



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE  
TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD,  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL  
CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO  
PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019

Para optar el título profesional de  
Ingeniero Civil.

Autor:

Dín Enaí Medina Torres

Asesor:

Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Robert Medina y Sara Torres,  
a mi abuelita Toribia Flores, familiares y amigos  
por todo el amor y apoyo que me han brindado  
y todos los sacrificios que han hecho  
por verme alcanzar esta meta.

*El Autor*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por su fidelidad en todo tiempo y a mis padres y familiares por ser el motivo esencial para salir adelante.

A UPN, a mis docentes, a mi tutor Alfredo Jimenez, a mi coordinador y asesor, el Ing. Wiston Azañedo, a mis compañeros y amigos por darme su apoyo y motivación para vencer cada obstáculo que en mi vida universitaria pasé y lograr con éxito mi carrera profesional.

A PRONABEC, a través de Beca 18, por apostar por mi educación superior, así como la de muchos jóvenes peruanos.

*El Autor*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad problemática .....	11
1.2. Antecedentes .....	19
1.3. Bases Teóricas .....	29
1.1.1 Concreto Permeable .....	29
1.1.2 El plástico.....	37
1.1.3 Resistencia a la compresión ( $f'c$ ) .....	41
1.1.4 Resistencia a la flexión ( $M_r$ ) .....	42
1.1.5 Permeabilidad.....	42
1.4. Formulación del problema .....	43
1.5. Objetivos.....	44
1.1.6 Objetivo general .....	44
1.5.1. Objetivos específicos.....	44
1.6. Hipótesis .....	44
1.1.7 Hipótesis general .....	44
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>45</b>
2.1. Tipo de investigación.....	45
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	46
2.2.1 Unidad de estudio.....	46
2.2.2 Población.....	46
2.2.3. Muestra.....	46
2.2.4. Materiales .....	49
2.2.5. Métodos.....	50



<b>2.3.</b>	<b>Operacionalización de variables</b> .....	<b>52</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Variable independiente</b> .....	<b>52</b>
<b>2.3.2.</b>	<b>Variables dependientes</b> .....	<b>53</b>
<b>2.4.</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b> .....	<b>53</b>
<b>2.5.</b>	<b>Procedimiento de recolección de datos.</b> .....	<b>55</b>
2.5.1.	Agregados.....	56
2.5.2.	Cemento.....	57
2.5.3.	Agua.....	57
2.5.4.	Caracterización física de los agregados. ....	57
2.5.5.	Elaboración de testigos de concreto permeable (ASTM C31).....	58
2.5.6.	Ensayo de testigos de concreto permeable.....	60
<b>2.6.</b>	<b>Consideraciones para el diseño de mezcla del concreto permeable.</b> .....	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....		<b>68</b>
<b>3.1.</b>	<b>Diseño de Mezcla</b> .....	<b>68</b>
<b>3.2.</b>	<b>Prueba de hipótesis</b> .....	<b>73</b>
3.2.1.	Prueba de normalidad de datos.....	73
3.2.1.1.	Análisis estadístico de los datos.....	73
3.2.2.	Análisis de varianza ANOVA.....	78
3.2.3.	Análisis de comparaciones múltiples – T de Dunnet.....	79
<b>3.4.</b>	<b>Resultados de resistencia a la compresión del concreto permeable</b> .....	<b>80</b>
<b>3.5.</b>	<b>Resultados de resistencia a la flexión de concreto permeable.</b> .....	<b>80</b>
<b>3.6.</b>	<b>Resultados de permeabilidad del concreto permeable.</b> .....	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....		<b>82</b>
<b>4.1.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>82</b>
<b>4.2.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>86</b>
<b>CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES</b> .....		<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>90</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>101</b>

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de beneficios y limitaciones del concreto permeable en vialidades.	323
Tabla 2 Propiedades típicas del concreto permeable.....	333
Tabla 3 Propiedades físicas y mecánicas del PET.....	40
Tabla 4 Cálculo de la Desviación Estándar del ensayo de Resistencia a la Flexión ....	488
Tabla 5 Número de especímenes de ensayo .....	499
Tabla 6 Parámetros característicos del cemento.....	50
Tabla 7 Diferencias: diseño de mezcla ACI convencional y de concreto permeable.....	51
Tabla 8 Consideraciones para el diseño de mezcla. ....	52
Tabla 9 Operacionalización de la variable independiente. ....	53
Tabla 10 Operacionalización de variables dependientes .....	53
Tabla 11 Cuadro de fuente, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
Tabla 12 Requisitos mínimos según tipo de pavimentos . ....	684
Tabla 13 Peso específico del cemento y el agua. ....	68
Tabla 14 Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla.....	68
Tabla 15 Peso específico del cemento y el agua Valores efectivos de b/bo.....	69
Tabla 16 Volúmenes absolutos del diseño de mezcla. ....	71
Tabla 17 Corrección por humedad y absorción de los agregados .....	71
Tabla 18 Corrección por humedad de los agregados.....	72
Tabla 19 Pesos de los insumos finales del diseño de mezcla .....	72
Tabla 20 Peso de las incorporaciones de tiras de plástico según porcentaje.....	753
Tabla 21 Resultados descriptivos de los datos de resistencia a la compresión (F'C)...	763
Tabla 22 Resultados descriptivos de los datos de resistencia a la flexión (MR).....	785
Tabla 23 Resultados descriptivos de los datos de Permeabilidad (K). ....	786
Tabla 24 Prueba de normalidad SPSS .....	78
Tabla 25 Análisis de Varianza ANOVA SPSS .....	78
Tabla 26 Comparaciones Múltiples T de Dunnet.....	79
Tabla 27 Resultados del ensayos al concreto en estado fresco.....	79

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Influencia de la urbanización en el drenaje pluvial. El pavimento permeable tiene como objetivo, en un escenario ideal, llegar al 95% de agua filtrada.....	32
<b>Figura 2</b> Codificación de los tipos de plásticos. Se muestra que la codificación del PET es el 1 de los 6 grupos principales, teniéndose un adicional para los plásticos de características diferentes. El PET se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas .....	39
<b>Figura 3</b> Reacción de síntesis del Polietilentereftalato (PET).....	40
<b>Figura 4</b> Procedimiento de recolección de los datos .....	55
<b>Figura 5</b> Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión de concreto por el método de carga en el punto medio.....	62
<b>Figura 6</b> Ensayo de resistencia a la flexión por el método ASTM C78. Cargas en el punto medio. Toda la carga se aplica el centro de la luz. El módulo de rotura será mayor que cuando se aplica en los dos tercios (ASTM C78). Se da la tensión máxima solo en el medio de la viga.....	62
<b>Figura 7</b> Equipo de permeabilidad recomendado por el ACI 522R-10.....	63
<b>Figura 8</b> Relación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión.....	65
<b>Figura 9</b> Resistencia a la compresión vs. Porcentaje de vacíos.....	66
<b>Figura 10</b> Contenido de pasta (%) en función del contenido de vacíos (%). .....	67
<b>Figura 11</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas del diseño de mezcla patrón (0.00% de tiras de plástico) y los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporado. Ensayo a 28 días de curado.....	80
<b>Figura 12</b> Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de las probetas del diseño de mezcla patrón (0.00% de tiras de plástico) y los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporado. Ensayo a 28 días de curado.....	80

<b>Figura 13</b> Resultados del ensayo de permeabilidad de las probetas del diseño de mezcla patrón (0.00% de tiras de plástico) y los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporado. Ensayo a 28 días de curado. ....	81
<b>Figura 14</b> Visita a la Cantera “Yauri” a 11.5 km de El Milagro, para la obtención de los agregados. ....	106
<b>Figura 15</b> Visita a la Cantera “Yauri” a 11.5 km de El Milagro, para la obtención de los agregados. ....	130
<b>Figura 16</b> Obtención de las tiras de plástico PET .....	131
<b>Figura 17</b> Contenido de humedad de los agregados. ....	132
<b>Figura 18</b> Análisis Granulométrico de los agregados. ....	133
<b>Figura 19</b> PUSS y PUSC de los agregados. ....	134
<b>Figura 20</b> Gravedad Específica y % Absorción del agregado grueso. ....	135
<b>Figura 21</b> Gravedad Específica y % Absorción del agregado fino. ....	136
<b>Figura 22</b> Elaboración de probetas y vigas. ....	138
<b>Figura 23</b> Ensayos al concreto en estado fresco (Slump y PUCF).....	139
<b>Figura 24</b> Desmoldado y codificación de las probetas y vigas. ....	140
<b>Figura 25</b> Curado de las probetas y vigas.....	141
<b>Figura 26</b> Retiro de probetas y vigas de la posa de curado. ....	142
<b>Figura 27</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	143
<b>Figura 28</b> Ensayo de Resistencia a la Flexión. ....	144
<b>Figura 29</b> Ensayo de Permeabilidad .....	145

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, se determinó la influencia de los diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable, para la realización de la tesis se utilizó un diseño experimental, cuasi experimental, el muestreo fue probabilístico simple, para la recolección de datos se realizó la técnica de la observación, el instrumento utilizado fue la guía de observación, para analizar los datos se empleó la inferencia estadística, el problema es que la baja resistencia del concreto permeable limita su aplicación como pavimento rígido y ante el crecimiento urbano, genera que los acuíferos naturales no se recarguen, asimismo exista gran contaminación con los plásticos, al no ser reciclados, se logró determinar la influencia de las tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable y se encontró que la resistencia a la compresión la incorporación de 0.10%, incrementa en 17.09%; de 185.40 kg/cm<sup>2</sup> a 217.09 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia a la flexión incrementa en 49.81%; de 34.69 kg/cm<sup>2</sup> a 51.97 kg/cm<sup>2</sup>, la permeabilidad disminuye en todos los porcentajes incorporados, al 0.10% presenta una disminución del 19.83%.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in Trujillo, at the Universidad Privada del Norte, the influence of the different percentages of plastic strips on the permeability, compressive strength and bending of the pervious concrete was determined, for the realization of the thesis an experimental, quasi-experimental design was used, sampling was simple probabilistic, for the data collection the observation technique was performed, the instrument used was the observation guide, to analyze the data the statistical inference was used, the problem is that the little resistance of permeable concrete limits its application as a rigid pavement and in the face of urban growth, it generates that the natural aquifers do not recharge, likewise there is great contamination with plastics, as they are not recycled, it was possible to determine the influence of the plastic strips on the permeability, compressive strength and bending of pervious concrete and found that the resistance to compression incorporation of 0.10%, increase in 17.09%; from 185.40 kg/cm<sup>2</sup> to 217.09 kg/cm<sup>2</sup> and the flexural strength increases by 49.81%; from 34.69 kg/cm<sup>2</sup> to 51.97 kg/cm<sup>2</sup>, the permeability affected in all the percentages incorporated, at 0.10% shows a decrease of 19.83%.

---

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A lo largo de los últimos años, se ha registrado a nivel mundial un elevado impacto ambiental como consecuencia de los cambios climáticos. El aumento progresivo de la población, aunado a la consecuente urbanización de espacios, ha contribuido a acrecentar la problemática (Subramanian, 2008).

La provincia de Trujillo, en Perú no escapa a esta realidad. Periódicamente, se ve afectada por fenómenos climáticos naturales (Fenómeno de El Niño), provocando inundaciones y graves daños, principalmente en la zona baja de la misma.

Según Castro et al. (2009). A medida que las ciudades crecen y se desarrollan, aumentan las áreas urbanizadas. Se construyen viviendas y se pavimentan nuevas calles, existiendo cada vez mayor cantidad de superficies impermeables. Esta situación impacta negativamente en la infiltración natural del terreno (evitando la recarga de los acuíferos naturales), lo que se traduce en aumentos de los volúmenes de escorrentía y de los caudales máximos a evacuar cada vez que llueve.

Además de las precipitaciones, hay problemas en los sistemas de evacuación de aguas pluviales, generando malestar e incomodidad entre sus pobladores; ya que impide la movilización de los mismos dentro de la ciudad. Por otra parte, la escasez del agua también complica la situación. Lo anterior se agrava por la pavimentación en ocasiones, sin planificación, de caminos, plataformas y áreas que rodean las edificaciones con concreto impermeable, que ocasiona fugas e inundaciones con agua de lluvia. (Cabello et al., 2015).

Es ampliamente conocido (Castro et al., 2009) que el extenso uso de pavimentos impermeables trae consigo, especialmente en áreas de un importante

---

desarrollo urbano, considerables problemas en la evacuación de las aguas de lluvia y las condiciones de escurrimiento aguas abajo. El uso inapropiado de este tipo de estructuras en áreas urbanas, disminuye notoriamente la capacidad de recarga natural de agua en los terrenos e incrementa de forma considerable tanto el volumen como el caudal del escurrimiento superficial, aumentando el riesgo de provocar inundaciones en los sectores más bajos de las urbanizaciones.

Para atenuar estos efectos, en los últimos años se ha desarrollado a nivel mundial un modelo alternativo de diseñar los pavimentos de estacionamientos y calles de bajo tránsito, construyendo estructuras que permiten el paso del agua a través de la capa superficial hacia su interior, donde se almacena para ser infiltrada si el terreno lo permite, o para ser reconducida a un sistema de recolección de forma controlada (Castro et al., 2007).

De tal forma que los pavimentos de concreto poroso o concreto permeable ofrecen una solución alternativa a la problemática de inundaciones y a los problemas vinculados con la contaminación de agua (Cabello et al., 2015).

La principal característica del concreto permeable es su elevada permeabilidad, dada por el elevado contenido de vacíos, lo que resulta en su naturaleza ligera y de menor resistencia, si se le compara con el hormigón tradicional o impermeable (Aire et al., 2013).

Entre otras ventajas de las texturas superficiales porosas está el hecho de que absorben las emisiones de ruido de los vehículos y minimizan la película de agua que se forma durante las lluvias, dando, así como resultado unas condiciones de conducción más seguras. El elevado contenido de poros en la superficie ayuda a reducir la generación de salpicaduras de agua y la reflexión de brillos (Vorobieff et al., 2009).



Debido al calentamiento global, la aplicación del concreto permeable como pavimento rígido, ha adquirido gran atención, principalmente en la última década. Los países están obligados a tomar medidas de conservación del agua, en la construcción, el pavimento permeable constituye una atractiva alternativa enfocado además, en una construcción sostenible, al permitir el tratamiento de las aguas superficiales de lluvia, infiltrando esta agua al subsuelo, recargando los mantos acuíferos o permitiendo su almacenamiento. (Aire, 2008), (Aire et al., 2013).

La aplicación del concreto poroso es diverso. En el mundo, el concreto poroso nació en Inglaterra en 1852, aplicado en la construcción de viviendas. Sin embargo, entre 1945 y 1950 se inició a investigar sobre su aplicación como capa de rodadura en vías terrestres. En los 70's se reavivó el interés en este tipo de pavimentos, con el objetivo de brindar mayor seguridad al usuario y permitir una fluidez de tránsito en todas las condiciones meteorológicas. En 1974, en Japón, se realizaron los primeros ensayos de concreto permeable aplicado en la capa de rodadura, considerando que para ese entonces se tenía una precipitación de 1500 mm anuales. Su aplicación fue únicamente por drenaje, sin embargo, se descubrió que el concreto permeable tenía buenas propiedades acústicas. En Europa, se ha planteado con vistas a una optimización del conjunto de características superficiales de los pavimentos, es decir, intentando conseguir una serie de beneficios tales como; buen drenaje, correcta regularidad superficial, reducción de los niveles sonoros de tráfico y elevada resistencia mecánica. (Carlos et al, s.f.).

En Latinoamérica, Brasil, en el 2010 fue el primer país en aplicar el concreto permeable, actualmente también es aplicado en Colombia, Ecuador y Perú. (Perez, 2017).

---

En El Salvador, se considera que; el concreto permeable es una alternativa innovadora para revertir los daños que genera el ser humano en los mantos acuíferos y suelos. Asimismo, que las investigaciones son relativamente nuevas y escasas, pretendiéndose indagar las propiedades hidráulicas y mecánicas de este material, considerándose que las propiedades mecánicas (compresión y flexión) dependen del material granular, son bajas y son inversamente proporcionales a la permeabilidad (capacidad de filtración, recomendándose su uso en superficies de bajo tránsito (Barahora, Martínez & Zelaya, 2013).

En Costa Rica, Solano (2009), en su investigación comenta que; una de las causas principales del mal estado de las carreteras, es la baja capacidad hidráulica que estas poseen. El uso de suelo en las zonas más pobladas de Costa Rica ha llevado a un aumento de la escorrentía en las zonas bajas, convirtiéndose en un grave problema de erosión. El uso de concreto permeable es una excelente propuesta a esta problemática. Sin embargo, se tiene que evaluar las características de desempeño (propiedades mecánicas) del concreto permeable, principalmente su módulo de rotura (resistencia a la flexión) y su correlación con su resistencia a la compresión. Considera que; la presencia de agregado fino aumenta las propiedades mecánicas, pero reduce la trabajabilidad por lo que recomienda el uso de aditivos.

En México, Carlos et al. (s.f.), consideran que; “la principal virtud del concreto permeable es el adecuado manejo del agua de lluvia, que se infiltra a través de este concreto favoreciendo la recarga de acuíferos y previniendo la inundación de las áreas donde se implementa”. Cabe rescatar que en México esta tecnología si se aplica, uno de los proyectos más representativos es la plaza central de Soyaló en Chiapas.

En Colombia, el concreto permeable ya es aplicado, incluso hay empresas que lo distribuyen, una de ellas es Argon. Según Castañeda & Moujir (2014), el concreto

---

permeable debe ser tomado como una opción eficaz, oportuna y eficiente. Sin embargo, una posible causante de la falta de aplicación de este material sea la falta de estudios científicos y académicos para la realización de documentos que permitan conocer las debidas metodologías en su aplicación. La relación que existe entre la porosidad y la resistencia del concreto son inversamente proporcionales. La incorporación de finos en el diseño aumenta más de 7% sus propiedades mecánicas.

En Perú, las investigaciones respecto al concreto permeable son considerables, en su mayoría desarrolladas en zonas altoandinas, es decir; hay un interés por conocer y aplicar este material innovador para el drenaje pluvial y conservación de las fuentes de agua manantial. Sin embargo, su aplicación como pavimentación es poca, mayormente es aplicada en saneamiento y veredas. Las empresas pioneras en el Perú, que distribuyen concreto permeable son; Unicon y la empresa mexicana Cemex. Según lo mencionado por Quispe & Ticona (2017), en su tesis de pregrado; otra ventaja importante del concreto ecológico, es la prevención de inundaciones, es decir; la permeabilidad de este material es elevado por el alto contenido de vacíos y su desempeño es excelente. Sin embargo, los vacíos no ofrecen ninguna resistencia y llevan a una desventaja en las propiedades mecánicas de este concreto.

En Trujillo, el tema de concreto permeable poco explorado y por ende poco aplicado, es decir; se tienen diversas investigaciones que quedan como propuestas o alternativas de solución ante diversos inconvenientes hidráulicos en la ciudad. Según Pérez (2017), el uso del concreto permeable surge como parte de una solución integral que permite abordar estos problemas de una manera sostenible, además que viene a ser un tema actual e innovador dentro de la Ingeniería Civil que encaja en la búsqueda de nuevos métodos y materiales de construcción que permitan reducir el impacto sobre el medio ambiente y que utilice materiales de tipo ecológico para su fabricación, además

de que este tipo de concreto permite aprovechar ciertas características que el concreto convencional no presenta.

Flores & Pacompia (2015) en su tesis de pregrado: “*Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con Adición de Tiras de Plástico para Pavimentos f’c 175kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno*”, la cual tiene por objetivo general; evaluar la incidencia que tiene la incorporación de tiras de plástico (polipropileno) en las propiedades del concreto permeable f’c 175 kg/cm<sup>2</sup> diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno. Concluyen que; la incorporación de tiras de polipropileno (3 mm x 30 mm) [...] mejora parcialmente las propiedades de este, específicamente su resistencia a la compresión (p. 235). Además, determinan que la dosificación adecuada es de 0.05% respecto al material cementante. Una de sus conclusiones específicas es; el coeficiente de permeabilidad [...] Con Tiras al 0.05%, Con Tiras al 0.10% y Con Tiras al 0.15%) se encuentran dentro del rango definido por el reporte ACI 522, el cual es 0.14 a 1.22 cm/s, por lo que [...] cumplen con los requisitos de permeabilidad mínimos establecidos (p. 236).

Asimismo, Reyes, Torres & Grupo CECATA (2002) en su artículo; “*Efecto de las Fibras Plásticas en la Flexión de Estructuras de Pavimentos Drenantes*”, adicionó porcentajes de; 0.025, 0.05, 0.075, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 y 0,50 % de fibras de polipropileno de dos tamaños; Tira 1 (4x20mm) y Tira 2 (1x10mm) y realizó ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, tracción, permeabilidad, módulo de elasticidad a 3, 7, 14 y 28 días de curado del concreto drenante. Sus principales resultados fueron que; determinaron que la tira mas adecuada y el porcentaje optimo corresponde a la tira 1 (4 mm x 20

mm) adicionada en 0.10 %, ya que se obtiene un incremento respecto al diseño patrón de; 3.4% en la compresión, del 37.80 % en la flexión, del 1.00% en la tracción indirecta y del 13.70% en el módulo de elasticidad. En cuanto a la permeabilidad disminuyó ligeramente, pero recomienda que para que esta se mantenga en el rango de concreto permeable debe tener una relación A/C entre 0.30 y 0.35.

Por su parte, Díaz (2017) en su tesis de pregrado; *“Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca”*, concluye que; con el uso de 300 gr/m<sup>3</sup> de Chema Fibra Ultrafina y un aditivo plastificante (Chemaplast) 2.37lt/m<sup>3</sup>, la resistencia a la compresión y flexión incrementó en 6.45 % y 15.30%, respectivamente. Sin embargo, la permeabilidad promedio de 12 especímenes obtenidos de la misma mezcla es de 0.27 cm/seg, encontrándose también dentro de los parámetros establecidos por el ACI 211.3R-02 (0.20 y 0.54 cm/seg). Por tanto, sanciona que; según dichas características el concreto diseñado puede considerarse apto para ser usado en pavimentos (p. 94).

Se puede decir que, basados en los estudios realizado hasta la fecha, las variables de alta incidencia en el comportamiento mecánico e hidráulico del concreto poroso (relación resistencia/permeabilidad) vienen a ser relación agua/cemento, morfología de los agregados, relación agregado grueso/agregado fino, calidad de agregados pétreos, dosificaciones, tamaño de la fibra (adicionada) y otros. Asimismo, nuestro país no es ajeno al gran crecimiento demográfico, teniéndose un incremento diario de la expansión urbana. Se cubren grandes superficies terrestres en la cuales, los únicos espacios libres principalmente son los parques, calles y estacionamientos, siendo estos últimos cubiertos por pavimentos flexibles y/o rígidos sin tener en consideración

---

la filtración del agua pluvial. El hecho de no considerar este aspecto lleva a problemas mucho mayores, como; las inundaciones, el déficit en los manantiales de agua, incomodidad en los usuarios, accidentes de tránsito, erosiones y otros. (Perez, 2017).

En los últimos años, el concreto permeable se ha usado como una alternativa a la típica solución de construir pozos para retención o almacenamiento de aguas pluviales. En general, ha tenido éxito en la construcción de áreas de estacionamiento con pavimentos de concreto permeable que permiten la filtración del agua al subsuelo, reduciendo el escurrimiento superficial, evitando la contaminación, el encharcamiento y la erosión de áreas aledañas (Construcción y Tecnología en Concreto, 2011).

Sin embargo, la limitante para aplicar el concreto permeable, es su bajo desempeño mecánico en campo, es decir; al tener gran porcentaje de vacíos, tiene todas las condiciones de buen drenaje, pero ante la acción de cargas de tráfico, falla principalmente por flexión y compresión (Fernández, 2011).

En base a los antecedentes revisados, las investigaciones tienen como finalidad, aumentar la capacidad mecánica del concreto permeable, pero manteniendo sus excelentes propiedades hidráulicas. En este sentido, sería apropiado ejecutar pavimentos rígidos con concreto permeable, teniendo en cuenta la incorporación de un material que aumente su resistencia a la compresión y flexión, pero sin que la permeabilidad sea afectada.

Usualmente las mezclas requieren el uso de plastificantes, reguladores de viscosidad y retardantes. El uso de otros aditivos como sílice, látex, fibras o cenizas volantes mejora las características del material, pero eleva los costos. El efecto de los aditivos en las mezclas mejora las resistencias y no afecta de forma importante la permeabilidad (Fernández, 2017). En este caso se estudiará la adición de diferentes porcentajes de tiras (fibras) de plástico.

La incorporación de fibras de polipropileno o similares (tiras de plástico) en el concreto, es una alternativa para satisfacer las deficiencias mecánicas que tiene el concreto permeable, que tiende a tener propiedades de resistencia a la compresión y flexión muy por debajo del concreto hidráulico convencional. (Aire, Dávila & Mendoza, 2007). La incorporación de fibras significa un aporte importante a la disminución de la contaminación ambiental y conservación de nuestro recurso hídrico. Hoy en día este material se encuentra en los envases de productos, ingredientes de cosmetología, en la ropa, en materiales de construcción y en multitud de utensilios y objetos.

