

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO FINO POR HDPE RECICLADO EN DIFERENTES PORCENTAJES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jonathan Alexander Marín Cabrera

Asesor:

Ing. Dr. Miguel Angel, Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y por haberme dado salud y fuerzas para lograr mis objetivos además de su infinita bondad y amor. A mi padre Fidel Marín Paredes, el hombre que ha sido un ejemplo de esfuerzo y superación. A mi madre Blanca Noelina Cabrera Cruzado, la mujer que me apoyo en todos estos años, por su infinito amor, cariño, y comprensión. Y a mis hermanos Neyli, Jhon, Edwin y Edson por ser las mejores personas que me han estado siempre a mi lado brindándome su apoyo, guiado con su ejemplo y dedicación que han hecho de mí una persona correcta en la vida.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y por guiarme siempre con sus consejos para seguir adelante y cumplir con mis metas.

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su amabilidad disponible para compartir su experiencia y su amplio conocimiento, por su orientación, su apoyo en el seguimiento y el asesoramiento continuo de esta investigación.

A todos los ingenieros de la universidad Privada del Norte que formaron parte de esta etapa de mi vida y guiarme con sus experiencias y conocimientos para ser un profesional de bien.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
1.4. HIPÓTESIS	24
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	25
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS).....	25
2.2.1 UNIDAD DE ESTUDIO:	25
2.2.2 POBLACIÓN:	25
2.2.3 MUESTRA:	25
2.2.3 VARIABLES:	26
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	27
2.3.1 TOMA DE MUESTRAS	28
2.3.2 PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29

2.3.3 PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	31
2.3.3.1 Elaborar especímenes de concreto al reemplazar el agregado fino por HDPE reciclado al 0.50 %, 1.00% y 1.50%, con respecto al volumen.	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS	40
3.1 ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	40
3.2 RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO	47
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	55
4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
4.2 CONCLUSIONES.....	57
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS.....	62
PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE LOS AGREGADOS (FINO Y GRUESO) DE LA CANTERA LA VICTORIA – CAJAMARCA	¡Error! Marcador no definido.
DISEÑO DE MESCLAS DE CONCRETO $f'c 210 \text{ K/G CM}^2$ METODO ACI. ¡Error! Marcador no definido.	
PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 7 DIAS DE CURADO.....	¡Error! Marcador no definido.
PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 14 DIAS DE CURADO.....	¡Error! Marcador no definido.
PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 28 DIAS DE CURADO.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: CARACTERÍSTICAS Y ASPECTOS DEL CONCRETO.....	13
TABLA N° 2: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HDPE	17
TABLA N° 3: PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.....	22
TABLA N° 4: NÚMERO DE MUESTRAS POR ENSAYOS	26
TABLA N° 5: TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	26
TABLA N° 6: TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	27
TABLA N° 7: TOLERANCIA DE EDAD DE ENSAYO DE LOS ESPECÍMENES.	39
TABLA N° 8: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO OBTENIDAS DE LABORATORIO.....	40
TABLA N° 9:PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO OBTENIDAS DE LABORATORIO.....	40
TABLA N° 10: CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO.....	41
TABLA N° 11: CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO	41
Tabla N° 12: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO	42
TABLA N° 13: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO	43
TABLA N° 14: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS	44
TABLA N° 15: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS...	44
TABLA N° 16: PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.....	45
TABLA N° 17: PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO	46
TABLA N° 18: ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS	46
TABLA N° 19: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PC A LOS 7 DÍAS.....	47
TABLA N° 20: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PC A LOS 14 DÍAS.....	49
TABLA N° 21: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PC A LOS 28 DÍAS.....	51
TABLA N° 22: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 07, 14 Y 28 DÍAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE HDPE.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN N°: 1 RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	15
ILUSTRACIÓN N° 2: NOMENCLATURA Y ESTRUCTURA DEL HDPE	17
ILUSTRACIÓN N° 3: FIBRAS DE HDPE FORMIN.	20
ILUSTRACIÓN N° 4: FIBRAS DE HDPE RECICLADO	21
ILUSTRACIÓN N° 5 : MODELO DE PROTOCOLO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	28
ILUSTRACIÓN N° 6:UBICACIÓN DE CAJAMARCA CON RESPECTO AL PERÚ	30
ILUSTRACIÓN N° 7:UBICACIÓN DE LA CANTERA “LA VICTORIA” CAJAMARCA	30
ILUSTRACIÓN N° 8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO	42
ILUSTRACIÓN N° 9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO	43
ILUSTRACIÓN N° 10: RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	48
ILUSTRACIÓN N° 11:RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS.....	50
ILUSTRACIÓN N° 12: RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍA.....	52
ILUSTRACIÓN N° 13:RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 07, 14 Y 28 DÍAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE HDPE	53
ILUSTRACIÓN N° 14: COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS.	54
ILUSTRACIÓN N° 13:SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA LA VICTORIA	62
ILUSTRACIÓN N° 14:SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA LA VICTORIA	63
ilustración n° 15: elaboración de ensayo gravedad especifica.	64
ILUSTRACIÓN N° 16: ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO....	65
ILUSTRACIÓN N° 17: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS.	66
ILUSTRACIÓN N° 18: SLUMP DEL DISEÑO DE MEZCLAS.	67
ILUSTRACIÓN N° 19: PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO.	68
ILUSTRACIÓN N° 20: ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS REMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON HDPE.....	69
ILUSTRACIÓN N° 21: ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	70
ILUSTRACIÓN N° 22: CURADO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.....	71
ILUSTRACIÓN N° 23: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	72

ILUSTRACIÓN N° 24: DEFORMACIÓN DE ESPECÍMENES DESPUÉS DE SER SOMETIDOS A COMPRESIÓN AXIAL.....	73
ILUSTRACIÓN N° 25: DEFORMACIÓN DE ESPECÍMENES DESPUÉS DE SER SOMETIDOS A COMPRESIÓN AXIAL.....	74
ILUSTRACIÓN N° 26: SUPERVISIÓN DEL ASESOR EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN. .	75
ILUSTRACIÓN N° 27: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CON EL COORDINADOR DE LABORATORIO.....	76

RESUMEN

Esta investigación tuvo la finalidad de determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al reemplazar el agregado fino por HDPE reciclado en diferentes porcentajes (0.5%, 1% y 1.5%). Se analizó las propiedades físico-mecánica de los agregados de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.037/ASTM C33. Para esta investigación se utilizó agregados de la cantera “La Victoria” y cemento portland tipo I. La metodología para el uso del HDPE reciclado como agregado fino consistió en preparar una mezcla de concreto de una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con diferentes porcentajes de HDPE reciclado, realizándose luego el diseño de mezclas empleando el método ACI 21, para finalmente elaborar las 72 probetas de acuerdo a la NTP 339/ ASTM C39, siendo todo estas sometidas a la prueba de compresión. Se realizó los ensayos a los 7, 14 y 28 días de curado, correspondiendo a la máxima resistencia al reemplazar el 1% de HDPE a los 28 días con una resistencia de 276.82 kg/cm^2 incrementando la resistencia en un 11.23% cumpliendo la hipótesis planteada en la investigación.

Palabras clave: Variación, reemplazar, reciclado, compresión y concreto.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El concreto es un material de construcción que se aplica ampliamente en todo el mundo. La popularidad del concreto convencional u hormigón de cemento Portland se debe a sus muchas ventajas, como la alta resistencia a la compresión o el bajo costo. Por otro lado, el uso de materiales de desecho procedentes de la demolición puede contribuir al desarrollo sostenible de la población.

El concreto según la norma E0.60 del RNE (2014) es *“una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”*, es uno de los materiales más usados en nuestro medio local y se sabe que este material aumenta su resistencia con el paso del tiempo, según la norma ACI 318, (1992) *“el curado es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor”* (E0.60 - RNE, 2009, p.14).

Como nos indica el autor Soto, (1999). A nivel internacional se determina que el concreto está muy ligada con la historia del cemento, para ser más específicos con el material cementante, que desde tiempos remotos ha servido para dar mayor resistencia, ante los agentes de intemperismo, a la construcción de viviendas, templos, palacios, etc. y por ende a una mayor comodidad social.

En su revista de Bozorg, Haddad, Iskander, & Chen, (2012) nos indican que el HDPE se ha utilizado con éxito en geosintéticos, y existen métodos para predecir su deformación, prácticamente no hay datos sobre la deformación por compresión del HDPE reciclado que pueda utilizarse para calibrar modelos predictivos de deformación

de pilotes. Además, debido a que el HDPE exhibe un comportamiento viscoelástico - viscoplástico, su resistencia final depende de la velocidad de carga, lo que dificulta la determinación de la fuerza de trabajo. Estos dos factores han contribuido a la renuencia de los diseñadores estructurales a emplear para aplicaciones de carga. (p. 26)

El uso de agregados reciclados reduce significativamente el agotamiento de los agregados naturales. Es por ello que en el artículo de *Assessing the potential of functionally graded concrete using fibre reinforced and recycled aggregate concrete* nos mencionan que a pesar de que el hormigón de cemento Portland ordinario presenta un bajo rendimiento en tensión y un impacto negativo en el entorno natural, es el material de construcción más utilizado. Los investigadores han notado que el uso de fibras como refuerzo y agregados reciclados, en lugar de los naturales, puede minimizar estos problemas. (Liu, Yan, Galobardes, & Sikora, 2018, p. 9)

Los resultados de investigaciones previas aplicadas a la investigación que se está planteando al reemplazar material reciclado en un cierto porcentaje por agregado, en la mayoría de investigaciones nos indican que, “la evaluación del hormigón elaborado con agregados reciclados, han mostrado que tales materiales pueden ser un sustituto satisfactorio y económico de los agregados convencionales, abriendo una nueva perspectiva en la ingeniería, especialmente en el campo de la construcción con una visión ambiental”. (Hincapié Henao & Aguja López, 2003, p. 77)

En la esta investigación los posibles beneficios de ingeniería de la aplicación pionera de fibras plásticas de polietileno de alta densidad (HDPE) recicladas simplemente extruidas en concreto estructural. Las propiedades mecánicas y de servicio del concreto se estudian a través de la prueba de siete series de muestras: una hecha de concreto liso y para cada uno de los dos diámetros de fibra $\text{Ø} 1 \frac{1}{4} 0:25 \text{ mm}$ y $\text{Ø} 2 \frac{1}{4} 0:40 \text{ mm}$, tres series con 0.40 %, 0,75% y 1,25% en volumen de fibras. Mientras

que la resistencia a la compresión y el módulo elástico del hormigón no se vieron afectados, la resistencia a la tracción y el módulo de flexión (ruptura) aumentaron marginalmente, entre 3% y 14% en presencia de fibras de HDPE. (Pešić, Zivanovic, Garcia, & Papastergiou, 2016, p. 9)

El polietileno de alta densidad (HDPE) presenta una mayor resistencia mecánica y soporta temperaturas entre los -200°C y los 1000°C . Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad. Se emplea en la construcción también para fabricar prótesis, envases, bombonas para gases y contenedores de agua y combustible y tuberías (Atamari Chahuara, 2013, p. 59)

Con las investigaciones anteriores nos permitirán dar un mejor aporte a solucionar los problemas que nos aquejan que son de los desechos de materiales y aun más de los plásticos, ya que en esta investigación se trata de reutilizar el HDPE como un agregado, “siendo el diseño de hormigón con agregados procedentes de residuos reciclados con la finalidad de reducir el consumo de recursos naturales y en la medida de lo posible conseguir una mejora de las propiedades de los conglomerados” (Vicente, Bayarri, & Pérez, 2018).

