar la resistencia a la compresión del concreto con adición de plástico PET, con respecto a un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

-Analizar las propiedades físicas del concreto como asentamiento y peso, en la mezcla patrón y con los varios porcentajes de incorporación de PET

-Obtener usos factibles del concreto con adición de plástico reciclado PET en el ámbito de la construcción.

Resumen de la estructura del proyecto de investigación

Es de la siguiente forma:

-Capítulo I (Revisión Bibliográfica): Por medio de la revisión bibliográfica y antecedentes se desarrollarán las definiciones necesarias para la investigación, marco teórico sobre concreto, agregado fino, agregado grueso, plástico PET, propiedades de éstas, pruebas de laboratorio. Antecedentes sobre el uso de plástico PET en el concreto.

-Capítulo II (Materiales y Métodos): En este capítulo se describen los procesos para alcanzar los objetivos planteados, descripción de la metodología que se realizará en la presente investigación: tipo de investigación, diseño de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos. Se indicará los materiales, equipos involucrados en la investigación.

-Capítulo III (Resultados y Discusión): En este capítulo se presentarán los resultados, datos obtenidos del estudio. Se analizará e interpretarán los resultados teniendo como base los objetivos planteados. Mediante tablas comparativas se realizarán dicho análisis basándose en criterios como: propósito del estudio, ensayos realizados, propiedades físicas y mecánicas con el uso del plástico PET como adición en mezclas de concreto. Para finalizar sus conclusiones y recomendaciones que se darán a partir de los resultados encontrados.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

- **En la tesis de pre – grado “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: Plástico y Llantas” realizado por el bachiller Hernández, B en el año 2011 en la ciudad de Guatemala, en la institución “Universidad de San Carlos de Guatemala”, obtuvo como conclusión: El manejo del diseño de las mezclas disminuye con la adición de materiales de reciclaje. Este fenómeno se observó especialmente en la mezcla con plástico PET, ya que, en su caso, cuando se utilizó una relación agua/cemento, correspondiente a una mezcla de resistencia moderada, se obtuvo un valor de asentamiento de 1 cm únicamente.**

- **En la tesis de post – grado “Análisis del concreto con Tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales” realizado por el ingeniero Adán Silvestre Gutiérrez el año 2015 en la ciudad de Pereyra, Colombia en la institución “Universidad Libre Seccional de Pereyra”, concluyo que: El tipo de falla presente en la mayoría de los cilindros esta sobre la línea de acomodamiento del PET debido a poca adherencia entre el concreto y el material. Y también que los cilindros no poseen una variación significativa en los pesos debido a que el PET es un material muy liviano y los porcentajes trabajados fueron relativamente bajos.**

- **En la tesis de pre - grado “Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote” realizado por los bachilleres Léctor, M. y Villareal, E. en el año 2017, en la ciudad de Nuevo Chimbote – Ancash, en la institución “Universidad Nacional de Santa”, Ancash – Perú, concluye que: La densidad del concreto disminuye conforme el porcentaje de agregado plástico incrementa, pues el material adicionado tiene menor peso, la disminución es de un 5% a 13 % teniendo como particularidad que esta reducción no es directamente proporcional al agregado plástico, sino a la aglomeración de sus partículas entre sí, las cuales provocan el aumento de contenido de aire en el concreto fresco y donde se podrá producir la falla.**

1.2. Marco Teórico – Conceptual

1.2.1. Concreto

1.2.1.1. Definición:

El concreto, es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, agregados (piedra y arena), agua y aire; después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo del material consiste en el agregado fino y grueso. El cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida. (Nilson, 2001, pág. 1)

Para obtener un buen concreto no solo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas. Es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado. (Harmsen, 2002, pág. 11)

1.2.1.2. Componentes del concreto

1.2.1.2.1. El cemento

(Harmsen, 2002) nos dice:

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. Existen diversos tipos de cemento, los cuales están especificados en la norma ASTM-C- 150-99a. Ellos son: (pag.11)

- Tipo I, que es de uso general y sin propiedades especiales.
- Tipo II, de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de los sulfatos.
- Tipo III, de resistencia temprana y elevado calor de hidratación.
- Tipo IV, de bajo calor de hidratación.
- Tipo V, de alta resistencia al ataque de sulfatos. (pag.11)

En la norma ASTM-C-595-00 se especifica las características de los cementos adicionados, los cuales contienen, además de los compuestos ya mencionados, escoria y puzolanas, que modifican el comportamiento del conjunto. Entre ellos se tiene: (pag.12)

- Tipo IS, cemento al que se le ha añadido entre 2.7% y 70% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo ISM, cemento al que se ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno.

- Tipo IP cemento al que se le ha añadido entre 15% y 40% en peso de puzolana.
- Tipo PM, cemento al que se le ha añadido menos del 15% en peso de puzolana. (pag.12)

1.2.1.2.2. Agregados.

Para concretos estructurales comunes, los agregados ocupan aproximadamente entre el 70 y 75 por ciento del volumen de la masa endurecida. El resto está conformado por la pasta de cemento endurecida, agua no combinada (es decir, agua no utilizada en la hidratación de cemento) y vacíos de aire. (Chávez, 2003, pág. 3)

Los agregados se clasifican generalmente en finos y gruesos. Tanto el agregado fino como el grueso, constituyen los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua. (Chávez, 2003, pág. 3)

1.2.1.2.2.1. Agregado fino o arena.

Pasa el tamiz N° 4. Debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un tamaño menor a 1/4" y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99. (Harmsen, 2002, pág. 12)

Tabla 1

Requisitos granulométricos del agregado fino

Tamiz Estándar	% en peso del material que pasa el tamiz
3/8"	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	10 a 30
#100	2 a 10

Fuente: Diseño de estructuras de C°A – Teodoro Harmsen

1.2.1.2.2.2. Agregado grueso o piedra.

Se retiene en el tamiz N°4. Está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales. Al igual que el agregado fino, no deben contener más de un 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. Es conveniente que su tamaño máximo sea menor que 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 de la distancia libre entre armaduras y 1/3 del espesor de las losas. (Harmsen, 2002, pág. 13)

Al igual que para la arena, la norma La norma ASTM-C-33- 99a también establece una serie de condiciones para su gradación. Estas se muestran en la Tabla N°02. La piedra se denomina por el tamaño máximo del agregado. (Harmsen, 2002, pág. 13)

Tabla 2

Requisitos granulométricos para agregado grueso

REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO														
TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS (abertura cuadrada)	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDAR												
		4" (100 mm.)	3½" (90 mm.)	3" (75 mm.)	2½" (63 mm.)	2" (50 mm.)	1½" (37.5 mm.)	1" (25 mm.)	¾" (19 mm.)	½" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm.)	N° 4 (4.75 mm)	N° 8 (2.36 mm)	N° 16 (1.18 mm)
1	3 ½" a 1 ½"	100	90-100	.....	25-60	.....	0 - 15	.....	0 - 5	.....	.....	.....	.....	.....
2	2 ½" a 1 ½"	.....	.....	100	90-100	35-70	0 - 15	.....	0 - 5	.....	.....	.....	.....	.....
3	2" a 1"	.....	.....	.....	100	90-100	35-70	0 - 15	.....	0 - 5	.....	.....	.....	.....
357	2" a N° 4	.....	.....	.....	100	95-100	.....	35-70	.....	10-30	.....	0 - 5	.....	.....
4	1 ½" a ¾"	.....	.....	.....	.....	100	90-100	20-55	0 - 5	.....	0 - 5	.....	.....	.....
467	1 ½" a N° 4	.....	.....	.....	.....	100	95-100	.....	35-70	.....	10-30	0 - 5	.....	.....
5	1" a ½"	.....	.....	.....	.....	.....	100	90-100	20-55	0 - 10	0 - 5	.....	.....	.....
56	1" a 3/8"	.....	.....	.....	.....	.....	100	90-100	40-85	10-40	0 - 15	0 - 5	.....	.....
57	1" a N° 4	.....	.....	.....	.....	.....	100	95-100	.....	25-60	.....	0 - 10	0 - 5	.....
6	¾" a 3/8"	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90-100	20-55	0 - 15	0 - 5	.....	.....
67	¾" a N° 4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90-100	.....	20-55	0 - 10	0 - 5	.....
7	½" a N° 4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90-100	40-70	0 - 15	0 - 5	.....
8	3/8" a N° 4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	85-100	0 - 30	0 - 10	0 - 5

Fuente: Chávez, 2003

También existen los llamados:

- **Agregado artificial.** - Son escorias y esquisto expandido y se utiliza con frecuencia para producir concretos ligeros, son derivados de otros procesos de fabricación.

- **Agregado pesados.**- Son punzones de acero, baritinas, magnéticas y limonitas y se usan para concretos especiales tales como protección contra los rayos X, rayos gamma, etc. (Chávez, 2003)

1.2.1.2.2.3 Características.

- Peso Unitario.

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, o que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 74)

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica
- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa.

-Peso Específico.

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad. Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2.5 y 2.7 kg/m³. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 74)

- Absorción.

La absorción es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 76)

- Humedad.

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 77)

1.2.1.2.3. Agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, álcalis, sales y materias orgánicas. En general. El agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento. Pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (Harmsen, 2002, pág. 13)

Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre su idoneidad. Para ello se fabricarán cubos de mortero elaborados con ella y se ensayarán según la norma ASTM-C-109/109M-99. Si las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días son por lo menos el 90% de las esperadas en morteros similares elaborados a base de agua potable el líquido es aceptable (ACI-3.4.3). Es conveniente verificar, adicionalmente, que no contenga agentes que puedan reaccionar negativamente con el refuerzo. (Harmsen, 2002, pág. 13)

1.2.1.3. Propiedades del concreto

1.2.1.3.1. Concreto fresco.

- Trabajabilidad

Se define a la trabajabilidad como a la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales pueden ser mezcladas para formar el concreto, y luego este puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. (Rivva, 2000, pág. 205)

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permitir que la masa fluya en las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin ningún inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire entrampado, burbujas macroscópicas, o bolsas de agua en el concreto. (Rivva, 2000, pág. 205)

La trabajabilidad del concreto está determinada, entre otros factores, por las características, granulometría, y proporción de los agregados fino y grueso, por cuanto dichos factores regulan la cantidad de agua necesaria para producir un concreto trabajable. (Rivva, 2000, pág. 205)

- Segregación.

La segregación es definida con la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero. (Rivva, 2000, pág. 210)

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales diferentes tamaños y gravedades específicas por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tiene a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido con segregación. (Rivva, 2000, pág. 210)

Bajo determinadas condiciones las partículas más gruesas pueden tender a separarse del mortero, ya sea porque pueden rodar más rápidamente o porque pueden asentarse a mayor velocidad que las partículas más finas. (Rivva, 2000, pág. 210)

Una causa de la segregación puede ser el empleo de agregado grueso cuya gravedad específica difiere apreciablemente de la que tiene el agregado fino. Otra puede ser el empleo de agregado grueso cuyo tamaño máximo es grande en relación con las dimensiones del elemento estructural. (Rivva, 2000, pág. 211)

Los concretos pesados, los cuales son preparados con agregado grueso de alta densidad, pueden alcanzar pesos unitarios del orden de 4,500 kg/m³. En estos concretos el riesgo de segregación es mayor. (Rivva, 2000, pág. 211)

- Exudación.

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas. (Rivva, 2000, pág. 211)

La exudación de la mezcla de concreto está influenciada por las proporciones de la mezcla y por las características de los materiales, contenido de aire, empleo de aditivos y adiciones y, específicamente, por la angulosidad y granulometría del agregado fino. (Rivva, 2000, pág. 211)

Cuando la exudación es excesiva, debe darse atención a la granulometría y angulosidad del agregado fino. (Rivva, 2000, pág. 211)

1.2.1.3.2. Concreto endurecido.

- Resistencia

El concreto se utiliza fundamentalmente en compresión, por lo que el estudio de la relación esfuerzo – deformación unitaria es de fundamental importancia, esta característica se obtiene a través de ensayos en el laboratorio con probetas cilíndricas estándares de 6” (15cm.) de a diámetro y 12” (30 cm.) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada en la prensa hidráulica. La resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. (Chávez, 2003, pág. 6)

La relación agua-cemento es el factor que más influye en la resistencia del concreto y constituye la razón entre el peso del agua y el peso del cemento utilizados en la mezcla. Si w/c disminuye, la porosidad decrece consiguiéndose un concreto denso, de buena calidad y alta resistencia. Esta relación no debe ser menor que 0.25 pues está es la cantidad mínima de agua necesaria para la completa hidratación del cemento. Mientras mayor es la relación w/c , menor es la resistencia del concreto. En la figura se puede apreciar el efecto de la relación agua-cemento. (Chávez, 2003, pág. 8)

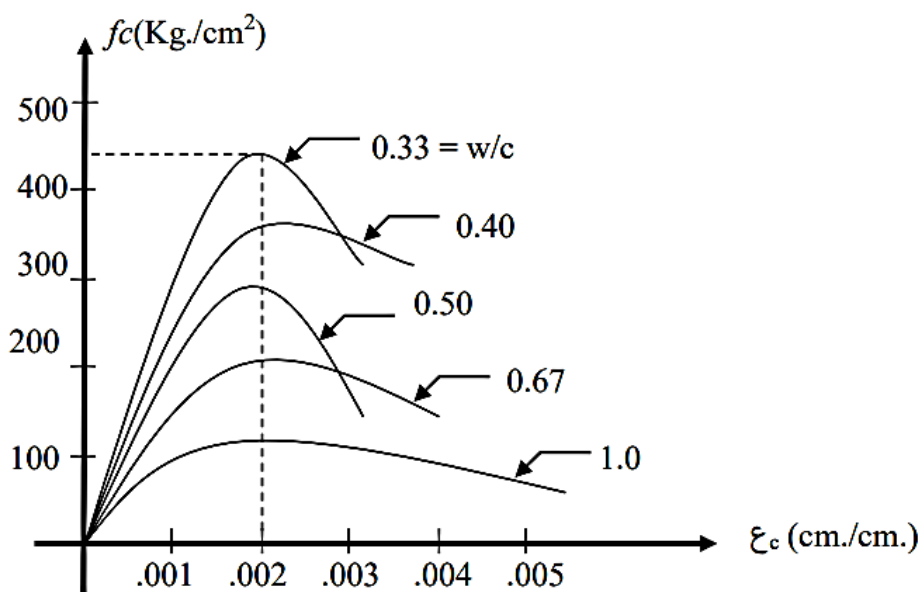


Figura 1. Efecto de relación agua-cemento (Fuente: Chávez-2003).