Según GreenPeace (2016), el plástico ha inundado nuestra vida diaria. En tan solo unas décadas ha pasado a ser omnipresente en todo tipo de objetos y materiales por sus características (flexibilidad, durabilidad y ligereza) y bajo precio. Cada año llegan 8 millones de toneladas de basura a los mares y océanos (equivalente a 800 torres Eiffel), estimándose 5-50 billones de fragmentos de plástico que forman 5 islas de basura en los océanos. Se estima que para el 2020 se tendrá por lo menos 500 millones de toneladas de plástico, ya que el ritmo de producción aumenta en 900%, con un reciclaje al 50%, se tendría alrededor de 250 millones de toneladas de plásticos en basura.

## 1.2. Antecedentes

### Nacionales

*“Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con Adición de Tiras de Plástico para Pavimentos f’c 175kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno”.*

Flores & Pacompia, (2016), cuyo objetivo fue; evaluar la incidencia que tiene la incorporación de tiras de plástico (polipropileno) en las propiedades del concreto permeable f’c 175 kg/cm<sup>2</sup> diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno. Para su experimentación se elaboraron; 230 testigos (probetas cilíndricas 4"x8") de

concreto permeable que se dividen en: 44 testigos con curva norma HUSO 57, 44 con HUSO N°8, 44 con 0.05%, 44 con 0.10% y 44 con 0.15% de adición de tiras de plástico (3x30mm), 15 para ensayos de % de vacíos (3 por cada grupo mencionado). Asimismo, para el ensayo de permeabilidad. Trabajaron con dos curvas granulométricas, con la segunda (HUSO N° 8) se hizo el DISEÑO 2, en el cual se adicionaron 0.05%, 0.10% y 0.15% de tiras de plástico. Las probetas se ensayaron a los 7, 14 y 28 días de curado. En cuanto a sus resultados; la resistencia a la compresión del concreto permeable aumenta en 16.70% a los 28 días de curado, adicionando 0.05% de tiras de plástico. El coeficiente de permeabilidad y el porcentaje de vacíos disminuye ligeramente, pero se mantienen en el rango para ser considerados concreto permeable. Respecto a los materiales, el agregado grueso de menor tamaño (HUSO N° 8), desempeña mayor resistencia a la compresión que la de Huso 57. Esta investigación concluye que; la incorporación de tiras de polipropileno (3 mm x 30 mm) en el diseño de mezcla de un concreto permeable diseñado para pavimentos  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno, mejora parcialmente las propiedades del mismo, específicamente su resistencia a la compresión (p. 236). Se ha determinado que la adición de dichas tiras en dos porcentajes (de los tres estudiados), incrementa la resistencia a la compresión del concreto permeable. Y respecto a las otras propiedades estudiadas, como el contenido de vacíos y coeficiente de permeabilidad, se ha determinado que la adición de tiras de polipropileno produce una variación ligera en sus magnitudes, presentando una tendencia a la reducción de los mismos conforme se incrementa el porcentaje de adición de las Tiras (p. 235).



Esta investigación aporta una posible cantidad (%) de tiras o fibra de plástico a agregar al diseño de mezcla, la misma que se desempeña mejor con agregado grueso de menor tamaño (Huso N°8). Además, nos da una idea de a qué edad ensayar las probetas. Por otro lado, el tamaño de las tiras de plástico han sido 3x30mm, tendiendo así un punto de inicio en vías de mejorar las propiedades mecánicas del concreto permeable utilizando este material como adición.

***“Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca”***

Díaz (2017), en esta investigación el objetivo fue; diseñar una mezcla de concreto permeable para uso en pavimentos en la ciudad de Cajamarca, utilizando aditivo y adición de fibra de polipropileno para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y a la flexión de 42 kg/cm<sup>2</sup>. La investigadora elaboró, en total 132 especímenes de concreto permeable, cuyos diseños de mezcla se ajustaron a lo especificado en las normas ACI 211.3R-02 y ACI 522.R-1 y utilizó un aditivo plastificante (Chemaplast) 2.37lt/m<sup>3</sup> y adición de fibra de polipropileno a 300g/m<sup>3</sup> de 1.2cm (Chema Fibra Ultrafina) para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y a la flexión de 42 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a sus resultados; con el uso de 300 gr/m<sup>3</sup> de Chema Fibra Ultrafina, la resistencia a la compresión y flexión incrementó en 6.45 % y 15.30%, respectivamente. Además, la mezcla conserva trabajabilidad respecto al diseño que solamente contiene aditivo en la proporción óptima de 250 ml por bolsa de cemento. La permeabilidad promedio es de 0.27 cm/seg. Concluye que; se

diseñó una mezcla de concreto permeable, cuya resistencia a la compresión a los 28 días es de 22.35 MPa (227.78 kg/cm<sup>2</sup>) con una desviación estándar de 6.29 kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de variación de 2.76% y cuya resistencia a la flexión es de 4.34 MPa (44.21 kg/cm<sup>2</sup>) con una desviación estándar de 1.39 kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de variación de 3.14%, por tanto, se concluyó que dicho diseño cumplió con las resistencias mecánicas mínimas de 210 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a compresión y de 42 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a la flexión, establecidas para ser usado en pavimentos de transito normal en la ciudad de Cajamarca. Además; la permeabilidad promedio de 12 especímenes obtenidos de la misma mezcla es de 0.27 cm/seg, encontrándose también dentro de los parámetros establecidos por el ACI 211.3R-02 (0.20 y 0.54 cm/seg). Por tanto, según dichas características el concreto diseñado puede considerarse apto para ser usado en pavimentos, comprobando el buen comportamiento del concreto permeable ante la incorporación de aditivo “Chemaplast” en la proporción de 250 ml/bolsa de cemento que incrementó la trabajabilidad de la mezcla y aumentando la resistencia a la compresión en el orden de 21.78% (p. 94).

Esta investigación aporta a decidir el uso de otros aditivos en la investigación, en este caso se usa un aditivo plastificante para dar mejor trabajabilidad a la mezcla. Además, confirma que la dosificación técnica es la adecuada, pero se podría probar con otras dosificaciones. Por otro lado, como era de esperarse, la permeabilidad disminuye, pero se mantiene en el rango para ser considerado concreto permeable según el ACI.

---

***“Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”***

Quispe & Ticona (2017), su investigación tuvo como objetivo; evaluar la influencia de la adición de fibras de polipropileno en las propiedades del concreto permeable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  fabricado con agregado grueso artificial y natural. Para su experimentación, realizaron siete alternativas de diseños de mezcla, elaborando 42 especímenes por cada alternativa de diseño, siendo un total de 294 especímenes. Se adicionan porcentajes de; 10%, 20%, 30%, 40% y 55% de fibras de polipropileno SikaFiber PE respecto al peso del cemento. Se hacen ensayos de permeabilidad, resistencia a la compresión, abrasión e impacto. Las edades son de 7 días, 14 días y 28 días. Además, consideraron diferentes tipos de agregados (natural y chancado). En cuanto a sus resultados; la resistencia a la compresión máxima alcanzada con agregado grueso artificial es de  $216.77 \text{ kg/cm}^2$  con adición del 40 % de fibras de polipropileno, por otro lado, con agregado grueso natural alcanzó una resistencia a la compresión  $229.11 \text{ kg/cm}^2$  siendo este el óptimo según la forma del agregado grueso. Concluyendo que; la adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla del concreto permeable mejora las propiedades de resistencia a la compresión y el desgaste de abrasión e impacto, pero el contenido de vacío y la permeabilidad presentan tendencias a la reducción (p. 55).

Esta investigación aporta una posible dosificación de las fibras de polipropileno SikaFiber PE, en este caso es el 40% teniendo en consideración que se pone énfasis en el tipo de agregado grueso, en este caso menciona que el de mejor desempeño es del de Huso 7, es decir agregado grueso de mayor tamaño y de

---

procedencia natural, la cual se desempeña mejor que el agregado artificial (chancado).

### *Internacionales*

#### *“Concreto liviano con adición de tiras de plástico y su aplicación en pavimentos rígidos de tráfico liviano”*

Hernández (2017), cuya investigación, realizada en Guatemala, tuvo como objetivo, realizar un diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de polietileno de baja densidad y de polipropileno, para la implementación en pavimentos rígidos de tráfico liviano. El programa experimental incluyó un total de 42 especímenes, dividiéndose en 24 cilindros de 6”x12” para resistencia a la compresión, 9 cilindros de 6”x12” para resistencia a la tracción directa, 6 vigas de 6”x6”x21” para resistencia a la flexión y 3 baldosas de 30cmx60cmx7cm para el ensayo de permeabilidad. Se estudió el comportamiento del concreto permeable, al utilizar como aditivos, el polietileno de baja densidad y el polipropileno. Para ello, primero se realizó un diseño de mezcla de concreto permeable (TIPO 1), basado en parámetros establecidos por el ACI 522 R-10. Luego, se realizaron dos diseños de mezclas adicionales, en uno se empleó tiras de polietileno de baja densidad (TIPO 2) y en otro, tiras de polipropileno (TIPO3), con dimensiones de 4 mm x 20 mm al 0,10 % del total de la mezcla. Para evaluar el diseño de mezcla de concreto permeable adecuado, para ser utilizado en pavimentos de tráfico liviano, las mezclas fueron sometidas a los ensayos de compresión, flexión, tracción indirecta y permeabilidad, según normas ASTM, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Según los resultados, en los ensayos mecánicos (resistencia de a la compresión y tracción),

la incorporación de tiras de polipropileno incrementa estas características más que el polietileno de alta densidad, en el ensayo de flexión el Tipo 2 es predominante, teniéndose, 395 psi para el Tipo 1, 500 psi para el Tipo 2 y 440 psi para el Tipo 3. En cuanto a permeabilidad en ambas variantes se presenta una deducción de esta. Basado en los resultados de los ensayos de laboratorio, y tomando en cuenta que la resistencia a flexión es el parámetro más importante para el diseño de pavimentos, se concluye que la mezcla de concreto permeable con adición de tiras de polietileno de baja densidad, con dimensiones de 4 mm x 20 mm, al 0,10 % del total de la mezcla, fue el que mejor se adapta para ser utilizado en pavimentos de tráfico liviano. Ya que se obtiene un incremento del 26 % de la resistencia a flexión, con respecto al concreto permeable sin adición de tiras (p. 123-124).

Esta investigación aporta una idea clara del criterio a elegir, cuando se hacen varios ensayos mecánicos, el diseño adecuado de adición, en este caso, los valores serán primordialmente elegidos por su desempeño en resistencia a la flexión, puesto que los pavimentos rígidos tienen ese comportamiento. También nos da una dosificación exacta de la incorporación de las fibras, así como; los resultados en permeabilidad son una constante porque en todos los casos disminuye, pero se mantiene en los rangos para que el concreto sea considerado permeable.

*“Evaluación del comportamiento en el módulo de ruptura en concretos permeables para carpetas de rodadura de pavimentos rígidos utilizando geosintéticos en su estructura”*

Gámez, Guzmán & Renderos (2016), su investigación realizada en El Salvador, tuvo como objetivo; evaluar el comportamiento del módulo de ruptura, en mezclas de concreto permeable para carpetas de rodadura utilizando geosintéticos en su estructura. En su procedimiento experimental realizaron; 122 ensayos a flexión de los cuales 61 son con refuerzo de Geomalla en la base de la vigueta (R), 15 con refuerzo de Geomalla a  $\frac{1}{4}$  de la base de la vigueta (R1/4), 30 con refuerzo en la base y con **Fibras (RF)**, 16 sin refuerzo (SR). Trabajaron con el diseño patrón y sus variantes que fueron: Geomalla en la base, Geomalla a  $\frac{1}{4}$  de la base, con refuerzo en la base + fibras de polipropileno ( $1.8\text{kg/m}^3$ ; 20-40mm). Ensayo a la flexión a la edad de los 28 días. También realizaron el ensayo de permeabilidad. En cuanto a sus resultados; el módulo de rotura del concreto permeable reforzado con geomalla en la base y **adicionando fibras de polipropileno** tiene la menor desviación estándar, es decir todas las variantes tienen un módulo de rotura de  $28\text{kg/cm}^2$  pero con desviaciones estándar diferentes. Además, en relación al concreto sólo reforzado con geomalla en la base, las fibras de polipropileno mejoran de  $27\text{ kg/cm}^2$  a  $28\text{kg/cm}^2$  el módulo de rotura. En cuanto a la permeabilidad, disminuye. Los investigadores concluyen que; a partir de los ensayos realizados, y las consideraciones tomadas en base al comité ACI 214 y ACI 318, pudimos caracterizar que la mezcla de concreto permeable simple diseñada con 20 % de vacíos, y utilizada en nuestro trabajo, corresponde a una resistencia a la flexión de  $28\text{ kg/cm}^2$ , los especímenes elaborados con la mezcla de concreto permeable, adición de fibra y refuerzo de geosintético en la base muestran una resistencia a la flexión de  $28\text{ kg/cm}^2$ , los especímenes de concreto permeable con la geomalla biaxial en la base de este mostraron una resistencia a la flexión de  $27\text{ kg/cm}^2$  y los especímenes con la

geomalla biaxial a distancia de  $\frac{1}{4}$  desde la base de estos, mostraron resistencia a la flexión de 28 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, queda en evidencia a partir de los resultados que no existen variaciones considerables en la resistencia a la flexión entre los especímenes de concreto permeable simple y las 168 variaciones de este reforzados en las diferentes formas durante dicha investigación, aunque queda abierta a diferentes resultados al utilizar otro tipo de fibras, geosintéticos, agregados y variaciones pertinentes que conserven el concepto de la mezcla como tal. Asimismo, se llevaron a cabo pruebas de permeabilidad a núcleos extraídos de especímenes tipo viguetas de concreto permeable con el fin de que esto representara de mejor manera la uniformidad del proceso que sufre el manejo del concreto, además no se consideró como un factor crucial el tipo de geomalla utilizada dentro de los especímenes que llevaban esta variante y esto conllevó a que las comparaciones de permeabilidad se llevara entre los especímenes de concreto permeables simple, y los concretos permeables con adición de fibras, siendo en los primeros la permeabilidad  $k=4.30$  mm/s, un equivalente de 258 lts/m<sup>2</sup> /min, y siendo la permeabilidad de los especímenes de concreto permeable con adición de fibras, un  $k=3.34$  mm/s equivalente a 200.4 lts/m<sup>2</sup> /min. Concluyendo que la permeabilidad se ve comprometida como era de esperarse, por la adición de fibras (p. 167).

Esta investigación aporta una posible dosificación de las fibras de polipropileno, a pesar de que las mejoras no han sido muy significativas, la mejora si se da. Por otro lado, la permeabilidad disminuye, lo cual nos da una idea clara de lo que puede suceder en la obtención de los resultados.

---

***“ENHANCING THE STRENGTH OF PERVIOUS CONCRETE  
USING POLYPROPYLENE FIBRE”, “Mejora de la resistencia del concreto  
permeable utilizando fibras de polipropileno”.***

Kharbikar & Phatak (2017), su investigación realizada en la India tuvo como objetivo; determinar la influencia de las fibras de polipropileno en la resistencia del concreto permeable. Para la experimentación se tuvieron 4 variantes, la mezcla de concreto permeable solo y con adiciones de fibras del 0.15%, 0.20% y 0.25%. Para cada variante se tuvieron 9 cilindros, teniéndose un total de 36 especímenes, ensayados a edades de; 7 días, 14 días y 28 días. Además de hizo el ensayo de permeabilidad, donde se pasan 1000 ml de agua por el espécimen y luego se mide el agua que sale de mismo. En cuanto a los resultados de resistencia a la compresión a edad de 28 días se tuvo; 12.02 N/mm<sup>2</sup>, 13.97 N/mm<sup>2</sup>, 15.49 N/mm<sup>2</sup> y 12.34 N/mm<sup>2</sup> para 0.00%, 0.15%, 0.20% y 0.25% de fibra adicionada, respectivamente. En cuanto a permeabilidad, se tuvo 860, 900, 920 y 940 ml de agua que pasa a las dosificaciones de 0.00%, 0.15%, 0.20% y 0.25% de adición de fibras. En base a los resultados, los investigadores concluyen que; la incorporación de fibras de polipropileno en el concreto permeable, incrementa la resistencia a la compresión al 0.20% de dosificación. Sin embargo, la permeabilidad aumenta, aunque al 0.25%, la resistencia disminuya (p. 245).

Esta investigación tiene un aporte importante, ya que, al ser elaborada al otro lado del planeta, hay otras condiciones, sin embargo, la ingeniería es la misma. Según las conclusiones, la incorporación de fibras de polipropileno si incrementa la resistencia, así como la permeabilidad, algo que no se ha visto en las



---

investigaciones anteriores. Finalmente nos da un aporte de una dosificación aproximada para tener en cuenta a la hora de diseñar la mezcla y tomar los criterios de los porcentajes a utilizar.

### **1.3. Bases Teóricas**

#### **1.1.1 Concreto Permeable**

##### **Definiciones**

El concreto permeable es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, ya que contiene poco o nada de finos, lo que permite que los fluidos como el aire o el agua pasen fácilmente de la superficie a las capas subyacentes. El concreto permeable tiende a tener asentamiento cero, consiste en cemento portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivos y agua. En su estado endurecido presenta poros de alrededor de 2mm – 8 mm, dejando pasar libremente el agua, su contenido de vacíos varía entre el 15% al 35%, debido a la gran cantidad de huecos por lo general la resistencia es menor a la del concreto convencional (Delatte, 2014).

Típicamente, el concreto permeable es un material de construcción que tiene poco o ningún agregado fino y tiene suficiente pasta cementosa para recubrir las partículas de agregado grueso mientras se preserva la interconectividad de los vacíos (Guyer, 2019).

Por su parte, Sabnis (2012), el concreto permeable se compone principalmente de cemento Portland normal, agregado grueso (TMN: 3/4” - 3/8”) y agua. A diferencia del concreto normal, que típicamente llena los huecos entre los agregados gruesos, el concreto permeable, tiene una cantidad de fino casi inexistente o el presente de este es muy poco, aumentando la

---

porosidad (alrededor de 20%) y permite que el agua drene libremente, lo cual no sucede con el concreto denso convencional de alta resistencia.

### **Uso del concreto permeable**

El desempeño del concreto permeable lo hace apropiado para su utilización en el drenaje vial, debido a las buenas condiciones de permeabilidad y almacenamiento señaladas. Lo anterior determina que los ingresos de agua proveniente de las precipitaciones sobre el área atravesada por la carretera, sean

transitados de forma tal que es posible disminuir las dimensiones de los drenajes viales (cunetas y subdrenes). La aplicación de concreto permeable permite una alternativa para los diseños de drenaje actuales. La permeabilidad de este concreto varía entre 120 a 200 l/minuto/m<sup>2</sup> o 7 a 12 mm/hora/m. La capacidad de almacenamiento está en función del porcentaje de vacíos, el que varía entre el 15% y el 30%. (Velásquez, 2015).

Los pavimentos permeables no son adecuados para todas las aplicaciones, pero con el diseño adecuado, construcción y mantenimiento proporciona una alternativa verde de bajo impacto que vale la pena considerarlo. Puede ser más rentable que el pavimento convencional por conservar el uso de la tierra (al no requerir instalaciones de detención de escorrentía) y al reducir la infraestructura de drenaje (Guyer, 2019),

Las aplicaciones más comunes para el concreto permeable son; estacionamientos, aceras, caminos, canchas de tenis, patios, estabilización de taludes, cubiertas de piscinas, pisos de invernadero, áreas de zoológico, arcenes, desagües, barreras acústicas, bases permeables debajo de un pavimento de concreto normal y caminos de bajo volumen. Generalmente el

concreto permeable no es usado en pavimentos para alto tránsito y cargas pesadas de ruedas (Sabnis, 2011).

Por su parte, Guyer (2019), la aplicación del concreto poroso inició en Europa,

Inicialmente comenzaron como varias formas de agregado abierto o pavimento de césped para promover la infiltración del agua en lugar de la escorrentía.

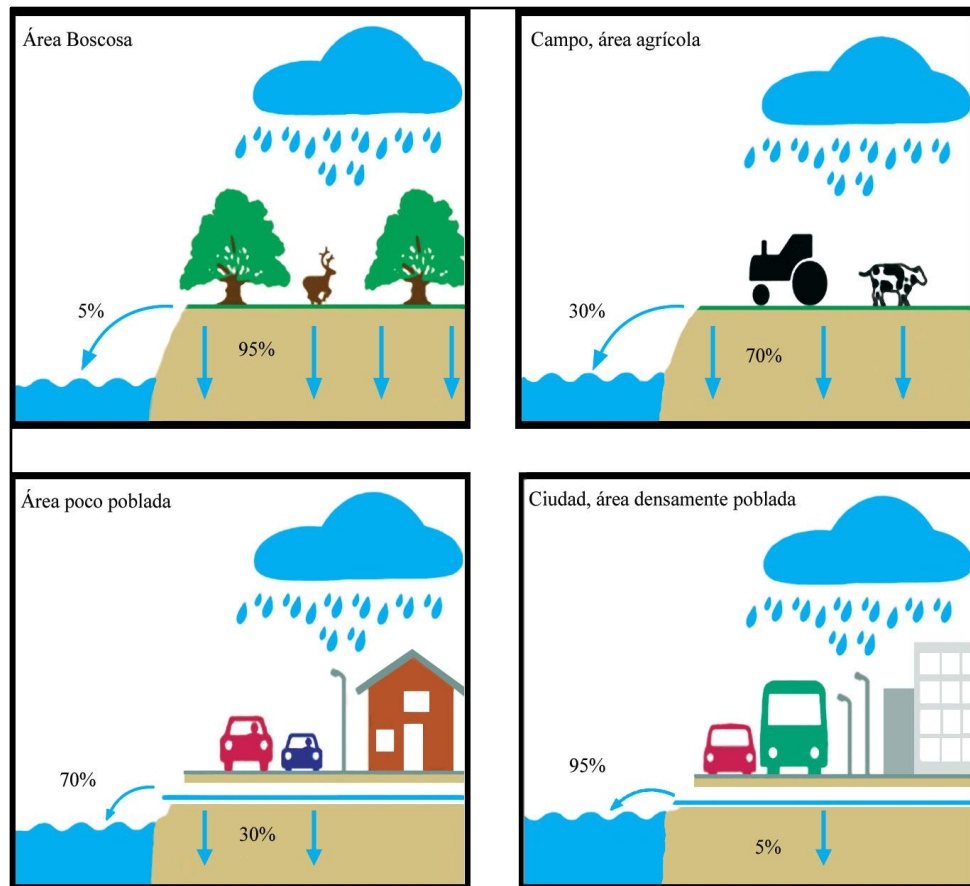
### **Beneficios del concreto permeable**

Como se sabe el agua es uno de los mayores problemas en el diseño y conservación de los caminos en razón de disminuir la resistencia de los suelos afectando los terraplenes, cortes y pavimentos. En consecuencia, el drenaje es un factor esencial para canalizar en forma adecuada las condiciones de escurrimiento. (Velásquez, 2015).

Otro factor importante que conduce a un renovado interés en el concreto permeable es un énfasis creciente en la construcción sostenible. Debido a sus beneficios de control de escorrentía y la prevención de la contaminación el concreto permeable tiene el potencial de ganar hasta 07 créditos LEED (LEED SS C6.1: y LEED SS C6.2: Control de diseños de aguas pluviales, la intención de estos créditos es limitar la interrupción y la contaminación del agua, que fluye mediante la gestión de la escorrentía de aguas pluviales, lo que aumenta la infiltración en el sitio y eliminación de contaminantes. Crédito LEED SS-C7.1: efecto de isla de calor sin techo. La intención de este crédito es reducir las islas de calor (el gradiente térmico difiere entre zonas desarrolladas y subdesarrolladas) para minimizar el impacto en microclima y hábitats humanos y de vida silvestre. Crédito LEED WE C1.1: paisajismo eficiente en agua. La

intención de este crédito es limitar o eliminar el uso de agua potable o otros recursos hídricos superficiales o subterráneos disponibles en o cerca del sitio del proyecto para el riego del paisaje. Créditos LEED MR-C4.1 y MR-C4.2: Contenido reciclado. La intención de este crédito es aumentar la demanda de productos de construcción que han incorporado material de contenido reciclado, reduciendo los impactos resultantes de la extracción de nuevo material. Crédito LEED MR-C5.1 Y MR-C5.2: Materiales regionales. La intención de este crédito es aumentar la demanda de productos de construcción que son extraídos y fabricados localmente, reduciendo así el medio ambiente impactos mentales resultantes de su transporte y apoyo a la economía local (Sabnis, 2011). Otros beneficios y algunas desventajas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
Resumen  
de



*Figura 1* Influencia de la urbanización en el drenaje pluvial. El pavimento permeable tiene como objetivo, en un escenario ideal, llegar al 95% de agua filtrada.

Fuente: Castro (como se citó en Cárdenas, Albitier & Jaimes, 2016).

*beneficios y limitaciones del concreto permeable en vialidades.*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Manejo efectivo de los escurrimientos de aguas de lluvia con reducción de alcantarillas y bordillos.	Uso limitado en áreas de tránsito pesado.
Reducción de la contaminación en cuerpos de agua.	Necesidad de prácticas especializadas de construcción.
Recarga de mantos acuíferos.	Mayor tiempo de curado.
Mejor aprovechamiento de los terrenos adyacentes a las variables.	Sensitividad al contenido de agua y al control en el concreto fresco.
Reducción de las islas de calor.	Falta de métodos estandarizados de pruebas.
Eliminación del estancamiento de agua.	Especial atención y cuidado en el diseño al usar algunos tipos de suelo, como los expansivos y los susceptibles a la congelación.
Crédito de obras LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).	Posiblemente se requiera atención especial en casos de niveles elevados de aguas subterráneas.