Los residuos de las ciudades constituyen un problema difícil de solucionar y que la mayor parte son enterrados, desde el punto de vista económica y ambiental no es el adecuado porque gran parte de los residuos plásticos son biodegradables. He ahí donde surge “*el reciclaje en la Industria del Plástico comienza como una necesidad de recuperar el desperdicio y las mermas de las distintas líneas de producción*”. (Márquez & Conde, 2007)

La presente investigación, trata en lo posible de usar materiales provenientes de desechos sólidos, tales como los residuos producidos en obras de saneamiento,

mejoramiento y construcción, en este caso principalmente el HDPE, para emplearlos como agregado fino en el concreto. La finalidad, es darles un uso en el área de la construcción, ya que con esto se ayudaría a mejorar el entorno ambiental que nos rodea.

En este contexto, esta investigación se basa y busca averiguar los posibles efectos y la variación de la resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al reemplazar el HDPE reciclado por agregado fino. Siendo reemplazando este material en 0.5%, 1 % y 1.5%, de la dosificación en volumen, para identificar si sería recomendable usarlo en la construcción civiles tales como edificaciones, obras de arte en la ciudad de Cajamarca.

EL CONCRETO

El concreto convencional es básicamente mezclar en “*ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes*”, creando una masa similar a las de las rocas lo que “*lo hace un material ideal para la construcción*”, es así como nos indica en su artículo de (López R., 2008)

TABLA N° 1: CARACTERÍSTICAS Y ASPECTOS DEL CONCRETO

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	ASPECTOS INFLUIDOS EN EL CONCRETO	
	CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
	<i>Manejabilidad</i>	<i>Resistencia mecánica</i>
Granulometría	<i>Requerimiento de agua</i>	<i>Cambios volumétricos</i>
	<i>Sangrado</i>	<i>Economía</i>

<i>Limpieza (materia orgánica, limo, arcilla y otros finos indeseables)</i>	<i>Requerimientos de agua</i> <i>Contracción plástica</i>	<i>Durabilidad</i> <i>Resistencia mecánica</i> <i>Cambios volumétricos</i>
<i>Densidad (gravedad específica)</i>	<i>Peso unitario</i>	<i>Peso unitario</i>
<i>Sanidad</i>	<i>Requerimiento de agua</i>	<i>Durabilidad</i>
<i>Absorción y porosidad</i>	<i>Pérdida de revenimiento</i> <i>Contracción plástica</i>	<i>Durabilidad</i> <i>permeabilidad</i>
<i>Forma de partículas</i>	<i>Manejabilidad</i> <i>Requerimiento de agua</i> <i>sangrado</i>	<i>Resistencia mecánica</i> <i>Cambios volumétricos</i> <i>Economía</i>
<i>Textura superficial</i>	<i>Manejabilidad</i> <i>Requerimiento de agua</i>	<i>Durabilidad</i> <i>Resistencia al desgaste</i>
<i>Tamaño máximo</i>	<i>Segregación</i> <i>Peso unitario</i> <i>Requerimiento de agua</i>	<i>Resistencia mecánica</i> <i>Cambios volumétricos</i> <i>Peso unitario</i> <i>permeabilidad</i>
<i>Reactividad con los álcalis</i>		<i>Durabilidad</i>
<i>Módulo de elasticidad</i>		<i>Módulo de elasticidad</i> <i>Cambios volumétricos</i>
<i>Resistencia a la abrasión</i>		<i>Resistencia a la abrasión</i> <i>Durabilidad</i>
<i>Resistencia mecánica (por aplastamiento)</i>		<i>Resistencia mecánica</i>
<i>Partículas friables y terrones de arcillas</i>	<i>Contracción plástica</i>	<i>Resistencia a la abrasión</i> <i>Durabilidad</i>
<i>Coefficiente de expansión</i>		<i>Propiedades térmicas</i>

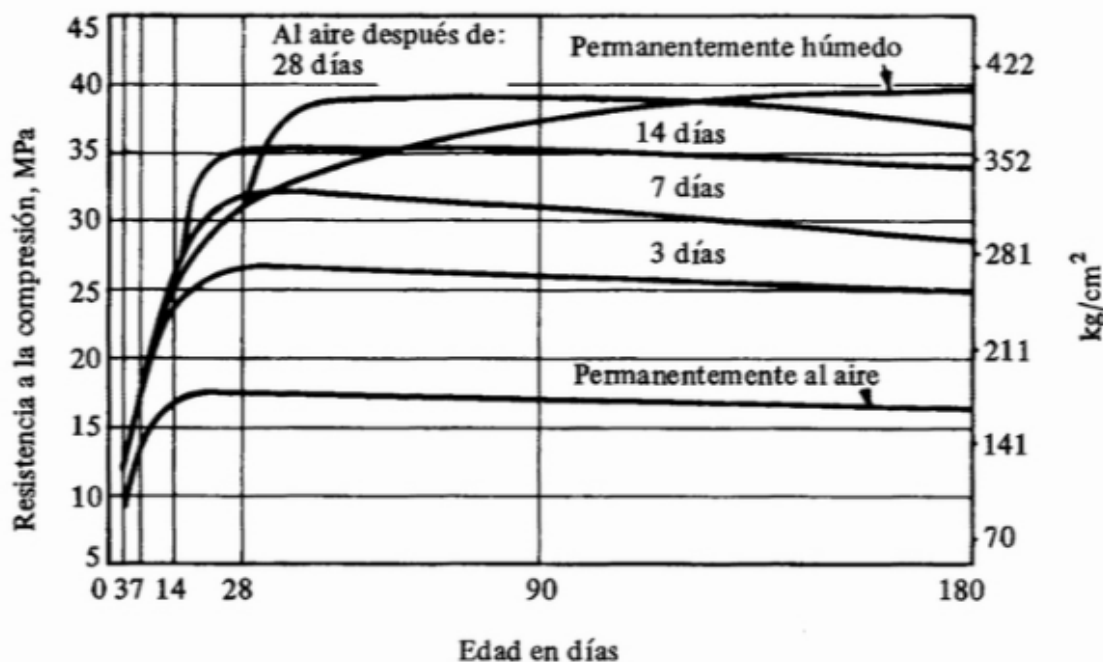
Fuente: (Roque, 2012)

En la tabla N°01 antes presentada podemos observar las principales características y aspectos del concreto fresco y endurecido.

Asimismo, también tenemos a Solis & Eric, (2005) quien en sus artículos nos indica que: *“La influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto”*

Como se puede observar en la ilustración la relación entre la resistencia y el tiempo de curado.

ILUSTRACIÓN N°: 1 RESISTENCIA DEL CONCRETO



Fuente: (Solis & Eric, 2005)

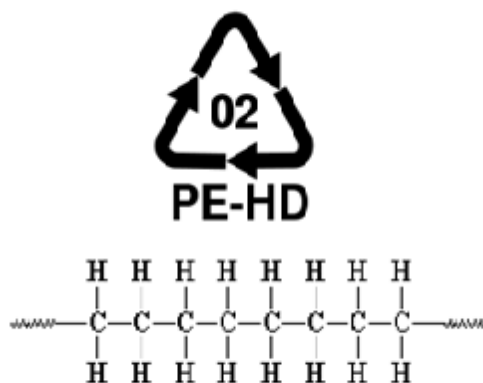
El polietileno de alta densidad (HDPE)

El polietileno es el material más utilizado hoy en los proyectos de saneamiento por su durabilidad, por la trabajabilidad y por la calidad que ofrece ya que *“es un polímero sintético, termoplástico miembro de las poliolefinas Obtenido a partir de una reacción conocida con el nombre de polimerización del Polietileno elaborado a partir de etano, un componente del gas natural”*. (GIRÓN, 2005)

El Polietileno de Alta Densidad de color negro contiene de 2 a 3% de negro de humo dispersado en la masa y antioxidantes que les otorgan una gran resistencia a los rayos ultravioleta. El alto peso molecular y una distribución molecular estrecha le dan propiedades físicas muy estables difíciles de lograr con otros materiales termoplásticos. (PR- COM- 109- I327, 2011)

Como se puede observar el símbolo de los objetos fabricados con polietileno de alta densidad o (HDPE) “*se identifican, en el sistema de identificación americano SPI (Society of The Plastics Industry)*”, como lo podemos ver en la ilustración N°2 y asimismo nos presenta con más claridad una mayor “resistencia mecánica y soporta temperaturas entre los -200°C y los 100°C . Así mismo *se* obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas (1-200 atm), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina (procesos Phillips y Standard Oil)”. Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad. Se emplea en la construcción y también para fabricar prótesis, envases, bombonas para gases y contenedores de agua y combustible y tuberías. (Atamari Chahuara & Condorpocco Huaman, 2013)

ILUSTRACIÓN N° 2: NOMENCLATURA Y ESTRUCTURA DEL HDPE



Fuente: (Raymond Chang Willams, 2002)

TABLA N° 2: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HDPE

<i>PROPIEDADES</i>	<i>HDPE</i>
<i>Modulo Elástico E (Nmm2)</i>	<i>1000</i>
<i>Coefficiente de fricción</i>	<i>0.29</i>
<i>Módulo de Tracción (GPa)</i>	<i>0.5-1.2</i>
<i>Relación de Poisson</i>	<i>0.46</i>
<i>Resistencia a Tracción (MPa)</i>	<i>15-40</i>
<i>Esfuerzo de Rotura (Nmm2)</i>	<i>20-30</i>
<i>Elongación a Ruptura (%)</i>	<i>12</i>
<i>Temperatura máxima de utilización(°C)</i>	<i>55-120</i>
<i>Temperatura de reblandecimiento (°C)</i>	<i>140</i>
<i>Temperatura de cristalización (°C)</i>	<i>130-135</i>
<i>Resistencia a los ácidos –concentrados</i>	<i>Buena - Aceptable</i>
<i>Resistencia a los ácidos –diluidos</i>	<i>Buena</i>
<i>Resistencia – Álcalis</i>	<i>Buena</i>
<i>Resistencia a los Alcoholes</i>	<i>Buena</i>
<i>Resistencia a las Cetonas</i>	<i>Buena - Aceptable</i>
<i>Resistencia a las Grasas y Aceites</i>	<i>Buena - Aceptable</i>

Fuente: (Shackelford, 2005)

Uso de las fibras:

Las fibras se han utilizado como refuerzo desde la antigüedad. Históricamente, los pelos de caballo se utilizaban en el mortero y la paja en ladrillos de barro. A principios de 1900, las fibras de asbesto (amianto) se utilizaban en el concreto, y, en la década de 1950 surge el concepto de materiales compuestos y el concreto reforzado con fibras fue uno de los temas de interés. Había una necesidad de encontrar un reemplazo para el amianto utilizado en materiales de construcción de concreto y otros, una vez que los riesgos para la salud asociados con la sustancia fueron descubiertos (López J. , 2015).

Clasificación de las fibras

“Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones. Hoy en día se emplean principalmente dos tipos de clasificación” (Patazca & Tafur, 2013).

Por material

a) Fibras metálicas: *“Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón)”* (Patazca & Tafur, 2013).

b) Fibras sintéticas: *“Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Polietileno, Nylon, Poliester etc.”* (Patazca & Tafur, 2013).

- c) **Fibras de vidrio:** La fibra de vidrio está elaborada a partir de las materias primas tradicionales necesarias para la fabricación del vidrio: sílice, cal, alúmina y magnesita. A estos constituyentes de base se añaden, según los tipos de vidrio, dosis extremadamente precisas de ciertos óxidos (Miravete A., 1995).
- d) **Fibras naturales:** *“Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%”* (Patazca & Tafur, 2013)

Fibras sintéticas

“Las fibras sintéticas son las fibras que se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles”.