1.2.2. Tereftalato de polietileno (PET)

Descubierto en 1941 por John Rex Whilfeld y James Tennant Dickson; aparece en el mercado hasta 1965, cuando Nathaniel Wyeth de la empresa DuPont, fabrica envases destinados a bebidas carbonadas. En 1977, Pepsi-Cola empieza la comercialización de sus productos en botellas de PET, haciendo del PET el material con el más alto crecimiento de la época.

El PET es un plástico de alta calidad que se identifica con el número uno, o las siglas PET, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material, según sistema de identificación SPI.



Figura 2. Símbolo del Tereftalato de polietileno (Fuente: <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>)

1.2.2.1. Definición:

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo. Se compone de petróleo crudo, gas y aire. Según la Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica, ALIPLAST, un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. (Rendón, 2008)

El PET es el material plástico con el cual se elaboran los envases de bebidas gaseosas y aguas minerales, entre otras. Las botellas son desechables, por lo que su destino suele ser la bolsa de basura y, por extensión, los rellenos sanitarios. (Rendón, 2008)

Actualmente la mayoría del PET se recicla mecánicamente, con los inconvenientes propios de un material con impurezas como las botellas, que llevan adheridas pegatinas y pinturas. (Rendón, 2008)

Tabla 3*Sistema de identificación de envases PET*

Tipo de termoplástico	Clave	Tipo de uso
Tereftalato de polietileno (PET o PETE)	1	Se utiliza para botellas de refresco carbonatado y para recipientes de comida.
Polietileno de alta densidad (HDPE O PEAD)	2	Empleado en las botellas de leche, detergente, bolsas, entre otros.
Policloruro de vinilo (PVC)	3	Frecuente en los envases de película fina y envolturas.
Polietileno de baja densidad (LDPE)	4	Este plástico fuerte, flexible y transparente se puede encontrar en algunas botellas y bolsas muy diversas (de la compra o para comida congelada, pan, etc.)
Polipropileno (PP)	5	Usado para las cajas de botellas, maletas, tapas y etiquetas.
Poliestireno (PS)	6	Empleado en la producción de vasos y platos de estereofón y artículos moldeados por inyección.
Otros	7	Todas las demás resinas y materiales multilaminados. Son utilizados en productos que no tienen grandes especificaciones (defensas de autos, postes, etc.)

Fuente: Méndez, 2012

“Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad” (Méndez, 2012, pág. 27); en general, estos se caracterizan por su elevada pureza, ligereza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo con su dirección presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

1.2.2.2. Propiedades del plástico PET.

En general los plásticos se caracterizan por alta resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, entre otros. Específicamente el Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes características relevantes:

- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Buen coeficiente de deslizamiento
- Buena resistencia química
- Buenas propiedades térmicas

Con estos datos se puede asumir que el PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto. (Echevarría, 2017)

Tabla 4*Datos técnicos del Polietileno Tereftalato*

DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO - TEREF TALATO (PET)		
PROPIEDADES MÉC ANICAS		
Peso específico	134	g/cm ³
Resistencia a la tracción	825	kg/cm ²
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm ²
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	2850	kg/cm ²
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Absorción de humedad	0.25	%
PROPIEDADES TERMICAS		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm po °C
PROPIEDADES QUÍMICAS		
Resistencia a álcalis débiles a Temperatura ambiente	Buena	
	Arde con mediana	
Comportamiento a la combustión	dificultad	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Fuente: Echevarría, 2017**1.2.2.3. Reciclaje del plástico PET.**

(Argueta, 2006), dice:

El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos., el proceso en los siguientes pasos:

- Acopio. Las botellas de PET para reciclado proviene de programas de recolección y de acopiadores ambulantes, éstos contribuyen, a limpiar las calles y a reducir las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario. Idealmente, la separación de desechos se debe hacer por los consumidores, antes del recojo de desechos y una vez separados

llevarlos a centros de acopio, a falta de una recolección diferenciada, el papel de los recolectores es fundamental.

- **Compactado.** El material se compacta para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. Generalmente las dimensiones de estos bloques o pacas de PET es de 153 x 130 x 85 cm., donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg, según el grado de compactación o la eficiencia del prensado.
- **Molido.** Se realiza el molido (o picado) para facilitar la separación de los diferentes tipos de polímeros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado. En la reducción de tamaño del PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.
- **Separación.** La separación libera al PET de diferentes tipos de materiales, como otros tipos de polímeros, metales, vidrio o papel. La macro separación se hace destapando y des etiquetando la materia prima completa (botellas desechadas) manualmente. La micro separación se hace por una propiedad física específica como el tamaño, peso o densidad. La separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución y luego separar los plásticos basados en temperatura.
- **Limpieza.** Las hojuelas o flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes. El uso de hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado: los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, se obtienen hojuelas limpias.
- **Secado.** Este proceso elimina el remanente de humedad del material. Pueden usarse secadores centrifugados o secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circula entre el material molido, eliminando la humedad.

1.2.3. Pruebas de laboratorio

1.2.3.1. Análisis Granulométrico

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. Siguiendo la Norma NTP 400.012:2013.

1.2.3.2. Peso unitario de agregado fino y grueso

Este método permite conocer el peso unitario suelto y peso unitario compacto de los agregados, mediante la realización de un ensayo con arena y grava, el cual se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan están dentro de un recipiente de volumen conocido; así mismo el peso unitario compacto de los agregados mencionados anteriormente. Para este ensayo nos apoyaremos de las siguientes normas: NTP 400.017:2011, ASTM C-29.

1.2.3.3. Peso específico y absorción de agregado fino y grueso

Peso específico es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a temperatura indicadas. Absorción indica la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados en 24 horas, cuando estas se encuentran sumergidas en agua. Para este ensayo nos apoyaremos en la Norma NTP 400.021:2013.

1.2.3.4. Asentamiento

Esta prueba consiste en medir la trabajabilidad y la consistencia del concreto, ya que facilita la colocación, consolidación y acabado del concreto en estado fresco, teniendo en cuenta que no se deben segregar o separar sus partículas. Este ensayo está certificado por la norma ASTM C143

1.2.3.5. Resistencia a la compresión

Para realizar el denominado ensayo de compresión o rotura de probetas, se requiere elaborar probetas cilíndricas de 15cm x 30cm. Las muestras de concreto a ser utilizadas en la preparación de las probetas cilíndricas a ser empleadas en los ensayos de resistencia en compresión, se tomarán de acuerdo al procedimiento indicado en la Norma ASTM C39. Las probetas serán moldeadas de acuerdo a la Norma ASTM C31.

1.3. Definición de términos Básicos

1.3.1 Análisis Granulométrico.

Es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

1.3.2 Agregado grueso

Es el agregado que se retiene en el tamiz N°4. Está constituido por rocas graníticas, dioríticas, y sieníticas. Puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

1.3.3 Agregado fino

Es aquella que proviene de la desintegración natural o artificial y que pasa el Tamiz n°4, es decir un Tamiz con cuatro aberturas por pulgada cuadrada. El más usual es la arena, producto de la desintegración de rocas.

1.3.4 Asentamiento

Método más usado para medir la consistencia del concreto, aunque no mide todos los factores que contribuyen a la trabajabilidad, de todos modos, es usado convenientemente como una prueba de control dado que ofrece una indicación de la uniformidad de la mezcla.

1.3.5 Cemento.

El cemento es un producto de origen mineral, fabricado con alta tecnología, que se usa para unir firmemente diversos materiales de construcción, permitiendo hacer obras resistentes y durables. Se presenta como un material pulverizado. Que al agregarle agua forma una pasta plástica, capaz de endurecer tanto al aire como bajo agua.

1.3.6 Concreto.

Mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente denota una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes.

1.3.7 Concreto – PET.

Concreto con porcentajes variables de hojuelas de PET (reciclado).

1.3.8 Curado de concreto.

Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del concreto o mortero.

1.3.9 Fraguado:

Proceso de una mezcla de concreto o mortero y agua como elementos constituyentes de un hormigón, que da lugar a un proceso exotérmico de endurecimiento progresivo de la pasta, para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.

1.3.10 PET.

Abreviación de Polietilentereftalato o Tereftalato de Polietileno, que es un polímero que pertenece al grupo de los poliésteres, en función de su estructura cristalina consiguen ser utilizados como fibras en la industria textil y como plásticos en la fabricación de envases para diferentes usos, como botellas para el agua o gaseosas.

1.3.11 Plástico.

Término para designar materiales compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, son fáciles de moldear de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura.

1.3.12 Reciclaje.

Consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en desuso o utilizado. De esta forma, conseguimos alargar el ciclo de vida de un producto, ahorrando materiales y beneficiando al medio ambiente al generar menos residuos.

1.3.13 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.

1.3.14 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.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales y Equipos

2.1.1. Materiales

- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Agregados de la cantera Barthe proveniente del Rio Huallaga
- Plástico PET triturado
- Agua potable

2.1.2. Equipos

- Balanzas Eléctricas
- Cono de Abrams
- Cucharon de Aluminio
- Envases de Aluminio
- Horno eléctrico
- Maquina automática de Compresión
- Maquina Mezcladora de Concreto
- Mazo de plástico
- Picnómetro 500 gr
- Probetas PVC 15cmx30cm
- Regla
- Tamices ASTM (1", ¾", ½", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100)
- Varilla de compactación

2.2. Metodología

2.2.1. Diseño de Investigación

La presente investigación es el tipo experimental debido a que el estudio se realizara con la manipulación de las variables, es decir se obtendrá información de la actividad intencional (laboratorio), para luego obtener respuestas con el uso de fórmulas y procesadores de datos, para luego formular los cuadros de resultados.

2.2.2. Variables, operacionalizacion

2.2.2.1. Sistema de Variables

2.2.2.1.1. Variable independiente.

Porcentaje de material plástico reciclado (PET) en una mezcla de concreto.

2.2.2.1.2. Variable dependiente.

Resistencia a la compresión del concreto.

2.2.2.2. Operacionalizacion de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Porcentaje de material plástico reciclado PET en un concreto convencional	Cantidad de material PET que será agregado a la mezcla de concreto	Un proceso que involucra materia prima alternativa de reciclaje en la elaboración de concreto.	Porcentaje de adición PET: -5% -10% -15%	Porcentaje en relación al peso del cemento (Kg)
Resistencia a la compresión del concreto	Comparación de un concreto patrón vs concreto con adición de material de PET	Se mide mediante ensayos de laboratorio .	- Resistencia a la compresión (f'c)	Kg/cm ²

2.3. Características físicas de agregados

A continuación, se presentan los parámetros exigidos en la Norma Técnica Peruana que debe cumplir los agregados para la elaboración concreto.

Los agregados utilizados para el desarrollo de la investigación, se obtuvieron de la cantera “Barthe”, ubicada al frente del Recreo Turístico Laguna Venecia

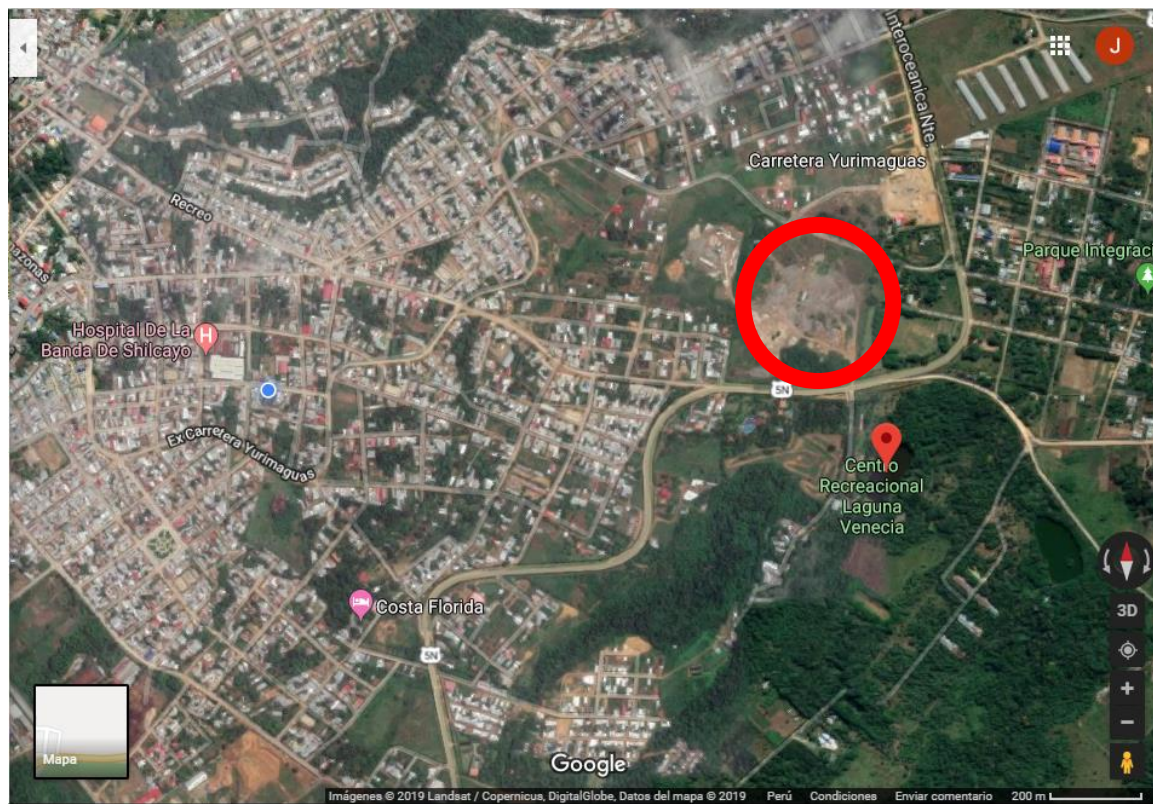


Figura 3: Ubicación de cantera (Fuente: Elaboración propia)

2.3.1 Agregado grueso

2.3.1.1 Granulometría (NTP 400.012:2013)

-Se secó la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas

-Se seleccionó un grupo de tamices de tamaños adecuados para suministrar la información requerida, estas fueron: 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4.