Fuente: Tennis et al. (como se citó en Cárdenas, Albiter & Jaimes, 2016)

### **Propiedades del concreto permeable**

Cuando se diseña un concreto permeable, el reto es alcanzar altas resistencias mecánicas, con la mayor permeabilidad posible. En la Tabla 2, se muestran propiedades típicas del concreto permeable, donde se evidencia que lo mencionado anteriormente, es posible.

**Tabla 2**

*Propiedades típicas del concreto permeable.*

<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>
Revenimiento, mm	20
Peso Unitario, kg/m <sup>3</sup>	1600 - 2000
Tiempo de fraguado, horas	1
Porosidad, % (en volumen)	15 - 25
Permeabilidad, lt/m <sup>2</sup> /min (cm/seg)	120 - 320 (0.20 - 0.54)
Resistencia a la compresión, MPa	3.5 - 28
Resistencia a la flexión, Mr (Mpa)	1- 3.8

---

Para el tiempo de fraguado, el uso de aditivos químicos puede extender el tiempo. Asimismo, en el laboratorio, se han presentado drenajes de hasta 700 lt/m<sup>2</sup>/min.

Fuente: Construcción y Tecnología en Concreto (2010)

## **Variables que afectan el comportamiento del concreto permeable**

### **Porcentaje de vacíos**

“El porcentaje de vacíos que presentan las mezclas de concreto permeable varía según la energía de compactación, la granulometría del agregado utilizado, la relación agua/cemento y el contenido de material cementante utilizado”. ACI 522-10 (2010).

El factor principal que afecta las propiedades del concreto permeable endurecido es la porosidad o el contenido de vacío de aire, que depende del contenido cementoso, la relación agua cemento, la compactación, gradación y calidad de agregados. La resistencia a la compresión y flexión depende de la relación de huecos, ambos son altos con relación de vacíos más bajos. Los porcentajes de vacíos en el concreto permable varían entre 15% y 35 %. (Delatte, 2007).

### **Granulometría**

La granulometría es todo procedimiento mecánico o manual que se desarrolla con el fin de separar los diferentes tamaños de partículas que se encuentran en una muestra (agregados, suelos, etc.), de manera que se puedan medir las cantidades de cada tamaño encontrado y saber su aporte respecto al peso total. Para lograr la separación de partículas, se usan mallas de diferentes aberturas, donde se pesa la cantidad de partículas retenidas. En la práctica, los pesos de

cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica granulométrica del material (granulometría). ASTM (como se citó en Cañas, 1996).

El agregado triturado o las gravas de río redondeadas se utilizan típicamente como agregados gruesos. El tamaño y la forma de los agregados gruesos tienen una influencia significativa en la resistencia y la capacidad de infiltración. La clasificación del agregado grueso corresponde a tamaños entre 9.5 mm a 19 mm (3/8" – 3/8"), el agregado generalmente, reduce la porosidad del concreto, al mismo tiempo que aumenta su resistencia, la relación de vacíos no solo depende de la mezcla sino de qué tan bien se compacta (Delatte, 2007).

El uso de áridos chancados da como resultado, hormigones con mejores características mecánicas, en comparación a si se hubiera utilizado árido rodado. Esto se debe a que el agregado chancado tiene mayor área de lubricación, lo cual se relaciona con una mayor área de adherencia de pasta de cemento, se debe tener en cuenta que los agregados no deben ser muy angulosos, en lo posible en la forma de un cubo, ya que, al ser muy angulosos, permiten una menor cantidad de vacíos y mayor trabazón en la mezcla, teniéndose un concreto poco trabajable (Giani & Solas, 2010).

### **Relación agua/cemento (a/c)**

“El concreto permeable es muy sensible a la cantidad total de agua y su relación respecto al material cementoso (a/c). El exceso de agua conduce al drenaje de la pasta, que puede obstruir el sistema de poros. La relación agua cemento para concreto

---

permeable generalmente está en el rango de 0.26 a 0.40 (recomendado por ACI 522R10), que es menor para el concreto convencional típico” (Delatte, 2007).

“La resistencia del concreto se determina por la cantidad neta de agua utilizada por cantidad unitaria de cemento, para un conjunto dado de materiales y de condiciones, lo cual se conoce como la relación a/c, que está dada en peso”. (Sánchez de Guzmán, 2001).

La estabilidad de la pasta se ve disminuida con relaciones agua cemento (a/c) muy elevadas, ya que favorece a la exudación y reducción de volumen, en este sentido la relación a/c deberá ser la adecuada en función de la fluidez de la mezcla que se requiera (Giani & Solas, 2010).

Una relación de agua a material cementoso (a/c) de 0.28 a 0.40 con un contenido de vacíos de 15% a 25% es común. La adición de una pequeña cantidad de agregado fino puede reducir el contenido de vacíos pero puede aumentar la resistencia, reductores de agua para mejorar la resistencia y trabajabilidad, aditivos que controlan la hidratación para mejorar el trabajo. (Guyer, 2019)

### **Relación agregado grueso/cemento (AG/c)**

Relaciones bajas agregado/cemento implican que existe un mayor porcentaje de pasta, capaz de proveer mejores enlaces entre las partículas de agregado y con ello aumentar las resistencias. La presencia de agregado fino debe ser mínimo, ya que compromete el sistema de poros del concreto e influye en la permeabilidad. ACI recomienda relaciones AG/c de 4 a 4.5/1 (ACI 522 R-10, 2010).



## **Uso de aditivos**

Se llaman aditivos a aquellas sustancias o productos que incorporados al hormigón, mortero o pasta, antes o durante el amasado, producen una modificación deseada de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento en dicho hormigón, mortero o pasta, en estado fresco y/o endurecido. (Quiroz & Salamanca, 2006).

Según el ASTM C494 (2008), los aditivos para concreto se clasifican en; Tipo (reductores de agua), Tipo B (retardadores), Tipo C (aceleradores), Tipo D (reductores de agua y retardadores), Tipo E (reductores de agua y aceleradores, Tipo F (reductores de agua, de alto rango), Tipo G (reductores de agua, de alto rango, y retardadores y Tipo S (Aditivos de comportamiento específico). El concreto permeable, comúnmente requiere de aditivos plastificantes.

### **1.1.2 El plástico**

Los plásticos son un gran grupo de orgánicos que contienen como elemento principal, el carbono, combinado con otros ingredientes como el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, que pueden deformarse hasta lograr una forma deseada aplicando calor y presión, asimismo se caracterizan por tener una relación resistencia/densidad muy alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas (Cornish, 1997).

Los plásticos son producidos mediante un proceso conocido como polimerización, ya sea por adición, por condensación, o por etapas, es decir,

creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico (Cristán, Ize & Gavilán, 2003).

La American Society for Testing Materials (ASTM) define como plástico a cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final; ha tenido o puede haber tenido en alguna etapa de su manufactura (fundido, cilindrado, prensado, estirado, moldeado, etc.) diferentes formas de fluidificación, mediante la aplicación, junta o separada, de presión o calor.

Según la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (2007), los plásticos son compuestos constituidos por moléculas que forman estructuras muy resistentes, que permiten moldeado mediante presión y calor.

Siendo la polimerización, el proceso para la producción de plásticos, existen diferentes tres grupos grandes; los elastómeros (conformado por poliisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el poliisobutileno y los poliuretanos), los termoestables (conformado por resinas; fenólicas, de poliéster, ureicas, epóxicas, melamina y el poliuretano) y los termoplásticos. El grupo de los termoplásticos, según su estructura, se subdivide en dos grupos; los amorfos y los cristalinos. El primer grupo tiene una estructura molecular que no presentan ningún tipo de orden: están dispuestas aleatoriamente, por ejemplo; El policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), estireno acrilonitrilo - Styrene Acrylonitrile (SAN), acrilonitrilo butadieno estireno - Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), metacrilato (PMMA), policarbonato (PC). El segundo grupo de los polímeros termoplásticos tienen una estructura cristalina, es decir; al enfriarse, sus cadenas

tienden a enlazarse muy ordenadamente por lo que se produce un empaquetamiento muy ordenado, que se denomina cristalización. En este grupo se encuentran los siguientes plásticos; el polietileno (PE), polipropileno (PP), poliacetal (POM), poliamida (PA) y el tereftalato de polietileno (PET) (Castells & Jurado, 2012)

Para investigación se utilizará tiras de plástico de los plásticos Tereftalato de Polietileno (PET - Polyethylene Terephthalate).

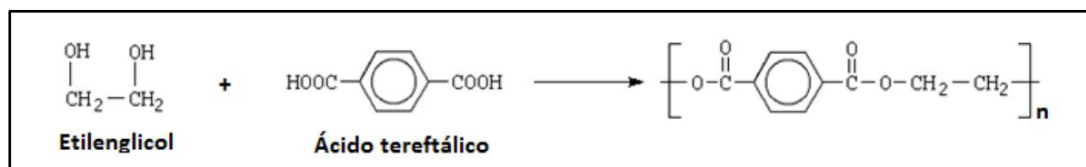


**Figura 2** Codificación de los tipos de plásticos. Se muestra que la codificación del PET es el 1 de los 6 grupos principales, teniéndose un adicional para los plásticos de características diferentes. El PET se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas

Fuente: ELBLOGVERDE.COM

## Plástico PET

El Tereftalato de Polietileno o Polietilentereftalato, es un polímero termoplástico producido por polimerización entre el ácido tereftálico y el etilenglicol (Figura 3). Es de la familia de los polímeros aromáticos, de alta calidad, transparente e impermeable al aire y a la humedad, lo que hace que sea muy usado para envases de bebidas (Castells & Jurado, 2012).



**Figura 3** Reacción de síntesis del Polietilentereftalato (PET).

**Fuente:** Arnáiz (2014)

## Propiedades del plástico PET

**Tabla 3**

*Propiedades físicas y mecánicas del PET*

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL PET		
Físicas	Absorción de agua (%)	<0.7
	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.3 - 1.4
	Índice refractivo	1.58 - 1.64
	Inflamabilidad	Auto-extinguible
	Resistencia a los ultravioletas	Buena
Mecánicas	Coefficiente de fricción	0.2 - 0.4
	Dureza-Rockwell	M94 - 101
	Resistencia a la compresión (Mpa)	76 - 128
	Resistencia a la tracción (Mpa)	190 - 160
	Resistencia al impacto (Jm <sup>-1</sup> )	13 - 35

**Fuente:** Sánchez, Peña & Rico (2018) y Hachi & Rodríguez (2010).

---

## Uso del plástico PET en el concreto

Consiste en el empleo del PET como material de refuerzo en la elaboración de concreto. En general, los materiales de refuerzo confieren a un material compuesto, como el concreto, mejores propiedades que las de los materiales individuales que lo constituyen, como, por ejemplo: resistencia, rigidez, dureza, rendimiento a altas temperaturas y conductividad. En el concreto es de vital importancia que el material de refuerzo sea compatible con la matriz y resistente al ataque de los productos de hidratación del cemento. En la última década se han realizado investigaciones sobre concreto reforzado con fibras y partículas de polímeros como polipropileno, poliestireno, PET y polietileno; obteniéndose resultados muy satisfactorios. (Bosco, et al., 2015).

### 1.1.3 Resistencia a la compresión ( $f'c$ )

“Es la característica mecánica principal del concreto, expresada en términos de esfuerzo, en unidades de MPa, psi o  $kg/cm^2$ , evaluada mediante pruebas mecánicas destructivas como el estallido de especímenes como cilindros, cubos o prismas, o no destructivas” (Sánchez de Guzmán, 2001).

Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6” (15 cm) de diámetro y 12” (30 cm) de altura, el espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado por 28 días. Durante la prueba el cilindro es cargado a un ritmo uniforme de 2.45  $kg/cm^2/s$ . La resistencia a la compresión ( $f'c$ ) se define con el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra (Harmsen, 2005).

---

“La prueba de garantía de calidad más común para el concreto es la prueba  $f'c$  a los 28 días de curado, que es ensayado en muestras cilíndricas que se moldean en el sitio de trabajo y se curan para realizar las posteriores pruebas de resistencia”. (Nassiri, Rangelov & Chen, 2017).

#### **1.1.4 Resistencia a la flexión ( $M_r$ )**

Otra de las características mecánicas del concreto en estado endurecido, que reviste importancia, es la resistencia a la flexión, especialmente en estructuras de concreto siempre, tales como pavimentos, en donde adicionalmente aparecen esfuerzos de tracción por la flexión de placas, al paso de los vehículos. La resistencia a la flexión del concreto se determina ensayando vigas de sección cuadrada de 500 mm de largo por 150 mm de lado, elaboradas y curadas de acuerdo a las normas ASTM C 192 y C – 31. El esfuerzo máximo de flexión se denomina módulo de rotura (MR). La resistencia a la flexión se puede definir como la resistencia a tracción del concreto, para el caso del concreto el valor de la resistencia a la flexión es menor que el valor de la resistencia a la compresión. El módulo de rotura en concretos permeables generalmente se encuentra en el rango de 10.5 kg/cm<sup>2</sup> y 40.0 kg/cm<sup>2</sup>. Existen varios factores que influyen en la resistencia a la flexión, principalmente el grado de compactación, porosidad, y la proporción agregado-cemento. El módulo de rotura del concreto es una medida útil para el diseño de pavimentos realizados en este material, puesto que las placas de pavimento trabajan principalmente a flexión; de ahí que en estos casos la calidad del concreto se especifique indicando su módulo de rotura (Sánchez De Guzmán, 2001).

#### **1.1.5 Permeabilidad.**

La permeabilidad del concreto, como la de cualquier material, consiste en que éste pueda ser atravesado por un fluido (agua, aire, vapor de agua) a

causa de una diferencia de presión entre las dos superficies apuestas del material. La permeabilidad está determinada por el caudal filtrado de acuerdo con la ley experimental de Darcy en la cual el flujo es laminar y permanente. La permeabilidad del concreto depende de la porosidad de la pasta de cemento y de la porosidad de los agregados, así como de los vacíos causados por una compactación deficiente o por los capilares dejados por el agua de exudación. En general, se ha mencionado que este porcentaje de vacíos en un concreto adecuadamente consolidado puede ser de aproximadamente 1% (aire naturalmente atrapado). Sin embargo, en la práctica se ha determinado que la permeabilidad del concreto depende principalmente de la permeabilidad de la pasta de cemento, probablemente debido a que en un concreto adecuadamente compactado las partículas del agregado quedan envueltas por la pasta de cemento. De otra parte, la permeabilidad de la pasta de cemento depende de la porosidad de esta y de la compactación. (Sánchez de Gurmán, 2001).

Según la Norma del Comité ACI 522 R-10 ACI 522R (2010) la capacidad filtrante va del rango de 2 a 18 gal/min/ft<sup>2</sup> (81 a 730 L/min/m<sup>2</sup>) o 192 a 1724 pulg/hora (0.14 a 1.22 cm/s) dependiendo de la cantidad de vacíos que este posea.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia de los diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable aplicado como pavimento rígido?

## **1.5. Objetivos**

### **1.1.6 Objetivo general**

Determinar la influencia de los diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable.

#### **1.5.1. Objetivos específicos**

O.E.1. Realizar un diseño de mezcla patrón y sus posibles variantes, respecto a los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporadas en la mezcla de concreto permeable.

O.E.2. Ensayar probetas cilíndricas y vigas a diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporadas en el concreto permeable para evaluar las variables dependientes de la investigación.

O.E.3. Determinar un porcentaje adecuado de incorporación de tiras de plástico que maximice la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.1.7 Hipótesis general**

La incorporación de diferentes porcentajes de tiras de plástico influye significativamente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable, pero negativamente en la permeabilidad.



---

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

De acuerdo con el fin que se persigue es aplicada porque está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, buscando la utilización de los conocimientos adquiridos en la práctica de la Ingeniería Civil. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado.

Según la naturaleza de los resultados, es una investigación cuantitativa.

El presente estudio corresponde a una investigación experimental porque se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado.

Según el tipo de diseño de la investigación, es diseño **experimental**, cuasi experimental, ya que se define como una prueba o pruebas en que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que puedan observarse en la respuesta de salida, a partir del análisis del objeto de estudio demuestra con hechos el cumplimiento y/o verificación de las hipótesis planteadas. Es decir; hay una manipulación intencional en la variable independiente para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes.

Por su grado de profundidad, el nivel de la investigación es **exploratoria**.

---

## 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

### 2.2.1 Unidad de estudio

Un espécimen de concreto con la adición de tiras de plástico al 0.00%, 0.05%, 0.10%, 0.15% y 0.20% del peso del total de los materiales del diseño de mezcla.

### 2.2.2 Población

Las variables dependientes son cuantitativas, por ello, se utilizará la estadística para una **población infinita** tomando como referencia un muestreo probabilístico y empleando lo estipulado en el Manual de estadística de la Universidad Privada del Norte (2014).

En esta investigación, la población está conformada por 80 testigos de concreto permeable, 30 probetas para el ensayo de permeabilidad, 30 probetas para compresión y 20 para el ensayo de resistencia a la flexión, que se elaborarán de acuerdo con las 4 dosificaciones consideradas, más el diseño patrón (0.00). El curado será de 28 días. La cantidad de testigos se calcula a continuación, en el apartado de **muestra**.

### 2.2.3. Muestra

Es de tipo **probabilístico aleatorio simple**, ya que las unidades de estudio tienen la misma probabilidad de pertenecer a una muestra, donde la técnica a utilizarse es la misma para todos.

La muestra de la presente investigación se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

-  $n_0$  = Tamaño de la muestra

-  $Z$  = Valor en base al nivel de confianza (1.96 corresponde a 95%)

- S = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por **estudios anteriores**, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

- E = Porcentaje de precisión o error. Fijada por el investigador.

El ensayo de compresión de los especímenes cilíndricos de concreto tiene la finalidad de comprobar el cumplimiento de requisito de resistencia a la compresión ( $f_c$ ) expresados en las diferentes normas referidas en la presente investigación.

Por otro lado, el ensayo de flexión en vigas también merece ser comprobado en el cumplimiento de las normas citadas. Asimismo, la permeabilidad se realiza en cilindros de 10x15cm por lo que primero deben cumplir condiciones de resistencia para ser sometidos al ensayo de permeabilidad del concreto en estudio.

Para el cálculo de la **desviación estándar (S)** de la variable de **resistencia a la compresión**, se tomó un estudio anterior realizado por Flores & Pacompia (2015), en la Tabla 6.18 de su investigación, se tiene un análisis estadístico de la resistencia de sus probetas a los 28 días de curado al 0.05% de adición de tiras, que muestra una desviación estándar del 8.00, con un promedio de 191.02 Kg/cm<sup>2</sup>. El error (**E**) se calcula al 3.5% del promedio, teniendo 6.69. La muestra para esta variable se calcula como sigue:

$$n_0 = \frac{1.96^2 8.00^2}{6.69^2} = 5.49, \quad \text{Tomamos: } 6$$

Para encontrar la desviación estándar del ensayo de **resistencia a la flexión** se tomó el estudio de Gámez, Guzmán y Renderos (2016), dónde se tiene;

**Tabla 4**  
*Cálculo de la Desviación Estándar del ensayo de Resistencia a la Flexión*

N°	Módulo de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar	
		$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	32.87	3.45	11.93
2	28.93	-0.49	0.24
3	28.31	-1.11	1.22
4	30.27	0.85	0.73
5	28.81	-0.61	0.37
6	29.92	0.50	0.25
7	27.37	-2.05	4.19
8	28.71	-0.71	0.50
9	26.22	-3.20	10.22
10	29.82	0.40	0.16
11	30.48	1.06	1.13
12	29.67	0.25	0.06
13	27.46	-1.96	3.83
14	28.06	-1.36	1.84
15	30.8	1.38	1.91
16	30.9	1.48	2.20
17	30.65	1.23	1.52
18	27.18	-2.24	5.00
19	30.45	1.03	1.07
20	32.46	3.04	9.26
21	29.82	0.40	0.16
22	32.14	2.72	7.42
23	26.23	-3.19	10.15
24	28.39	-1.03	1.05
25	28.55	-0.87	0.75
26	30.06	0.64	0.41
27	30.02	0.60	0.36
28	31.14	1.72	2.97
29	29.09	-0.33	0.11
30	27.72	-1.70	2.88
<b>Promedio:</b>	<b>29.42</b>		<b>83.91</b>
		$S = (\sum(X_i - \bar{X})^2 / (n-1))^{0.5} = \text{Desviación Est.} =$	<b>1.701</b>

Nota: Esta tabla muestra el resumen del cálculo de la Desviación Estándar, en base a un estudio anterior, en el cual se considera resultados de ensayo a flexión a viguetas de concreto permeable con refuerzo de fibras en concreto permeable.

Fuente: Gámez, Guzmán y Renderos (2016). Tabla 3.14 y 3.15.

Por lo tanto, con la desviación estándar calculada ( $S=1.701$ ), y con un error de 5.5% sobre el promedio se tiene  $E=1.618$ , la muestra se calcula como sigue;

$$n_0 = \frac{1.96^2 1.701^2}{1.618^2} = 4.24, \quad \text{Tomamos: 4}$$

Para la muestra de especímenes de 10x15 cm para **permeabilidad** se tendrá, según Flores & Pacompia (2015), en la tabla 6.43 se muestra una desviación estándar de 0.0176 y un promedio de 0.4627, a un 3% de error, se tendrá un E de 0.0162, el cálculo de la muestra se toma como sigue;

$$n_0 = \frac{1.96^2 0.0176^2}{0.0139^2} = 6.16, \quad \text{Tomamos: 6}$$

**Tabla 5**  
*Número de especímenes de ensayo*

Dosificación (%)	Permeabilidad	Resistencia		TOTAL	
		Compresión	Flexión	Cilíndricas	Vigas
0.000	6	6	4	12	4
0.050	6	6	4	12	4
0.100	6	6	4	12	4
0.150	6	6	4	12	4
0.200	6	6	4	12	4
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	

**Nota:** En esta tabla se define la población final, según las dosificaciones de tiras de plástico agregadas y los diferentes tamaños de muestra calculados.

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.2.4. Materiales

##### **Materiales Cementantes.**

Se utilizará el Cemento Portland Tipo 1 Pacasmayo, que cumple con las exigencias de las normas ASTM C150 (2017) y NTP 334.090 (2013), los parámetros característicos del cemento que se utilizará se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6**  
*Parámetros característicos del cemento.*

<b>Descripción</b>	<b>Cemento Portland Tipo 1</b>	<b>Requisitos de Norma NTP 344.090; ASTM C150</b>
<i>Requisitos químicos</i>		
MgO (%)	2.3	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub> (%)	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	0.92	Máximo 1.5
<i>Requisitos físicos</i>		
Densidad (g/mL)	3.1	-
Expansión en autoclave (min)	0.09	Máximo 0.80
Contenido de Aire (%)	7	Máximo 12
Superficie Específica (cm <sup>2</sup> /g)	3750	Mínimo 2800

**Fuente:** Ficha Técnica del Cemento Portland Portland Tipo 1, Pacasmayo.

### **Agregados**

Se utiliza agregados de las canteras cercanas a Trujillo ubicadas, en este caso de El Milagro. Se realizaron los ensayos de caracterización como lo son: análisis granulométrico (ASTM C136, 2001; NTP 400.012, 2001), peso unitario (ASTM C29/C29M, 2003; NTP 400.017, 1999), peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128, 2001; NTP 400.022, 2002), peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127, 2001; NTP 400.021, 2002), y contenido de humedad (ASTM C566, 1997; NTP 339.185, 2002), para obtener las propiedades físicas que es indispensable para realizar el diseño de mezcla.

### **Agua**

Se utiliza agua potable de la Universidad Privada del Norte – San Isidro, Trujillo.

### **Tiras de plástico**

Se utilizaron tiras de 2mm x20 mm, provenientes de botellas plásticas (PET).

#### **2.2.5. Métodos**

## Diseño de Mezcla

Como paso fundamental en la metodología, se tiene que entender que el concreto permeable es diferente a un concreto convencional por lo que el diseño de mezcla será diferente, a continuación, en la Tabla 7 se muestran las diferencias por método ACI:

**Tabla 7**

*Diferencias en el diseño de mezcla ACI convencional y de concreto permeable.*

	<b>DISEÑO ACI CONVENCIONAL</b>	<b>DISEÑO CONCRETO PERMEABLE</b>
	<b>Método: Módulo de Fineza</b>	<b>ACI 211.3R-02 / ACI 522R-10</b>
<b>Datos Iniciales</b>	-Resistencia requerida. -Slump - revenimiento. -Con o sin aire incluido. -Tamaño máximo nominal	-Filtración del concreto permeable (Intensidad de lluvia de diseño).
<b>Datos Externos (Tablas)</b>	-Agua -Relación agua/cemento. -Volumen de Agregado Grueso.	-Verificación de Resistencia a la Compresión -Tipo de compactación. -Elección de relación agua/cemento.
<b>Datos Obtenidos</b>	-Cantidad de agregado fino.	-Volumen de vacíos. -Volumen de pasta. -Porcentaje de agregado.
<b>Diseño Final</b>	-Diseño de volúmenes absolutos y corrección por humedad.	-Diseño de volúmenes absolutos y corrección por humedad, absorción y aporte.