“Los tipos de fibras usadas en concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno. Las fibras sintéticas pueden reducir la retracción plástica y consecuentemente la fisuración y pueden ayudar al concreto después que se fisura” (Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, & Panarese, 2004).

Los problemas asociados con fibras sintéticas incluyen:

- *“Baja adherencia fibra-matriz”.*
- *“Pruebas de desempeño no concluyentes para volúmenes bajos de fibras de polietileno, polipropileno, poliéster y nylon.”*
- *“Bajo módulo de elasticidad de las fibras de polipropileno y polietileno”*
- *“El alto coste de las fibras de carbón y aramida.”*

Fibras de polietileno:

El polietileno (HDPE) es el polímero termoplástico, que se obtiene del plástico más barato y su color es negro.

Las fibras de polietileno son fibras sintéticas y se fabrican a partir de polímeros tales como las poliolefinas (polipropileno y polietileno), la poliamida (nylon) y el poliéster. Las poliolefinas se usan en la producción de materiales compuestos cemento/mortero, aunque también se utilizan junto con la poliamida y el poliéster en materiales geosintéticos (Miravete A., 1995).

Las fibras de Polietileno, *“se producen de forma cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como filmes y cintas. Estas fibras se componen de finas fibrillas de sección transversal rectangular”* (Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, & Panarese, 2004).

ILUSTRACIÓN N° 3: FIBRAS DE HDPE FORMIN.



Fuente: (Formin, 2018).

ILUSTRACIÓN N° 4: FIBRAS DE HDPE



En la ilustración N° 4 podemos observar las fibras del polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado las que han sido utilizadas para la fabricación de nuestros especímenes cilíndricos, con las dosificaciones establecidas que es el reemplazo del agregado fino en los porcentajes de 0.5 %, 1.00% y 1.50%.

Por otro lado también tenemos a Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, & Panarese,(2004) que nos indica que *“La presencia de las fibras de HDPE reciclado en el concreto puede reducir el revenimiento (asentamiento) o la sedimentación de las partículas de agregados, así, reduciendo los canales capilares de sangrado (exudación)”*.

Los nuevos desarrollos muestran que las fibras de polímeros son capaces de fibrillar durante el mezclado si son producidas con ambas resinas de polipropileno y polietileno. Los dos polímeros son incompatibles y tienden a separarse cuando son manipulados (Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, & Panarese, 2004).

Propiedades físicas

El Polietileno de alta densidad tiene una densidad como se observa en la tabla siguiente de 0.941 – 0.965 g/cm³; presenta un alto grado de cristalinidad, siendo así un material opaco y de aspecto ceroso: la transmitancia de este plástico es de cero a cuarenta por ciento, dependiendo del espesor. (GIRÓN, 2005)

TABLA N° 3: PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

<i>Propiedades</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>
<i>Densidad</i>	<i>g/cm³</i>	<i>0.941 – 0.965</i>
<i>Absorción de Agua</i>	<i>mg a 96 h</i>	<i><0.5</i>
<i>Contracción</i>	<i>%</i>	<i>1.5 – 3</i>
<i>Resistencia a la tensión al Cede</i>	<i>N/mm²</i>	<i>18 – 35</i>
<i>Elongación Punto de Ruptura</i>	<i>%</i>	<i>1000</i>
<i>Resistencia al impacto Ranurado I</i>		
<i>A 20 C</i>	<i>KJ/m</i>	<i>No rompe –6</i>
<i>A –20 C</i>	<i>KJ/m</i>	<i>>5</i>
<i>Temperatura de Defección</i>		
<i>1.86 N/mm²</i>	<i>C°</i>	<i>50</i>
<i>0.45 N/mm²</i>	<i>C°</i>	<i>75</i>
<i>Resistencia Dieléctrica</i>	<i>KV/cm</i>	<i>>600</i>

Fuente: (GIRÓN, 2005)

NORMATIVA DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA (ASTM C1116 / NTP 339.204)

La norma clasifica el concreto reforzado con fibra según el tipo del material de la fibra incorporado.

Tipo I concreto o concreto proyectado con fibras de acero de refuerzo: contienen aleación de acero, acero inoxidable o fibras de acero al carbono.

Tipo II concreto o concreto proyectado con fibras de vidrio de refuerzo: contiene fibras de vidrio resistente a los álcalis.

Tipo III concreto o concreto proyectado con fibras sintéticas de refuerzo: contienen fibras sintéticas para las cuales la documentación evidencia que pueden ser producidas asegurando su resistencia al deterioro en términos de longitud, cuando están en contacto con la humedad y los álcalis presentes en la pasta de cemento o sustancias presentes en el aire atrapado y aditivos químicos.

Las fibras que tienen polivinilos (polipropileno y polietileno), nylon, y carbón han mostrado ser durables en el concreto.

Justificando el desarrollo del presente trabajo se permitirá adoptar una nueva técnica de reutilización de productos que conllevan a una solución ecologistas para intentar, no solo mejorara la calidad de vida de la población, sino también evitando la contaminación ambiental. Siendo una de las posibles soluciones para evitar la contaminación con desechos de plásticos es utilizarlo en el concreto convencional ya se en esta investigación consta del reemplazar de agregado fino por HDPE, reciclado en diferentes porcentajes, y así mismo nos permitirá conocer la variación de la resistencia a la compresión axial del concreto al ser reemplazado el agregado fino en 0.5%,1.00% y 1.50%.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al reemplazando el agregado fino por HDPE reciclado en diferentes porcentajes?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando el agregado fino por HDPE.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera en estudio.
- Determinar la resistencia a compresión los especímenes cilíndricos de concreto al reemplazando el agregado fino por HDPE con respecto a la muestra patrón.
- Evaluar la variación de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto reemplazando el agregado fino por HDPE en 0.5%, 1% y 1.5% con respecto a la muestra patrón.

1.4. HIPÓTESIS

La variación de la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al reemplazando el agregado fino por HDPE incrementara su resistencia en un 10% respecto al modelo tradicional.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se clasifica como experimental cuantitativa, ya que pretende evaluar la comparación a la resistencia del concreto, al realizar los ensayos de las probetas de concreto con material reciclado al reemplazar el agregado fino por el polietileno de alta densidad (HDPE) y ver si estos son los resultados que se esperan al realizar la tesis

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS)

2.2.1 UNIDAD DE ESTUDIO:

Especímenes de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con el reemplazo del agregado fino por HDPE reciclado al 0.5% 1% y 1.5%.

2.2.2 POBLACIÓN:

72 especímenes de concreto con reemplazo del agregado fino por HDPE reciclado.

2.2.3 MUESTRA:

72 especímenes de concreto de los cuales 48 van hacer reemplazados en diferentes porcentajes el agregado fino por HDPE reciclado. Se realizará un muestreo no probabilístico de los concretos de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que estará variando el porcentaje de agregado fino a utilizar en 0.5%, 1% y 1.5%. los cuales 24 especímenes se ensayarán a resistencia a la compresión a la edad de 7 días y los otros a la edad de 14 y 28 días tales como se aprecia en la tabla N°4.

TABLA N° 4: NÚMERO DE MUESTRAS POR ENSAYOS

Resistencia a la compresión axial	Numero de probetas				
	0.5%	1%	1.5%	PATRÓN	SUB TOTAL
A los 7 días	6	6	6	6	24
A los 14 días	6	6	6	6	24
A los 28 días	6	6	6	6	24
TOTAL, DE PROBETAS=					72

2.2.3 VARIABLES:

Como se puede apreciar la variable independiente y dependientes en las tablas N° 5 Y 6 la cual nos muestra cuales son las fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos para determinar la resistencia a la compresión axial reemplazando en ciertos porcentajes el agregado fino por HDPE reciclado.

TABLA N° 5: TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DATOS DE RECOLECCIÓN		
	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Porcentaje de reemplazo del agregado fino por HDPE reciclado.	Investigaciones	Observación directa mediante protocolos previamente establecidos.	Protocolos y hoja de datos Excel.

TABLA N° 6: TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.

VARIABLE DEPENDIENTE	DATOS DE RECOLECCIÓN		
	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Resistencia a la compresión axial de los especímenes de concreto.	Experimentos, Pruebas en laboratorio de concreto.	Observación directa	Protocolos y hoja de datos Excel.

2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La técnica para la recolección de datos de la presente investigación es la observación directa de cada uno de los ensayos de los agregados y las resistencias a compresión axial de los especímenes cilíndricos.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos son los protocolos establecidos en laboratorio de concreto en la universidad Privada del Norte sede Cajamarca, ubicada en el Jr. Irene Silva 231 (Ver Ilustración N: 5)

Para el análisis de datos se utilizó el programa de Excel en el cual se realizaron hojas de cálculos, obteniendo los resultados de la investigación.

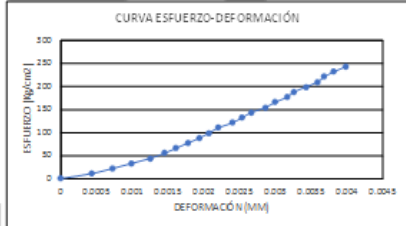
ILUSTRACIÓN N° 5 : MODELO DE PROTOCOLO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS		
NORMA	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
TE S I S	VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO POR HDPE RECICLADO EN DIFERENTES PORCENTAJES		
ID. PROBETA:	PC-01 PATRÓN	DIAMETRO PROBETA (Øm):	15.18
FECHA DE ELABORACIÓN	30/10/2018	ÁREA (Øm ²):	180.98
FECHA DE ENSAYO:	27/11/2018	RESPONSABLE:	MARIN CABRERA Jonathan A.
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	REVISADO POR:	ASESOR

N°	Carga (Kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ_m
1	0	0	-	0.0000
2	2000	1.32	11.05	0.0043
3	4000	1.45	22.10	0.0048
4	6000	1.54	33.15	0.0051
5	8000	1.62	44.20	0.0053
6	10000	1.7	55.25	0.0056
7	12000	1.76	66.31	0.0058
8	14000	1.81	77.36	0.0059
9	16000	1.86	88.41	0.0061
10	18000	1.91	99.46	0.0063
11	20000	1.95	110.51	0.0064
12	22000	1.99	121.56	0.0065
13	24000	2.05	132.61	0.0067
14	26000	2.09	143.66	0.0069
15	28000	2.13	154.71	0.0070
16	30000	2.19	165.76	0.0072
17	32000	2.23	176.82	0.0073
18	34000	2.28	187.87	0.0075
19	36000	2.31	198.92	0.0076
20	38000	2.36	209.97	0.0078
21	40000	2.41	221.02	0.0079
22	42000	2.44	232.07	0.0080
23	44000	2.48	243.12	0.0081
24	46000	2.53	254.17	0.0083

DIAMETRO	15.18	Øm
ÁREA	180.98	Øm ²
ALTURA	304.3	mm
CARGA	46230	kg
Fc	255.44	kg/cm ²

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Marin Cabrera, Jonathan A.	Ing. Muñoz Barboza, Erick R.	Ing. Mosquera Moreno, Miguel A.
FECHA: 27-11-2018	FECHA: 27-11-2018	FECHA: 27-11-2018

Se indica el nombre de la tesis y datos generales del espécimen cilíndrico el cual se está sometiendo a compresión.

Se indica los resultados de la deformación y el esfuerzo a la que ha sido sometido el espécimen cilíndrico.

Se indican los datos generales del asesor, coordinador de laboratorio y del tesita.

2.3.1 TOMA DE MUESTRAS

En la investigación se presentarán, cada uno de los ensayos de cada tipo de agregado “agregado grueso, agregado fino y asimismo la recolección del polietileno de alta densidad (HDPE) las muestras representativas serán tomadas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339. Para la determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados.