-Los tamices se ordenaron de forma decreciente por tamaño de abertura y se colocó la muestra sobre el tamiz superior (1")

-Para realizar el proceso de tamizado debe existir cierto movimiento entre la mezcla y la superficie del tamiz.

-Si en el transcurso de 1 minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación de tamizado se daba por concluida.

2.3.1.2 Tamaño máximo (NTP 339.047:2006)

El Tamaño Máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

-En este caso el Tamaño Máximo del agregado es 1”

2.3.1.3 Tamaño máximo nominal (NTP 339.047:2006)

El tamaño Máximo Nominal del agregado es que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

-En este caso el Tamaño Máximo Nominal del agregado es de ¾”.

2.3.1.4 Contenido de humedad del agregado grueso (NTP 339.185:2013)

-Se colocó la muestra de agregado húmedo en un recipiente de peso conocido y se registró ese peso, inmediatamente después se colocó en el horno por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

-Finalmente se pesó el recipiente con la mezcla seca para determinar la cantidad de agua evaporada.

$$W\% = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Donde:

Ph: Peso Húmedo del agregado

Ps: Peso Seco del agregado

2.3.1.5 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021:2002)

-Se lavó la muestra hasta eliminar completamente el polvo, luego se secó al horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

-Se esperó que se enfrié la muestra a una temperatura cómoda al tacto. Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de 24 horas.

-Se removió la muestra del agua, luego se secó el material sobre un paño grande y absorbente, hasta desaparecer toda película de agua visible.

-Se obtuvo un peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.

-Después de pesar, se colocó inmediatamente la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso sumergida en el agua.

-Se colocó al horno la muestra por 24 horas y posteriormente se pesó la muestra.

-Mediante las siguientes formulas expresamos los resultados:

$$Pem = \frac{A}{B - C}$$

$$Pes = \frac{B}{B - C}$$

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

$$Ab = \frac{B - A}{A}$$

Donde:

Pem: Peso Específico de masa

Pes: Peso Específico de masa superficialmente seco

Pea: Peso Específico aparente

Ab: Absorción

A: Peso seco en el aire

B: Peso superficialmente seco

C: Peso de la muestra en agua

2.3.1.6 Peso unitario suelto del agregado grueso (NTP 400.017:2011)

-Primero se determinó el peso y volumen del molde cilíndrico, siendo 5,155 kg y 0.0095 m³ respectivamente.

-Se colocó la piedra en el molde, sin compactar

-Una vez que estuvo el molde lleno, se enrasó la superficie usando la varilla de acero.

-Luego se procedió a pesar el molde con la muestra de piedra.

-Se obtiene los resultados mediante la siguiente formula.

$$P.U.S = \frac{W_s}{V}$$

Donde:

P.U. S : Peso Unitario Suelto

Ws : Peso del Material suelto

V : Volumen del molde

2.3.1.7 Peso unitario compactado del agregado grueso (NTP 400.017:2011)

-Primero se determinó el peso y volumen del molde, siendo 5,155 kg y 0.0095 m³ respectivamente.

-Luego se procedió a introducir la piedra al molde cilíndrico hasta 1/3 de su capacidad. Seguidamente con la varilla de acero de Ø5/8" se procedió a golpear 25 veces en forma helicoidal la muestra.

-Se siguió agregando piedra hasta los 2/3 de capacidad del molde. Y seguimos el procedimiento de los 25 golpes. Luego se agregó la piedra hasta pasar un poco el recipiente y se repitió el proceso de los 25 golpes.

-Posteriormente con la varilla de acero se procedió a enrasar hasta quedar a nivel del molde

-Finalmente se pesó el molde con la muestra compactada.

-Se obtiene los resultados mediante la siguiente fórmula.

$$P.U.C = \frac{W_c}{V}$$

Donde:

P.U. C : Peso Unitario Compactado

Wc : Peso del Material compactado

V : Volumen del molde

2.3.2 Agregado fino

2.3.2.1 Granulometría (NTP 400.012:2013)

-Se secó la muestra a una temperatura de 110°C ± 5°C durante 24 horas

-Se seleccionó un grupo de tamices de tamaños adecuados para suministrar la información requerida, estas fueron: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

-Se usaron los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura y se colocó la muestra sobre el tamiz superior (3/8")

-Si en el trascurso de 1 minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación de tamizado se daba por concluida.

2.3.2.2 Módulo de finura (NTP 400.011:2013)

El módulo de finura es un factor que se obtiene por la suma de los porcentajes retenidos acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada (Tamices: 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100) y dividido por 100. Este módulo de finura es un índice de la fineza del agregado, cuanto mayor sea el índice, más grueso será el agregado.

El Modulo de Finura se calcula así:

$$MF = \frac{\sum \% \text{acumulado retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100)}}{100}$$

Siguiendo la Norma ASTM C33 y NTP 400.037, que dice que el módulo de finura del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; **siendo recomendable que el valor de módulo de finura este entre 2.30 y 3.1.**

Por estas razones se procedió a combinar el agregado fino del Huallaga con agregado fino triturado que proveniente de la trituración de hormigón en la máquina chancadora de 3/4", para poder cumplir con la norma establecida.

2.3.2.3 Granulometría de agregado fino triturado (NTP 400.012:2013)

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 2.3.2.1

2.3.2.4 Módulo de Finura de agregado fino triturado (NTP 400.011:2013)

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 2.3.2.2

2.3.2.5 Combinación del agregado fino y agregado fino triturado

Determinar en qué proporción mezclar dos materiales para cumplir una cierta gradación que cumpla con los requisitos establecidos por las normas.

-Teniendo identificadas las gradaciones individuales de los agregados, fueron compradas con los requisitos de la arena para concretos dados en la ASTM C33.

-Ambas arenas, individualmente no satisfacen los requisitos, por lo que se mezcló intentando encontrar las proporciones adecuadas, para entrar dentro de los requisitos.

-Teniendo los datos de MFa (módulo de finura del primer A.G) y MFb (módulo de finura del segundo A.F) y queriendo obtener de la combinación un Módulo de Finura de la mezcla de ($2.30 < X < 3.10$) se procede a usar esta fórmula.

$$P_A = \frac{MF_{MEZCLA} - MF_B}{MF_A - MF_B} \times 100$$

Donde:

P_A : Porcentaje de material que tiene que usarse en la mezcla

MF_{MEZCLA} : Módulo de finura de la mezcla de agregados

MF_A : Módulo de Finura de arena fina

MF_B : Módulo de Finura de agregado fino triturado

Para lo cual se obtuvo esta proporción:

Tabla 5

Porcentaje de proporción de agregado fino en la mezcla de C°

AGREGADO	PORCENTAJE EN LA MEZCLA
ARENA FINA	45%
AGREGADO FINO TRITURADO	55%

Fuente: Elaboración propia

Con estas proporciones se encontró la mezcla optima de estos dos agregados, para la formación de un agregado fino que cumpla la Norma ASTM C33, por lo que, a partir de este punto, en la investigación el agregado fino será:

$$A.F = (45\% \text{ arena fina}) + (55\% \text{ agregado fino triturado})$$

2.3.2.6 Módulo de finura del agregado fino (NTP 400.011:2013)

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 2.3.2.2

2.3.2.7 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185:2013)

-Se colocó la muestra de agregado húmedo en un recipiente de peso conocido y se registró ese peso, inmediatamente después se colocó en el horno por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

-Finalmente se pesó el recipiente con la mezcla seca para determinar la cantidad de agua evaporada.

$$W\% = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Donde:

Ph: Peso Húmedo del agregado

Ps: Peso Seco del agregado

2.3.2.8 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.021:2002)

-Por el método de cuarteo, se obtuvo la muestra de agregado fino, la cual se secó durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego dejar enfriar a una temperatura cómoda al tacto.

-Luego se saturó la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas. Al día siguiente se decantó la muestra evitando pérdida de finos, para posteriormente extender la muestra en una superficie plana para un secado natural expuesta al aire.

-Se colocó una cantidad de agregado en un molde cónico, y se procedió a compactar con 25 golpes suaves con el pisón metálico, se alzó el cono verticalmente, si todavía existía humedad superficial presente en el agregado retendría la forma del cono, pero si la muestra se disgrega levemente, esta se encontraba en estado saturado superficialmente seco del agregado. Se procedió a pesar el picnómetro 500 gr, luego se colocó la muestra saturada superficialmente seca el picnómetro.

-Posteriormente se introdujo agua hasta la tercera parte de la capacidad del envase, y se procedió a eliminar las burbujas de aire moviendo el envase en su eje durante 15 min.

-Se repitió la anterior acción de eliminar aire en la mezcla, con dos tercios y lleno de la capacidad del envase.

- Se determinó el peso total del picnómetro, agregado fino y agua.
- Se retiró el agregado del picnómetro, y se secó en el horno para posteriormente pesarlo.
- Se obtuvieron los resultados con las siguientes formulas.

$$Pe.m = \frac{W_0}{V - V_a}$$

$$Pe.s = \frac{500}{V - V_a}$$

$$Pe.a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)}$$

$$Ab = \frac{500 - W_0}{W_0}$$

Donde:

Pe.m: Peso Específico de masa

Pe. s: Peso Específico de masa superficialmente seco

Pe.a: Peso Específico aparente

Ab: Absorción

W_0 : Peso en el aire de la muestra secada

V: Volumen del frasco

V_a : Peso del agua añadida al frasco

2.3.2.9 Peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017:2011)

- Primero se determinó el peso y volumen del molde cilíndrico, siendo 1,700 kg y 0.0028 m³ respectivamente.
- Se colocó el agregado fino en el molde, sin compactar
- Una vez que estuvo el molde lleno, se enrasó la superficie usando la varilla de acero.
- Luego se procedió a pesar el molde con la muestra de piedra.
- Se obtiene los resultados mediante la siguiente formula.

$$P.U.S = \frac{W_s}{V}$$

Donde:

P.U. S : Peso Unitario Suelto

Ws : Peso del Material suelto

V : Volumen del molde

2.3.2.10 Peso unitario compactado del agregado fino (NTP 400.017:2011)

-Primero se determinó el peso y volumen del molde, siendo 1,700 kg y 0.0028 m³ respectivamente.

-Luego se procedió a introducir el agregado fino en tres capas, en cada capa se emparejo con la mano y se apisono con 25 golpes en forma helicoidal usando la varilla de acero de Ø5/8”.

-Una vez que estuvo lleno el molde se procedió a enrasar la superficie con la varilla.

-Posteriormente se pesó el molde con la arena compactada

-Se obtiene los resultados mediante la siguiente formula.

$$P.U.C = \frac{W_c}{V}$$

Donde:

P.U. C : Peso Unitario Compactado

Wc : Peso del Material compactado

V : Volumen del molde

2.3.3 Plástico Reciclado PET

2.3.3.1 Análisis Granulométrico

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 3.3.2.1

2.4 Diseño de mezcla de concreto

La determinación de las cantidades de materiales para preparar una mezcla de concreto se obtiene siguiendo las recomendaciones de la norma ACI 211.1.

2.4.1 Selección del Asentamiento

Es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento esta entre 0mm a 50mm
- Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento esta entre 75 mm a 100mm
- Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento está a mayor de 125mm

Para la presente tesis se va a considerar un asentamiento de 3" a 4"

2.4.2 Calculo del volumen de agua y contenido de aire

Con los datos de Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso y Asentamiento vamos al Tabla 6 y obtenemos el valor de volumen unitario de agua.

Tabla 6

Agua de diseño aproximado y contenido de aire requerido para diferentes asentamientos

Asentamiento	Agua en 1/m ³ para los TMN de agregado grueso y consistencias indicadas						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Cantidad aproximada de aire atrapado en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Fuente: Tabla 6.3.3 de la norma ACI 211.1-91

2.4.3 Calculo de la resistencia requerida (f'_{cr})

El cálculo se hace mediante la Tabla 7

Tabla 7*Resistencia Requerida*

RESISTENCIA ESPECIFICADA $f'c$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA REQUERIDA $f'cr$ (kg/cm ²)
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: (Villegas, 2014)

2.4.4 Relación agua/cemento

La relación agua/cemento se obtiene de la Tabla 8 por recomendaciones del ACI.

Tabla 8*Relación agua/cemento*

$f'cr$ (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: (Villegas, 2014)

Si el $f'cr$ no se encuentra en la tabla es necesario interpolar los valores para hallar la relación.

2.4.5 Calculo de la cantidad de cemento

Conociendo el valor de el volumen unitario del agua y la relación agua/cemento, se obtuvo el factor cemento.

$$C = \frac{a}{a/c}$$

Donde:

C: Cantidad de cemento por m³a: Volumen de agua por m³

a/c: Relación agua/cemento

2.4.6 Calculo del peso de agregado grueso en función del factor (b/b)

Se determinó la proporción de agregado grueso mediante la tabla 9: elaborada por el comité 211 del ACI.

Tabla 9

Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (b/b)

TMN DEL AGREGADO GRUESO	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
Pulgadas	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

Fuente: (Villegas, 2014)

-Se tuvo interpolar los valores del módulo de finura para hallar el factor (b/b).