Fuente: Flores, C. & Pacompia, I., 2015<sup>1</sup>

El diseño de mezcla de concreto permeable debe ser orientado para garantizar la funcionalidad de este. Según el ACI 522R-10 principalmente el diseño de mezcla parte de una filtración requerida y/o conocida, sin embargo; también presenta relaciones entre el esfuerzo y el porcentaje de vacíos por lo que si se desea un concreto para pavimento rígido, la resistencia a la compresión es el dato base de diseño.

<sup>1</sup> Tesis para optar el título de ingeniero; “DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO PARA PAVIMENTOS  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> EN LA CIUDAD DE PUNO”

## Criterios de diseño de mezcla

En estos casos, normalmente las relaciones agua - cemento, agregados - cemento, son las principales propiedades que afectan las propiedades mecánicas del concreto permeable. Normalmente se trabajan a relaciones a/c muy bajas. Reyes, Torres & Grupo CECATA (2002) proponen a/c entre 0.30 y 0.35. Por su parte, el ACI 211.3R-02, recomienda utilizar una relación a/c entre 0.35 a 0.45.

**Tabla 8**

*Consideraciones para el diseño de mezcla.*

PARÁMETRO	RANGO
Materiales cementantes (kg/m <sup>3</sup> )	270 a 415
Agregado (m <sup>3</sup> )	1190 a 1480
Relación agua/cemento (en peso)	0.26 a 0.45
Relación agregado/cemento (en peso)	4 a 4.5:1
Relación agregado fino/agregado grueso (en peso)	0 a 1:1

Fuente: Flores, C. & Pacompia, I., 2015<sup>2</sup>

Las relaciones a/c propuestas anteriormente explican que; a altas relaciones a/c puede resultar en la pasta que fluye desde el agregado y rellenando la estructura de vacíos. Una baja relación a/c puede dar lugar a reducción de la adhesión entre las partículas de agregado y problemas la colocación y trabajabilidad. Viendo las consideraciones de las fuentes revisadas, en esta tesis se trabajará con una relación a/c de 0.40.

### 2.3. Operacionalización de variables

#### 2.3.1. Variable independiente

<sup>2</sup> Tesis para optar el título de ingeniero; "DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO PARA PAVIMENTOS  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> EN LA CIUDAD DE PUNO"



**Tabla 9**  
*Operacionalización de la variable independiente.*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Diferentes porcentajes de tiras de plástico	Según Arnáiz (2014). El plástico PET es de alta calidad, transparente e impermeable al aire y a la humedad, lo que hace que sea muy usado para envases de bebidas, pudiéndose cortar en tiras y adicionar a los especímenes de concreto permeable.	Definir los diferentes porcentajes de incorporación de tiras de plástico en el concreto permeable.	Porcentaje de tiras de plástico	0.05%
			adicionado	0.10%
			respecto al peso total de los materiales de	0.15%
			diseño.	0.20%

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.2. Variables dependientes

**Tabla 10**  
*Operacionalización de variables dependientes*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Resistencia a la Compresión	Es la característica mecánica principal del concreto, expresada en términos de esfuerzo, en unidades de MPa, psi o kg/cm <sup>2</sup> , evaluada mediante pruebas mecánicas destructivas como el estallido de especímenes como cilindros, cubos o prismas, o no destructivas. Sánchez de Guzmán (como se citó en Gallo & Posada, 2017).	Elaboración de 15 probetas cilíndricas y la aplicación del procedimiento de ensayo la Prensa Hidráulica.	Esfuerzo de resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ).	-Área resistente de la probeta.  -Fuerza máxima.	Medida de diámetro (cm) y cálculo de área (cm <sup>2</sup> ).  Fuerza a 28 días de curado (kg).
Resistencia a la Flexión	“La resistencia a la flexión es definida como una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Se mide la falla por momento de una viga o loza de concreto no reforzada”. (Prieto, 2010).	Elaboración de 15 vigas y la aplicación del procedimiento de ensayo la Prensa Hidráulica.	Módulo de rotura, Mr (kg/cm <sup>2</sup> ).	-Altura y largo de la viga.  -Fuerza máxima.	Medida de alto y largo (cm)  Fuerza a 28 días de curado (Kg)
Permeabilidad	“La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo”. Velez (como se cita en Castañeda & Moujir, 2014).	Elaboración de 15 probetas cilíndricas y la aplicación del procedimiento del Equipo de Permeabilidad.	Tasa de drenaje (cm/s)	-Diámetro y altura de la probeta.  -Tiempo de drenaje.	Medida de diámetro y altura (cm)  Medida del tiempo (s)

Fuente: Elaboración Propia

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la presente investigación para la recolección de datos se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Cuadro de fuente, técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

<b>Variables</b>	<b>Fuente</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Resistencia a la compresión	Primaria	Observación	Máquina de ensayo de compresión
Resistencia a la flexión	Primaria	Observación	Máquina de ensayo de flexión
Permeabilidad	Primaria	Observación	Equipo de permeabilidad

Las guías de observación se anexan en el Anexo 1.

**Fuente:** Elaboración Propia.

La mezcla para la elaboración de las probetas de ensayo se hará bajo la norma NTP 339.183: “Práctica normalizada para la elaboración de especímenes de concreto en el laboratorio”. Para la evaluación de la resistencia a la compresión, se ejecutará el método de ensayo de la NTP 339.034: “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”.

Para la evaluación de la resistencia a la flexión se realizará bajo la norma NTP 339.079 “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo”.

Para la permeabilidad, la metodología del ensayo es desarrollada utilizando los métodos de prueba alternativos de la (ASTM-C09.49; Comité de Concreto Permeable) y (ACI-522R.10); donde se sugiere elaborar muestras cilíndricas de 10 cm de diámetro y 15cm de alto. El ensayo de permeabilidad aplicable es un método de prueba alternativo normalizado por el ACI 522R-10 “Reporte en concreto permeable” y ASTM-C09.49 “Métodos de prueba alternativos”. En esta investigación se elabora un equipo de permeabilidad para una altura de 15 cm de la probeta.

Los resultados de los ensayos a realizar son registrados en hojas de cálculos para su análisis e interpretación.

2.5. Procedimiento de recolección de datos.

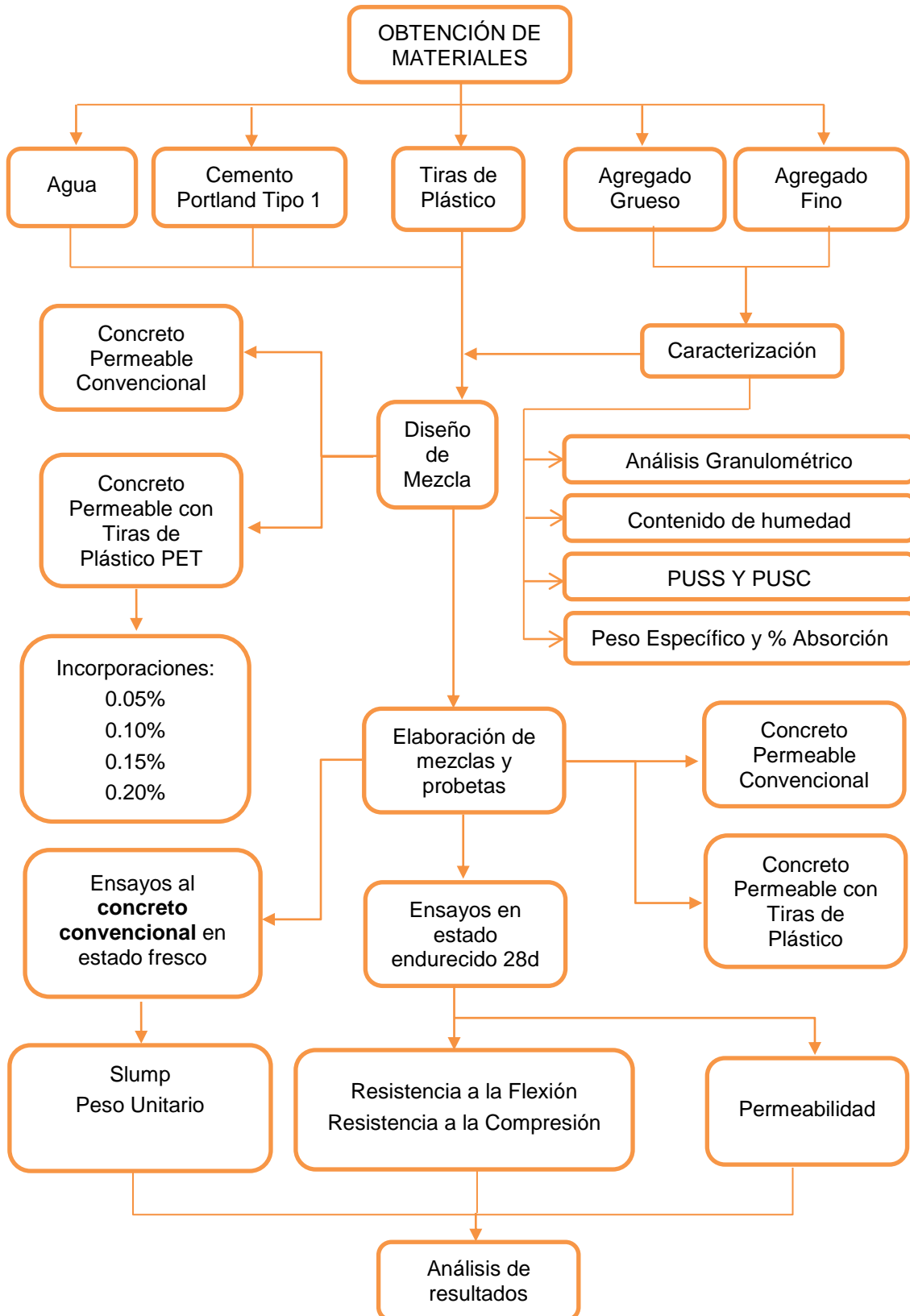


Figura 4 Procedimiento de recolección de los datos

---

Los datos obtenidos en laboratorio (guías de observación) son procesados en el software Excel, hasta tener los valores de resistencia a la compresión, módulo de rotura y permeabilidad para su posterior análisis estadístico.

El análisis de los resultados tiene como objeto comprobar la hipótesis de investigación, en este caso, con ayuda del software SPSS, en primer lugar, se realiza el análisis estadístico de los datos para determinar datos como; media, moda, varianza, desviación estándar, asimetría, entre otros, de cada grupo de datos, luego se realiza la prueba de normalidad para determinar si los datos se aproximan o no a una distribución normal, en este caso se aplica Shapiro Wilk.

Asimismo, se realiza el análisis de varianza ANOVA, cumpliéndose que los datos siguen una distribución normal. El análisis de varianza puntualmente da información de significancia, de manera que con ello se determina como influye la incorporación de tiras de plástico en las propiedades del concreto permeable (en este caso las variables en estudio) y se hace la prueba de hipótesis, aceptándose la hipótesis alternativa o nula.

Se realiza, además, la prueba de comparaciones múltiples T de Dunnet, para saber qué porcentaje de incorporación de tiras de plástico influye más, de manera de tener una discusión más concisa, exactitud de conclusiones y buenas recomendaciones para futuros investigadores del tema.

### **2.5.1. Agregados**

En cuanto a los agregados, tanto fino como grueso, son de procedencia de la cantera Yauri, a 11.5 km de “El Milagro”, el agregado grueso es un material chancado y el agregado fino es proveniente de zarandeo.

Según Giani & Solas (2010) El uso de áridos chancados da como resultado, hormigones con mejores características mecánicas, en comparación del árido rodado, ya que el agregado chancado tiene mayor área de lubricación, lo cual se relaciona con una mayor área de adherencia de pasta de cemento. Asimismo, Ticona & Quispe (2017) en su investigación, determinaron que el agregado artificial (chancado) alcanzó las mejores y máximas resistencias de concreto permeable en comparación con el agregado natural.

“El uso de agregado fino mejora las propiedades del concreto permeable en estado fresco y endurecido, se debe utilizar en cantidades adecuadas, ya que puede influir negativamente en la permeabilidad” (Fernández & Navas, 2011).

### **2.5.2. Cemento**

El cemento utilizado para la elaboración de diseño de mezcla es el cemento portland Tipo I de Cementos Pacasmayo, el cual es un cemento de uso general que para emplearse en obras no requieran propiedades especiales y cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150. Al ser un cemento de uso general, lo hace apropiado para su aplicación en pavimentos, en suelos que no necesitan propiedades específicas, asimismo según su ficha técnica puede llegar hasta resistencias de por lo menos 350 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado.

### **2.5.3. Agua**

El agua para el diseño de mezcla es agua potable.

### **2.5.4. Caracterización física de los agregados.**

#### **A. Ensayo granulométrico NTP 400.012 / ASTM C136**

El procedimiento se realizó bajo la norma NTP 400.012. Ver Anexo 31.

#### **A. Contenido de humedad NTP 339.185 | ASTM C566**

El procedimiento se realizó bajo la norma NTP 339.185. Ver Anexo 32.

---

**B. Peso unitario suelto y compactado NTP 400.017 | ASTM C29**

El procedimiento se realizó bajo la norma 400.017. Ver Anexo 33.

**C. Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022**

El procedimiento se realizó bajo la norma 400.022. Ver Anexo 34.

**D. Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021 | ASTM  
C127**

El procedimiento se realizó bajo la norma 400.021. Ver Anexo 35.

**2.5.5. Elaboración de testigos de concreto permeable (ASTM C31).**

**A. Elaboración de probetas cilíndricas**

- ✓ Se pesa los materiales a utilizar en el concreto permeable según el diseño de mezcla realizado, en este caso se calcula el peso para una tanda de 28 litros.
- ✓ Luego se pasa a mezclar los materiales en la mezcladora, antes de poner en marcha la mezcladora, se saturan los agregados, para ello se añade el 100% de los agregados, tanto fino como grueso y el 50% de agua, se mezcla por lo menos durante un minuto, finalmente se agrega el cemento y el agua faltante y se deja mezclar por 4 minutos.
- ✓ En el último minuto se agrega las tiras de plástico según el porcentaje de diseño. La adición debe ser de manera cuidadosa y distribuida.
- ✓ Para la conformación de los cilindros de concreto permeable, se procede a conformar los especímenes utilizando los moldes cilíndricos estándar (10 cm de diámetro y 20 cm de altura), los mismos que cumplen con la norma ASTM C31, se vierte el concreto hasta la mitad del molde, se da golpes con el martillo de hule alrededor y se compacta con el martillo del Proctor Estándar de 5.5 libras en tres capas (4 golpes por capa) a una altura de

---

12". El mismo procedimiento se realiza en el siguientes hasta llenar el molde, y se nivela el borde del cilindro con la varilla normalizada.

- ✓ Para los especímenes de 10x15cm se realizan con menos 5cm del borde del molde. Se debe hacer de manera cuidadosa, con la ayuda de una regla metálica, para lograr una superficie plana.
- ✓ Se cubren las probetas con material plástico para impedir la pérdida de humedad.
- ✓ Se retira los moldes a las 24 horas después de la conformación de probetas.
- ✓ Finalmente se introducen en la posa de curado, la cual estará llena de agua potable saturada con hidróxido de calcio (cal); que cubrirán por completo la superficie de las probetas por 28 días.

#### **B. Elaboración de vigas**

- ✓ Una vez la mezcla de concreto permeable esté lista, se procede a conformar las viguetas utilizando los moldes normalizados de 50 cm de longitud, 15 cm de ancho y 15 cm altura
- ✓ Se vierte la mezcla hasta la mitad del molde y se da 20 golpes con el martillo de goma alrededor de la viga. Luego, se da 24 golpes con el martillo de Próctor Estándar 5.5 libras, divididos en tres franjas longitudinales de 8 golpes de una altura de 12", luego realiza el mismo procedimiento en la otra mitad hasta llenar el molde, momento en el cual se debe nivelar el borde de la viga haciendo uso de la varilla y regla metálica
- ✓ Se cubren las probetas con material plástico para impedir la pérdida de humedad.

- ✓ Se retira los moldes a las 24 horas después de la conformación de probetas.
- ✓ Finalmente se introducen en la poza de curado por 28 días, la cual estará llena de agua potable saturada con hidróxido de calcio (cal).

#### **2.5.6. Ensayo de testigos de concreto permeable**

##### **A. Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C39)**

- ✓ Antes de iniciar con el ensayo, se tienen que tener probetas superficialmente secas, para ello se tiene que retirar las probetas de la poza de curado de acuerdo con el tiempo al cual se quiere ensayar (28 días) con minutos antes y de ser posible secar superficialmente con un trapo, colocándolos verticalmente sobre una superficie inclinada o drenante, y se espera un tiempo adecuado para que el agua dentro de su estructura sea eliminada.
- ✓ Se procede a tomar las medidas tanto de los diámetros (superior e inferior) como de la altura en cada probeta haciendo uso del vernier.
- ✓ Se colocan las capas no adheridas de neopreno (espesor de  $13 \pm 2$  mm) en la probeta que va a ser ensayada y se procede a colocarla sobre el cabezal de la prensa hidráulica, alineándola cuidadosamente para que esta quede centrada.
- ✓ Después se aplica la carga axial de compresión a una velocidad constante de 0.25 Mpa/seg. desde el inicio hasta que se produjo la rotura de la probeta.

##### **B. Ensayo de resistencia a la flexión (ASTM C293)**

- ✓ Se retira las probetas de la poza de curado después de cumplir 28 días.

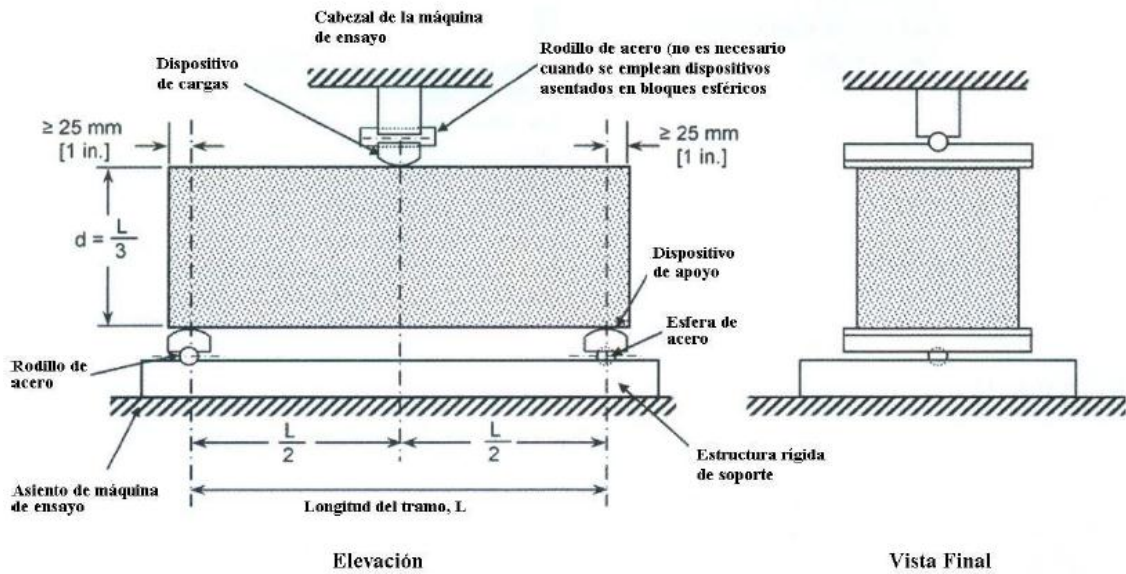


- ✓ Las viguetas son ensayadas lo más pronto posible una vez que son sacadas de la poza de curado. Es una buena práctica señalar en las vigas, con la ayuda de un marcador en los puntos de apoyo (1” desde ambas caras) y punto de carga de la vigueta (centro).
- ✓ Se toma las medidas de las viguetas, tanto ancho, altura y longitud en tres puntos y se calcula el promedio aritmético.
- ✓ La vigueta debe ser girada a un lado con respecto a la posición en la que fue moldeada. Se la coloca en la máquina y con la ayuda de un operador experimentado se empieza a suministrar la fuerza de flexión, la cual aumenta a velocidad constante. La carga máxima es la que provoca la falla en la muestra y su valor deberá ser anotada; además, se debe identificar el lugar donde ocurre la fractura superficial, la cual puede ocurrir dentro del tercio medio o fuera
- ✓ El módulo de rotura de la vigueta se calcula mediante la siguiente formula:

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

**Ecuación 1** Fórmula del cálculo del Módulo de Rotura con carga en el centro.

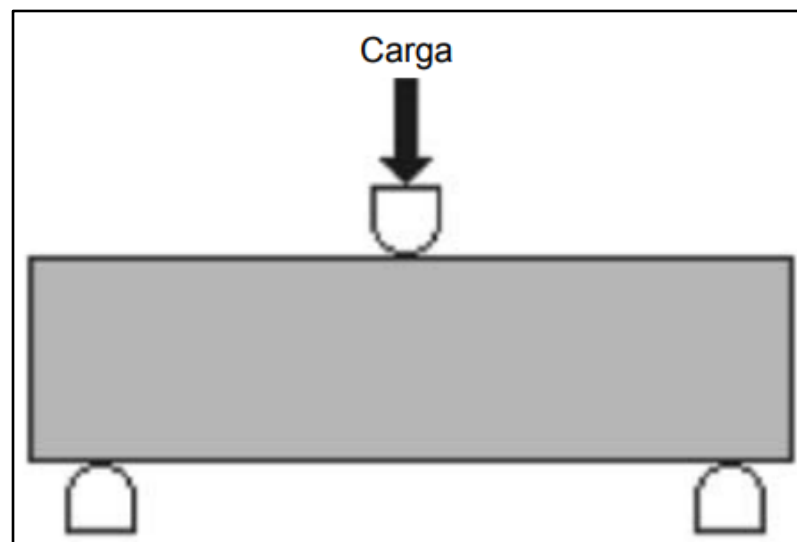
**Fuente:** NTP 339.079 (2012).



**Figura 5** Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión de concreto por el método de carga en el punto medio.

**Fuente:** NTP 339.079 (2012).

Por otro lado, si la fractura superficial ocurre fuera del tercio medio a una distancia mayor al 5% de la longitud entre los bloques de acero, los resultados deberán ser desechados.

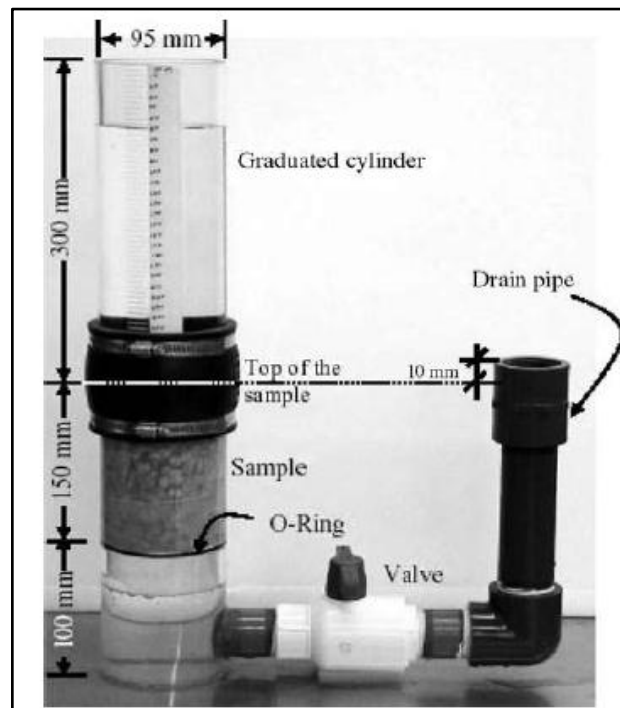


**Figura 6** Ensayo de resistencia a la flexión por el método ASTM C78. Cargas en el punto medio. Toda la carga se aplica el centro de la luz. El módulo de rotura será mayor que cuando se aplica en los dos tercios (ASTM C78). Se da la tensión máxima solo en el medio de la viga.

**Fuente:** NRMCA, 2008.

### C. Ensayo de permeabilidad

- Se elaboran especímenes de 10 cm x 15 cm, considerando que el ACI 522R-10 recomienda de altura 15 cm. La permeabilidad del concreto permeable será medida por una sencilla caída de cabeza en el permeámetro. Usando este enfoque, los costados de la muestra se impermeabilizan para evitar el flujo del agua hacia los lados de la muestra. El agua es añadida en el cilindro (tubo PVC de 105mm) para llenar celda de la muestra y la tubería de drenaje. La muestra se acondiciona previamente al permitir que el agua drene hacia fuera a través de la tubería hasta que el nivel en el cilindro sea el mismo que la parte superior de la tubería de drenaje. Esto reduce al mínimo el aire atrapado en la muestra y se asegura de que el espécimen este completamente saturado.
- Con la válvula cerrada, el cilindro se llena con agua. Luego se abre la válvula, y se registra el tiempo (segundos) “t” que se requiere para que el agua caiga de una cabeza inicial h1 (30cm) a una cabeza final h2 (1cm) desde un eje de referencia.