Teniendo en cuenta las especificaciones de la norma ASTM c39 Pruebas de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto moldeado. Se usará la recolección de datos en los protocolos de resistencia a la compresión axial en el

laboratorio de concreto, para cada uno de los ensayos correspondientes, para poder determinar la resistencia de los especímenes de concreto al curado de 7,14 y 28 días y al remplazar el agregado fino por HDPE reciclado en los diferentes porcentajes 0.5%, 1% y 1.50%.

2.3.2 PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

- Para la presente investigación se llevó a cabo primero con la identificación de la problemática de recolección de HDPE y en que se le podría dar una utilización secundaria después de cumplir con su función principal de que es de transportar agua.
- Para esta investigación se realizó el reconocimiento y la verificación de los agregados (grueso y fino) de la cantera **la Victoria**, que es de donde se obtuvieron los agregados para los ensayos y para la elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto.
- Se realizó la selección del material (tubería de HDPE) para luego ser triturada y obtener fibras de 2 a 2.5 cm de longitud y de 1 a 2 mm de espesor.
- Se elaboraron los especímenes cilíndricos de concreto con el remplazo del agregado fino por HDPE en 0.50%, 1.00% y 1.5% de proporciones en volumen.
- Se realizaron los ensayos correspondientes a la resistencia a compresión axial de los especímenes cilíndricos a los 07, 14 y 28 días de haber sido curados y elaborados.
- La recolección de datos fue anotada en los protocolos establecidos en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte sede Cajamarca..

ILUSTRACIÓN N° 6: UBICACIÓN DE CAJAMARCA CON RESPECTO AL PERÚ

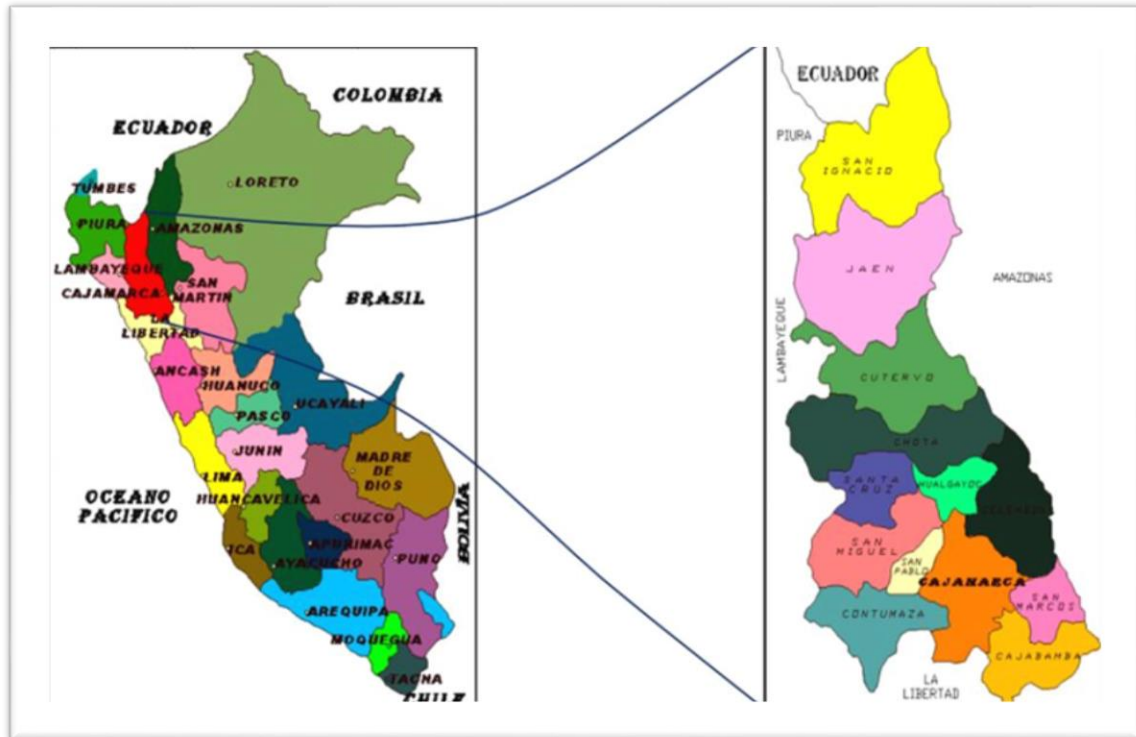


ILUSTRACIÓN N° 7: UBICACIÓN DE LA CANTERA “LA VICTORIA” CAJAMARCA



**Coordenadas UTM de la
cantera “LA VICTORIA”**

Este:	781389.38
Norte:	9204843.68
Cota:	2623
Zona:	17 M
Datum:	WGS-84

2.3.3 Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

Según la norma de Contenido de humedad NTP 339.127, (2001) la muestra obtenida en la cantera La Victoria, y en relación con el protocolo del contenido de humedad, en este ensayo se utilizó los siguientes equipos: una balanza con aproximación de 0.01 gr., una estufa con control de temperaturas de $100 \pm 10^\circ\text{C}$ y recipientes o taras; para el procedimiento se realizó los siguientes pasos: primero la identificación del recipiente, pesar el recipiente o tara, pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara, secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105° , pesar la muestra seca en el recipiente o tara, determinar el peso masa húmeda, determinar el peso del suelo seco y por ultimo determinar el contenido de humedad.

La Cantidad de material fino que pasa por el tamiz n° 200 por lavado según la norma NTP 400.018, (2002) nos indica que la muestra secada a una temperatura de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. obtenida en la cantera La Victoria, en este ensayo se utilizó los siguientes equipos: un Tamices N° 16 (1.18 mm) y N° 200 (75 μm), un recipiente, una balanza con aproximación a 0.1% del peso medido (de la muestra a ensayar) y una estufa con control de temperaturas de $100 \pm 10^\circ\text{C}$. (NTP 339.127, 2001)

Este ensayo consta de:

Primero secar al aire libre la muestra extraída de la cantera, separar el agregado fino y grueso a través de la malla N° 4 para facilitar el ensayo, secar muestra a peso constante a una temperatura de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, pesar con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo, colocar la muestra seca y pesada en un recipiente y adicionar agua hasta cubrirla, agitar la muestra para lograr la separación completa de las partículas más finas que el tamiz N°

200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión, colocar el tamiz N° 16 sobre el tamiz N° 200 y verter el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices; tener cuidado para evitar la decantación de las partículas más gruesas de la muestra, adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara y por último retornar todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y determinar la masa con aproximación al 0.1% de la masa original de la muestra. (NTP 339.127, 2001)

Según la norma NTP 400.017, (1999) El peso unitario y vacíos de los agregados nos indica que la muestra obtenida de la cantera La Victoria, para este ensayo fue necesario utilizar los siguientes equipos:

Una balanza con aproximación a 0.05 kg y con exactitud de 0.1% del peso de la muestra, una varilla compactadora de acero cilíndrica y punta semiesférica, moldes de medida, cilíndricos y metálicos y una pala o cucharón metálico de mano. Para el procedimiento se realizó los siguientes pasos: primero el Método del Apisonado (T.M.N menor a $1 \frac{1}{2}$ ”) – Peso Unitario Compactado donde el agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo; cada una de las capas se nivela con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Al apisonar la primera, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente, al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa. (NTP 400.017, 1999)

Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno en kilogramos y por último el método de llenado con cucharón de mano (Peso Unitario del agregado suelto), donde se llena el recipiente por medio de una herramienta (pala o cucharón de mano), de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm, por encima del borde hasta colmarlo, el agregado sobrante se elimina con una regla. Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 kg. (NTP 400.017, 1999)

Para los ensayos del análisis granulométrico de los agregados grueso y fino se a tenido por guía a la norma NTP 400.012, (2001) que nos indica que una vez obtenida la muestra secada a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$., esta muestra se obtiene por medio del cuarteo, el agregado debe estar completamente mezclado y tener humedad suficiente para evitar segregación y pérdida de finos, para el agregado fino, las muestras para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300 g., para el agregado grueso, las muestras el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los siguientes pesos y para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz N° 4 y preparada de acuerdo a lo descrito para agregados gruesos y finos respectivamente obtenidas de la cantera, y en relación con el protocolo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos, en este ensayo se utilizó los siguientes equipos:

Una balanza con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra, tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material a ensayar y un estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ$; para

el procedimiento se realizó los siguientes pasos: primero secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$., seleccionar tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, colocar los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura, efectuar la operación de tamizado manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un tiempo adecuado, limitar la cantidad de material en un tamiz con el objetivo que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado, continuar el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual y por ultimo determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación. (NTP 400.012, (2001)

Según la norma NTP 400.022, (2002) Gravedad específica y absorción de agregados finos nos indica que la muestra del agregado fino obtenido de la cantera de saca un (aprox. 1000 gr), secado a peso constante a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. obtenida, en este ensayo se utilizó los siguientes equipos: una balanza del peso medido y con una capacidad de 1000 gr. o más, un frasco volumétrico de 500 ml de capacidad, calibrado hasta 0.1 ml a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, un molde cónico metálico, 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm ± 3 mm de altura y una varilla compactadora de metal de 340 gr ± 15 gr de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro.

para el procedimiento se realizó los siguientes pasos:

En Primer lugar, se colocó el material en un recipiente y se cubre con agua, se deja reposar durante 24 horas, luego se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran entre sí. En el molde cónico, se coloca la muestra y se apisona suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levanta el molde verticalmente. Repetir la operación del secado y del molde cónico hasta que el cono de agregado se desintegre, siendo en ese instante cuando el agregado fino se encuentra en estado de saturado superficialmente seco, se introdujo en el frasco 500 gr de la muestra preparada y se añade agua hasta aproximadamente 90% de la capacidad del frasco para eliminar el aire atrapado, se agita constantemente y se coloca en un baño de agua a una temperatura entre $21 \text{ }^\circ\text{C}$ y $25 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 1 hora. Se llena el frasco hasta la marca de 500 ml y se determina su peso total y por último saqué el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante $\frac{1}{2}$ hora a $1 \frac{1}{2}$ hora y se pesa. (NTP 400.022, 2002)

El Peso específico y absorción de agregados gruesos según la norma NTP 400.021, (2002) nos indica que la muestra retenido en la malla N° 4 y lavado para remover el polvo e impurezas del agregados gruesos, en este ensayo se utilizó los siguientes equipos: una balanza sensible a 0.5gr y con capacidad de 5000 gr o más, una cesta con malla de alambre, abertura correspondiente al tamiz N° 6, un depósito de agua, para sumergir la cesta de alambre y un dispositivo para suspenderla del centro en la escala de la balanza, un tamiz N° 4, para separar

agregados gruesos de finos y una estufa para mantener una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para la elaboración del ensayo se realizó los siguientes pasos:

Primero secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto aproximadamente 30 minutos. Sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por 24 horas, cuando los valores de peso específico y la absorción van a ser usados en proporciónamiento de mezclas de concreto en los cuales los agregados van a ser usados en condición natural de humedad, el requerimiento inicial de secado a peso constante puede ser eliminado y si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 horas puede ser eliminado, remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturado superficialmente seca, después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1.7 \text{ }^\circ\text{C}$. y por último secar la muestra hasta peso constante a una temperatura de $100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y se deja enfriar hasta temperatura ambiente. (NTP 400.021, 2002)

Según la norma NTP 400.019, (2002) de Abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm ($1 \frac{1}{2}$ ”) nos indica que la

muestra secada a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. y la elección de la carga dependiendo de la gradación obtenida en este ensayo se utilizaron los siguientes equipos: una máquina de Los Ángeles, tamices, una balanza con exactitud al 0.1% de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo y carga abrasiva (esferas de acero).