-Teniendo el factor (b/b), procedimos a hallar el peso del agregado grueso mediante la siguiente formula:

$$P = (b/b) \times P.U.C$$

Donde:

P : Peso del agregado grueso por m³

(b/b) : Factor Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

P.U.C : Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

-Con el peso del agregado grueso, podemos hallar su volumen con la siguiente formula:

$$V = P / (P.E \times 1000)$$

Donde:

V : Volumen del agregado grueso

P : Peso del agregado grueso por 1m³

P. E : Peso Específico del Agregado Grueso

2.4.7 Calculo de los volúmenes absolutos

Se obtuvo de la siguiente manera siguiendo la norma ACI 211.1

$$-V(\text{agua}) = P(\text{agua}) / (P.E \text{ agua} \times 1000) \quad (\text{m}^3)$$

$$-V(\text{cemento}) = P(\text{cemento}) / (P.E \text{ cemento} \times 1000) \quad (\text{m}^3)$$

$$-V(A.G) = P(A.G) / (P.E(A.G) \times 1000) \quad (\text{m}^3)$$

$$-V(\text{aire}) = (\% \text{ aire}) / 100 \quad (\text{m}^3)$$

Dónde:

P=Peso

P. E= Peso Especifico

2.4.8 Calculo proporción Agregado Fino (A.F)

Para calcular el volumen de agregado fino se usó la siguiente formula:

$$1\text{m}^3 = V(\text{agua}) + V(\text{cemento}) + V(\text{A. G}) + V(\text{aire}) + V(\text{A. F})$$

$$V(\text{A. F}) = 1 - [V(\text{agua}) + V(\text{cemento}) + V(\text{aire}) + V(\text{A. G})]$$

Para hallar su peso se usó la siguiente formula:

$$\text{Peso Arena(Kg)} = V(\text{arena}) * P. E \text{ arena} * 1000$$

2.4.9 Corrección por Humedad de Agregados

Se usó las siguientes formula:

$$\text{Agregado Fino(C)(Kg)} = \text{Peso A. F} * (1 + (\% \text{Humedad(A. F)}/100))$$

$$\text{Agregado Grueso(C)(Kg)} = \text{Peso A. G} * (1 + (\% \text{Humedad(A. G)}/100))$$

2.4.10 Aporte de agua libre de los agregados

Se usa la siguiente formula:

$$\text{Aporte de humedad A. F} = \text{Peso A. F} (\% \text{Cont. Humedad} - \% \text{absorción}) / 100$$

$$\text{Aporte de humedad A. G} = \text{Peso A. G} (\% \text{Cont. Humedad} - \% \text{absorción}) / 100$$

2.4.11 Agua Efectiva

Se usa la siguiente formula:

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad de agregados}$$

2.4.12 Calculo de proporciones en Peso

Con los valores corregidos de todos los materiales se puede encontrar la dosificación, mediante la división de los pesos de los materiales entre el peso del cemento.

2.5 Mezcla de concreto con plástico reciclado PET

Para realizar la adición del plástico reciclado PET a la mezcla de concreto, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

-La proporción del agregado fino y agregado grueso, serán las mismas determinadas anteriormente en el punto 2.4.9 del diseño de mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

-La cantidad de agua, será las mismas determinadas en el punto 2.4.11.

Posteriormente, luego de ser lavado, secado y tamizado al plástico PET triturado, se adiciona directamente en la preparación de la mezcla de concretos instantes después de agregar el

agregado grueso y agregado fino según los porcentajes de PET dadas, al 5%, 10%, 15% en relación al peso del cemento para los diseños de mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

2.6 Preparación y curado de probetas en laboratorio

Se contempla los procedimientos necesarios para preparar y curar probetas de concreto compactadas mediante varillado. Estos procedimientos son un resumen de la norma ASTM C31.

2.6.1 Equipo necesario

-Moldes: Deben ser de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de encofrado no reactivo.

-Varilla: Debe ser de fierro liso diámetro 5/8", de 60cm de largo y con una de sus extremos boleados.

-Mazo: Debe usarse un mazo de goma que pese entre 0.60 y 0.80 kg

-Recipiente de muestreo: El recipiente debe ser una batea de lámina gruesa de metal, carretilla o un tablero plano, no absorbente, limpio.

-Equipo adicional: Badilejo, plancha de metal, cucharón.

2.6.2 Mezclado de materiales (mezcladora eléctrica)

Para este proceso se usó la mezcladora eléctrica del Laboratorio de Concreto de la Universidad Nacional de San Martín.

Se hizo un diseño de proporción de 3 probetas por uso del trompo de mezclado, siguiendo la dosificación dada en los anteriores puntos, y se siguió este proceso:

-Antes que empiece la rotación de la mezcladora se introdujo algo de agua, para que sus paredes de la máquina no absorba la humedad de los materiales y perjudica los ensayos.

-Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unas vueltas se introdujo la mitad de la proporción de agregado grueso, paso siguiente la mitad de proporción de cemento, se introdujo la mitad proporción de agregado fino, mitad de proporción de agua.

- Se deja rotar la mezcladora unos 30 segundos, para la uniforme aglomeración de los materiales utilizados en la mezcla

-Se repite el proceso de mezclado con la totalidad de los materiales, y se dejó 3 min de rotación de la mezcladora, se apaga durante unos 30 segundos y se pone en funcionamiento unos 2 min para la agitación final.

-Luego se vació en el recipiente de muestreo para realizar la prueba de asentamiento.

2.6.3 Asentamiento

El procedimiento de la prueba se detalla a continuación, siguiendo la Norma ASTM C143.

-Se utilizó el cono de Abrams, primeramente, se limpió y humedeció el cono, luego se lo colocó en la placa de acero limpia, firme y nivelada.

-Con la muestra ya obtenido del mezclado, sobre el cono de abrams nos paramos firmes sobre los estribos de ésta, posteriormente se introdujo la tercera parte del volumen de cono con la muestra y usando la varilla se compactó con 25 golpes.

-Se introduce hasta dos tercios del volumen del cono con la muestra y nuevamente varillamos 25 veces, posteriormente se llenó hasta el tope, varillando nuevamente.

-Se niveló la superficie del cono con la varilla de acero, con acción de rodillo, luego dejar de pararse en los estribos.

-Se levantó cuidadosamente el cono hacia arriba, asegurándose que no se mueve la muestra.

-Se colocó el cono al revés, se puso la varilla a través del cono volteado

-Finalmente se tomó la medida de la distancia vertical entre la parte superior del cono y el centro de la muestra.

2.6.4 Muestreo

Siguiendo la Norma ASTM C31.

-Las probetas son cilíndricas de material de PVC de dimensión de 6x12 pulgadas.

-Se introdujo un agente separador (desmoldante) en las paredes de las probetas.

-Se colocó el molde sobre una superficie rígida, horizontal, nivelada.

-Se colocó el concreto en el interior del molde. Se llenó el molde en la tercera parte de su capacidad, posteriormente se penetra con la varilla con 25 golpes, distribuyendo uniformemente los golpes en forma de espiral terminando en el centro, luego con el mazo

de goma golpear a los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces para la liberación de burbujas de aire, esta capa se compacta en todo su espesor.

-Se repitió el proceso en dos tercios de su de la capacidad y lleno completo, teniendo en cuenta que en la segunda y tercera capa se compacta penetrando no más de 1" en la capa anterior.

-En la última capa se agregó la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación, ajustar el faltante de concreto con una porción de mezcla y completar el número de golpes faltantes.

-Se enraso el exceso de concreto con la varilla y se completó con una plancha metálica para mejorar el acabado superior.

-Se retiraron las probetas de los moldes después de 24 horas de haber sido moldeadas, utilizando la compresora del laboratorio de concreto, hecho esto se procede a marcar las probetas para poder identificarlos, finalmente se pesan las probetas en la balanza.

-Para el curado: Después de desmoldar las probetas y antes que transcurran 30 min después de haber removido los moldes, se almaceno las probetas en la piscina del laboratorio de concreto en condiciones adecuadas de humedad, cubiertas por agua, dejando las probetas sumergidas hasta que se den las pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

2.6.5 Resistencia por compresión

La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir su fractura entre el área promedio de su sección transversal. Se siguió las recomendaciones de la NTP 339.034:2013

Los ensayos se realizaron con testigos cilíndricos estándar de 6" de diámetro y 12" de altura, a las edades de 7, 14 y 28 días.

La resistencia a la compresión del testigo es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta. Así.

$$f'c = \frac{4 * P}{\pi * D^2}$$

Donde:

$F'c$: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

P : Carga de rotura (kg)

D : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

La desviación estándar se calcula así:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'cp)^2}{N - 1}}$$

Donde:

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

$F'c$: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

$F'cp$: Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)

N : Numero de datos

El coeficiente de variación se calcula así:

$$CV(\%) = \frac{\sigma}{f'cp} * 100$$

Donde:

$CV(\%)$: Coeficiente de variación en porcentaje

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de las propiedades físicas de los agregados

3.1.1 Características físicas del agregado Grueso

En la Tabla 10 se presentan las características físicas del agregado grueso de la cantera “Barthe” proveniente del río Huallaga, determinados en el laboratorio. Los cálculos detallados de las propiedades se encuentran en el Anexo A.

Tabla 10

Propiedades físicas del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Peso Especifico	2.66 gr/cc
Peso Unitario Suelto	1706 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1746 Kg/m ³
Contenido de Humedad	0.38%
Absorción	0.71%

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Características físicas del agregado Fino

En las tablas siguientes se presentan las características físicas del agregado fino de la cantera “Barthe” proveniente del río Huallaga, determinados en el laboratorio. Los cálculos detallados de las propiedades se encuentran en el Anexo A.

Tabla 11

Módulo de Finura de agregados finos

AGREGADO FINO	
Espécimen de agregado fino	Módulo de Finura
Arena fina	1.64
Agregado fino triturado	3.11
Agregado Fino Estabilizado	2.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12*Propiedades físicas del agregado fino estabilizado (Combinado)***AGREGADO FINO**

Peso Especifico	2.54 gr/cc
Peso Unitario Suelto	1571 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1681 Kg/m ³
Módulo de Finura	2.63
Contenido de Humedad	0.70 %
Absorción	2.84 %

Fuente: Elaboración propia

3.2 Resultado del diseño de mezcla**3.2.1 Proporciones de materiales por m³****Tabla 13***Diseño efectivo***PROPORCION DE MATERIALES POR M³**

Cemento	375 Kg/m ³
Agregado grueso	965 kg/m ³
Agregado Fino	790 kg/m ³
Agua	210.40 lt/m ³

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Proporciones de materiales por m³

El resultado del Diseño de mezcla de acuerdo al Método de Diseño del Comité 211 del ACI se muestra en la Tabla 14. Los cálculos detallados se encuentran en el Anexo B.

Tabla 14*Dosificación***DISEÑO DE MEZCLA (DOSIFICACION POR VOLUMEN PIE³)**

Cemento	1
Agregado fino	1.60
Agregado grueso	2.60
Agua	25.73 lt

Fuente: Elaboración propia

3.3 Resultados de ensayos a los testigos de concreto.

3.3.1 Resultados de testigos de concreto sin adición de PET

En el Tabla 15 se presenta el resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sin adición de PET. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C.

Tabla 15

Resultados de resistencia a la compresión y asentamiento (patrón)

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO PATRON			
EDAD (DIAS)	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (pulg))
7	154.18	73.42 %	
14	188.15	89.59 %	3 ½"
28	220.01	104.77 %	

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Resultados de testigos de concreto con adición de 5% PET

En la Tabla 16 se presenta el resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de 5% de PET. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C.

Tabla 16

Resultados de resistencia a la compresión y asentamiento (5% PET)

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO CON ADICION 5% PET			
EDAD (DIAS)	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (pulg))
7	144.73	68.92 %	
14	177.48	84.51 %	3 "
28	191.84	91.35 %	

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Resultados de testigos de concreto con adición de 10% PET

En la Tabla 17 se presenta el resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de 10% de PET. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C.

Tabla 17

Resultados de resistencia a la compresión y asentamiento (10% PET)

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO CON ADICION 10% PET			
EDAD (DIAS)	f'cp (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (pulg))
7	141.50	67.40 %	
14	161.10	76.72 %	2 1/2"
28	168.25	80.12 %	

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Resultados de testigos de concreto con adición de 15% PET

En la Tabla 18 se presenta el resumen del ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de 15% de PET. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C.

Tabla 18

Resultados de resistencia a la compresión y asentamiento (15% PET)

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO CON ADICION 15% PET			
EDAD (DIAS)	f'cp (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (pulg))
7	112.80	53.71 %	
14	135.06	64.31 %	1"
28	151.32	72.05 %	

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Comparación de Resistencia a la compresión de testigos sin y con adición de PET

En la figura 4 se aprecia la comparación de los resultados del ensayo Resistencia a la compresión de concreto patrón y concreto con adición de PET en 5%, 10%, 15%.