**Figura 7** Equipo de permeabilidad recomendado por el ACI 522R-10.

**Fuente:** ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete (2010).

## 2.6. Consideraciones para el diseño de mezcla del concreto permeable.

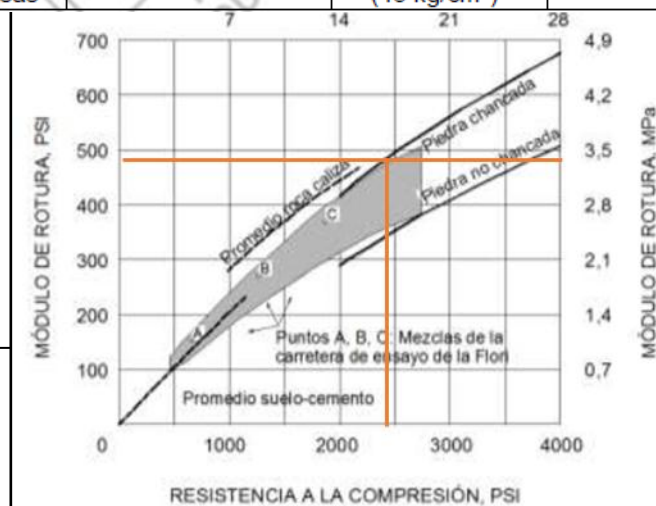
### 2.6.1. Elección de la resistencia a la compresión requerida.

Por las características generales conocidas del pavimento rígido con concreto permeable, su aplicación sería en vías de poco tránsito, según la norma C.E. 010 de pavimentos urbanos, se tienen vías locales y colectoras, para lo cual es necesario, como mínimo, un módulo de rotura de 3.4 MPa, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 12**  
*Requisitos mínimos según tipos de pavimentos*

Tipo de pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Capa de Subrasante		95 % de compactación: Suelos granulares - Proctor Modificado Suelos cohesivos - Proctor Estándar Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Capa de Subbase		CBR ≥ 40 % 100% compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado	
Capa de Base		CBR ≥ 80 % para el 100% de compactación Proctor Modificado	NR	CBR ≥ 80% para el 100% de compactación Proctor Modificado
Riego de Imprimación		Penetración de la imprimación ≥ 5 mm	NA	NA
Capa de Apoyo		NA	Capa de subbase o capa de base	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la Capa de Rodadura	Vías locales	CA ≥ 50 mm	CH ≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	CA ≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	CA ≥ 70 mm	NR	
	Vías expresas	CA ≥ 80 mm	CH ≥ 200 mm	NR
Resistencia mínima	Vías locales	NA	MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm <sup>2</sup> )*	f <sub>c</sub> ≥ 38 MPa (380 kg/cm <sup>2</sup> )
	Vías colectoras	NA	MR ≥ 4,5 MPa (45 kg/cm <sup>2</sup> )*	
	Vías arteriales	NA		
	Vías expresas	NA		

Fuente: Normal C.E. 010  
Urbanos - SENCICO.



Pavimentos

**Figura 8** Relación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión

**Fuente:** PCA (Diseño de Pavimentos de Concreto para Calles y Carreteras. 1984) como se citó en C.E. 010 Pavimentos Urbanos 2010.

Según la figura 8, existe una relación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión. Para un MR de 3.4 MPa y con la utilización de agregado grueso chancado se tiene una resistencia aproximada de 2,500 PSI, lo cual representa aproximadamente **175 kg/cm<sup>2</sup>** considerando un margen de seguridad y diseñando de manera conservadora.

**Porcentaje de agregado fino incluido:** En este caso, de acuerdo con los antecedentes revisados, se recomienda un porcentaje de 10% de agregado fino incorporado para mejorar la trabajabilidad y la resistencia del concreto, ya que proporciona la adherencia del agregado grueso. Se agrega 10% de agregado en la mezcla.

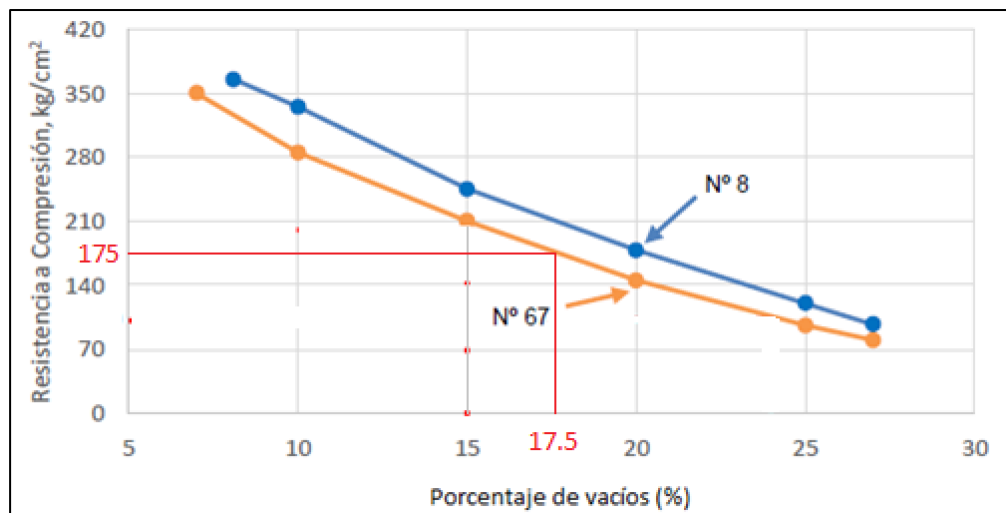
### 2.6.2. Relación agua/cemento

La relación a/c se fijó en 0.40, valor que se encuentra dentro del rango que recomienda el ACI (0.25 - 0.45), y debido a que se busca evitar los problemas derivados de un déficit o exceso de agua en la pasta, como por ejemplo enlaces poco resistentes entre partículas del árido o el colapso del sistema de poros, respectivamente. Entonces tenemos; relación a/c: 0.40.

### 2.6.3. Elección del porcentaje de vacíos

La elección del porcentaje de vacíos depende de la resistencia a la compresión (a los 28 días) requerida, en el presente estudio se pretende alcanzar valores que se acerquen a los **175 kg/cm<sup>2</sup>**, para ello se hace uso de la Figura 9, la cual señala que se debe elegir un

contenido de vacíos de 17.5 %; Sin embargo, hay que tener claro, que estos valores son referenciales ya que ninguna de las gradaciones tomadas en cuenta en este trabajo se asemejan a las consideradas en la figura en mención, en este caso aproximaremos a la gradación N°67.

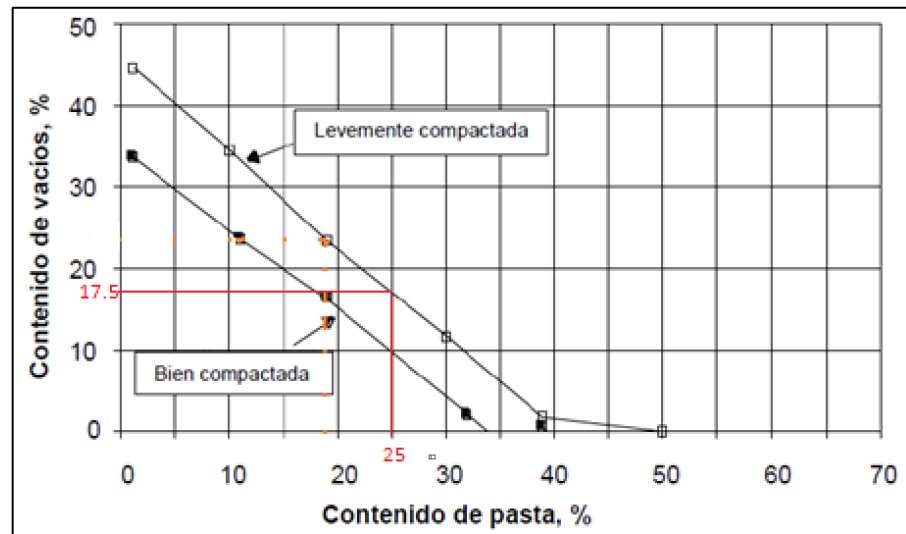


**Figura 9** Resistencia a la compresión vs. Porcentaje de vacíos.

**Fuente:** ACI 522R-10, adaptado por Perez, 2017. Se tiene un porcentaje de vacíos de 24%.

#### 2.6.4. Cálculo del volumen de pasta:

Una vez que elegimos el porcentaje de vacíos, se puede obtener el porcentaje de pasta en volumen haciendo uso de la Figura 10, en la cual se observa dos curvas para los dos niveles de compactación. En esta investigación se considera un nivel de compactación ligero, ya que éste permite obtener mayores volúmenes de pasta para asegurar un óptimo recubrimiento de los agregados.



**Figura 10** Contenido de pasta (%) en función del contenido de vacíos (%).

**Fuente:** ACI 522R-10, adaptado por Perez, 2017. Se tiene un contenido de pasta de 25%.

Como se utiliza 10% de agregado fino del agregado total en el diseño de mezcla, se debe reducir el porcentaje de pasta en 1% (condición de ligeramente compactado). Así, obtenemos un contenido de pasta de 24%.

Posteriormente se realiza el cálculo de los materiales del diseño de mezcla, bajo la norma ACI 522R-10.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Diseño de Mezcla

#### 3.1.1. Definición de los datos iniciales de los materiales

- **Cemento:** Pacasmayo Portland Tipo 1.
- **Agua:** Agua potable de la Universidad Privada del Norte, Trujillo San Isidro.

**Tabla 13**

*Peso específico del cemento y el agua.*

Propiedad		Valor	Und
Peso específico del cemento	Pec	2.99	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del agua	Pew	1.00	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia en base a Ficha Técnica de Cemento Pacasmayo Tipo 1.

- **Agregados:** Cantera “El Milagro”.

**Tabla 14**

*Propiedades de los agregados para el diseño de mezcla.*

Propiedad		Agregado Grueso (HUSO 67)	Agregado Fino	Und
Tamaño Máximo Nominal	TMN	3/4"		
Peso específico de Masa	PeM	2640	2510	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico SSS	Pe (sss)	2690	2590	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Suelto	Puss	1460	1690	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Compactado	Pusc	1570	1820	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	Ab%	1.85	3.11	%
Contenido de Humedad	W%	0.54	0.98	%

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.1.2. Determinación del valor b/bo

El último criterio a tener en cuenta es el valor b/bo, el cual nos ayuda a determinar el peso del agregado grueso en la mezcla, para ello se usa la tabla de valores efectivos que brinda el ACI 522R-10, el cual especifica el factor b/bo según el porcentaje de agregado fino que se pretende utilizar en la mezcla.



**Tabla 15**

*Valores efectivos de b/bo*

Porcentaje de Fino	b/bo	
	ASTM C-33 Tamaño N°8	ASTM C-33 Tamaño N°67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: ACI 522R-10

Debido a que se usará un 10% de agregado fino se interpola el valor de b/bo, resultando ser 0.93.

### 3.1.3. Determinar el peso del agregado grueso

-El peso del Agregado Grueso (Pag) se calcula usando la siguiente expresión:

$$b/bo = \frac{\text{Peso del Agregado Grueso}}{\text{P.U.S.C. Agregado Grueso}}$$

$$\text{Pag} = b/bo \times \text{PUSC Agregado Grueso} \times 1\text{m}^3$$

**Ecuación 2** Fórmula de b/bo.

**Fuente:** Gordillo, 2017

-Cálculo del Peso Unitario Seco Compactado del AG real (PUSC):

$$\text{PUSC} = \text{PUSC} / \text{Porcentaje de Humedad}$$

$$\text{PUSC} = 1570 \text{ kg/m}^3 / 1.0054$$

$$\text{PUSC} = 1561.57 \text{ kg/m}^3$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag):

$$\text{Pag} = b/bo \times \text{PUSC Agregado Grueso} \times 1\text{m}^3$$

$$\text{Pag} = 0.93 \times 1561.57 \text{ kg/m}^3 \times 1\text{m}^3$$

$$\text{Pag} = 1452.26 \text{ kg}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S.):

$$\text{Pag(sss)} = \text{Pag} \times \text{Porcentaje de Absorción}$$

$$\text{Pag(sss)} = 1452.26 \text{ kg} \times 1.0185$$

$$\text{Pag(sss)} = 1479.13 \text{ kg}$$

- Restando el porcentaje (%) que ocupará el agregado fino, obtenemos:

$$\text{Pag(sss)} = \text{Pag(sss)} - 10\% \text{ de Paf(sss)}$$

$$\text{Pag(sss)} = 1479.13 \times (1 - 10/100)$$

$$\text{Pag(sss)} = 1331.22 \text{ kg}$$

### 3.1.4. Determinar el peso del agregado fino

-Cálculo del Peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$\text{Paf(sss)} = \text{Pag(sss)} - \text{Pag(sss) corregido}$$

$$\text{Paf(sss)} = 1479.13 \text{ kg} - 1331.22 \text{ kg}$$

$$\text{Paf(sss)} = 147.91 \text{ kg}$$

-Peso del agregado fino seco (Paf):

$$\text{Paf} = 147.91 \text{ kg} / \text{Porcentaje de Absorción}$$

$$\text{Paf} = 147.91 \text{ kg} / 1.0311$$

$$\text{Paf} = 143.45 \text{ kg}$$

### 3.1.5. Determinar la cantidad de cemento y agua

Volumen de Pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$Vp = \frac{c}{Pec} + \frac{a}{Pea}$$

*Ecuación 3* Volumen de la pasta.

$$Vp = \frac{c}{2.99 \times 1000} + \frac{a}{1000}$$

- Con la relación a/c=0.40, obtenemos:

$$Vp = \frac{c}{2.99 \times 1000} + \frac{0.40c}{1000}$$

- Reemplazando el Vp=24%, resulta:

$$0.24 = \frac{c}{2.99 \times 1000} + \frac{0.40c}{1000}$$

- Despejando la ecuación, se obtiene la cantidad de cemento:

$$c = 326.78 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de agua de diseño:

$$a/c = 0.40$$

$$a = 0.40 \times 326.78 = 130.71 \text{ kg}$$

### 3.1.6. Cálculo de volúmenes absolutos

**Tabla 16**

*Volúmenes absolutos del diseño de mezcla*

Insumo	Pesos (SSS) (Kg)	Pe (SSS) (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	326.78	2,990.00	0.109
Agua	130.71	1,000.00	0.131
A. Grueso	1,331.22	2,690.00	0.495
A. Fino	147.91	2,590.00	0.057
Volumen sólido:			0.792

Fuente: Elaboración Propia y base de datos de ensayos de laboratorio

### 3.1.7. Determinación de nuevo porcentaje de vacíos

Se tiene un total de sólidos de 0.790m<sup>3</sup>, el volumen total es 1.000, teniéndose una diferencia de 0.208, lo cual indica un porcentaje de vacíos real de 20.8%.

### 3.1.8. Correcciones por humedad y absorción de agregados

**Tabla 17**

*Corrección por humedad y absorción de los agregados*

Insumo	Pesos secos (Kg)	Humedad (%)	Absorción (%)
Cemento	326.78	-	-
Agua	130.71	-	-
A. Grueso	1,452.26	0.54	1.85
A. Fino	143.45	0.98	3.11

Fuente: Elaboración Propia y base de datos de ensayos de laboratorio

**-Cálculo de agua efectiva:**

Balance de agua en el A.G.:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times \text{A.G.}$$

$$\text{Adición de agua} = (1.85\% - 0.54\%) \times 1452.26 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 1.31\% \times 1452.26 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = \mathbf{19.02 \text{ kg}}$$

Balance de agua en el A.F.:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times \text{A.F.}$$

$$\text{Adición de agua} = (3.11\% - 0.98\%) \times 143.45 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 2.13\% \times 143.45 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = \mathbf{3.06 \text{ kg}}$$

$$\text{Agua efectiva} = 130.71 \text{ kg} + 19.02 \text{ kg} + 3.06 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de efectiva} = \mathbf{152.79 \text{ kg}}$$

**-Corrección por humedad:**

**Tabla 18**

Corrección por humedad de los agregados.

Insumo	Pesos secos (Kg)	Humedad (%)	Pesos Corregidos (Kg)
A. Grueso	1,452.26	0.54	1,460.11
A. Fino	143.45	0.98	144.85

Fuente: Elaboración Propia y base de datos de ensayos de laboratorio

**3.1.9. Valores de diseño de mezcla final**

**Tabla 19**

*Pesos de los insumos finales del diseño de mezcla*

Insumo	Pesos por m3 (kg)	Peso por tanda (28L) (kg)
Cemento	326.78	9.150
Agua efectiva	152.79	4.278
A. Grueso	1,460.11	40.883
A. Fino	144.85	4.056
<b>TOTAL</b>	<b>2,084.53</b>	<b>58.367</b>

Fuente: Elaboración Propia y base de datos de ensayos de laboratorio

**Tabla 20**  
*Peso de las incorporaciones de tiras de plástico según porcentaje*

Porcentaje (%)	Peso por m <sup>3</sup> (g)	Peso por tanda (28L) (g)
0.05	1042.26	29.18
0.10	2084.53	58.37
0.15	3126.79	87.55
0.20	4169.06	116.73

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de mezcla.

## 3.2. Prueba de hipótesis

### 3.2.1. Prueba de normalidad de datos.

#### 3.2.1.1. Análisis estadístico de los datos.

**Tabla 21**  
*Resultados descriptivos de los datos de resistencia a la compresión (F' C).*

		%	Estadístico	Desv. Error		
F' C	0,00	Media	184,7150	1,44255		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	180,1242		
			Límite superior	189,3058		
		Media recortada al 5%	184,6950			
		Mediana	184,5350			
		Varianza	8,324			
		Desv. Desviación	2,88509			
		Mínimo	182,17			
		Máximo	187,62			
		Rango	5,45			
		Rango intercuartil	5,21			
		Asimetría	0,073	1,014		
		Curtosis	-5,561	2,619		
		0,05	Media	Media	207,4075	1,44788
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	202,7997
Límite superior	212,0153					
Media recortada al 5%	207,4128					
Mediana	207,4550					
Varianza	8,385					
Desv. Desviación	2,89576					
Mínimo	203,82					
Máximo	210,90					
Rango	7,08					
Rango intercuartil	5,41					
Asimetría	-0,098			1,014		
Curtosis	1,406			2,619		

0,10	Media		217,6150	0,77141
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	215,1600	
		Límite superior	220,0700	
	Media recortada al 5%		217,5361	
	Mediana		216,9050	
	Varianza		2,380	
	Desv. Desviación		1,54282	
	Mínimo		216,73	
	Máximo		219,92	
	Rango		3,19	
	Rango intercuartil		2,46	
	Asimetría		1,953	1,014
	Curtosis		3,832	2,619
0,15	Media		187,6100	1,11971
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	184,0466	
		Límite superior	191,1734	
	Media recortada al 5%		187,5939	
	Mediana		187,4650	
	Varianza		5,015	
	Desv. Desviación		2,23942	
	Mínimo		185,02	
	Máximo		190,49	
	Rango		5,47	
	Rango intercuartil		4,11	
	Asimetría		0,386	1,014
	Curtosis		1,582	2,619
0,20	Media		164,3200	0,91248
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	161,4161	
		Límite superior	167,2239	
	Media recortada al 5%		164,3294	
	Mediana		164,4050	
	Varianza		3,330	
	Desv. Desviación		1,82496	
	Mínimo		162,35	
	Máximo		166,12	
	Rango		3,77	
	Rango intercuartil		3,43	
	Asimetría		-0,119	1,014
	Curtosis		-4,556	2,619

Fuente: Elaboración propia con Software SPSS

Nota: Se muestra los resultados descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión de los datos ingresados a SPSS para cada porcentaje de tira de plástico incorporado.

**Tabla 22**
*Resultados descriptivos de los datos de resistencia a la flexión (MR)*

		%	Estadístico	Desv. Error	
MR	0,00	Media	34,68750	0,569830	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	32,87400	
			Límite superior	36,50100	
		Media recortada al 5%	34,72280		
		Mediana	35,00500		
		Varianza	1,299		
		Desv. Desviación	1,139660		
		Mínimo	33,050		
		Máximo	35,690		
		Rango	2,640		
		Rango intercuartil	2,010		
		Asimetría	-1,491	1,014	
		Curtosis	2,753	2,619	
	0,05	Media		37,60000	0,462010
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	36,12970
			Límite superior	39,07030	
		Media recortada al 5%	37,57670		
		Mediana	37,39000		
		Varianza	0,854		
		Desv. Desviación	0,924010		
		Mínimo	36,760		
		Máximo	38,860		
		Rango	2,100		
		Rango intercuartil	1,720		
		Asimetría	1,078	1,014	
		Curtosis	0,611	2,619	
0,10		Media		51,96750	0,707130
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	49,71710
			Límite superior	54,21790	
		Media recortada al 5%	51,91830		
		Mediana	51,52500		
		Varianza	2,000		
		Desv. Desviación	1,414270		
		Mínimo	50,830		
		Máximo	53,990		
		Rango	3,160		
		Rango intercuartil	2,540		
		Asimetría	1,492	1,014	
		Curtosis	2,141	2,619	
	0,15	Media		43,25750	0,655710
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	41,17070
			Límite superior	45,34430	
		Media recortada al 5%	43,26110		
		Mediana	43,29000		
		Varianza	1,720		
		Desv. Desviación	1,311420		
		Mínimo	41,620		
		Máximo	44,830		
		Rango	3,210		
		Rango intercuartil	2,430		
		Asimetría	-0,148	1,014	
		Curtosis	1,494	2,619	

0,20	Media		28,93500	0,301730
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	27,97480	
		Límite superior	29,89520	
	Media recortada al 5%		28,92830	
	Mediana		28,87500	
	Varianza		0,364	
	Desv. Desviación		0,603460	
	Mínimo		28,290	
	Máximo		29,700	
	Rango		1,410	
	Rango intercuartil		1,160	
	Asimetría		0,497	1,014
	Curtosis		-0,406	2,619

Fuente: Elaboración propia con Software SPSS

Nota: Se muestra los resultados descriptivos del ensayo de resistencia a la flexión de los datos ingresados a SPSS para cada porcentaje de tira de plástico incorporado.

**Tabla 23**

*Resultados descriptivos de los datos de Permeabilidad (K).*

K	0,00	Media	0,2960	0,00376
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,2840
			Límite superior	0,3080
		Media recortada al 5%	0,2957	
		Mediana	0,2935	
		Varianza	0,000	
		Desv. Desviación	0,00753	
		Mínimo	0,29	
		Máximo	0,31	
		Rango	0,02	
		Rango intercuartil	0,01	
		Asimetría	1,688	1,014
		Curtosis	3,144	2,619
	0,05	Media	0,2790	0,00147
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,2743
			Límite superior	0,2837
		Media recortada al 5%	0,2789	
		Mediana	0,2785	
		Varianza	0,000	
		Desv. Desviación	0,00294	
		Mínimo	0,28	
		Máximo	0,28	
		Rango	0,01	
		Rango intercuartil	0,01	
		Asimetría	0,941	1,014
		Curtosis	1,500	2,619



0,10	Media		0,2465	0,00218
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,2396	
		Límite superior	0,2534	
	Media recortada al 5%		0,2464	
	Mediana		0,2455	
	Varianza		0,000	
	Desv. Desviación		0,00436	
	Mínimo		0,24	
	Máximo		0,25	
	Rango		0,01	
	Rango intercuartil		0,01	
	Asimetría		0,676	1,014
	Curtosis		-2,233	2,619
0,15	Media		0,2398	0,00085
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,2370	
		Límite superior	0,2425	
	Media recortada al 5%		0,2397	
	Mediana		0,2395	
	Varianza		0,000	
	Desv. Desviación		0,00171	
	Mínimo		0,24	
	Máximo		0,24	
	Rango		0,00	
	Rango intercuartil		0,00	
	Asimetría		0,753	1,014
	Curtosis		0,343	2,619
0,20	Media		0,2235	0,00260
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,2152	
		Límite superior	0,2318	
	Media recortada al 5%		0,2237	
	Mediana		0,2250	
	Varianza		0,000	
	Desv. Desviación		0,00520	
	Mínimo		0,22	
	Máximo		0,23	
	Rango		0,01	
	Rango intercuartil		0,01	
	Asimetría		-1,540	1,014
	Curtosis		2,889	2,619

Fuente: Elaboración propia con Software SPSS

Nota: Se muestra los resultados descriptivos del ensayo de permeabilidad de los datos ingresados a SPSS para cada porcentaje de tira de plástico incorporado.

### 3.2.1.2. Resultados de normalidad Shapiro – Wilk.

**Tabla 24**  
*Prueba de normalidad SPSS*

%	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F'C	,00	0,299	4	0,807	4	0,115
	,05	0,228	4	0,968	4	0,827
	,10	0,395	4	0,701	4	0,012
	,15	0,273	4	0,942	4	0,666
	,20	0,258	4	0,894	4	0,401
MR	,00	0,338	4	0,865	4	0,279
	,05	0,211	4	0,930	4	0,592
	,10	0,280	4	0,869	4	0,293
	,15	0,248	4	0,955	4	0,746
	,20	0,170	4	0,985	4	0,929
K	,00	0,355	4	0,826	4	0,158
	,05	0,250	4	0,953	4	0,734
	,10	0,289	4	0,864	4	0,274
	,15	0,192	4	0,971	4	0,850
	,20	0,364	4	0,840	4	0,195

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con Software SPSS

Nota: Se muestra los resultados de normalidad de cada uno de los ensayos realizados (resistencia a la compresión F'C, resistencia a la flexión MR y permeabilidad K), a cada porcentaje de tiras de plástico incorporado, siendo ,00% la muestra patrón. En este caso no aplica Kolmogorov-Smirnov porque el número de datos no es mayor a 50. Según Shapiro-Wilk, todos los datos son normales, ya que superan el nivel de significancia de 0.05.