El procedimiento que se utilizó en este ensayo es:

primero colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y hacerla girar a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones. Luego de terminadas las 500 revoluciones, descargar el material y pasar por el tamiz N° 12, lavar el material más grueso que el tamiz N° 12 y secar al horno a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, hasta peso constante y determinar la masa con una aproximación a 1 gr. y por último si el agregado está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo. (NTP 400.019, 2002)

En la norma NTP 339.035, (1999) nos indica que el asentamiento del concreto (slump) este ensayo se realizado del concreto fresco siendo tomado la muestra al inicio del trabajo que se va a realizar en este caso se realizó el slump antes de vaciar las probetas cilíndricas y así verificar si cumple con lo establecido en el diseño de mezclas.

Para este ensayo se tuvo que utilizar el molde de (Cono de Abrams) y una varilla compactadora, para seguir el procedimiento de humedecer el Cono de Abrams y colocarlo sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente, sujetar firmemente con los pies y llenar con la muestra de concreto en tres capas, cada una de un tercio del volumen del molde

aproximadamente, cada capa debe ser compactada con golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal asimismo para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. (NTP 339.035, 1999)

La capa del fondo debe compactarse en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior, al llenar la capa superior debe apilarse concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, debe agregarse concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después de que la última capa ha sido compactada debe alisarse a ras la superficie del concreto. Inmediatamente se retira el molde, se alza cuidadosamente en dirección vertical. (NTP 339.035, 1999)

El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos, la operación completa de ensayo debe hacerse sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos y debe hacerse a más tardar 5 minutos después de haberse tomado la muestra y para finalizar inmediatamente después se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen. (NTP 339.035, 1999)

Según la norma NTP 339.034, (2008) de la Resistencia a la Compresión de las probetas cilíndricas y en relación con el protocolo previamente establecidos, se utilizó un Stand y prensa hidráulica.

El procedimiento realizado para este ensayo es:

Primero los ensayos a compresión de probetas se realizarán tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del tanque de curado. Los cilindros serán ensayados en condición de humedad y por último todos los cilindros serán protegidos serán ensayados dentro del tiempo permisible de tolerancias, como se determina. (NTP 339.034, 2008)

TABLA N° 7: TOLERANCIA DE EDAD DE ENSAYO DE LOS ESPECÍMENES.

<i>Edad de Ensayo</i>	<i>Tolerancia permisible</i>
<i>7d</i>	$\pm 2 h$
<i>14 d</i>	$\pm 6 h$
<i>28 d</i>	$\pm 20 h$

Fuente: NTP 339.034, (2008)

2.3.3.1 ELABORAR ESPECÍMENES DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EL AGREGADO FINO POR HDPE RECICLADO AL 0.50 %, 1.00% Y 1.50%, CON RESPECTO AL VOLUMEN.

- Para la elaboración de los especímenes cilíndricos se tuvo que analizar los resultados de los agregados, una vez obtener los resultados de los ensayos de los agregados finos, gruesos de la cantera la Victoria – Cajamarca de acuerdo a las normas empleadas en los ensayos.
- Elaboración del diseño de mezclas según método del comité 211 del ACI.
- Obteniendo las fibras de 2 a 3 cm de largo con un ancho de 1 a 2mm del HDPE reciclado se calculó el porcentaje de 0.5, 1.00, 1.50% de agregado fino que fue reemplazado con respecto al volumen.
- Elaboración de 72 especímenes cilíndricos con los porcentajes previamente establecidos de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Ensayos de los agregados.

Se realizaron los diferentes ensayos de los agregados de la cantera La Victorio en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte- Cajamarca para obtener los resultados consistentes para la elaboración de un diseño de mezclas y poder elaborar los especímenes cilíndricos y así poder hacer el reemplazo del agregado fino por HDPE en los diferentes porcentajes establecidos, para ello se realizaron los siguientes ensayos.

TABLA N° 8: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO OBTENIDAS DE LABORATORIO.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GREGADO FINO		
ENSAYO	VALOR	UNIDADES
Gravedad específica de masa:	2.74	gr/cm ³
Peso unitario Suelto seco:	1.78	gr/cm ³
Humedad natural:	6.93	%
Absorción:	2.48	%
Módulo de finura	2.85	
Partículas < #200:	0.44	%

TABLA N° 9: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO OBTENIDAS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	VALOR	UNIDADES
Tamaño máximo nominal:	1'	
Peso específico de masa:	2.61	gr/cm ³
Peso unitario Suelto seco:	1.44	gr/cm ³
Peso unitario Suelto Compactado:	1.56	gr/cm ³
Humedad natural:	0.80	%
Absorción:	0.61	%
Abrasión:	26.54	%

En las tablas N°8 y tabla N°9 se presenta el resumen de las propiedades físicas de los agregados.

TABLA N° 10: CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T1	T2	T3
B	Peso del Recipiente	gr	37.20	39.40	37.10
C	Recipiente + Material Natural	gr	196.80	191.90	226.70
D	Recipiente + Material Seco	gr	195.50	190.70	225.20
E	Peso del material húmedo (Wmh) = C - B	gr	159.60	152.50	189.60
F	Peso del material Seco (Ws)= D - B	gr	158.30	151.30	188.10
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	0.82	0.79	0.80
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		0.80	

TABLA N° 11: CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T1	T2	T3
B	Peso del Recipiente	gr	50.50	50.40	48.10
C	Recipiente + Material Natural	gr	219.20	219.70	221.10
D	Recipiente + Material Seco	gr	208.30	208.70	209.90
E	Peso del material húmedo (Wmh) = C - B	gr	168.70	169.30	173.00
F	Peso del material Seco (Ws)= D - B	gr	157.80	158.30	161.80
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	6.91	6.95	6.92
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		6.93	

Tabla N° 12: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO									
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)		
	(pulg)	(m m)					Límite Superior	Límite Inferior	
1	2 ½"	51.3 5	-	-	-	-			
2	2"	50.8	-	-	-	-			
1	1 ½"	37.5	-	-	-	-	100	100	
2	1"	25	-	0	0	0	95	100	
3	¾"	19	336.20	33.63	33.63	66.37			
4	½"	12.5	366.80	36.69	70.32	29.68	25	60	
5	⅜"	9.5	164.20	16.42	86.75	13.25			
6	N° 4	4.75	116.10	11.61	98.36	1.64	0	10	
7	Bandeja	-	16.40	1.64	100.00	-			
E			999.7		100.00				

ILUSTRACIÓN N° 8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO

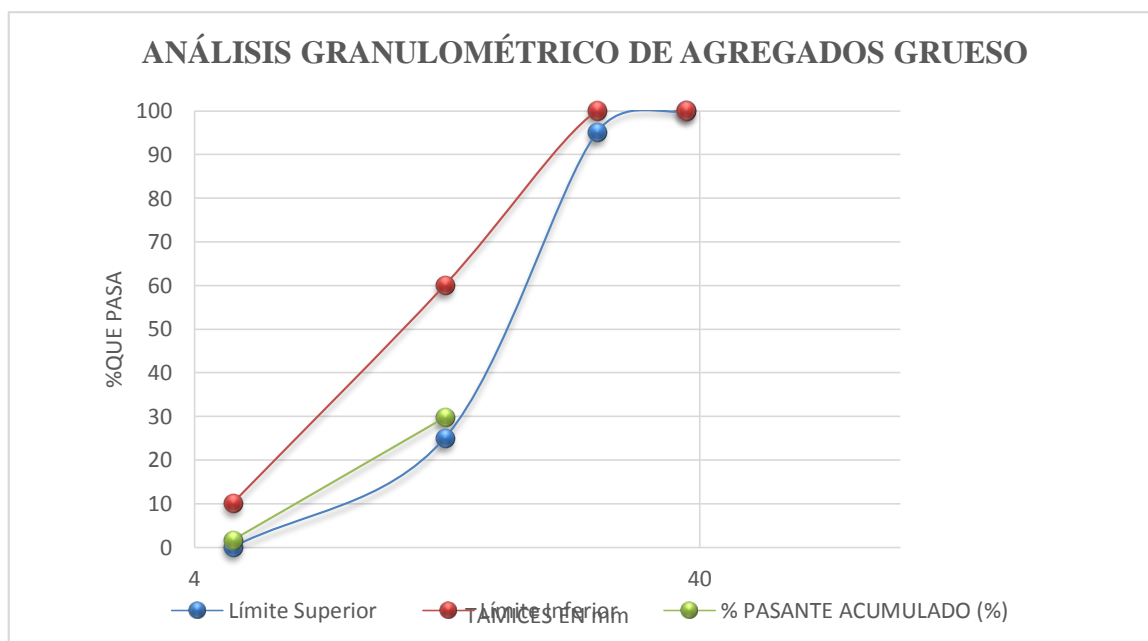


TABLA N° 13: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO								
N°	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)		
						Límite Superior	Límite Inferior	
	(pulg) (m)							
1	N° 4	4.75	24.80	4.96	4.96	95.04	95	100
2	N° 8	2.36	56.70	11.35	16.31	83.69	80	100
3	N° 16	1.18	87.80	17.57	33.88	66.12	50	85
4	N° 30	0.6	96.50	19.31	53.19	46.81	25	60
5	N° 50	0.3	129.40	25.90	79.09	20.91	10	30
6	N° 100	0.15	90.60	18.13	97.22	2.78	2	10
7	N° 200	0.075	11.70	2.34	99.56	0.44	0	3
8	Bandeja	0	2.20	0.44	100.00	-	-	-
		□	999.7		100.00			
MODULO DE FINURA = 2.85								

ILUSTRACIÓN N° 9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO

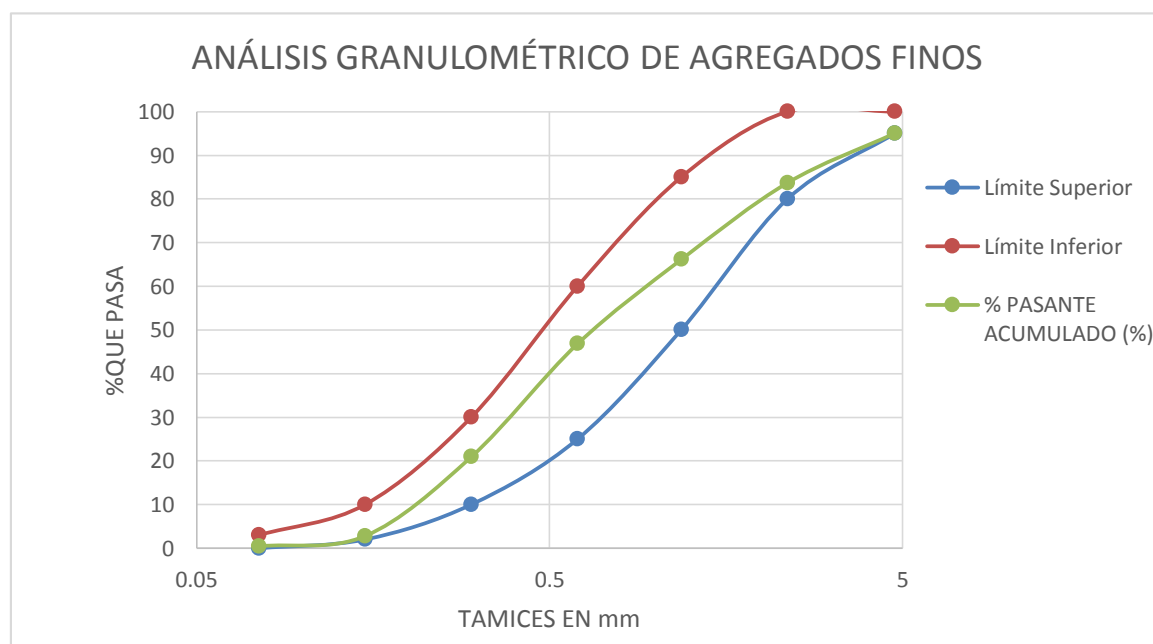


TABLA N° 14: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

<i>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS</i>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo (Psss)	gr	500.00	500.00	500.00	P R
B	Peso del frasco + agua hasta marca de 500ml	gr	659.70	670.50	670.40	O
C	Peso del frasco + agua + Psss,	gr	1,159.70	1,170.50	1,170.40	M
	C = A + B					E
D	Peso del frasco + Psss + agua hasta la marca de 500ml	gr	969.30	978.80	982.00	D
E	Volumen de masa + volumen de vacío,	cm ³	190.40	191.70	188.40	I
	E = C - D					O
F	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	487.90	487.70	488.10	
G	Volumen de masa,	cm ³	178.30	179.40	176.50	
	G = E - (A - F)					
H	Peso específico bulk (base seca),	gr/cm ³	2.56	2.54	2.59	2.57
	H = F / E					
I	Peso específico (base saturada),	gr/cm ³	2.63	2.61	2.65	2.63
	I = A / E					
J	Peso específico aparente (base seca),	gr/cm ³	2.74	2.72	2.77	2.74
	J = F / G					
K	Absorción,	%	2.48	2.52	2.44	2.48
	K = (A - F / F) * 100					