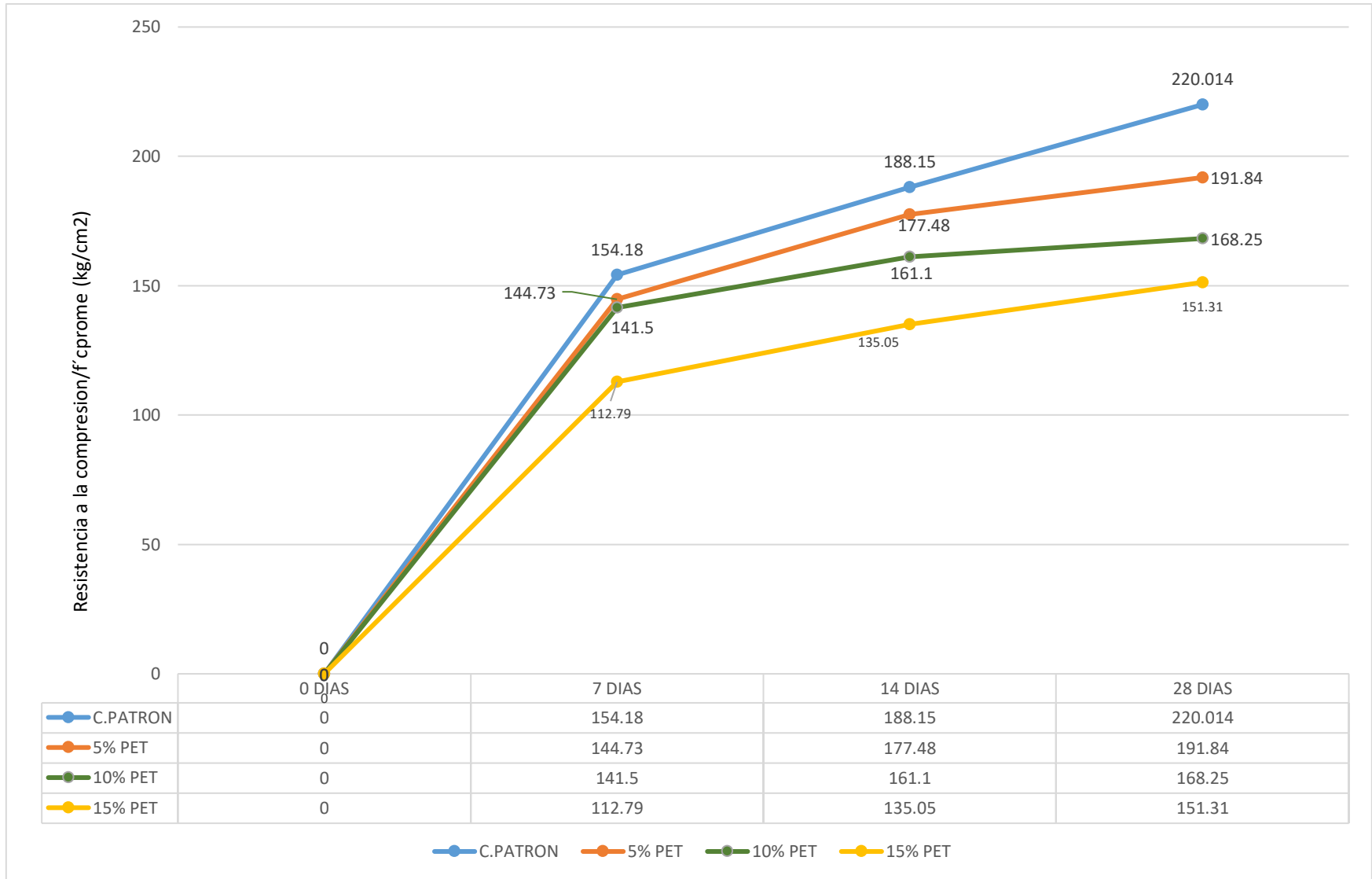


Figura 4. Comparativa de Resistencia a la Compresión (Fuente. Elaboración propia)

3.3.5 Resultados de pesos de muestras.

En la Tabla 19 se presenta el promedio de los resultados de pesos de la muestra Patrón, con adición de 5%, 10% y 15% de PET.

Tabla 19

Resultados de pesos de muestras promedio

RESULTADOS DE PESOS DE TESTIGOS DE CONCRETO	
Muestras	Pesos Prom.
Patrón	12.81
5%PET	12.73
10%PET	12.63
15%PET	12.48

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Análisis y Discusión de Resultados

A continuación, se presenta el análisis, comparación e interpretación y discusión de los resultados obtenidos de los ensayos.

3.4.1 Análisis de resultados de los ensayos al concreto

3.4.1.1 Concreto patrón son adición de PET

Para el concreto patrón, presento un asentamiento de 3 ½”, la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 154.18 kg/cm², 188.15 kg/cm², 220.01 kg/cm².

3.4.1.2 Concreto con adición de plástico PET

Para la muestra de concreto con 5% de PET reciclada presenta un asentamiento de 3”, presenta resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días los siguientes valores respectivamente: 144.73 kg/cm², 177.48 kg/cm², 191.84 kg/cm², y en comparación a los valores: 154.18 kg/cm², 188.15 kg/cm², 220.01 kg/cm²., representa un 94%, 94%, 87% respectivamente, en comparación al concreto patrón.

Para la muestra de concreto con 10% de PET reciclada presenta un asentamiento de 2 ½”, presenta resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días los siguientes valores respectivamente: 141.50 kg/cm², 161.10 kg/cm², 168.25 kg/cm², y en comparación a los valores: 154.18 kg/cm², 188.15 kg/cm², 220.01 kg/cm²., representa un 92%, 86%, 76% respectivamente, en comparación al concreto patrón.

Para la muestra de concreto con 15% de PET reciclada presenta un asentamiento de 1”, presenta como resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días los siguientes valores respectivamente: 112.79 kg/cm², 135.05 kg/cm², 151.31 kg/cm², y en comparación

a los valores: 154.18 kg/cm², 188.15 kg/cm², 220.01 kg/cm²., representa un 73%, 71%, 69% respectivamente, en comparación al concreto patrón.

En la figura 5 se muestra la comparación de las resistencias a la compresión de concreto con adición de PET en porcentajes de 5%, 10%, 15% con respecto al concreto sin adición de PET (Concreto Patrón)

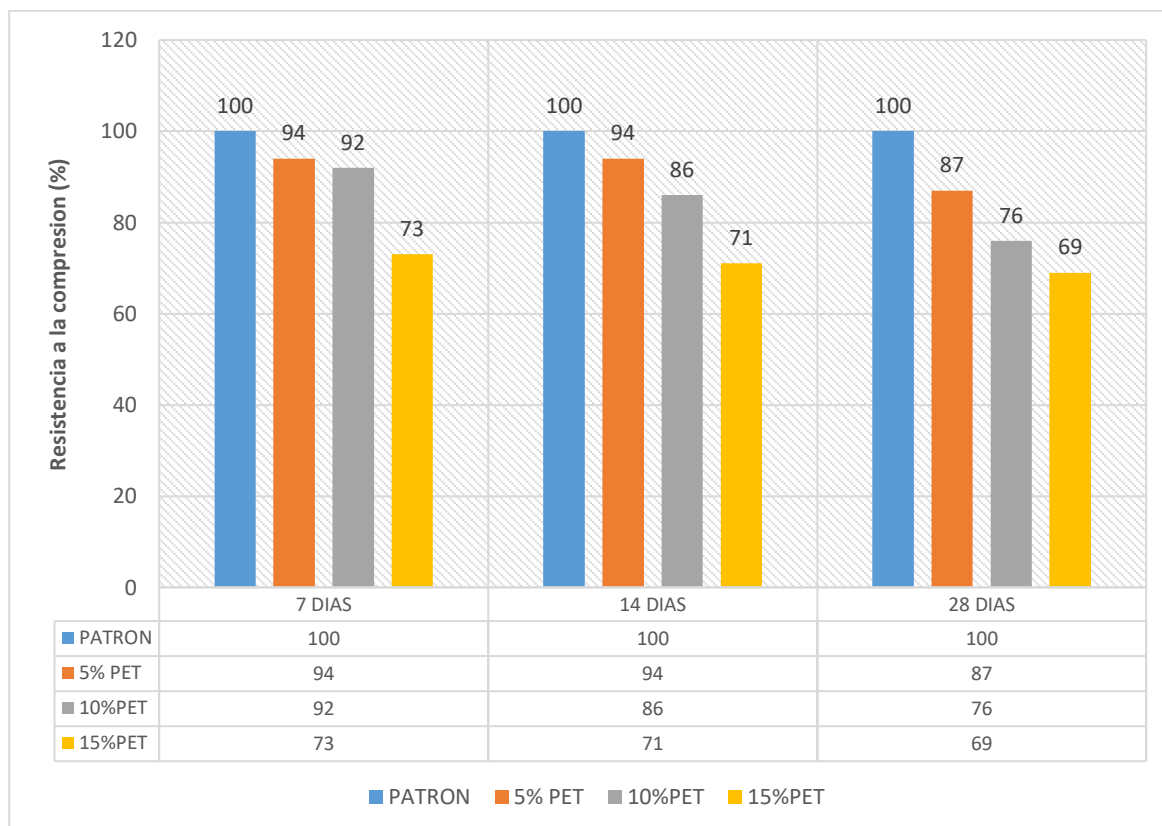


Figura 5. Resistencia a la compresión en porcentaje en relación al C° patrón (Fuente. Elaboración propia)

3.4.2 En relación a la Hipótesis

Siendo la hipótesis de esta tesis: **“Las propiedades físicas-mecánicas del concreto, mejoraran al adicionar material plástico reciclado PET en la mezcla.”**

Para discutir la presente hipótesis se realizó ensayos a la resistencia a la compresión a testigos de concreto, que fueron elaborados en el Laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín, estos testigos de concreto fueron hechos sin y con adición de plástico reciclado PET a porcentajes de 5, 10 y 15 por ciento con respecto al peso del cemento. Los resultados obtenidos en esta investigación nos dicen que al adicionar plástico PET en la elaboración de concreto el asentamiento y la resistencia a la compresión, estas propiedades disminuyeron con respecto al concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$, por lo que la hipótesis planteada es rechazada.

CONCLUSIONES

-La resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días, fue 220.01 kg/cm², y del concreto con adición de 5%, 10%, 15% de PET fue 191.84 kg/cm², 168.25 kg/cm², 151.31 kg/cm² respectivamente, al 5% de adición de PET la resistencia a la compresión se redujo 13% con respecto al Concreto Patrón, al 10% de PET 24% y al 15% de PET 31%.

-Para el concreto patrón se tuvo un asentamiento de 3 ½", para concreto con adición de 5%, 10% y 15% de PET se obtuvo 3", 2 ½" y 1" respectivamente, se concluye que a más incorporación de PET en el concreto el asentamiento disminuye.

-Las muestras de concreto con adición de 5%, 10% y 15% de PET no muestran una variación considerable en peso con respecto a la muestra patrón, reduciéndose el peso en 0.66%, 1.43% y 2.55% respectivamente.

-Con los resultados de esta investigación, el concreto con adición de plástico reciclado PET posee características para uso en la construcción en concreto no estructurales y a su vez es una forma de mitigación ambiental de desechos plásticos.

RECOMENDACIONES

-Como la resistencia a la compresión del concreto con adición de plástico reciclado PET son menores que el concreto patrón, se recomienda realizar pruebas variando dosificaciones, agregando aditivos que mejoren la fluidez y trabajabilidad de la mezcla de concreto con adición de PET, para encontrar la combinación necesario de los elementos de mezcla para mejorar la Resistencia a la Compresión.

-Se recomienda ampliar los estudios a otras propiedades mecánicas del concreto, como la Resistencia a la Flexión, con el fin de comprobar si el plástico reciclado PET en el concreto mejora la Resistencia a la Flexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argueta, A. (2006). *Proyecto de inversión en una planta recicladora de PET en el Estado de Puebla*. Tesis Profesional. Universidad de las Américas Puebla, México.
- BBC Mundo. (2017). *Plástico en el mundo*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40664725>
- Chávez, S. (2003). *Concreto armado*. Tarapoto: UNSM.
- Civilgeeks, C31. (2011). *Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto para pruebas de compresión (resumen ASTM C31)*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/03/31/elaboracion-y-curado-en-obra-de-especimenes-de-concreto-para-pruebas-de-compresion-resumen-astm-c-31>
- Civilgeeks, C39. (2011). *Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto (resumen ASTM C39)*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/04/01/determinacion-del-esfuerzo-de-compresion-en-especimenes-cilindricos-de-concreto-resumen-astm-c-39>
- Departamento de mecánica estructural. (2011). *ASTM C143*. Recuperado de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/REV ENIMIENTO.pdf>
- Echevarría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Méndez, E. (2012). *Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $f'c=150\text{kg/cm}^2$, usado para banquetas, guarniciones y firmes*. Tesina de Especialista en construcción. Universidad Veracruzana, México.
- Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Kansas: McGraw-Hill.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología de concreto*. Lima: CIP.