### 3.2.2. Análisis de varianza ANOVA.

**Tabla 25**  
*Análisis de Varianza ANOVA SPSS*

		Suma de		Media		Sig.
		cuadrados	gl	cuadrática	F	
F'C	Entre grupos	10391,760	4	2597,940	570,244	<b>0,000</b>
	Dentro de grupos	113,896	25	4,556		
	Total	10505,655	29			
MR	Entre grupos	1230,901	4	307,725	246,702	<b>0,000</b>
	Dentro de grupos	18,710	15	1,247		
	Total	1249,611	19			
K	Entre grupos	0,022	4	0,005	210,449	<b>0,000</b>
	Dentro de grupos	0,001	25	0,000		
	Total	0,022	29			

Fuente: Elaboración propia con Software SPSS

Nota: Se muestra los resultados del análisis de varianza ANOVA de cada uno de los ensayos realizados (resistencia a la compresión F<sup>2</sup>C, resistencia a la flexión MR y permeabilidad K).

### 3.2.3. Análisis de comparaciones múltiples – T de Dunnett.

**Tabla 26**

*Comparaciones Múltiples T de Dunnett*

T de Dunnett (bilateral)<sup>a</sup>

Variable dependiente	(I) %	(J) %	Diferencia de medias (I-J)		Sig.	Intervalo de confianza al	
			Desv. Error			Límite inferior	Límite superior
F <sup>2</sup> C	,05	,00	22,07333*	1,23232	0,000	18,8608	25,2859
	,10	,00	31,69333*	1,23232	0,000	28,4808	34,9059
	,15	,00	2,75667	1,23232	0,108	-0,4559	5,9692
	,20	,00	-21,77500*	1,23232	0,000	-24,9875	-18,5625
MR	,05	,00	2,91250*	0,78973	0,008	0,7587	5,0663
	,10	,00	17,28000*	0,78973	0,000	15,1262	19,4338
	,15	,00	8,57000*	0,78973	0,000	6,4162	10,7238
	,20	,00	-5,75250*	0,78973	0,000	-7,9063	-3,5987
K	,05	,00	-,018167*	0,002929	0,000	-0,02580	-0,01053
	,10	,00	-,049167*	0,002929	0,000	-0,05680	-0,04153
	,15	,00	-,057500*	0,002929	0,000	-0,06514	-0,04986
	,20	,00	-,073833*	0,002929	0,000	-0,08147	-0,06620

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás

Fuente: Elaboración propia con Software SPSS

Nota: Se muestra los resultados del análisis de comparaciones múltiples por T de Dunnett de cada uno de los ensayos realizados (resistencia a la compresión F<sup>2</sup>C, resistencia a la flexión MR y permeabilidad K). Se hace la comparación de cada porcentaje de tiras de plástico incorporado respecto al diseño patrón (,00%).

### 3.3. Resultados de ensayos al concreto fresco.

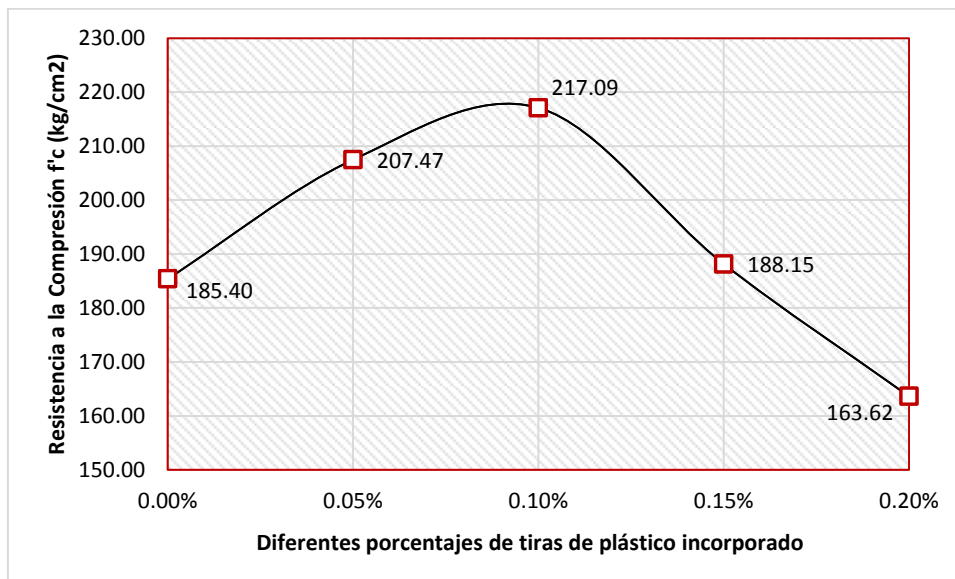
**Tabla 27**

*Resultados del ensayos al concreto en estado fresco*

Ensayo	Und	Valor
Peso Unitario del Concreto Fresco	kg/m <sup>3</sup>	1910
Asentamiento	pulg.	0

Fuente: Elaboración propia y base de datos de ensayos de laboratorio.

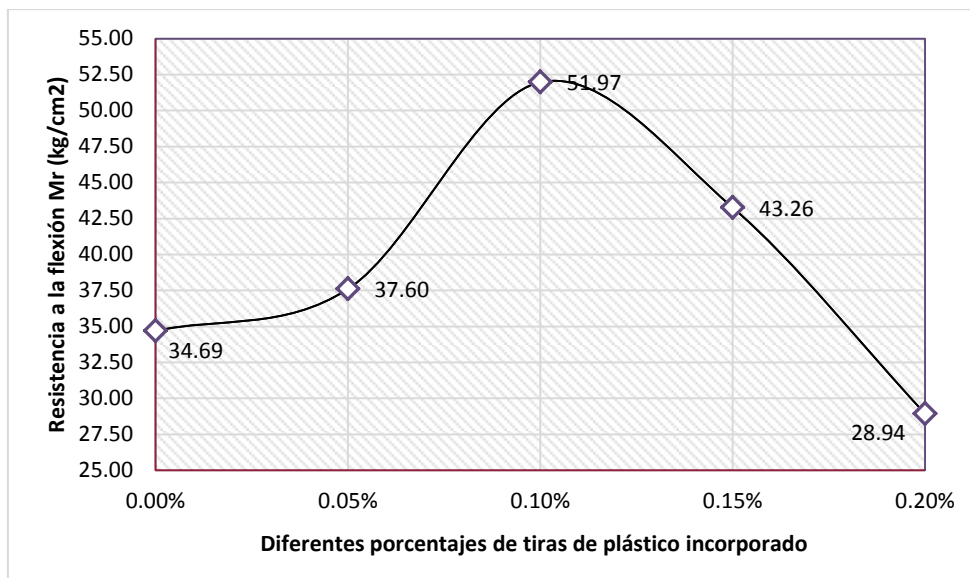
### 3.4. Resultados de resistencia a la compresión del concreto permeable.



**Figura 11** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas del diseño de mezcla patrón (0.00% de tiras de plástico) y los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporado. Ensayo a 28 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia en base a la guía de observación.

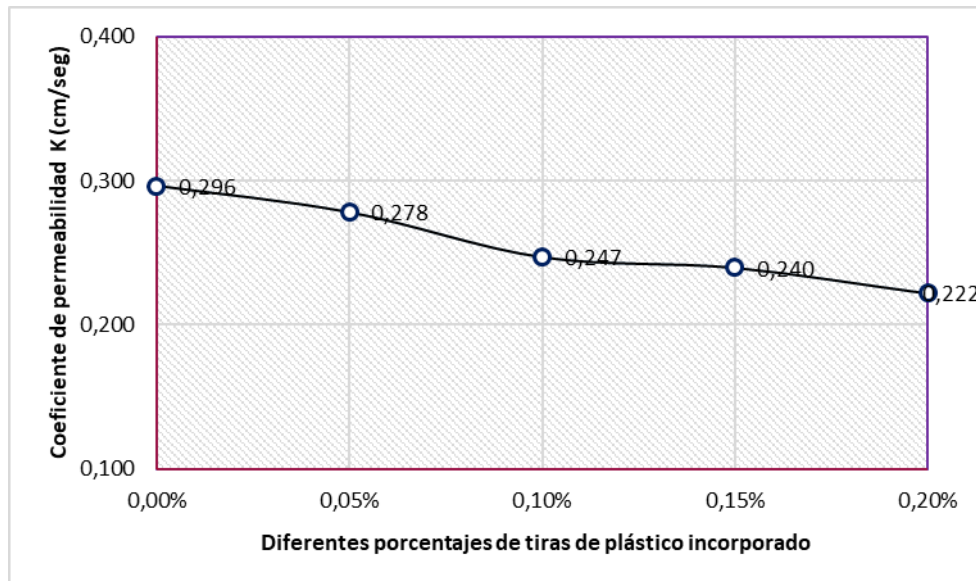
### 3.5. Resultados de resistencia a la flexión de concreto permeable.



**Figura 12** Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de las probetas del diseño de mezcla patrón (0.00% de tiras de plástico) y los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporado. Ensayo a 28 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia en base a la guía de observación.

### 3.6. Resultados de permeabilidad del concreto permeable.



**Figura 13** Resultados del ensayo de permeabilidad de las probetas del diseño de mezcla patrón (0.00% de tiras de plástico) y los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporado. Ensayo a 28 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia en base a la guía de observación.

---

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Se realizó el **análisis estadístico** de los datos en el software SPSS, cuyos resultados se muestran en las tablas 21, 22 y 23. El análisis es realizado para cada una de las variables dependientes (resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad), en función de la variable independiente (diferentes porcentajes de tiras de plástico). En este análisis se obtienen los valores de media, los límites de acuerdo al intervalo de confianza para la media del 95%, la mediana, varianza, desviación estándar, asimetría (distribución de campana de Gauss) y otros. En esta última parte se verificó que la distribución normal se encuentre dentro de la campana de Gauss, es decir; valores de asimetría entre -3 y 3.

Para realizar la **prueba de normalidad** de los datos, se utilizó el mismo software SPSS por el método de Shapiro-Wilk, los resultados se muestran en la tabla 24. Todos los grupos de datos, de cada ensayo y cada dosificación fueron sometidos a la prueba de normalidad, teniéndose todos los valores de significancia por arriba de 0.05, es decir; los datos están dentro del nivel de confianza (95%) e indica que los **datos son normales** y se aplican pruebas paramétricas para realizar la prueba de hipótesis.

Para la **prueba de hipótesis** se realizó **ANOVA Unifactorial**, ya que los datos cumplen con una distribución normal según Shapiro-Wilk. Se tienen dos hipótesis, nula y alternativa.

La hipótesis alternativa **H<sub>1</sub>**: La incorporación de diferentes porcentajes de tiras de plástico influye significativamente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable, pero negativamente en la permeabilidad.

Hipótesis nula **H<sub>0</sub>**: La incorporación de diferentes porcentajes de tiras de plástico no influye en la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable, pero aumenta la permeabilidad.

Según los resultados que se muestran en la tabla 25, tanto para el ensayo de resistencia a la compresión (F'C), resistencia a la flexión (MR) y permeabilidad (K), se tiene una **significancia de 0.000**, lo cual indica que **se rechaza la hipótesis nula** y se acepta la hipótesis planteada o alternativa. La significancia nos indica qué tan alejado está un dato respecto a un punto de control, si se tiene un valor muy alejado, escapa del 95% de confianza con el que se trabaja, incluso se aleja del 5% complementario por lo que pasa a ser un valor influyente, ya que su valor tiende a cero. En este sentido, **la**

**hipótesis es comprobada** y se afirma que; la incorporación de diferentes porcentajes de tiras de plástico influye significativamente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable, pero negativamente en la permeabilidad.

Como parte complementaria, al saber que si hay una influencia significativa, se quiere saber qué porcentaje de tira de plástico influye más en cada una de las variables dependientes, para ello se hace un análisis de **T de Dunnett**. Este último realiza comparaciones múltiples, es decir; compara todos los grupos de datos en función a uno establecido de la misma variable, que en este caso es el diseño o probeta patrón (sin incorporación de tiras de plástico) para cada variable dependiente. Los resultados se muestran en la tabla 26, tendiéndose que; en el ensayo de resistencia a la compresión se tienen tres valores de significancia de 0.000, es decir; serían los tres posibles porcentajes que más influyen, en este caso el 0.10%, 0.15% y 0.20% de tiras de plástico incorporado, para definir con exactitud se tiene en cuenta la columna de diferencia de medias (I-J), que indica cuánto se aleja un resultado respecto al punto de comparación, en este caso, se descartan los valores negativos y se observan los positivos, de esta manera; el valor que más se aleja es el de 0.10% con un incremento de 31.69333, de manera que el 0.10% es el que más influye en esta variable.

Para la variable de resistencia a la flexión, se tienen tres valores de significancia 0.000; (0.10%, 0.15% y 0.20%), pero en la columna de diferencia de medias (I-J) se muestra un valor negativo (que se descarta) y dos positivos, como se busca el porcentaje que incrementa el módulo de rotura, se toma el mayor valor positivo (17.28000), siendo 0.10% el valor que más influye en esta variable. En cuanto a permeabilidad, se tienen todas las significancias 0.000, es decir; desde el primer porcentaje incorporado la permeabilidad varía, según las diferencias de medias (I-J) a mayor porcentaje de tiras de plástico incorporado, el número se aleja más de manera negativa, lo cual indica que la incorporación de tiras de plástico influye negativamente en la permeabilidad, sin embargo; son valores aceptables. La determinación del mejor porcentaje se hace con las variables de resistencia a la compresión y flexión. En este sentido, estadísticamente, el valor que más influye es el 0.10% de tiras de plástico incorporadas en el concreto permeable.

Los resultados de la variable de resistencia a la compresión se muestran en la figura 11, en base a la guía de observación adjunta, se observa que; a medida que se incrementa el porcentaje de tiras de plástico, la resistencia aumenta, siendo el valor más

alto el 0.10%, donde se tiene una resistencia promedio de 217.09 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual significa un incremento de 31.69 kg/cm<sup>2</sup> (el 17.09%) respecto al diseño patrón. Si bien es cierto en todos los porcentajes se tiene un incremento respecto al patrón, el porcentaje de tiras de plástico óptimo para esta variable es el 0.10%. Según Flores & Pacompia (2016), la resistencia a la compresión del concreto permeable aumenta en un 16.70% a los 28 días de curado con el 0.05% de tiras de plástico incorporadas. Se presenta una variación mínima, considerando que su investigación se realizó en Puno con características de agregados y condiciones diferentes. Sin embargo, el incremento se da alrededor de esos porcentajes incorporados. Según Díaz (2017), el incremento de resistencia del concreto permeable se da siempre, sin embargo; disminuye la permeabilidad por lo que se estima que aproximadamente el 0.15% de fibras incorporadas aumentan la resistencia en por lo menos 15.30%.

La resistencia a la flexión, determinado por el módulo de rotura de vigas, cuyos resultados se muestran en la figura 12, se muestra una tendencia similar a la de resistencia a la compresión. Sin embargo, no en todos los casos incrementa respecto al diseño patrón, sino que hasta el 0.10% hay un incremento, para los porcentajes de 0.15% y 0.20%, la resistencia a la flexión disminuye poco. En el pico de 0.10% se tiene un módulo de rotura del 51.97 kg/cm<sup>2</sup>, que representa un incremento de 49.81% respecto al diseño patrón. Según Hernández (2017), la adición de 0.10% de tiras de plástico, incrementa la resistencia a la flexión en un 26.00%, considerando que este investigador adicionó tiras de 4x20mm, en esta investigación se incorporó tiras de 2x20mm, lo cual hace que la variación en cuanto a porcentajes de mejora sean relativamente parecidas. Sin embargo, en ambos casos se presenta una mejora de esta variable.

En cuanto a la variable de permeabilidad, cuyos resultados se muestran en la figura 13, se observa que decrece en función al porcentaje de tiras de plástico incorporado. Sin embargo, lo que se cuida es que el coeficiente de permeabilidad K, se encuentre dentro de los límites del concreto permeable. Según el ACI 522-R, el coeficiente de permeabilidad de un concreto permeable deben estar entre 0.14 y 1.22 cm/seg. En este caso se tiene un promedio de K para el diseño patrón de 0.296 cm/seg, y en la mayor dosificación de 0.20% se tiene 0.222 cm/seg, teniendo una reducción de 33.33%, lo cual indica que el concreto es permeable. Sin embargo, si se trabajan a valores más altos de dosificación, es probable que el concreto permeable pase el límite y



ya no sea considerado como tal. Según Gámez, Guzmán & Renderos (2016), la disminución de la permeabilidad es un hecho que se espera, ya que la presencia de cualquier material va a obstruir los vacíos en el concreto permeable por lo que en su investigación tuvieron una disminución de 0.430 cm/seg a 0.334 cm/seg, que representa el 22.33% de reducción.

La forma de la curva que representa la resistencia a la compresión y flexión en función a la cantidad (en porcentaje) de tira de plástico PET incorporada, tiene un crecimiento hasta el 0.10% y luego desciende, como se muestra en la figura 11 y 12, respectivamente, esto sucede porque el concreto permeable presenta gran cantidad de vacíos, los mismos que no ofrecen ninguna resistencia, al tener presencia de tiras de plástico, que hacen la función de dar una mejor cohesión a la mezcla, generándose una especie de tejidos entre los vacíos existentes, ayudando así que en su estado endurecido tenga mejores propiedades mecánicas. Sin embargo, si hay un exceso de presencia de tiras, la superficie a lubricar por el cemento aumenta considerablemente y disminuye la lubricación de los agregados, los cuales aportan a la resistencia directamente, asimismo, hay tiras que estarán en contacto entre sí, al tener una superficie lisa, sin lubricación, no generan ninguna resistencia y se presenta nuevamente una disminución en sus propiedades mecánicas a mayores porcentajes de tiras de plástico PET incorporadas, en este caso mayores a 0.10%. Por su parte, la curva de permeabilidad tiene un comportamiento diferente, a mayor porcentaje de tiras PET incorporadas, menor permeabilidad, eso sucede porque el tejido de tiras que se forma dentro de la estructura del concreto permeable, completa los vacíos de diseño y disminuye su capacidad de drenaje, es importante tener en cuenta que no debe disminuir notablemente, ya que hay rangos establecidos para que el concreto cumpla su función de permeabilidad como tal, es decir; para que sea considerado concreto permeable se debe respetar su mínima capacidad de permeabilidad establecida por el ACI 522R-10.

Según Cavieres, Cepeda & Holmegren (2005) la condición de la muestra o testigo de concreto, luego de su elaboración es importante, ya que influye directamente en sus propiedades mecánicas. No curar en las primeras horas de vida del concreto lleva a que se de una disminución de la resistencia al momento de ensayar a los 28 días recomendados por el American Concrete Institute (ACI). Las reducciones pueden ser tan significativas y llegar hasta 12 a 17% de su resistencia final. Es por ello que en esta

investigación se tiene una rotura de probetas a los 28 días, luego de un curado inmediato desde su elaboración.

Según Augusto & Legarda (2011), en la correlación entre la resistencia a la tracción por flexión y la resistencia del concreto se tiene 10 a 20% aproximadamente, lo que indica que el conocimiento a una sola de estas dos variables contribuye notoriamente al conocimiento de la otra con un grado alto de confiabilidad. En esta investigación se tiene que, en promedio, la resistencia a la compresión en el pico más alto es de; 217.09 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia a la flexión, expresado por su módulo de rotura es de 51.97 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un porcentaje de 23.94%, lo cual está estimado y cerca del rango considerado.

#### 4.2. Conclusiones

- Se determinó que la influencia de los diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable es significativa, de acuerdo con la comprobación de la hipótesis planteada y los resultados mostrados, el porcentaje adecuado de incorporación de tiras de plástico que maximice la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable es el 0.10%, que incrementa la resistencia a la compresión, de 185.40 a 217.09 kg/cm<sup>2</sup> (17.09%) y la resistencia a la flexión incrementa de 34.69 kg/cm<sup>2</sup> a 51.97 kg/cm<sup>2</sup> (49.81%). La permeabilidad al 0.10% de porcentaje incorporado, reduce de 0.296 cm/seg a 0.247 cm/seg, que representa una disminución del 19.83%.
- Se realizó un diseño de mezcla patrón con los agregados de la cantera “El Milagro”, teniéndose las cantidades de materiales por metro cúbico de; 326.78 kg de cemento, 152 kg de agua, 1,460.11 kg de agregado grueso, 144.85 kg de agregado fino y sus variantes con la adición de; 0.05%, 0.10%, 0.15% y 0.20% de tiras de plástico PET en la mezcla de concreto permeable. Las dosificaciones se hicieron en base al peso total de los materiales de diseño por lo que las tiras de plástico fueron una incorporación y corresponden a 1,042.26 g, 2,048.53 g, 3126.79 g y 4169.06 g por metro cúbico, respectivamente a las dosificaciones dadas.
- Se ensayó un total de 30 probetas cilíndricas de 10cmx20cm, 30 probetas cilíndricas de 10cmx15cm y 20 vigas de 15cmx15cmx50cm a los diferentes porcentajes de tiras de plástico incorporadas en el concreto permeable para

---

evaluar la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad del concreto permeable. Los resultados promedio para la resistencia a la compresión en 0.00%, 0.05%, 0.10%, 0.15% y 0.20% son; 185.40 kg/cm<sup>2</sup>, 207.47 kg/cm<sup>2</sup>, 217.09 kg/cm<sup>2</sup>, 188.15 kg/cm<sup>2</sup> y 163.62 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En cuanto a la resistencia a la flexión, para los mismos porcentajes, se tiene módulos de rotura promedios de; 34.69 kg/cm<sup>2</sup>, 37.60 kg/cm<sup>2</sup>, 51.97 kg/cm<sup>2</sup>, 43.26 kg/cm<sup>2</sup> y 28.94 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Asimismo, los resultados de permeabilidad promedios para los porcentajes dados son; 0.296 cm/seg, 0.278 cm/seg, 0.274 cm/seg, 0.240 cm/seg y 0.222 cm/seg, respectivamente.

---

## CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar agregado grueso de menor tamaño nominal, menores o iguales a 1/2", puesto que en otras investigaciones se ha demostrado un buen desempeño en las propiedades mecánicas del concreto permeable.
- Se recomienda realizar el diseño de mezcla según otras normas como; ACI 211.3R-02, que considera concretos cero Slump, ya que el concreto permeable trabaja a relaciones agua/cemento muy bajas.
- Se recomienda utilizar otros tamaños de tiras de plástico, según los antecedentes, tamaños de 4mmx20mm de tira pueden mejorar las propiedades en resistencia a la flexión del concreto permeable.
- Se recomienda que en la elaboración de la mezcla, se sature los agregados durante un minuto por lo menos, es decir; agregar en la mezcladora; todos los agregados y el 50% de agua, pasado el tiempo recomendado se agrega el cemento y finalmente el agua, dejándolo mezclar por máximo 4 minutos, en los casos de los diseños con adición de tiras se debe incorporar de manera homogénea y distribuida en el último minuto, ya que al tener baja relación agua/cemento la mezcla tiende a fraguar muy rápidamente por lo que los especímenes deben ser realizados en el menor tiempo posible para que la mezcla sea trabajable.
- Se recomienda realizar especímenes de mayores dimensiones, cilindros de 15cmx30cm y la conformación de la probetas y vigas se hagan con el martillo de Proctor estándar, distribuyendo la energía uniforme en la mezcla, ya que esto simula mejor la compactación de concreto permeable en campo u obra.
- Se recomienda que para el ensayo de resistencia a la compresión se haga el cabeceo con azufre, conocido comúnmente como capping, ya que las fallas en

las probetas son mayormente locales, puesto que la superficie de contacto del concreto permeable no es uniforme.