TABLA N° 15: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

<i>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS</i>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en aire	gr	3,015.00	3,015.00	3,020.00	P R O

B	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en agua	gr	1,849.80	1,852.30	1,849.60	M
C	Volumen de masa + volumen de vacío, $C = A - B$	gr	1,165.20	1,162.70	1,170.40	E D I O
D	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	3,000.00	2,995.00	3,000.00	
E	Volumen de masa, $E = C - (A - D)$	cm ³	1,150.20	1,142.70	1,150.40	
F	Peso específico bulk (base seca), $F = D / C$	gr/cm ³	2.57	2.58	2.56	2.57
G	Peso específico (base saturada), $G = A / C$	gr/cm ³	2.59	2.59	2.58	2.59
H	Peso específico aparente (base seca), $H = D / E$	gr/cm ³	2.61	2.62	2.61	2.61
I	Absorción, $K = (A - D / D) * 100$	%	0.50	0.67	0.67	0.61

TABLA N° 16: PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

<i>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</i>						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	< 1/2"	VOLUMEN MOLDE	9,172.2442	
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AF Compactado	gr	25475	25540	25590	
B	Peso del molde	gr	8025	8025	8025	
C	Peso del AF Compactado, $C = A - B$	gr	17450	17515	17565	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO $D = C / \text{Vol. Molde}$	gr/cm ³	1.902	1.910	1.915	1.909
E	Peso del Molde + AF Suelto	gr	24340	24370	24320	
F	Peso del AF Suelto, $F = E - B$	gr	16315	16345	16295	
G	PESO UNITARIO SUELTO, $G = F / \text{Vol. Molde}$	gr/cm ³	1.779	1.782	1.777	1.779

TABLA N° 17: PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

<i>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO</i>						
AGREGADO GRUESO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	1	1 1/2"	VOLUMEN MOLDE	14,250.4905
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AG Compactado	gr	32115	32125	32265	
B	Peso del molde	gr	9965	9965	9965	
C	Peso del AG Compactado, C = A - B	gr	22150	22160	22300	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde	gr/cm ³	1.554	1.555	1.565	1.558
E	Peso del Molde + AG Suelto	gr	30470	30515	30335	
F	Peso del AG Suelto, F = E - B	gr	20505	20550	20370	
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde	gr/cm ³	1.439	1.442	1.429	1.437

TABLA N° 18: ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS

<i>DESGASTE A LA ABRASIÓN</i>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	P R O M E D I O
A	Peso muestra total	gr	5000	5000	5000	
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	3673	3673	3673	
D	Desgaste a la abrasión Los Ángeles D = (A - B) * 100 / A	%	26.54	26.54	26.54	26.54

3.2 RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

Los resultados obtenidos de las 72 probetas sometidas a la compresión axial en las diferentes edades de curado y reemplazo del agregado fino por HDPE, se obtuvieron los siguientes resultados los cuales podemos observar en las tablas siguientes.

TABLA N° 19: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PC A LOS 7 DÍAS.

DESCRIPCIÓN	CODIGO	F'c 7 DÍAS (kg/cm ²)	PROMEDI O F'c (kg/cm ²)	MODUL O DE ROTURA	% DE RESISTENCIA
Probetas al (0.00% de fibra de HDPE)	PC-01	170.05	174.92	35.71	83.29%
	PC-02	168.75			
	PC-03	171.08			
	PC-04	184.06			
	PC-05	179.43			
	PC-06	176.14			
Probetas al (0.50% de fibra de HDPE)	PC-01	145.61	150.62	33.14	71.72%
	PC-02	146.64			
	PC-03	165.52			
	PC-04	145.02			
	PC-05	149.47			
	PC-06	151.45			
Probetas al (1.0% de fibra de HDPE)	PC-01	150.08	153.36	33.44	73.03%
	PC-02	155.81			
	PC-03	144.39			
	PC-04	148.68			
	PC-05	160.77			
	PC-06	160.41			
Probetas al (1.50% de fibra de HDPE)	PC-01	145.61	145.81	32.60	69.43%
	PC-02	148.62			
	PC-03	142.28			
	PC-04	144.79			
	PC-05	144.19			
	PC-06	149.36			

Como se puede observar en la tabla N°: 19 en donde se presenta los resultados de las probetas sometidas a compresión axial a los 7 días de curado en el cual se observa la mayor resistencia se da en las probetas patrón y a continuación se presenta la ilustración de barras para identificar la resistencia de los especímenes cilíndricos.

ILUSTRACIÓN N° 10: RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS

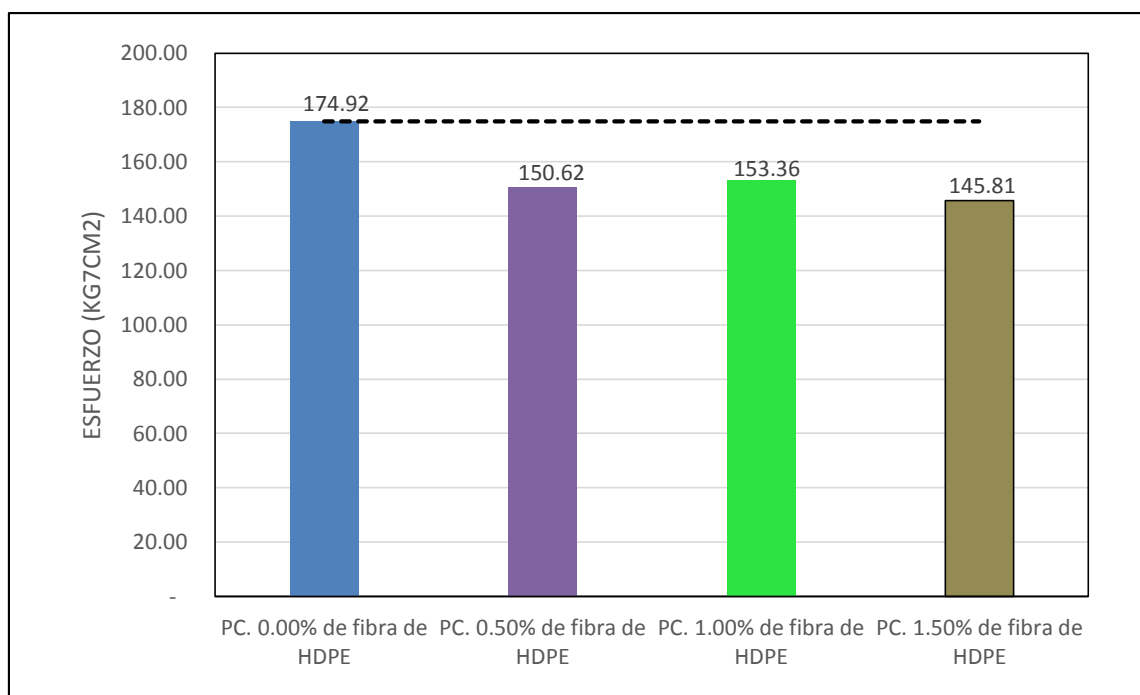


TABLA N° 20: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PC A LOS 14 DÍAS.

DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	F'c 14 DÍAS (kg/cm ²)	PROMEDIO F'c (kg/cm ²)	MODULO DE ROTURA	% DE RESITENCIA
Probetas al (0.00% de fibra de HDPE)	PC-01	218.66	210.25	39.15	100.12%
	PC-02	214.06			
	PC-03	212.17			
	PC-04	203.66			
	PC-05	201.01			
	PC-06	211.93			
Probetas al (0.50% de fibra de HDPE)	PC-01	226.02	224.51	40.46	106.91%
	PC-02	222.60			
	PC-03	219.68			
	PC-04	229.78			
	PC-05	226.00			
	PC-06	222.98			
Probetas al (1.0% de fibra de HDPE)	PC-01	200.05	200.82	38.26	95.63%
	PC-02	199.60			
	PC-03	204.01			
	PC-04	198.17			
	PC-05	202.45			
	PC-06	200.61			
Probetas al (1.50% de fibra de HDPE)	PC-01	169.95	171.76	35.39	81.79%
	PC-02	168.11			
	PC-03	170.06			
	PC-04	171.77			
	PC-05	173.99			
	PC-06	176.68			

Como se puede observar en la tabla N°: 20 en la cual se presenta los resultados de las probetas sometidas a compresión axial a los 14 días de curado en el cual se observa la mayor resistencia que se da en las probetas del 0.5% del reemplazo del HDPE por al agregado fino y a continuación se presenta la ilustración de barras para identificar la resistencia de los especímenes cilíndricos.

ILUSTRACIÓN N° 11:RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS

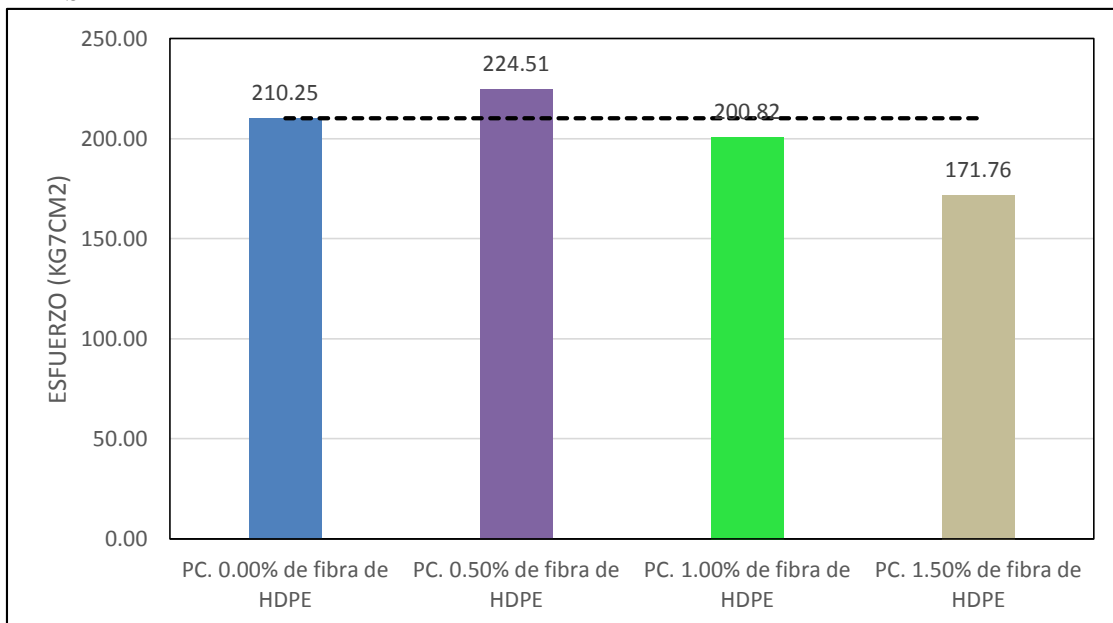


TABLA N° 21: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PC A LOS 28 DÍAS.