- QuimiNet. (2005). *Polietileno Tereftalato (PET)*. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>
- Rendón, L. (2008). *Diseños de mezclas de Tereftalato de polietileno (PET)-cemento*. Tesis de pre-grado. Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: ACI Perú.
- Torres, L. (2011). *Manejo de residuos sólidos del ámbito Municipal del Distrito de Cacatachi*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- Villegas, C. (2014). *Tecnología de concreto: Diseño de mezclas para la elaboración de concreto estructural-Método Comité 211 del ACI*. Recuperado de <http://cecfic.uni.edu.pe/archivos/concreto/Metodo%20ACI%20211%20%20MS.%20ING.%20VILLEGAS.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: ENSAYO DE AGREGADOS

A.1. AGREGADO GRUESO

Procedencia cantera "Barthe"- Rio Huallaga

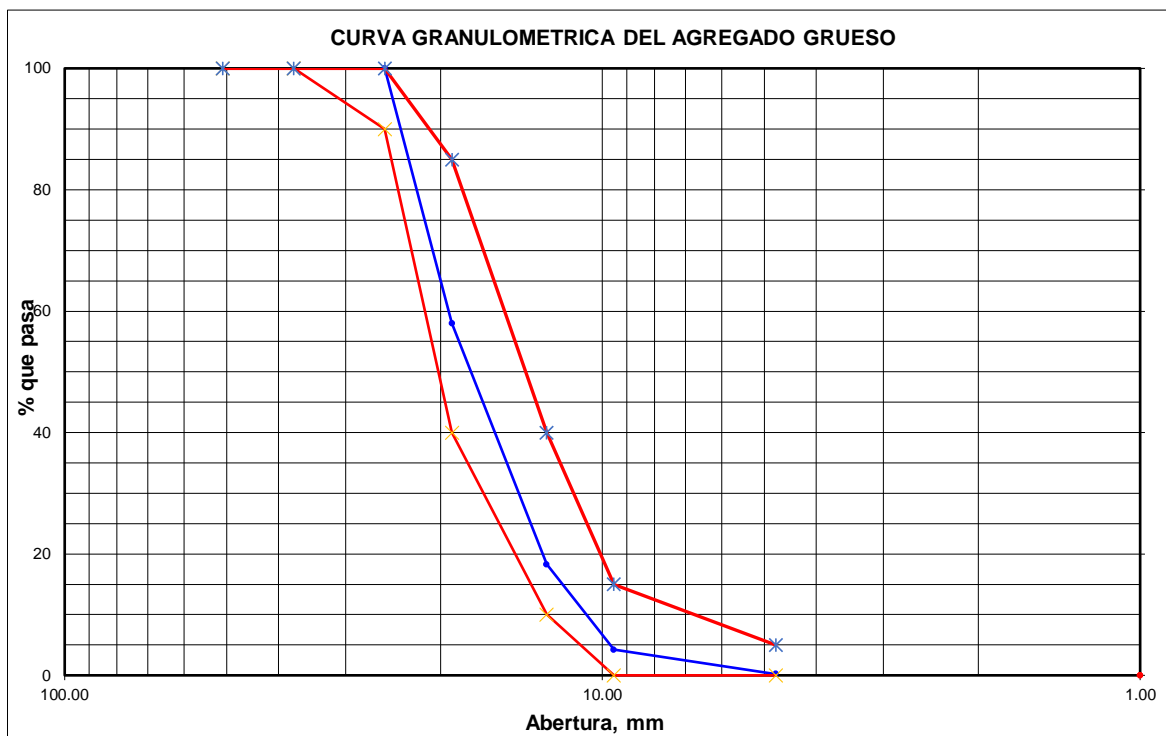
A.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRIA

Peso Inicial Seco, [gr]	11345.00
-------------------------	----------

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
2"	50.800				
1 1/2"	37.500				
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050	4767.00	42.02	42.02	57.98
1/2"	12.700	4509.50	39.75	81.77	18.23
3/8"	9.525	1603.50	14.13	95.90	4.10
N° 4	4.760	454.50	4.00	99.90	0.10
< N° 4	0.000	10.50	0.10	100.00	0.00

A.1.1.1 AGREGADO GRUESO VS ASTM C-33 HUSO467

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 467	
2"			
1 1/2"			
1"	100.00	90	100
3/4"	58.00	40	85
1/2"	18.30	10	40
3/8"	4.20	0	15
N° 4	0.20	0	5
< N° 4	0.20		



A.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA
Peso seco	gr	9121
Peso Húmedo	gr	9156
Contenido de Humedad	%	0.38

A.1.3. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION (ASTM C128)

PROCEDIMIENTO		
1. Peso de muestra secada al horno	[gr]	9085.0
2. Peso de muestra saturada con superficie seca	[gr]	9149.5
3. Peso de muestra saturada dentro del agua	[gr]	5735.0
4. Peso específico de masa	[gr/cc]	2.66
5. Peso específico de masa superficialmente seco	[gr/cc]	2.68
6. Peso específico aparente	[gr/cc]	2.71
7. Porcentaje de absorción	[%]	0.71

A.1.4. PESO UNITARIO (NORMA ASTM C29)

Procedimiento		P.U.S.	P.U.C
1. Peso molde + material	[Kg]	21.359	21.743
2. Peso molde	[Kg]	5.155	5.155
3. Peso del material	[Kg]	16.204	16.588
4. Volumen del molde	[m ³]	0.0095	0.0095
5. Peso Unitario	[Kg/m ³]	1706.00	1746.00

A.2 AGREGADO FINO

Procedencia cantera "Barthe"- Rio Huallaga

A.2.1. ENSAYO DE GRANULOMETRIA

A.2.1.1 GRANULOMETRIA ARENA FINA

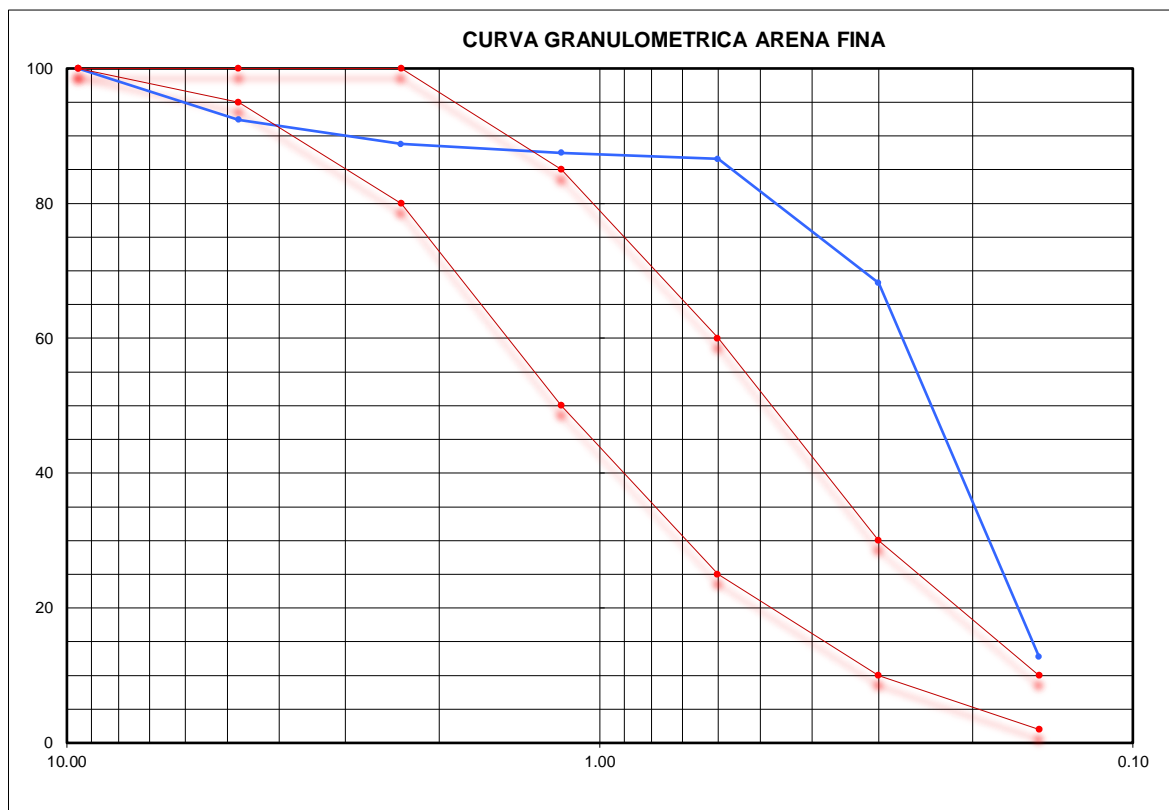
Peso Inicial Seco, [gr]	890
-------------------------	-----

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.760	68.00	7.64	7.64	92.36
N° 8	2.360	32.00	3.59	11.23	88.77
N° 16	1.180	12.00	1.35	12.58	87.42
N° 30	0.600	8.00	0.90	13.48	86.52
N° 50	0.300	164.00	18.43	31.91	68.09
N° 100	0.150	493.00	55.39	87.30	12.70
<N° 100	0.000	113.00	12.70	100.00	0.00

$$\text{Modulo de finura} = \frac{7.64 + 11.23 + 12.58 + 13.48 + 31.91 + 87.30}{100} = 1.64$$

A.2.1.1.1 ARENA FINA VS ASTM C33-83

Mallas	Porcent. Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33	
3/8"	100.00		100
N° 4	92.36	95	100
N° 8	88.77	80	100
N° 16	87.42	50	85
N° 30	86.52	25	60
N° 50	68.09	10	30
N° 100	12.70	2	10
<N° 100	0.00		



A.2.1.2 GRANULOMETRIA AGREGADO FINO TRITURADO

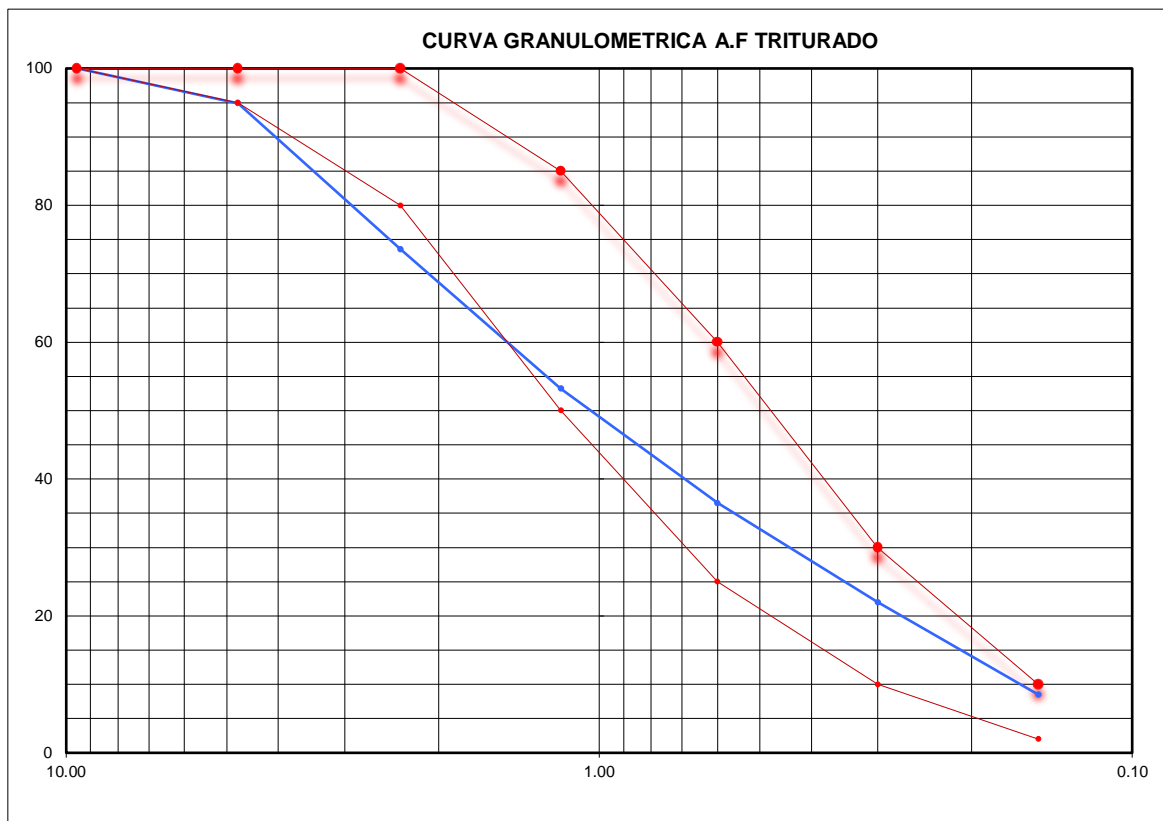
Peso Inicial Seco, [gr]	898
-------------------------	-----

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.760	46.00	5.12	5.12	94.88
N° 8	2.360	191.00	21.27	26.39	73.61
N° 16	1.180	183.00	20.38	46.77	53.23
N° 30	0.600	150.00	16.70	63.47	36.53
N° 50	0.300	130.00	14.48	77.95	22.05
N° 100	0.150	121.00	13.47	91.42	8.58
<N° 100	0.000	77.00	8.58	100.00	0.00

$$\text{Modulo de finura} = \frac{5.12 + 26.39 + 46.77 + 63.47 + 77.95 + 91.42}{100} = 3.11$$

A.2.1.2.1 AGREGADO FINO TRITURADO VS ASTM C33-83

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33	
3/8"	100.00		100
N° 4	94.90	95	100
N° 8	73.60	80	100
N° 16	53.20	50	85
N° 30	36.50	25	60
N° 50	22.00	10	30
N° 100	8.50	2	10
<N° 100	0.10		



A.3.COMBINACION DE AGREGADOS

Según la norma ASTM C33 buscas un módulo de finura que este entre 2.30 y 3.10

$$P_A = \frac{MF_{MEZCLA} - MF_B}{MF_A - MF_B} \times 100$$

Donde:

P_A : Porcentaje de material que tiene que usarse en la mezcla

MF_{MEZCLA} : Modulo de finura de la mezcla de agregados

MF_A : Modulo de Finura de arena fina

MF_B : Modulo de Finura de agregado fino triturado

$$P_A = \frac{2.45 - 3.11}{1.64 - 3.11} \times 100 = 45\%$$

$$P_B = 100 - P_A = 55\%$$

A.3.1 GRANULOMETRIA DE AGREGADOS COMBINADOS

Peso Inicial Seco, [gr]	1000
-------------------------	------

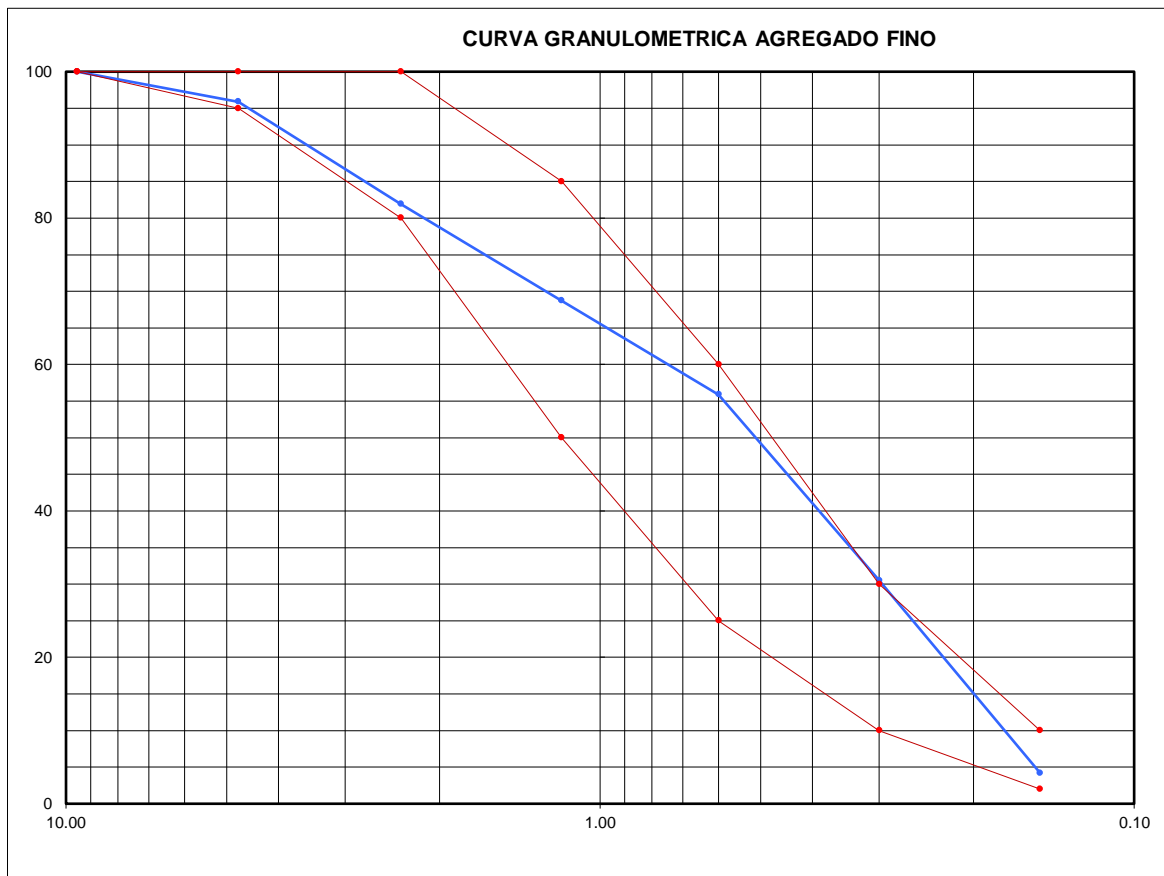
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.760	41.00	4.10	4.10	95.90
N° 8	2.360	140.00	14.00	18.10	81.90
N° 16	1.180	132.00	13.20	31.30	68.70
N° 30	0.600	128.00	12.80	44.10	55.90
N° 50	0.300	254.00	25.40	69.50	30.50
N° 100	0.150	263.00	26.30	95.80	4.20
<N° 100	0.000	42.00	4.20	100.00	0.00

En la práctica se obtuvo con la combinación 45% arena fina 55% A.G triturado

$$\text{Modulo de finura} = \frac{4.1 + 18.1 + 31.3 + 44.1 + 69.5 + 95.8}{100} = 2.63$$

A.3.2 AGREGADO COMBINADO VS ASTM C33-83

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33	
3/8"	100.00		100
N° 4	95.90	95	100
N° 8	81.90	80	100
N° 16	68.70	50	85
N° 30	55.90	25	60
N° 50	30.50	10	30
N° 100	4.20	2	10
<N° 100	0.00		



A.3.3 PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO (NORMA ASTM C 127)

Procedimiento		
1. Peso de arena s.s.s. + fiola + peso del agua	[gr]	955.40
2. Peso de arena s.s.s. + peso de fiola	[gr]	646.98
3. Peso Agua	[gr]	308.42
4. Peso de arena secada al horno + fiola	[gr]	633.18
5. Peso de la fiola N° 01	[gr]	146.98
6. Peso de arena secada al horno	[gr]	486.20
7. Peso de arena s. s. s.	[gr]	500.00
8. Volumen del balón	[cc]	500.00

9. Peso específico de masa	[gr/cc]	2.54
10. Peso específico de masa sup.seco	[gr/cc]	2.61
11. Peso específico aparente	[gr/cc]	2.73
12. Porcentaje de absorción	[%]	2.84

A.3.4 PESO UNITARIO (NORMA ASTM C 29)

Procedimiento		P.U.S.	P.U.C.
1. Peso molde + material	[Kg]	6.131	6.441
2. Peso molde	[Kg]	1.700	1.700
3. Peso del material	[Kg]	4.431	4.741
4. Volumen del molde	[m ³]	0.0028	0.0028
5. Peso Unitario	[Kg/m ³]	1571.00	1681.00
6. Peso Unitario Promedio	[Kg/m ³]	1571.00	1681.00

A.3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA
Peso seco	gr	5372
Peso Húmedo	gr	5410
Contenido de Humedad	%	0.70

A.4 PET RECICLADO

A.4.1 ANALISIS GRANULOMETRICO

Peso Inicial Seco, [gr]	1000
-------------------------	------

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525	5	0.50	0.50	99.50
N° 4	4.760	184.20	18.42	18.92	81.08
N° 8	2.360	521.20	52.12	71.04	28.96
N° 16	1.180	231.90	23.19	94.23	5.77
N° 30	0.600	48.00	4.80	99.03	0.97
N° 50	0.300	8.90	0.89	99.92	0.08
N° 100	0.150	0.80	0.08	100	0.00
<N° 100	0.000	0.00	0.00	100	0.00

ANEXO B: DISEÑO DE MEZCLA

De acuerdo a los resultados de los ensayos elaborados a los agregados tenemos los siguientes datos:

Propiedades Físicas de los agregados	Unidad	Agregado Fino	Agregado Grueso
Porcentaje de Absorción	%	2.84	0.71
Contenido de Humedad	%	0.70	0.38
Peso Especifico	gr/cc	2.54	2.66
Peso Unitario Suelto	Kg/cm ³	1571	1706
Peso Unitario Compacto	Kg/cm ³	1681	1746
Módulo de Finura		2.63	-
Tamaño Máximo	Pulg.		1"
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.		¾"

Siguiendo el Método ACI 211 tenemos:

1. Selección de asentamiento

Para esta tesis se seleccionó de 3 a 4 pulgadas

2. Cálculo de agua y contenido de aire

Asentamiento	Agua en l/m ³ para los TMN de agregado grueso y consistencias indicadas						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Cantidad aproximada de aire atrapado en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Para asentamiento de 3" a 4" y tamaño máximo nominal de ¾" en la tabla obtenemos **agua=205 lts**

Según la tabla la cantidad aproximada de aire atrapado en **porcentaje es de 2**

3. Calculo de la Resistencia Requerida (f'_{cr})

RESISTENCIA ESPECIFICADA f'_c (kg/cm ²)	RESISTENCIA REQUERIDA f'_{cr} (kg/cm ²)
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 85$
$f'_c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1.10 * f'_c + 50$

Teniendo un f'_c de 210kg/cm² para la presente tesis.

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{cr} = 210 + 85$$

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

4. Calculo del cemento

Teniendo el f'_{cr} se procede con la siguiente tabla a calcular la cantidad de cemento.

f'_{cr} (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

$$300 \text{ ----- } 0.55$$

$$295 \text{ ----- } X$$

$$250 \text{ ----- } 0.62$$

$$\frac{300-295}{300-250} = \frac{0.55-X}{0.55-0.62}$$

$$a/c = 0.56$$

$$C = \frac{a}{a/c}$$

Donde:

C: Cantidad de cemento por m³

a: Volumen de agua por m³

a/c: Relación agua/cemento

$$C = \frac{205}{0.56} = 366.07$$

5. Calculo del agregado grueso

Para calcular se usó la siguiente tabla.

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (b/b)				
TMN DEL AGREGADO GRUESO	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
Pulgadas	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

Para TMN de 3/4" y módulo de Fineza de A.F de 2.63

2.80 ----- 0.62

$$2.63 ----- X \quad \frac{2.80-2.63}{2.80-2.60} = \frac{0.62-X}{0.62-0.64}$$

2.60 ----- 0.64 b/b= 0.637

-Cálculo del A.G

$$P = (b/b) \times P.U.C$$

Donde:

P : Peso del agregado grueso por m³

(b/b) : Factor Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

P.U.C : Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

$$P = 0.637 \times 1746 = 1112.202 \text{ kg}$$

-Cálculo de volumen de A.G

$$V = P / (P.E \times 1000)$$

Donde:

V : Volumen del agregado grueso

P : Peso del agregado grueso por 1m³

P. E : Peso Específico del Agregado Grueso

$$V = 1112.202 / (2.66 \times 1000)$$

$$V = 0.41812 \text{ m}^3$$

6. Calculo de volúmenes absolutos

Se obtuvo de la siguiente manera siguiendo la norma ACI 211.1

$$-V(\text{agua}) = P(\text{agua}) / (P.E \text{ agua} \times 1000) \quad (\text{m}^3)$$

$$-V(\text{agua}) = 205.00 / (1.0 \times 1000) = 0.205 \text{ m}^3$$

$$--V(\text{cemento}) = P(\text{cemento}) / (P.E \text{ cemento} \times 1000) \quad (\text{m}^3)$$

$$--V(\text{cemento}) = 366.07 / (3.11 \times 1000) = 0.1177 \text{ m}^3$$

$$---V(\text{A.G}) = P(\text{A.G}) / (P.E(\text{A.G}) \times 1000) \quad (\text{m}^3)$$

$$---V(\text{A.G}) = 0.41812 \text{ m}^3$$

$$----V(\text{aire}) = (\% \text{ aire}) / 100 \quad (\text{m}^3)$$

$$----V(\text{aire}) = 2 / 100 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen parcial} = 0.76082$$

Dónde:

P=Peso

P. E= Peso Especifico

7. Calculo de agregado fino

Teniendo el volumen parcial se usa la siguiente fórmula para el cálculo de agregado fino.

$$V(\text{A.F}) = 1 - [V(\text{agua}) + V(\text{cemento}) + V(\text{aire}) + V(\text{A.G})]$$

$$V(\text{A.F}) = 0.23918 \text{ m}^3$$

Para hallar su peso se usó la siguiente formula:

$$\text{Peso Arena(Kg)} = V(\text{arena}) * P.E \text{ arena} * 1000$$

$$\text{Peso Arena} = 0.23918 * 2.54 * 1000$$

$$\text{Peso Arena} = \mathbf{607.5172 \text{ kg}}$$

7. Corrección por Humedad de Agregados

Se usó las siguientes formula:

$$\text{Agregado Fino(C)(Kg)} = \text{Peso A.F} * (1 + (\% \text{Humedad(A.F)}/100))$$

$$\text{Agregado Fino(C)(Kg)} = 607.5172 * (1 + (0.70/100))$$

$$\text{Agregado Fino(C)} = \mathbf{611.7698 \text{ Kg}}$$

$$\text{Agregado Grueso(C)(Kg)} = \text{Peso A.G} * (1 + (\% \text{Humedad(A.G)}/100))$$

$$\text{Agregado Grueso(C)(Kg)} = 1112.202 * (1 + (0.38/100))$$

$$\text{Agregado Grueso(C)} = \mathbf{1116.4284 \text{ kg}}$$

8. Aporte de agua libre de los agregados

Se usa la siguiente formula:

$$\text{Aporte de humedad A.F} = \text{Peso A.F}(\% \text{Cont. Humedad} - \% \text{absorción})/100$$

$$\text{Aporte de humedad A.F} = 607.5172(0.70 - 2.84)/100$$

$$\text{Aporte de humedad A.F} = \mathbf{-13 \text{ kg}}$$

$$\text{Aporte de humedad A.G} = \text{Peso A.G}(\% \text{Cont. Humedad} - \% \text{absorción})/100$$

$$\text{Aporte de humedad A.G} = 1112.202(0.38 - 0.71)/100$$

$$\text{Aporte de humedad A.G} = \mathbf{-3.67 \text{ kg}}$$

$$\text{Aporte de humedad A.G} + \text{A.F} = -13 - 3.67$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \mathbf{-16.67 \text{ kg}}$$

9. Agua Efectiva

Se usa la siguiente formula:

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad de agregados}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-16.67)$$

$$\text{Agua efectiva} = 221.67 \text{ lts}$$

10. Calculo de proporciones en peso por m³

	PESOS SECOS	PESOS EN OBRA
Cemento	366.07 kg	366.07 kg
Agua	205 lts	221.67 lts
Agregado Fino	607.5172Kg	611.7698 Kg
Agregado Grueso	1112.202 kg	1116.4284 kg

$$1:1.70:3 \quad 25.73 \text{ lts}$$

11. Calculo de proporciones en volumen (pie³)

Materiales por Bolsa de cemento (W.U.O. x 42.5)

W.U. O	PESO x BOLSA	VOLUMEN
Cemento=1	42.5 Kg	1 pie ³
Agua	25.73 lts	25.73lts
Agregado Fino=1.70	72.25 Kg	1.60 pie ³
Agregado Grueso=3	127.5 Kg	2.60 pie ³

$$V(\text{arena}) = 72.25 * 35.31 / 1571 = 1.62$$

$$V(\text{piedra}) = 127.5 * 35.31 / 1706 = 2.63$$

$$1:1.6:2.6 \quad 25.73 \text{ lts}$$

ANEXO C: ENSAYO TESTIGOS DE CONCRETO

C. RESISTENCIA A LA COMPRESION

C.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 DIAS

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos de concreto a 0%, 5%, 10% y 15% a la edad de rotura de 7 días.

Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm2)	F'cp (kg/cm2)	σ (kg/cm2)	CV(%)
P (concreto patrón)	1	35327.250	157.01	154.18	1.702	1.104
	2	34773.750	154.55			
	3	34274.250	152.33			
	4	34429.500	153.02			
	5	34868.250	154.97			
	6	34472.250	153.21			
C (concreto + 5% PET)	1	33072.750	146.99	144.73	4.700	3.248
	2	33954.750	150.91			
	3	32823.000	145.88			
	4	30926.250	137.45			
	5	31797.000	141.32			
	6	32811.750	145.83			
D (concreto + 10% PET)	1	31623.750	140.55	141.5	0.878	0.620
	2	31869.000	141.64			
	3	32017.500	142.3			
	4	32082.750	142.59			
	5	31828.500	141.46			
	6	31601.250	140.45			
F (concreto + 15% PET)	1	26394.750	117.31	112.79	4.178	3.704
	2	24367.500	108.3			
	3	26394.750	117.31			
	4	24626.250	109.45			
	5	26244.000	116.64			
	6	25263.000	112.28			

C.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION 14 DIAS

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos de concreto a 0%, 5%, 10% y 15% a la edad de rotura de 14 días.