- Se recomienda innovar equipos de permeabilidad que sean de mayor precisión.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Aire, C. (2008) *El hormigón permeable como alternativa sostenible*. Cemento Hormigón. [En línea] Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2756178>
- Aire, C., Calderón, Y., Charca, J. & Yanqui, C. (2013) *Hormigón poroso. Estudio experimental usando áridos naturales y reciclados*. [En línea] Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4318880>
- Aire, C., Mendoza, C., Dávila, P. (2007). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido*. [En línea] Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; <https://www.redalyc.org/pdf/3612/361233548003.pdf>
- Aguirre, D. (2013) *El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de junio del 2019, desde; <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/520/1/TESIS.pdf>
- Akers, D., Leming, M. & Tennis, P. (2004). *Pervious Concrete Pavements*. Portland Cement Association. [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; [http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete\\_pavements.pdf](http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf)
- Alviter, A., Cárdenas, E. & Jaimes, J. (2016). *Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua*. Universidad Autónoma del Estado de México. [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; <http://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10450491009/html/index.html>

- Arnaiz, N. (2014). *Reciclaje de polímeros mediante la producción de materiales de alto valor añadido*. (Tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, España. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de junio del 2019, desde; <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/46553>
- ASTM (2008). *Historical Standard: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto*. [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C494C494M-08A-SP.htm>
- Augusto, J. & Legarda, P. (2011). *Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del Concreto Fabricado con materiales pétreos de las minas "Las Terrazas" y la cantera La Victoria del municipio de Pasto*. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [Versión electrónica] Recuperado el 15 de junio, desde; <http://sired.udenar.edu.co/4052/1/84720.pdf>
- Barahona, R., Martínez, M. & Zelaya, S. (2013). *Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramuaca y La Pedrera, de la zona oriental de El Salvador*. (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador. [Versión Electrónica] Recuperado el 5 de junio del 2019, desde; <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259/1/50107992.pdf>
- Bosco, J., López, T., Martínez, G. & Menchaca, C. (2015). *Materiales sustentables y reciclados en la construcción*. OmniaScience. [Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019, desde; [https://books.google.com.pe/books?id=JI4wBwAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=JI4wBwAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Cañas, J. (1996). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75 um) en*

---

*agregado mineral por lavado*. Universidad Centroamericana. [En línea]  
Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>

Cabello, S., Campuzano, L., Espinoza, J., Pardo, A., Romo, A. & Zapata, P. (2015). *Concreto Poroso: Constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización*. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. [En línea]  
Recuperado el 20 de abril del 2019 desde; <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4996/1/0041-%20I%20Congreso%20Internacional%20de%20Ciencia%20y%20Tecnolog%C3%ADa%20UTMACH>

Carlos, J., González, M., Lizárraga, L., Olguín, F., Palafox, C., Rangel, Y & Segovia, A., (s.f.). *Diseño de un concreto permeable para la recuperación de agua*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México. [En línea] Recuperado el 07 de noviembre del 2018, desde; [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6287/disen%C3%B3\\_de\\_un\\_concreto\\_permeable\\_para\\_la\\_recuperacion\\_de\\_agua.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6287/disen%C3%B3_de_un_concreto_permeable_para_la_recuperacion_de_agua.pdf)

Casillas, J. & Hernández, S. (2014). *Módulo didáctico de trituración de PET controlado por controlador lógico programable*. (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México. [Versión Electrónica] Recuperado el 10 de junio del 2019, de; <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13255/Tesis%20PET.pdf>

Castañeda, F. & Moujir, Y. (2014). *Diseño y Aplicación de Concreto Poroso para Pavimentos*. (Tesis de Título de Pregrado). Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. [Versión Electrónica]. Recuperado el 16 de setiembre del 2018



de;

[http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%F1o\\_aplicacion\\_concreto.pdf;jsessionid=14185F933E86A92120F5400A169A0731?sequence=1](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%F1o_aplicacion_concreto.pdf;jsessionid=14185F933E86A92120F5400A169A0731?sequence=1)

Castells, X. & Jurado, L. (2012). *Los Plásticos Residuales y sus Posibilidades de Valoración*. Díaz de Santos. [Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019 desde;

[https://books.google.com.pe/books?id=F0BeF0mQpnwC&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=F0BeF0mQpnwC&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

Castro, J., Fernández, B., Solominihac, H. & Videla, C. (2007). *Desarrollo de mezclas de hormigón poroso para pavimentos urbanos permeables*. [En línea] Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/54/67>

Castro, J., Fernández, B., Solominihac, H. & Videla, C. (2009). *Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón*. [En línea] Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v24n3/art05.pdf>

Cavieres, G., Cepeda, R. & Holmgren, A. (2005). *La importancia de un correcto curado de las probetas de hormigón*. 1 (512-520). [En línea] Recuperado el 15 de junio del 2019, desde; <http://andescura.cl/pdf/curado-de-hormigon.pdf>

Chen, Z., Nassiri, S. & Rangelov, M. (2017). *Preliminary study to develop standard acceptance tests for pervious concrete*. Washington State University, Pullman, Washinton. [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/868.1.pdf>

- 
- CivilGeeks (2011). *Tipos de Aditivos para el concreto*. [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; <https://civilgeeks.com/2011/12/11/tipos-de-aditivos-para-concreto/>
- Construcción y Tecnología en Concreto. (s.f.) *Concreto Permeable: Alternativas sustentables*. [En línea] Recuperado el 07 de noviembre del 2018, desde; <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>
- Cornish, M. (1997). *El ABC de los plásticos*. Universidad Iberoamérica. [Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019 desde; [https://books.google.com.pe/books?id=QW8UyW9YO9QC&dq=el+pl%C3%A1stico&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=QW8UyW9YO9QC&dq=el+pl%C3%A1stico&source=gbs_navlinks_s)
- Cristán, A., Ize, I. & Gavilán, A. (2003). *La situación de los envases de plástico en México*. Gaceta Ecológica, 69 (1) 67-82. [En línea] Recuperado el 10 de junio del 2019, desde; <http://www.redalyc.org/pdf/539/53906905.pdf>
- Delatte, N. (2014). *Concrete Pavement Design, Construction, and Performance*. CRC Press. [Versión Electrónica]. Recuperado en diciembre del 2019, desde; [https://books.google.com.pe/books?id=pWHSBQAAQBAJ&dq=pervious+concrete&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=pWHSBQAAQBAJ&dq=pervious+concrete&source=gbs_navlinks_s)
- Díaz, N. (2017). *Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca*. (Tesis de Título de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. [Versión Electrónica]. Recuperado el 15 de setiembre del 2018 de; <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/181277>
- Donald, D. & Vorobieff, G. (2009). *Superficies seguras de rodadura para carreteras de hormigón poroso*. [En línea] Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3029528>

- 
- Esther (2019). *La clasificación de los plásticos*. Elblogverde. (En línea) Recuperado el 10 de junio del 2019, desde; <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>
- Escuela Colombiana de Ingeniería (2007). *Plásticos; protocolos, curso de procesos de manufactura*. Recuperado el 10 de junio del 2019, desde; [https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734\\_plimeros.pdf](https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734_plimeros.pdf)
- Fernández, R. & Navas, A. (2011). *Concreto Permeable: Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad*. Universidad de Costa Rica. [En línea] Recuperado el 07 de noviembre del 2018, desde; <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/1982/1949>
- Flores, C. & Pacompia I. (2015). *Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con Adición de Tiras de Plástico para Pavimentos f'c 175kg/cm2 en la ciudad de Puno*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú. [Versión Electrónica]. Recuperado el 15 de setiembre del 2018 de; <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/2230>
- Flores, J. (2010). *Caracterización del concreto permeable usando el módulo de ruptura y el porcentaje de desgaste*. (Tesis de Maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. [Versión Electrónica] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; <http://www.construaprende.com/pdfx/t8-caracterizacion-concreto-permeable-modulo-ruptura-desgaste.pdf>
- Gámez, J., Guzmán, C. & Renderos, F. (2016). *Evaluación del comportamiento en el módulo de ruptura en concretos permeables para carpetas de rodadura de pavimentos rígidos utilizando geosintéticos en su estructura*. (Tesis de pregrado). Universidad del El Salvador, San Salvador, El Salvador. [Versión Electrónica] Recuperado el 10 de junio del 2019, desde; <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9567/>

- Gallo, C. & Posada, E. (2017). *Diseño de un pavimento en concreto poroso con adición de agregados de concreto reciclado para la construcción de un modelo a escala*. (Tesis de Pregrado) Universidad de La Salle, Bogotá D.C., Colombia. [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde; [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/22382/40092101\\_2017\\_P1.pdf](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/22382/40092101_2017_P1.pdf)
- Giani, R. & Solas, A. (2010). *Tecnología del hormigón avanzada*. Ediciones UC. [Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019 desde; [https://books.google.com.pe/books?id=me5TDwAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=me5TDwAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Guillén, Y., Soto, F. & Soto, J. (2013). *Evaluación del comportamiento de las probetas cilíndricas de dimensiones 10, 6 × 21, 2 cm para el control de calidad del concreto*. Revista Ingeniería UC, 20 (3) 35-44. [En línea] Recuperado el 10 de junio del 2019 de; <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v20n3/art04.pdf>
- Guyer, J. (2019). *An Introduction to Permeable Concrete Pavement*. Guyer Partners. [Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019 desde; [https://books.google.com.pe/books?id=pj6xDwAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=pj6xDwAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- GreenPeace (2016). *Plásticos en los océanos. Datos, comparativas e impactos*. [En línea] Recuperado el 07 de noviembre del 2018, desde; [https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos\\_en\\_los\\_oceanos\\_LR.pdf](https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf)
- Hachi, J. & Rodríguez, J. (2010). *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de Polietileno Tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. [Versión

- 
- [Versión Electrónica] Recuperado el 10 de junio del 2019, de;  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Harmsen, T. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Editorial PUCP.  
[Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019, desde;  
[https://books.google.com.pe/books?id=Gr3Ga9\\_\\_NB4C&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=Gr3Ga9__NB4C&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Hernández, M. (2017). *Concreto permeable con adición de tiras de plástico y su aplicación en pavimentos rígidos de tráfico liviano*. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala. [Versión Electrónica]. Recuperado el 20 de abril del 2019, de;  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6866/1/Marlon%20Estuardo%20Hernandez.pdf>
- Kharbikar, F. & Phatak, S. (2017). *Enhancing the strength of pervious concrete using polypropylene fibre*. [En línea]. Recuperado el 20 de abril del 2019, desde;  
[https://www.researchgate.net/profile/Om\\_Chhangani2/post/pervious\\_concrete\\_strength/attachment/5c5561323843b0544e63b0cd/AS%3A721788988305409%401549099313989/download/ENHANCING\\_THE\\_STRENGTH\\_OF\\_PERVIOUS\\_CONCRETE\\_USING\\_POLYPROPYLENE\\_FIBRE\\_ijariie6009.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Om_Chhangani2/post/pervious_concrete_strength/attachment/5c5561323843b0544e63b0cd/AS%3A721788988305409%401549099313989/download/ENHANCING_THE_STRENGTH_OF_PERVIOUS_CONCRETE_USING_POLYPROPYLENE_FIBRE_ijariie6009.pdf).
- Masías, K. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura, Perú. [Versión Electrónica] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde;  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3484/ICI\\_254.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3484/ICI_254.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

---

National Ready Mixed Concrete Association NRMCA (s.f.). *El concreto en la práctica:*

*Concreto Permeable.* [En línea] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde;  
<https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP38es.pdf>

NTP 339.034 (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.* INDECOPI 3era. Edición. [En línea] Recuperado el 07 de noviembre del 2018, desde;  
<https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>

NTP 339.078 (2008). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.* INDECOPI 3era. Edición. Recuperado el 07 de noviembre del 2018, desde;  
<https://edoc.site/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf-pdf-free.html>

Perez, J. (2017) *Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017.* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. [Versión electrónica] Recuperado el 15 de junio desde;  
<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12351/Perez%20Gordillo%20Johan%20Joe.pdf>

Quiroz, M. & Salamanca, L. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “tecnología del hormigón”.* (Diploma de Licenciamiento). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. [Versión Electrónica] Recuperado el 20 de abril del 2019, desde;  
<https://civilgeeks.com/2012/09/07/libro-basico-sobre-tecnologia-del-concreto/>

Ramírez, M. & Sotomayor, J. (2014). *Módulos de elasticidad y de ruptura de tres maderas angiospermas mexicanas.* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [En línea] Recuperado el 10 de junio del 2019, de;

---

[https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-IV/Articulo\\_10.pdf](https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-IV/Articulo_10.pdf)

Reyes, F., Torres, A. & Grupo CECATA. (2002). *Efecto de las Fibras Plásticas en la Flexión de Estructuras de Pavimentos Drenantes*. Ingeniería de construcción, 17 (2), 93-102. [En línea]. Recuperado el 15 de setiembre del 2018 de; <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/248/pdf>

Sabnis, G. (2011). *Green Building with Concrete: Sustainable Design and Construction*. CRC Press. [Versión electrónica] Recuperado en diciembre del 2019, desde; [https://books.google.com.pe/books?id=XbADlwt9Mm4C&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=XbADlwt9Mm4C&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

Sánchez, C., Peña, J. & Rico, L. (2018). *Identificación de los usos actuales del tereftalato de polietileno (PET) Reciclado en la Ingeniería Civil*. Universidad Cooperativa de Colombia. [En línea]. Recuperado el 10 de junio del 2019 de; [http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/4232/1/2018\\_identificacion\\_usos\\_actuales.pdf](http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/4232/1/2018_identificacion_usos_actuales.pdf)

Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. [Versión electrónica] Recuperado en abril del 2019, desde; [https://books.google.com.pe/books?id=EWq-QPJhsRAC&dq=tecnolog%C3%ADa+del+concreto&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=EWq-QPJhsRAC&dq=tecnolog%C3%ADa+del+concreto&source=gbs_navlinks_s)

Subramanian, N. (2008). *Pervious concrete – A 'green' material that helps reduce water run-off and pollution*. Recuperado el 10 de diciembre del 2019, desde; [https://www.academia.edu/4328521/Pervious\\_Concrete\\_ICJ\\_Dec\\_08?auto=download](https://www.academia.edu/4328521/Pervious_Concrete_ICJ_Dec_08?auto=download)

Velásquez, J. (2015). *El concreto permeable y su aplicación al drenaje vial*. Asocem.




[Versión Electrónica] Recuperado en diciembre del 2019 desde;  
[http://web.asocem.org.pe/asocem/ebooks/book\\_84628/data/Concreto%20Permeable.pdf](http://web.asocem.org.pe/asocem/ebooks/book_84628/data/Concreto%20Permeable.pdf)

Yura. (s.f.). *Ficha Técnica del cemento IP puzolánico Yura*. Recuperado el 11 de noviembre del 2018, desde; <https://es.scribd.com/doc/208752635/Ficha-Tecnica-1p-Yura-IP>



## ANEXOS

### ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO 1

		<b>CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.</b> Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad Teléfono 317 - 6000		 G-CC-F-04 Versión 03	
<b>Cemento Portland Tipo I</b> Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017					
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>		<b>CPSAA</b>		<b>Requisito NTP 334.009 / ASTM C150</b>	
MgO	%	2.3	Máximo 6.0		
SO3	%	2.7	Máximo 3.0		
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5		
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5		
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		<b>CPSAA</b>		<b>Requisito NTP 334.009 / ASTM C150</b>	
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12		
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80		
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3750	Mínimo 2800		
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA		
<b>Resistencia Compresión :</b>					
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)		
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)		
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)		
<b>Tiempo de Fraguado Vicat :</b>					
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45		
Fraguado Final	min	267	Máximo 375		
<p>Los resultados arriba mostrados, corresponde n al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.          La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.          (*) Requisito opcional.</p>					
 <b>Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas</b> Superintendente de Control de Calidad					
Solicitado por :		Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.			
<small>Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.</small>					

**ANEXO 2: ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS EN  
CONCRETO**

<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>NTP 400.037</b>
<b>PERUANA</b>	<b>2014</b>
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145	
	Lima, Perú
          <b>AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto</b>	
AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates	
Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International	
<b>2014-12-30</b> <b>3ª Edición</b>	
R.0151-2014/CNB-INDECOPI Publicada el 2015-01-14	Precio basado en 20 páginas
I.C.S.:91.100.30	<b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
Descriptores: Agregados, concreto, requisitos	
© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014	

**ANEXO 3: PRÁCTICA NORMALIZADA PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.**

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 339.033 2015</b>
Dirección de Normalización - INACAL Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)	Lima, Perú
<p><b>CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo</b></p> <p>Concrete Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field</p> <p>Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL, está basada en la Norma ASTM C 31/C31M:2012 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International</p> <p><b>2015-12-22</b> <b>4ª Edición</b></p>	
R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31 I.C.S.: 91.100.30 Descriptores: Vigas, concreto, curado	Precio basado en 17 páginas <b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
© ASTM 2012 - © INACAL 2015	

**ANEXO 4: ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.**

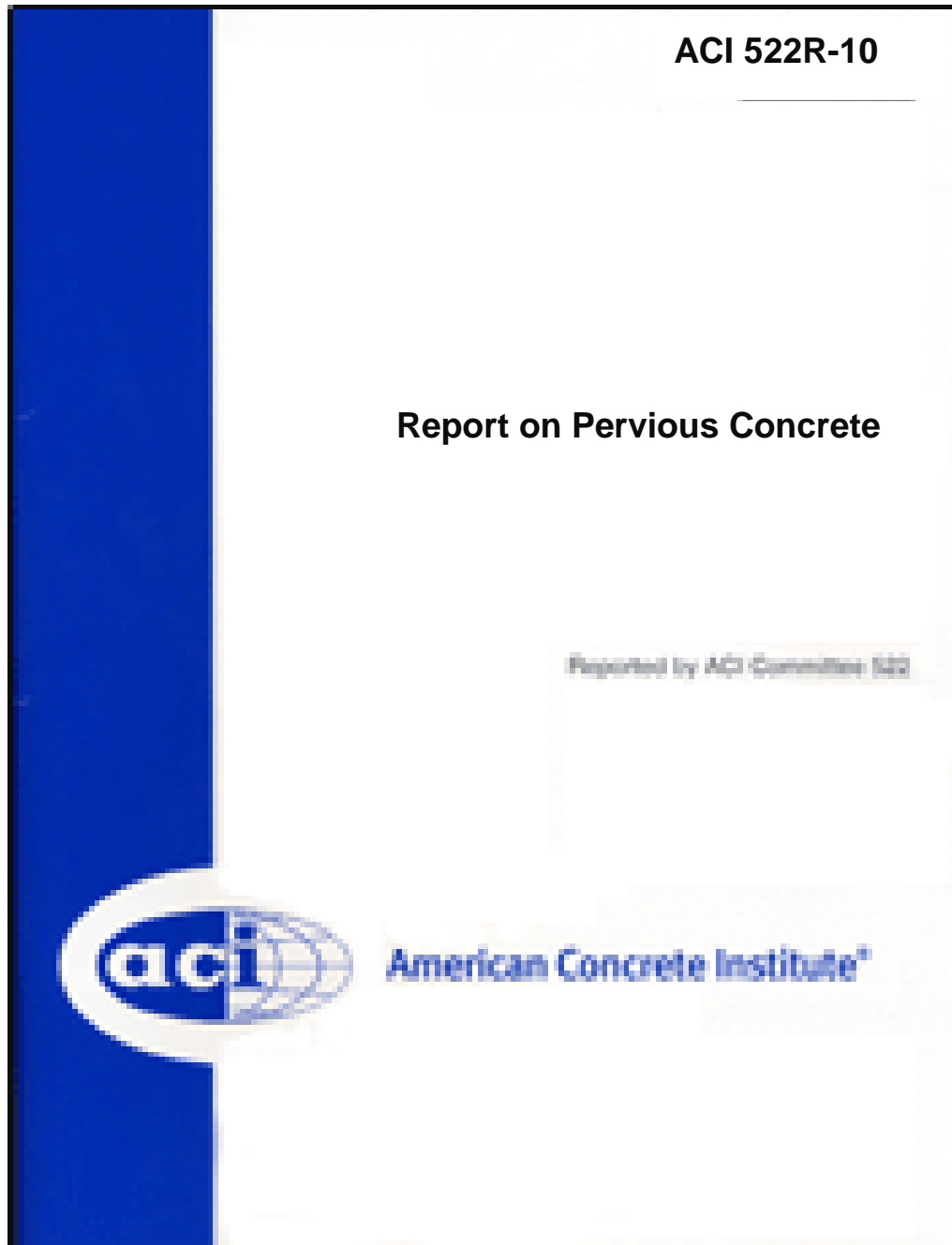
<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 339.034 2015</b>
Dirección de Normalización - INACAL Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)	Lima, Perú
 <b>CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas</b>	
Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens	
Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International	
<b>2015-12-22 4ª Edición</b>	
R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31	Precio basado en 19 páginas
I.C.S.: 91.100.30	<b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas	
© ASTM 2015 - © INACAL 2015	

**ANEXO 5: ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA  
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO**

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 339.078 2012</b>
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima-41) Apartado 145 Lima, Perú	
<b>CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo</b>	
CONCRETE. Standard test method for flexural strength of concrete using simple beams with third-point loading	
<b>2012-09-26 3ª Edición</b>	
R.0092-2012/CNB-INDECOPI. Publicada el 2012-10-31 L.C.S.: 91.100.30 Descriptores: Concreto, vigas, resistencia a la flexión, ensayo	
Precio basado en 10 páginas <b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>	

---

**ANEXO 6: NORMA DE DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE ACI 522R-10**





## ANEXO 7: CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO EXPERTO



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE JUICIO EXPERTO

**NOMBRE DEL EXPERTO:** WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA.

**ESPECIALIDAD:** INGENIERO CIVIL – CIP: 107619

**DNI:** 41526075

Por medio de la presente hago constar que realice la revisión de instrumento elaborado por el estudiante de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Privada del Norte, quien está realizando un trabajo de investigación titulado: *INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.*

Una vez indicadas las correcciones pertinentes considero que dicho instrumento es válido para su aplicación:



*Trujillo, 15 de agosto del 2019*



**MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA**

**DNI:** 41526075



**ANEXO 8: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA LA VARIABLE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>PROYECTO</b>	<b>INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.</b>				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE: 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.</b>						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (kg)	Figura- Probeta de Concreto Permeable
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
		<b>EXPERTO</b>				
		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA				
		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>				
						






**ANEXO 10: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA LA VARIABLE PERMEABILIDAD.**

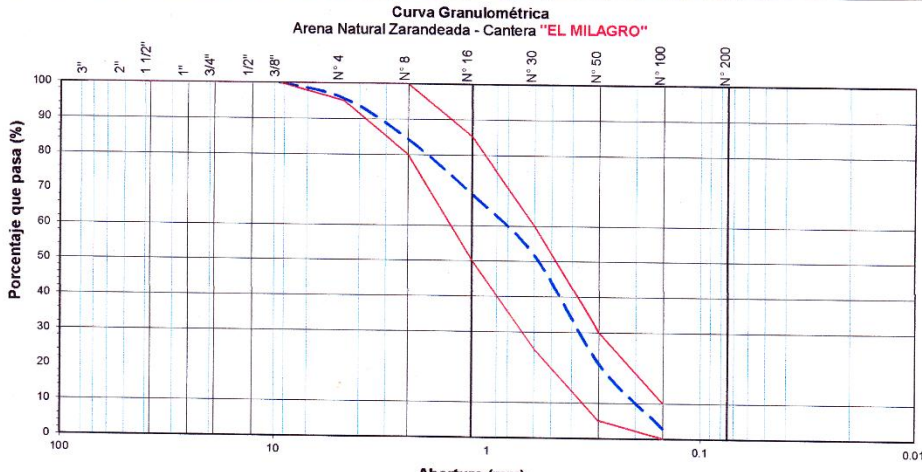
<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>PROYECTO</b>		<b>INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.</b>			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE; 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.</b>						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES			Tiempo (s)	Figura- Probeta de Concreto Permeable
		Longitud de Tramo (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm)		
<b>EXPERTO</b>						
MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA						

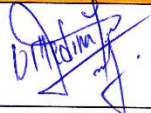
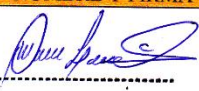

**ANEXO 11: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO:  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**

 <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO</b> (NTP 400.012 / ASTM C-136)									
DATOS DE LA MUESTRA									
Agregado:		AGREGADO FINO							
Procedencia:		CANTERA "EL MILAGRO"							
						Peso Inicial Seco : 2000.0 gr.			
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Tabla N° 02		Descripción de la Muestra	
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000					100.0	100.0	<b>Características Físicas</b> Módulo de Fineza : 2.76 Contenido de Humedad: 0.98 %	
2"	50.000					100.0	100.0		
1 1/2"	37.500					100.0	100.0		
1"	25.000					100.0	100.0		
3/4"	19.000					100.0	100.0		
1/2"	12.500					100.0	100.0		
3/8"	9.500				100.00	100.0	100.0		
N° 4	4.750	86.0	4.30	4.30	95.70	95.0	100.0		
N° 8	2.360	229.1	11.46	15.76	84.25	80.0	100.0		
N° 16	1.180	309.8	15.49	31.25	68.76	50.0	85.0		
N° 30	0.600	342.9	17.15	48.39	51.61	25.0	60.0		
N° 50	0.300	608.0	30.40	78.79	21.21	5.0	30.0		
N° 100	0.150	366.0	18.30	97.09	2.91	0.0	10.0		
Fondo		58.2	2.91	100.00	0.00	0.0	0.0	2000.0	

Curva Granulométrica  
Arena Natural Zarandeada - Cantera "EL MILAGRO"




RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		

Coordinador de Laboratorio  
 Carrera de Ingeniería Civil

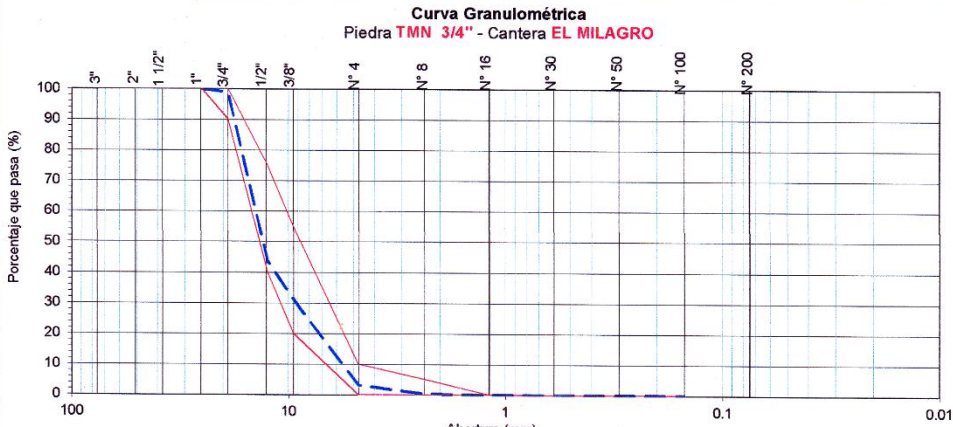



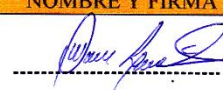

**ANEXO 12: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO:  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.**