DESCRIPCIÓN N	DESCRIPCIÓN N	F'c 28 DÍAS (kg/cm ²)	PROMEDI O F'c (kg/cm ²)	MODUL O DE ROTUR A	% DE RESITENCI A
Probetas al (0.00% de fibra de HDPE)	PC-01	255.44	254.15	43.04	121.03%
	PC-02	260.74			
	PC-03	251.63			
	PC-04	253.69			
	PC-05	251.71			
	PC-06	251.70			
Probetas al (0.50% de fibra de HDPE)	PC-01	260.14	262.11	43.71	124.81%
	PC-02	260.49			
	PC-03	265.65			
	PC-04	258.26			
	PC-05	264.70			
	PC-06	263.41			
Probetas al (1.0% de fibra de HDPE)	PC-01	274.98	274.98	45.00	132.26%
	PC-02	279.11			
	PC-03	273.49			
	PC-04	269.13			
	PC-05	284.33			
	PC-06	285.40			
Probetas al (1.50% de fibra de HDPE)	PC-01	251.42	256.29	43.22	122.04%
	PC-02	253.50			
	PC-03	255.97			
	PC-04	250.67			
	PC-05	248.64			
	PC-06	277.53			

Como se puede observar en la tabla N°: 20 se presenta los resultados de las probetas sometidas a compresión axial a los 28 días de curado en el cual se observa la mayor resistencia que se da en las probetas del 1.00% del reemplazo del HDPE por al agregado fino y a continuación se presenta la ilustración de barras para identificar la resistencia de los especímenes cilíndricos.

ILUSTRACIÓN N° 12: RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍA

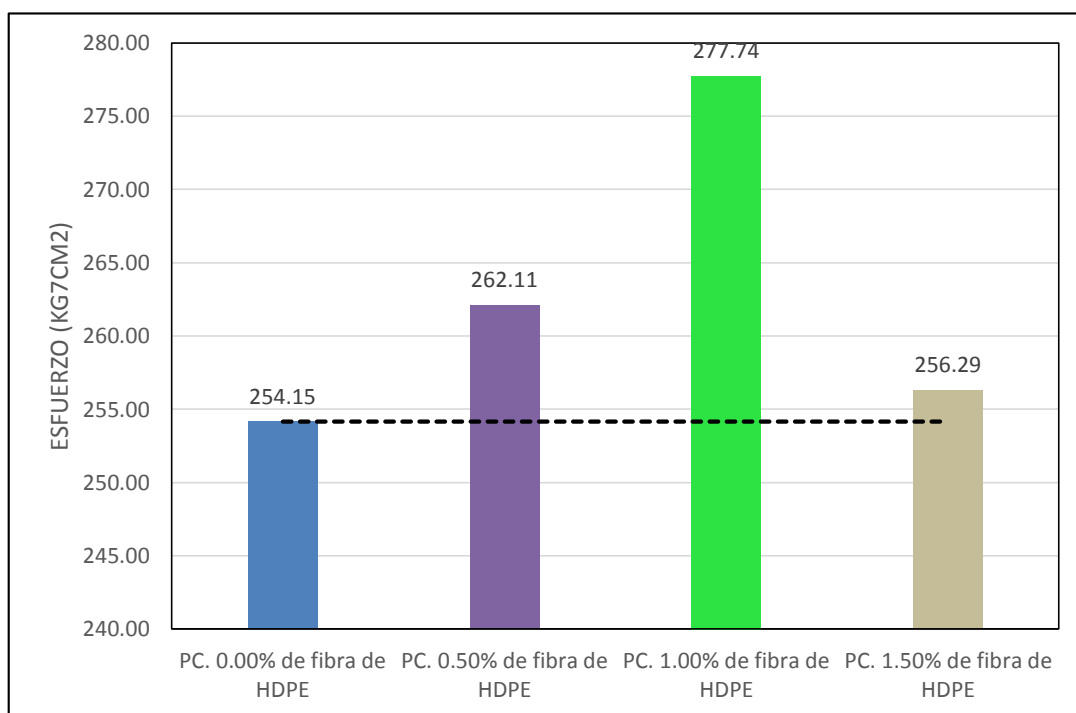


TABLA N° 22: RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 07, 14 Y 28 DÍAS
CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE HDPE.

% DE HDPE	Resistencia promedio a compresión (Kg/cm ²)			% de Resistencia a la compresión		
	07 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	07 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
0.00%	174.92	210.25	254.15	83.29	100.12	121.03
0.50%	150.62	224.51	262.11	71.72	106.91	124.81
1.00%	153.36	200.82	277.74	73.03	95.63	132.26
1.50%	145.81	171.76	256.29	69.43	81.79	122.04

En la Tabla N°22 se puede observar el resumen promedio de la resistencia a compresión de las probetas a los 7,14 y 28 días de curado y así mismo el porcentaje de la resistencia con respecto al modelo tradicional de diseño F'c 210 Kg/cm², observándose en las ilustraciones siguientes la forma de rotura que se tiene el concreto al reemplazar el agregado fino en volumen por el Polietileno de alta densidad (HDPE).

ILUSTRACIÓN N° 13:RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 07, 14 Y 28
DÍAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE HDPE

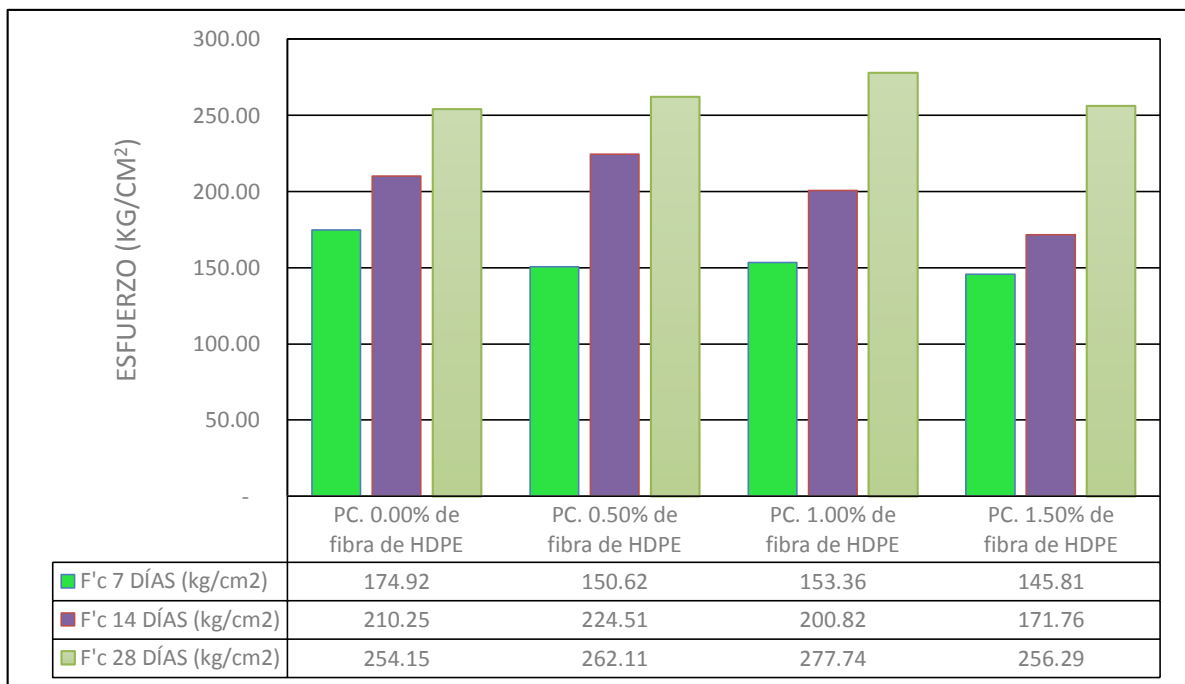
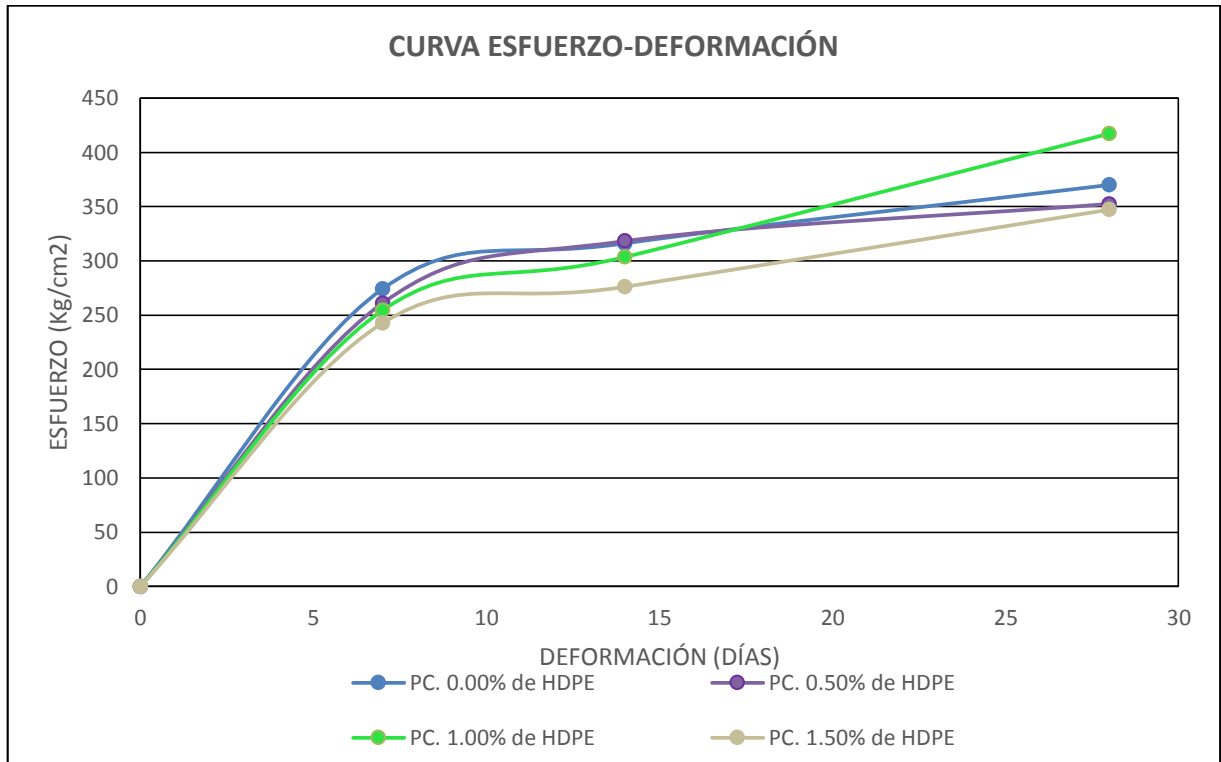


ILUSTRACIÓN N° 14: COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS
7, 14 Y 28 DÍAS.



CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se analizó los resultados de los ensayos realizados al agregado fino y al agregado grueso, de la cantera “La Victoria” ya que estos cumplieron con los requisitos que establece la norma, asimismo se evaluó la resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos.
- El módulo de finura de acuerdo con los ensayos de granulometría realizado se puede observar en la tabla N° 8 el valor del módulo de finura de agregado fino es de 2.85 el cual cumple con la norma NTP 400.012 que indica una variación comprendida $2.3 < mf < 3.1$. Además, en Cajamarca se pueden hallar valores de $0.9 < mf < 3.81$
- El contenido de humedad según los ensayos de contenido de humedad hemos obtenido en la tabla N° 8, para el agregado fino un contenido de humedad de 6.93 % y para el agregado grueso un contenido de humedad de 0.80%. La norma NTP 339.185 nos indica que para el agregado fino debe de ser de 8% a menos y del agregado grueso máximo 4%.
- La abrasión según la norma NTP 400.019 indica que el porcentaje de ablación del agregado grueso debe ser como máximo el 50%, y también cumple con el rango hallado para Cajamarca que es de $25\% < De < 50\%$ ya que nuestro material tiene un valor de 26.54%
- En la tabla N° 19 se puede observar que la resistencia promedio a compresión a los 07 días de edad de las probetas de concreto sin reemplazar fibras de HDPE por agregado fino es de 174.92 kg/cm^2 , las probetas que han sido reemplazadas con el 0.50 % 1.00% y 1.50% con fibras de HDPE presentan una resistencia a compresión promedio de 150.62 kg/cm^2 , 153.36 kg/cm^2 , y 145.81 kg/cm^2

respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con el reemplazo de fibra de HDPE por el agregado fino en 0.5%, 1.00% y 1.50% la resistencia a compresión promedio es menor que la de las probetas sin reemplazar el agregado fino por fibra de HDPE.

- En la tabla N° 20 se observa que la resistencia promedio a compresión a los 14 días de edad de las probetas de concreto sin reemplazar fibras de HDPE por agregado fino es de 210.25 kg/cm^2 , las probetas que han sido reemplazadas con el 0.50 % 1.00% y 1.50% con fibras de HDPE presentan una resistencia a compresión promedio de 224.51 kg/cm^2 , 200.82 kg/cm^2 , y 171.76 kg/cm^2 respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con el reemplazo de fibra de HDPE por el agregado fino en 0.5% la resistencia a compresión promedio es mayor que la de las probetas sin reemplazar el agregado fino por fibra de HDPE en un 6.79 %. Mientras que en el 1.00% y el 1.50% la resistencia a compresión promedio es menor que la de las probetas sin reemplazar el agregado fino por fibra de HDPE.
- En la tabla N° 21 se observa que la resistencia promedio a compresión a los 28 días de edad de las probetas de concreto sin reemplazar fibras de HDPE por agregado fino es de 254.15 kg/cm^2 , las probetas que han sido reemplazadas con el 0.50 % 1% y 1.50% con fibras de HDPE presentan una resistencia a compresión promedio de 262.11 kg/cm^2 , 277.74 kg/cm^2 , y 256.29 kg/cm^2 respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con el reemplazo de fibra de HDPE por el agregado fino en el 0.5%,1% y el 1.50% la resistencia a compresión promedio es mayor que la de las probetas sin reemplazar el agregado fino por fibra de HDPE en un 3.79%, 11.23% y 1.02% respectivamente.

4.2 CONCLUSIONES

- Se concluye que, al reemplazar el HDPE reciclado en el 1.00% por el agregado fino aumenta la resistencia a los 28 días de curado, en un 11.23%, por lo cual se estaría cumpliendo la hipótesis planteada.
- Se Determinó las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera “La Victoria” los cuales presentan los siguientes valores: En el agregado fino el módulo de finura 2.85, gravedad específica 2.74 g/cm³, absorción 2.48% peso unitario suelto 1.78 g/cm³ y un contenido de humedad de 6.93%. Para el agregado grueso se obtuvieron: Tamaño máximo nominal 1”, peso específico 2.61 gr/cm³, absorción 0.61%, peso unitario suelto 1.44 gr/cm³, peso unitario compactado 1.56 g/cm³, un contenido de humedad de 0.80% y una abrasión de 26.54%, los cuales cumplen con las especificaciones de las normas ASTM C33-NTP 400.037.
- Se realizó el diseño de mezclas mediante el método ACI 211 para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con una dosificación de 1: 2.35: 2.97: 18.91 lt/bls.
- La variación de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes de concreto al reemplazar el agregado fino por HDPE reciclado al 0.00%, 0.5%, 1% y 1.5% los cuales dieron como resultado promedio a los 7 días de curado 174.92 kg/cm², 150.62 kg/cm², 153.36 kg/cm² y 145.81 kg/cm² respectivamente, a los 14 días de curado 210.25 kg/cm², 224.51 kg/cm², 200.82 kg/cm² y 171.76 kg/cm² respectivamente y a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 254.15 kg/cm², 262.11 kg/cm², 277.74 kg/cm² y 256.29 kg/cm² respectivamente.

- Se logró comparar que la variación a la resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos cuando llegado a su máxima resistencia a los 28 días de curado podemos observar que la variación de la resistencia al 1% (HDPE) es mayor en un 11.23% a la resistencia a compresión de las probetas patrón.

REFERENCIAS

ACI, M. (1992). *Comite ACI 318*.

Atamari Chahuara, L. C., & Condorpocco Huaman, W. G. (2013). *CARACTERIZACION DE UN NUEVO PAVIMENTO BLANDO USANDO COMO BASE CAUCHO RECICLADO Y POLIMERO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO*. Tesis, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA, FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES, Arequipa - Perú.

Bozorg, Haddad, Iskander, & Chen. (2012). Compressive strength and creep of recycled HDPE used to manufacture polymeric. 26. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.051>

CASTILLO, I. F. (2009). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO*. LIMA PERU: San Marcos.

Comité ACI 318 . (1992). *Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural*. Michigan: ACI.

Formin. (2018). *MACRO FIBRA PARA APLICACIONES EN CONCRETO PROYECTADO, MEJORANDO SU RESISTENCIA*. Lima. Obtenido de <https://www.formin.com.pe/assets/ficha-tecnica-de-polipropileno.pdf>

GIRÓN, I. E. (2005). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES DEL*. Guatemala.

GIRÓN, I. E. (2005). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)*. Guatemala.

Hincapié Henao, Á. M., & Aguja López, E. A. (2003). Agregado Reciclado para morteros. *REVISTA Universidad EAFIT, Vol. 39. No. 132.*, 76-89.

Huerta, C. C. (2013). *DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO*. LIMA.

ICG. (2018). *E0.60 - RNE*. Lima: Macro.

Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, & Panarese. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto (Primera Edición)*. Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association (PCA).

Liu,, X., Yan, M., Galobardes, I., & Sikora, K. (2018). Assessing the potential of functionally graded concrete using fibre reinforced and recycled aggregate concrete. *Construction*

and Building Materials, 9. Obtenido de
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.202>

López, J. (2015). *"Análisis de las Propiedades del Concreto Reforzado con Fibras Cortas de Acero y Macrofibras de Polipropileno: Influencia del Tipo y Consumo de Fibra Adicionado"*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México.

López, R. (2008). *Materiales Para El Concreto*. En R. López, *Materiales Para El Concreto*. Fondo Editorial Icg.

Márquez , L., & Conde, M. (12 de MAYO de 2007). Los plásticos giran hacia la sustentabilidad. Obtenido de www.ambienteplastico.com/suscriptores/article704.php

Miravete A. (1995). *Los Nuevos Materiales en la Construcción (Segunda Edición)*. Zaragoza, España: Reverté.

NORMA E.060 CONCRETO ARMADO. (2009). LIMA PERU.

Novoa, C. M. (2005). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento*. Universidad de Colima, México.

NTP 339.034. (2005). *Resistencia a Compresión*. Lima.

NTP 339.034. (2008). *Resistencia a Compresión*. Lima.

NTP 339.035. (1999). *Asentamiento del concreto (slump)*. Lima.

NTP 339.127. (2001). *Contenido de Humedad*. Lima.

NTP 400.012. (2001). *Método de análisis granulométrico del agregado fino y grueso*. Lima.

NTP 400.017. (1999). *Peso Unitario y Relación de Vacíos del Agregado*. Lima.

NTP 400.018. (2002). *Cantidad de Material Fino que pasa por el Tamiz N° 200 por lavado*. Lima.

NTP 400.019. (2002). *2.3.3.7 Abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½")*. Lima.

NTP 400.021. (2002). *Peso Específico y absorción de agregados gruesos*. Lima.

NTP 400.022. (2002). *Peso Específico y Absorción de Agregados Finos*. . Lima.

Patazca, & Tafur. (2013). *"Evaluación comparativa de la resistencia a compresión y a flexión del concreto convencional, concreto con fibra de acero SIKAFIBER CHO"*

- 80/60 NB, y concreto con fibra sintética SIKAFIBER FORCE PP/PE-700/55”. (Tesis Ingeniero Civil). Universidad Señor de Sipán. Chiclayo, Peru.
- Pešić, N., Zivanovic, S., Garcia, R., & Papastergiou, P. (2016). Mechanical properties of concrete reinforced with recycled HDPE plastic fibres. 9. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.050>
- PR- COM- 109- I327. (2011). *Manual Técnico Tubería HDPE Minería e Industria*. Cochabamba – Bolivia: PLASTIFORTE. Obtenido de <https://docplayer.es/9452291-Manual-tecnico-tuberia-hdpe-mineria-e-industria.html>
- Raymond Chang Willams, W. (2002). *Química*. Mexico.
- servicios, P. P. (2015). Recuperado el 20 de Mayo de 2015, de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/>
- Shackelford, J. F. (2005). *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid (España).
- Solis, R., & Eric, M. (2005). *INFLUENCIA DEL CURADO HÚMEDO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO*. México DF: Tesis para optar el título profesional.
- Soto, A. C. (1999). *Historia del Concreto y su llegada al Perú*. Lima.

ANEXOS

ILUSTRACIÓN N° 15:SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA LA VICTORIA



ILUSTRACIÓN N° 16:SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA LA VICTORIA



ILUSTRACIÓN N° 17: ELABORACIÓN DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA.



ILUSTRACIÓN N° 18: ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO.



ILUSTRACIÓN N° 19: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS
AGREGADOS.



ILUSTRACIÓN N° 20: SLUMP DEL DISEÑO DE MEZCLAS.



ILUSTRACIÓN N° 21: PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO.



ILUSTRACIÓN N° 22: ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS REMPLAZANDO
EL AGREGADO FINO CON HDPE



ILUSTRACIÓN N° 23: ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS



ILUSTRACIÓN N° 24: CURADO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.



ILUSTRACIÓN N° 25: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LOS ESPECÍMENES
CILÍNDRICOS



ILUSTRACIÓN N° 26: DEFORMACIÓN DE ESPECÍMENES DESPUÉS DE SER SOMETIDOS
A COMPRESIÓN AXIAL.



ILUSTRACIÓN N° 27: DEFORMACIÓN DE ESPECÍMENES DESPUÉS DE SER SOMETIDOS
A COMPRESIÓN AXIAL.



ILUSTRACIÓN N° 28: SUPERVISIÓN DEL ASESOR EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN.



ILUSTRACIÓN N° 29: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS
CON EL COORDINADOR DE LABORATORIO.