Identificación de la muestra	N°	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV(%)
P (concreto patrón)	1	44043.750	195.75	188.15	7.021	3.732
	2	39811.500	176.94			
	3	43144.650	191.75			
	4	41076.000	182.56			
	5	42678.000	189.68			
	6	43247.250	192.21			
C (concreto + 5% PET)	1	39755.250	176.69	177.48	1.162	0.655
	2	39843.000	177.08			
	3	40200.750	178.67			
	4	40290.750	179.07			
	5	39892.500	177.30			
	6	39615.750	176.07			
D (concreto + 10% PET)	1	36220.500	160.98	161.11	0.494	0.307
	2	36342.000	161.52			
	3	36353.250	161.57			
	4	36328.500	161.46			
	5	36175.500	160.78			
	6	36076.500	160.34			
F (concreto + 15% PET)	1	30521.250	135.65	135.06	5.759	4.264
	2	32440.500	144.18			
	3	30242.250	134.41			
	4	28480.500	126.58			
	5	30820.500	136.98			
	6	29823.750	132.55			

C.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION 28 DIAS

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos de concreto a 0%, 5%, 10% y 15% a la edad de rotura de 28 días.

C.3.1 MUESTRA PATRON

Resistencia a la Compresión a los 28 días, Muestra Patrón						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Maxima (kg)	F'c (kg/cm2)	F'cp (kg/cm2)	σ (kg/cm2)	CV(%)
P (concreto patrón)	1	51554.250	229.13	220.01	5.593	2.542
	2	49338.000	219.28			
	3	47871.000	212.76			
	4	50638.500	225.06			
	5	48276.000	214.56			
	6	48372.750	214.99			
	7	48996.000	217.76			
	8	47871.000	212.76			
	9	48521.250	215.65			
	10	48325.500	214.78			
	11	50100.750	222.67			
	12	49396.500	219.54			
	13	49794.750	221.31			
	14	50377.500	223.9			
	15	49956.750	222.03			
	16	50064.750	222.51			
	17	50888.250	226.17			
	18	50159.250	222.93			
	19	50521.500	224.54			
	20	49729.500	221.02			
	21	51268.500	227.86			
	22	48431.250	215.25			
	23	50087.250	222.61			
	24	47380.500	210.58			
	25	48309.750	214.71			
	26	51921.000	230.76			
	27	50247.000	223.32			
	28	48546.000	215.76			
	29	47299.500	210.22			
	30	50845.500	225.98			

C.3.2 MUESTRA CON 5% DE PET

Resistencia a la Compresión a los 28 días, Muestra + 5% PET						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Maxima (kg)	F'c (kg/cm2)	F'cp (kg/cm2)	σ (kg/cm2)	CV(%)
C (concreto + 5% PET)	1	43319.250	192.53	191.84	2.641	1.377
	2	43031.250	191.25			
	3	45119.250	200.53			
	4	43411.500	192.94			
	5	42990.750	191.07			
	6	43141.500	191.74			
	7	42196.500	187.54			
	8	43170.750	191.87			
	9	42176.250	187.45			
	10	43575.750	193.67			
	11	43346.250	192.65			
	12	42174.000	187.44			
	13	44025.750	195.67			
	14	43620.750	193.87			
	15	42601.500	189.34			
	16	43251.750	192.23			
	17	43800.750	194.67			
	18	42347.250	188.21			
	19	43101.000	191.56			
	20	42500.250	188.89			
	21	42734.250	189.93			
	22	43481.250	193.25			
	23	43301.250	192.45			
	24	43123.500	191.66			
	25	43330.500	192.58			
	26	43193.250	191.97			
	27	43112.250	191.61			
	28	43278.750	192.35			
	29	43375.500	192.78			
	30	43116.750	191.63			

C.3.3 MUESTRA CON 10% DE PET

Resistencia a la Compresión a los 28 días, Muestra + 10% PET						
Identificación de la muestra	N°	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV(%)
D (concreto + 10% PET)	1	36373.500	161.66	168.11	2.614	1.555
	2	38308.500	170.26			
	3	37624.500	167.22			
	4	37091.250	164.85			
	5	38445.750	170.87			
	6	36470.250	162.09			
	7	37050.750	164.67			
	8	38200.500	169.78			
	9	37226.250	165.45			
	10	37676.250	167.45			
	11	38101.500	169.34			
	12	37415.250	166.29			
	13	37293.750	165.75			
	14	37872.000	168.32			
	15	38020.500	168.98			
	16	37730.250	167.69			
	17	38346.750	170.43			
	18	38106.000	169.36			
	19	38297.250	170.21			
	20	38693.250	171.97			
	21	38331.000	170.36			
	22	38322.000	170.32			
	23	38295.000	170.20			
	24	38256.750	170.03			
	25	37397.250	166.21			
	26	37671.750	167.43			
	27	38421.000	170.76			
	28	38405.250	170.69			
	29	37651.500	167.34			
	30	37647.000	167.32			

C.3.4 MUESTRA CON 15% DE PET

Resistencia a la Compresión a los 28 días, Muestra + 15% PET						
Identificación de la muestra	N°	Carga Maxima (kg)	F'c (kg/cm2)	F'cp (kg/cm2)	σ (kg/cm2)	CV(%)
F (concreto + 15% PET)	1	33250.500	147.78	151.32	2.585	1.708
	2	33518.250	148.97			
	3	34341.750	152.63			
	4	35370.000	157.20			
	5	33936.750	150.83			
	6	33862.500	150.50			
	7	35176.500	156.34			
	8	34821.000	154.76			
	9	34476.750	153.23			
	10	35003.250	155.57			
	11	33801.750	150.23			
	12	34715.250	154.29			
	13	34526.250	153.45			
	14	33626.250	149.45			
	15	33851.250	150.45			
	16	33651.000	149.56			
	17	33576.750	149.23			
	18	33356.250	148.25			
	19	33151.500	147.34			
	20	33601.500	149.34			
	21	33585.750	149.27			
	22	33572.250	149.21			
	23	34083.000	151.48			
	24	33900.750	150.67			
	25	34076.250	151.45			
	26	34326.000	152.56			
	27	34722.000	154.32			
	28	33601.500	149.34			
	29	33851.250	150.45			
	30	34051.500	151.34			

C.3.5 PESOS DE LOS TESTIGOS

N	PATRON	5% DE PET	10% DE PET	15% DE PET
1	12.917 Kg	12.537 Kg	12.687 Kg	12.504 Kg
2	12.732 Kg	12.747 Kg	12.625 Kg	12.448 Kg
3	12.892 Kg	12.789 Kg	12.604 Kg	12.434 Kg
4	12.777 Kg	12.731 Kg	12.606 Kg	12.48 Kg
5	12.806 Kg	12.748 Kg	12.579 Kg	12.51 Kg
6	12.795 Kg	12.652 Kg	12.586 Kg	12.52 Kg
7	12.912 Kg	12.838 Kg	12.699 Kg	12.539 Kg
8	12.722 Kg	12.901 Kg	12.7 Kg	12.416 Kg
9	12.749 Kg	12.596 Kg	12.567 Kg	12.493 Kg
PROMEDIO	12.81 Kg	12.73 Kg	12.63 Kg	12.48 Kg

ANEXO D: PANEL FOTOGRAFICO

A continuación, se presenta las fotografías de los trabajos realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 1: Selección de muestra de agregado grueso



Foto 2: Selección de muestra de agregado fino



Foto 3: Muestra Saturada de agregado grueso

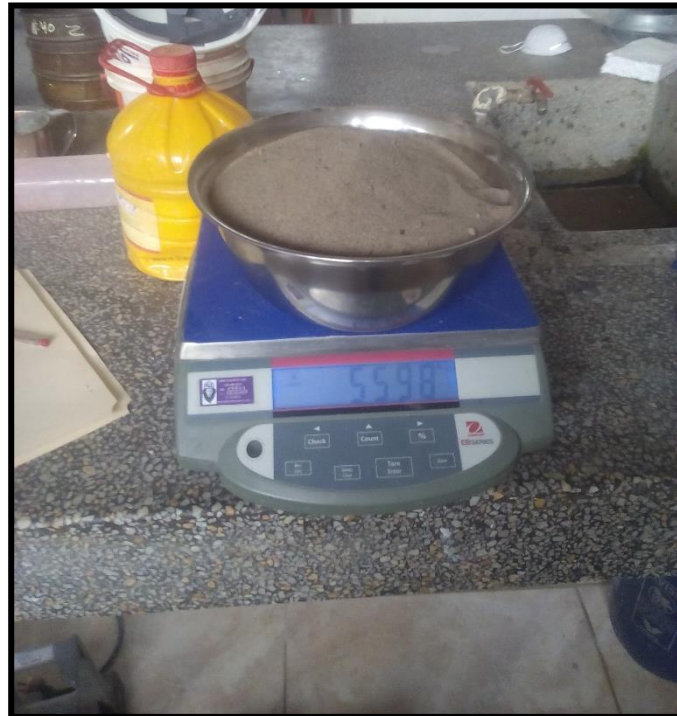


Foto 4: Pesaje de muestra de agregado fino



Foto 5: Análisis granulométrico de los agregados



Foto 6: Tamizado del agregado grueso



Foto 7: Retenido muestra de agregado grueso



Foto 8: Material retenido en el tamiz de agregado fino



Foto 9: Tamizado de finos



Foto 10: Pesaje de muestra retenidas en los tamices



Foto 11: Ensayo de Peso Específico y absorción del agregado grueso



Foto 12: Canastilla sumergida en agua con muestra de agregado grueso



Foto 13: Ensayo de Peso Unitario



Foto 14: Pesaje del molde de ensayo de peso unitario



Foto 15: Peso de muestra húmeda



Foto 16: Muestra colocada en el horno para obtener contenido de humedad



Foto 17: Muestra de agregado fino secada al sol



Foto 18 y 19: Prueba de humedad superficial del agregado fino



Foto 20: Colocación de muestra de agregado fino en el picnómetro



Foto 21: Agitación del picnómetro para ensayo de peso específico del agregado fino



Foto 22: Picnómetro con muestra de agregado fino con adición de agua



Foto 23: Pesaje de picnómetro con muestra de agregado fino



Foto 24: Muestra representativa de plástico triturado PET



Foto 25: Análisis granulométrico de plástico triturado PET



Foto 26: Materiales para la elaboración de probetas de concreto



Foto 27: Muestra de Plástico PET antes del mezclado



Foto 28, 29, 30 y 31: Colocación de materiales en el trompo para la elaboración de concreto patrón y con adición de PET



Foto 33: Colocación de muestra de concreto para elaboración de las probetas



Foto 34: Colocación de muestra de concreto en el cono de Abrams



Foto 35: Ensayo cono de Abrams



Foto 36: Medida de asentamiento de la mezcla de concreto



Foto 37: Colocación de mezcla de concreto en la probeta



Foto 38: Uso de la varilla de acero para distribución uniforme de la mezcla en la probeta



Foto 39: Uso del mazo de goma para quitar aire de la mezcla de concreto



Foto 40: Acabado final de los testigos de concreto



Foto 41: Desmoldado de las probetas



Foto 42: Pesaje de los testigos de concreto



Foto 43: Almacenamiento de los testigos de concreto en la piscina de agua



Foto 44: Ensayo de resistencia a la compresión hecha a los testigos de concreto

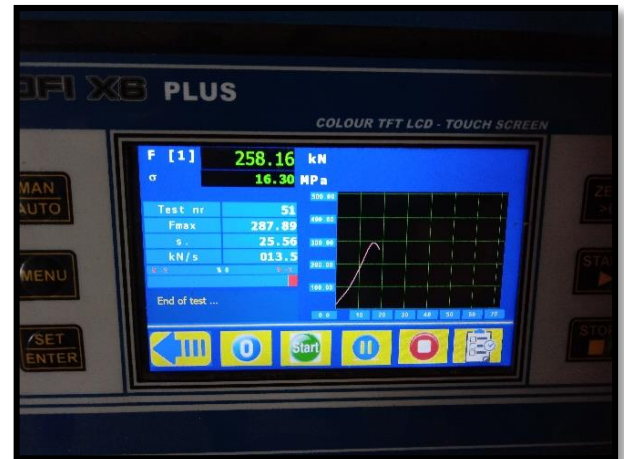
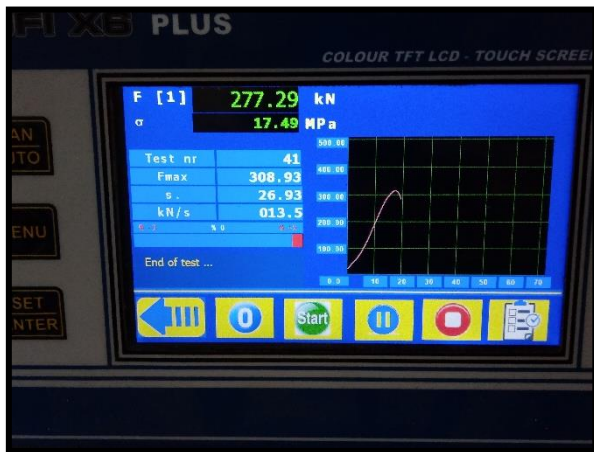


Foto 45 y 46: Datos obtenidos de la rotura de testigos de concreto en la prensa hidraulica



Foto 47: Registro de las cargas máximas de rotura



Foto 48: Falla típica del testigo con adición de plástico PET



Foto 49: Rotura de testigo de concreto con adición de 5% de PET



Foto 50: Rotura de testigo de concreto con adición de 10% de PET



Foto 51: Falla de rotura del testigo de concreto con adición de 15% de PET