 <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO</b> (NTP 400.012 / ASTM C-136)								
DATOS DE LA MUESTRA								
Agregado: AGREGADO GRUESO			Tamaño Máx. Nominal (TMN) : 3/4"					
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"			Tamaño Máx. (TM) : 1"			Peso Inicial Seco : 3000.0 gr.		
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 HUSO 57		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000					100.0	100.0	
2"	50.000					100.0	100.0	
1 1/2"	37.500					100.0	100.0	Características Físicas
1"	25.000				100.0	100.0	100.0	Módulo de Fineza : 7.23
3/4"	19.000	34.0	1.1	1.1	98.9	90.0	100.0	Cont. de Humedad: 0.54 %
1/2"	12.500	1656.0	55.2	56.3	43.7	40.0	75.0	Parametros de Control NTP 400.037 Tabla N° 04 Huso 67
3/8"	9.500	374.0	12.5	68.8	31.2	20.0	55.0	
N° 4	4.750	844.0	28.1	96.9	3.1	0.0	10.0	
N° 8	2.360	80.0	2.7	99.6	0.4	0.0	5.0	
N° 16	1.180	10.0	0.3	99.9	0.1	0.0	0.0	
N° 30	0.600	2.0	0.1	100.0	0.0	0.0	0.0	
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0			3000.00





**Curva Granulométrica**  
Piedra **TMN 3/4"** - Cantera **EL MILAGRO**



RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		



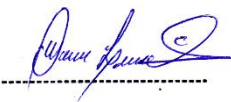

Coordinador de Laboratorio  
Carrera de Ingeniería Civil

**ANEXO 13: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO:  
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.**


 <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185 / ASTM C-566)</b>				
DATOS DE LA MUESTRA				
<b>Agregado:</b> AGREGADO GRUESO		<b>TM:</b> 1"		
<b>Procedencia :</b> CANTERA "EL MILAGRO"		<b>TMN:</b> 3/4"		
<b>Fecha y hora de inicio:</b>		19/08/2019,	09:30 a.m.	
<b>Fecha y hora finalizada:</b>		20/08/2019,	09:30 a.m.	
N°	Muestra húmeda	Masa seca	W (%) Humedad	W promedio
CH-1	3000	2984.00	0.54	0.54
CH-2	3000	2984.00	0.54	
CH-3	3000	2984.00	0.54	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
				
	<small>Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil</small>			



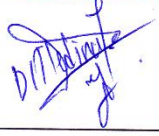
**ANEXO 14: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO:  
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.**

 <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO</b> (NTP 339.185 / ASTM C-566)				
DATOS DE LA MUESTRA				
<b>Agregado:</b> AGREGADO FINO				
<b>Procedencia :</b> CANTERA "EL MILAGRO"				
<b>Fecha y hora de inicio:</b> 19/08/2019, 09:20 a.m.				
<b>Fecha y hora finalizada:</b> 20/08/2019, 09:20 a.m.				
N° Muestra	Muestra húmeda (g)	Masa seca (g)	W (%) Humedad individual	W promedio (%)
CH-1	500	494.70	1.07	0.98
CH-2	500	495.30	0.95	
CH-3	500	495.50	0.91	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
				
<small>Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil</small>				

**ANEXO 15: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO.**


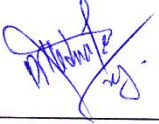


 <b>PESO UNITARIO SECO SUELTO</b> (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>Agregado:</b> AGREGADO GRUESO			<b>TM:</b> 1"		
<b>Procedencia :</b> CANTERA "EL MILAGRO"			<b>TMN:</b> 3/4"		
Nº Muestra	Peso del recipiente + agregado suelto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco suelto - PUSS (kg/m3)	PUSS -Promedio (KG/M3)
PUSS-1	13.960	3.365	0.007059	1500.94	1460
PUSS-2	13.590	3.365	0.007059	1448.52	
PUSS-3	13.460	3.365	0.007059	1430.11	
<b>OBSERVACIONES:</b>					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
					
<small>Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil</small>					

**ANEXO 16: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO FINO.**


 <b>PESO UNITARIO SECO SUELTO</b> (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>Agregado:</b>		AGREGADO FINO			
<b>Procedencia :</b>		CANTERA "EL MILAGRO"			
Nº Muestra	Peso del recipiente + agregado suelto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco suelto - PUSS (kg/m3)	PUSS - Promedio (Kg/m3)
PUSS-1	15.350	3.365	0.007059	1697.85	1690
PUSS-2	15.230	3.365	0.007059	1680.85	
PUSS-3	15.290	3.365	0.007059	1689.35	
<b>OBSERVACIONES:</b>					
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
					
Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil					







**ANEXO 17: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.**

 <b>PESO UNITARIO SECO COMPACTO</b> (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
Agregado: AGREGADO GRUESO			TM: 1"		
Procedencia: CANTERA "EL MILAGRO"			TMN: 3/4"		
N° Muestra	Peso del recipiente + agregado Compacto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco compacto - PUSC (kg/m3)	PUSC - Promedio (Kg/m3)
PUSC-1	14.445	3.365	0.007059	1569.65	1570
PUSC-2	14.455	3.365	0.007059	1571.06	
PUSC-3	14.440	3.365	0.007059	1568.94	
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
		 ----- Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil			

**ANEXO 18: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: PESO  
UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO.**





 <b>PESO UNITARIO SECO COMPACTO</b> (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>Agregado:</b>		AGREGADO FINO			
<b>Procedencia :</b>		CANTERA "EL MILAGRO"			
Nº Muestra	Peso del recipiente + agregado Compacto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco compacto - PUSC (kg/m3)	PUSC - Promedio (Kg/m3)
PUSC-1	16.180	3.365	0.007059	1815.43	1820
PUSC-2	16.225	3.365	0.007059	1821.81	
PUSC-3	16.175	3.365	0.007059	1814.73	
<b>OBSERVACIONES:</b>					
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
	 ----- Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				

**ANEXO 19: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y %ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.**


 <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN</b> (NTP 400.021 / ASTM C-127)							
DATOS DE LA MUESTRA							
Agregado: AGREGADO GRUESO				TM: 1"			
Procedencia: CANTERA "EL MILAGRO"				TMN: 3/4"			
DATOS DEL AGREGADO GRUESO							
Nº Muestra	Peso de la muestra seca en el aire (g) (A)	Peso saturada superficialmente (g) (B)	Peso en el agua de la muestra saturada (g) (C)	Peso Especifico de Masa (PeM) (Kg/m3)	Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca (PeSSS) (Kg/m3)	Peso Especifico Aparente (PeA) (Kg/m3)	ABSORCIÓN (%)
1	1964.00	2000.00	1258.00	2646.90	2695.42	2781.87	1.83
2	1963.00	2000.00	1258.00	2645.55	2695.42	2784.40	1.88
3	1964.00	2000.00	1256.00	2639.78	2688.17	2774.01	1.83
Promedio (kg/m3)				2640	2690	2780	1.85
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR			
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA			
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			
							
Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil							







**ANEXO 20: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO:  
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.**

 <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN</b> (NTP 400.022 / ASTM C-128)				
DATOS DE LA MUESTRA				
<b>Agregado:</b> AGREGADO FINO				
<b>Procedencia :</b> CANTERA "EL MILAGRO"				
DATOS DEL AGREGADO FINO				
	M1	M2	M3	
Peso de fiola (g)	162.4	173.9	168.3	
P. de fiola + agua (g) (B)	660.4	672.1	667.3	
Peso del agua (g)	498.0	498.2	499.0	
Peso de la fiola + muestra + Agua (g) (C)	966.9	979.0	974.6	
P. del arena seca al horno (g) (A)	485.0	484.9	484.8	
Volumen de la fiola (cm3) (S)	500.0	500.0	500.0	
Nº Muestra	Peso Especifico de Masa (PeM) (gr/cm3)	Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca (PeSSS) (gr/cm3)	Peso Especifico Aparente (PeA) (Kg/m3)	ABSORCIÓN (%)
1	2.506	2.584	2.717	3.09
2	2.511	2.589	2.724	3.11
3	2.516	2.595	2.731	3.14
<b>Promedio (gr/cm3)</b>	<b>2.511</b>	<b>2.589</b>	<b>2.724</b>	<b>3.11</b>
<b>Promedio (kg/m3)</b>	<b>2510</b>	<b>2590</b>	<b>2720</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
				
	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil			

**ANEXO 21: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: PESO  
UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**



 <b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b> NTP 339.046 / ASTM C138					
DATOS					
Estado de Concreto: Fresco					
Diseño: Mezcla Patrón					
Nº Muestra	Masa del recipiente + Concreto Fresco (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	Peso unitario concreto- PUC (kg/m <sup>3</sup> )	PUC -Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )
PUC-1	16.905	3.385	0.007069	1912.59	1910
PUC-2	16.895	3.385	0.007069	1911.18	
PUC-3	16.900	3.385	0.007069	1911.88	
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
					
	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				

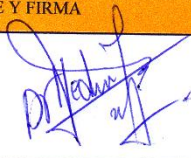


**ANEXO 22: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GUÍA DE  
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.**

 <b>ASENTAMIENTO DEL CONCRETO</b> NTP 339.035 / ASTM C143				
DATOS				
Estado de Concreto: Fresco				
Diseño: Mezcla Patrón				
Nº Muestra	Asentamiento (pulg.)	Asentamiento (pulg.)	Promedio Asentamiento (pulg.)	Asentamiento (pulg.)
AC - 1	1/4	0.250	0.2083	0
AC - 2	1/8	0.125		
AC - 3	1/4	0.250		
OBSERVACIONES:				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
				
Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				




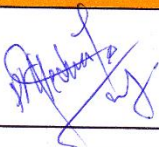


**ANEXO 23: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (1/2).**

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>PROYECTO</b> INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE; 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (kg)	Figura- Probeta de Concreto Permeable 
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
00RC-01	28	20	10.01	78.697	14,765	
00RC-02	28	20	9.89	76.744	13,990	
00RC-03	28	20	9.93	77.444	14,464	
00RC-04	28	20	9.96	77.835	14,179	
00RC-05	28	20	10.10	80.118	15,061	
00RC-06	28	20	10.08	79.801	14,806	
05RC-07	28	20	10.01	78.697	16,310	
05RC-08	28	20	9.90	76.899	16,218	
05RC-09	28	20	10.05	79.327	16,473	
05RC-10	28	20	10.01	78.697	16,040	
05RC-11	28	20	9.88	76.589	15,943	
05RC-12	28	20	9.94	77.600	16,065	
10RC-13	28	20	10.01	78.618	17,039	
10RC-14	28	20	9.97	77.991	16,927	
10RC-15	28	20	10.02	78.776	17,325	

TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO.
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		 Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil



1/2

**ANEXO 24: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (2/2).**



		<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>				
<b>PROYECTO</b>		<b>INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.</b>				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE; 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.</b>						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (kg)	Figura- Probeta de Concreto Permeable
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
10RC-16	28	20	10.04	79.169	17,162	
10RC-17	28	20	10.01	78.618	16,932	
10RC-18	28	20	10.01	78.697	17,054	
15RC-19	28	20	9.98	78.226	14,663	
15RC-20	28	20	9.91	77.132	14,271	
15RC-21	28	20	9.85	76.201	14,286	
15RC-22	28	20	9.96	77.913	14,842	
15RC-23	28	20	9.97	78.069	14,653	
15RC-24	28	20	9.93	77.444	14,775	
20RC-25	28	20	9.97	78.069	12,675	
20RC-26	28	20	10.00	78.540	13,006	
20RC-27	28	20	9.90	76.899	12,550	
20RC-28	28	20	9.96	77.835	12,930	
20RC-29	28	20	9.97	77.991	12,542	
20RC-30	28	20	9.92	77.210	12,634	
<b>TESISTA</b>		<b>ASESOR</b>		<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b>		
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES		MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO.		
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		
				 Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil		



**ANEXO 25: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (1/2).**

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROYECTO	INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.				
	<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE; 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.</b>					
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES			Carga aplicada (kg)	Figura- Viga de Concreto Permeable 
		Longitud de Tramo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)		
00RF-01	28	50.89	15.41	15.58	1,749	
00RF-02	28	45.72	15.18	15.24	1,699	
00RF-03	28	45.42	15.27	15.42	1,869	
00RF-04	28	45.17	15.14	15.53	1,883	
05RF-05	28	50.44	15.4	15.52	1,905	
05RF-06	28	45.17	15.24	15.28	1,948	
05RF-07	28	45.02	15.42	15.44	2,001	
05RF-08	28	45.08	15.3	15.38	2,017	
10RF-09	28	50.62	15.35	15.46	2,506	
10RF-10	28	45.20	15.25	15.33	2,706	
10RF-11	28	45.07	15.44	15.52	2,796	
10RF-12	28	45.15	15.24	15.46	2,904	
15RF-13	28	50.12	15.23	15.36	1,989	
15RF-14	28	45.26	15.15	15.42	2,299	
15RF-15	28	45.20	15.24	15.34	2,371	



TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO.
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		

Coordinador de Laboratorio  
Carrera de Ingeniería Civil




**ANEXO 26: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GUÍA DE  
OBSERVACIÓN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN  
(2/2).**






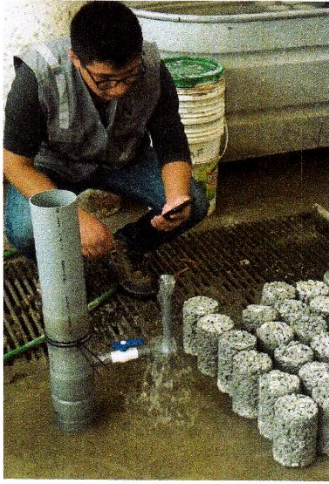
LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>PROYECTO</b> INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE; 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.</b>						
Nº Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES			Tiempo (s)	Figura- Probeta de Concreto Permeable
		Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm)		
00RF-01	28	15.12	10.00	78.54	172.80	
00RF-02	28	15.04	9.98	78.23	180.09	
00RF-03	28	15.05	10.02	78.85	179.33	
00RF-04	28	15.02	10.02	78.85	181.13	
00RF-05	28	14.94	10.01	78.70	172.98	
00RF-06	28	14.96	9.98	78.23	182.03	
05RF-07	28	15.00	10.02	78.85	189.98	
05RF-08	28	15.02	9.96	77.91	190.26	
05RF-09	28	15.05	10.00	78.54	190.01	
05RF-10	28	14.98	9.98	78.23	186.88	
05RF-11	28	15.08	9.95	77.76	198.88	
05RF-12	28	15.00	10.01	78.70	185.55	
10RF-13	28	14.94	10.01	78.70	215.23	
10RF-14	28	15.06	9.98	78.23	214.32	
10RF-15	28	15.00	9.99	78.38	216.86	

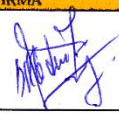

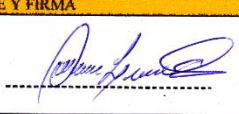
TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO.
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		

Coordinador de Laboratorio  
Carrera de Ingeniería Civil 1/2

**ANEXO 28: VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD (2/2).**

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>PROYECTO</b>  INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE Y SU APLICACIÓN COMO PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2019.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE CON LA INCORPORACIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO EN LOS PORCENTAJES DE; 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%.						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES			Tiempo (s)	Figura- Probeta de Concreto Permeable
		Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm)		
10RF-16	28	15.07	10.00	78.54	209.98	
10RF-17	28	15.00	10.00	78.54	210.07	
10RF-18	28	15.00	10.00	78.54	215.24	
15RF-19	28	15.00	10.00	78.54	220.17	
15RF-20	28	15.04	10.00	78.54	218.23	
15RF-21	28	14.98	9.96	77.91	223.05	
15RF-22	28	15.00	9.98	78.23	219.97	
15RF-23	28	15.00	10.01	78.70	220.45	
15RF-24	28	15.01	10.00	78.54	224.24	
20RF-25	28	15.02	9.98	78.23	235.23	
20RF-26	28	15.00	10.01	78.70	243.01	
20RF-27	28	15.00	9.98	78.23	234.96	
20RF-28	28	15.03	9.98	78.23	232.67	
20RF-29	28	14.97	10.00	78.54	244.01	
20RF-30	28	15.01	10.00	78.54	234.19	

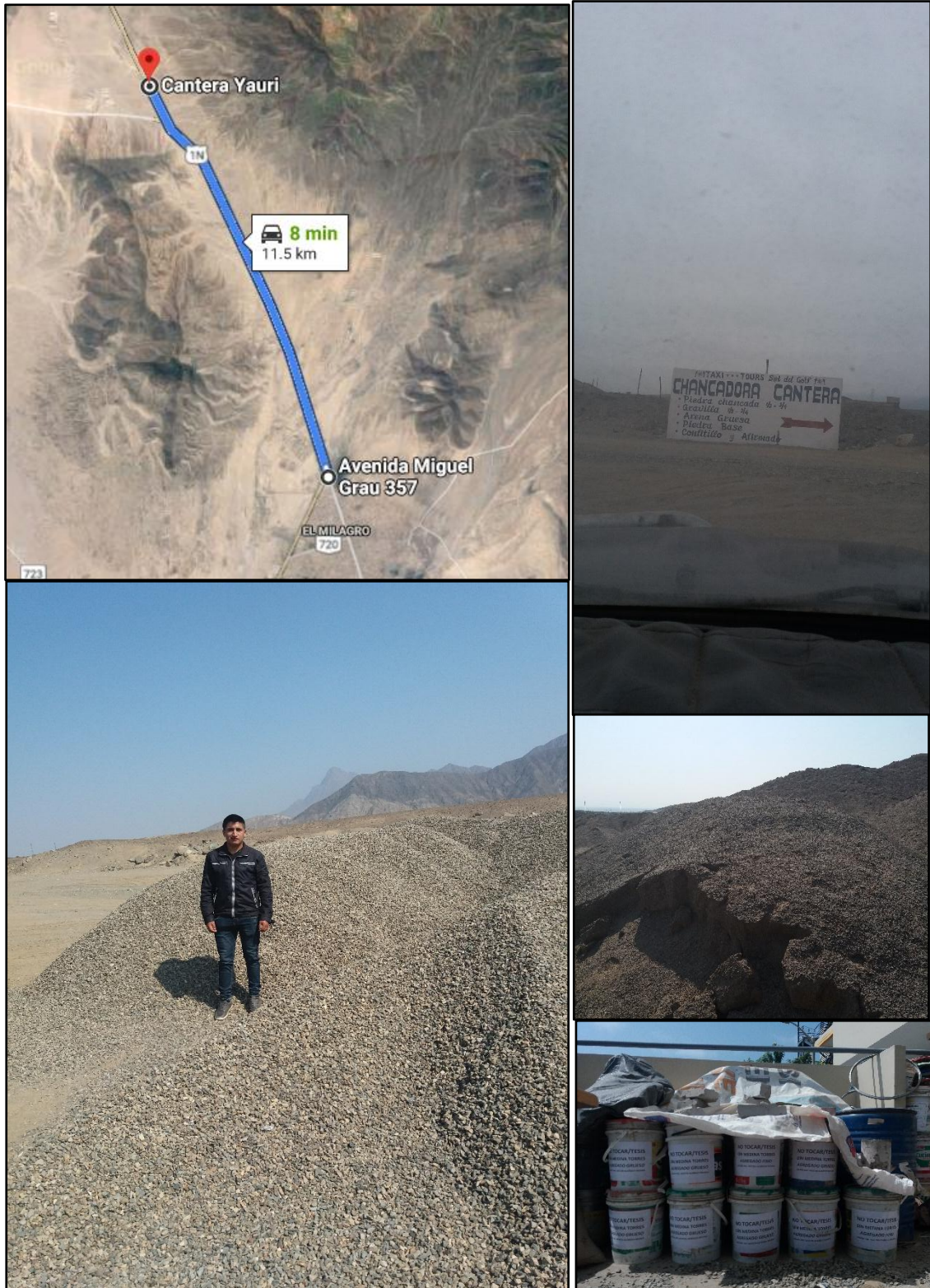
  

TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
BR. DÍN ENAÍ MEDINA TORRES	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO.
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		

Coordinador de Laboratorio  
Carrera de Ingeniería Civil 2/2



## ANEXO 29: PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 15** Visita a la Cantera “Yauri” a 11.5 km de El Milagro, para la obtención de los agregados.

**Fuente:** Cantera Yauri, Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





**Figura 16** Obtención de las tiras de plástico PET

**Fuente:** Elaboración propia.





**Figura 17** Contenido de humedad de los agregados.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





**Figura 18** Análisis Granulométrico de los agregados.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.

Medina Torres, Dín Enaf.



**Figura 19** PUSS y PUSC de los agregados.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.

Medina Torres, Dín Enaf.





**Figura 20** Gravedad Específica y % Absorción del agregado grueso.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.  
Molina Torres, Dni Enal.





**Figura 21** Gravedad Específica y % Absorción del agregado fino.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.







*Figura 22* Elaboración de probetas y vigas.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





**Figura 23** Ensayos al concreto en estado fresco (Slump y PUCF)

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.



**Figura 24** Desmoldado y codificación de las probetas y vigas.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





*Figura 25* Curado de las probetas y vigas.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





*Figura 26* Retiro de probetas y vigas de la posa de curado.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





*Figura 27* Ensayo de Resistencia a la Compresión.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.  
Medina Torres, Din Enai.





**Figura 28** Ensayo de Resistencia a la Flexión.

**Fuente:** Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.





**Figura 29** Ensayo de Permeabilidad

### ANEXO 30: RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Dosificación	Código	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Promedio Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kN)	Fuerza (Kg-f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	P0-1	10,02	10	10,010	78,697	144,80	14.765	187,62	185,40
	P0-2	9,92	9,85	9,885	76,744	137,20	13.990	182,30	
	P0-3	9,92	9,94	9,930	77,444	141,85	14.464	186,77	
	P0-4	9,95	9,96	9,955	77,835	139,05	14.179	182,17	
	P0-5	10,11	10,09	10,100	80,118	147,70	15.061	187,98	
	P0-6	10,06	10,1	10,080	79,801	145,20	14.806	185,54	
0,05%	P1-1	9,98	10,04	10,010	78,697	159,95	16.310	207,25	207,47
	P1-2	9,95	9,84	9,895	76,899	159,05	16.218	210,90	
	P1-3	10,04	10,06	10,050	79,327	161,55	16.473	207,66	
	P1-4	9,92	10,1	10,010	78,697	157,30	16.040	203,82	
	P1-5	9,88	9,87	9,875	76,589	156,35	15.943	208,16	
	P1-6	9,97	9,91	9,940	77,600	157,55	16.065	207,03	
0,10%	P2-1	9,96	10,05	10,005	78,618	167,10	17.039	216,73	217,09
	P2-2	9,95	9,98	9,965	77,991	166,00	16.927	217,04	
	P2-3	10,04	9,99	10,015	78,776	169,90	17.325	219,92	
	P2-4	9,94	10,14	10,040	79,169	168,30	17.162	216,77	
	P2-5	10,03	9,98	10,005	78,618	166,05	16.932	215,37	
	P2-6	10	10,02	10,010	78,697	167,25	17.054	216,71	
0,15%	P3-1	9,97	9,99	9,980	78,226	143,80	14.663	187,45	188,15
	P3-2	9,92	9,9	9,910	77,132	139,95	14.271	185,02	
	P3-3	9,85	9,85	9,850	76,201	140,10	14.286	187,48	
	P3-4	9,92	10	9,960	77,913	145,55	14.842	190,49	
	P3-5	9,96	9,98	9,970	78,069	143,70	14.653	187,69	
	P3-6	10,02	9,84	9,930	77,444	144,90	14.775	190,79	
0,20%	P4-1	9,89	10,05	9,970	78,069	124,30	12.675	162,35	163,62
	P4-2	10,04	9,96	10,000	78,540	127,55	13.006	165,60	
	P5-3	9,91	9,88	9,895	76,899	123,08	12.550	163,21	
	P5-4	9,92	9,99	9,955	77,835	126,80	12.930	166,12	
	P5-5	9,98	9,95	9,965	77,991	123,00	12.542	160,82	
	P5-6	9,88	9,95	9,915	77,210	123,90	12.634	163,63	

**Fuente:** Guías de Observación de los ensayos en Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.

### ANEXO 31: RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Dosificación	Código	Altura prom (cm)	Ancho prom (cm)	Tramo prom L (cm)	P (Kgf)	MR (kg/cm <sup>2</sup> )	MR prom (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN	P0-1	15,58	15,41	50,89	1749	35,692	35,69
	P0-2	15,24	15,18	45,72	1699	33,048	33,05
	P0-3	15,42	15,27	45,42	1869	35,070	35,07
	P0-4	15,53	15,14	45,17	1883	34,940	34,94
0,05%	P1-1	15,52	15,40	50,44	1905	38,856	38,86
	P1-2	15,28	15,24	45,17	1948	37,094	37,09
	P1-3	15,44	15,42	45,02	2001	36,759	36,76
	P1-4	15,38	15,30	45,08	2017	37,686	37,69
0,10%	P2-1	15,46	15,35	50,62	2506	51,864	51,86
	P2-2	15,33	15,25	45,2	2706	51,192	51,19
	P2-3	15,52	15,44	45,07	2796	50,826	50,83
	P2-4	15,46	15,24	45,15	2904	53,994	53,99
0,15%	P3-1	15,36	15,23	50,12	1989	41,615	41,62
	P3-2	15,42	15,15	45,26	2299	43,327	43,33
	P3-3	15,34	15,24	45,2	2371	44,826	44,83
	P3-4	15,44	15,32	45,12	2334	43,252	43,25
0,20%	P4-1	15,43	15,32	50,15	1410	29,080	29,08
	P4-2	15,45	15,12	45,38	1500	28,290	28,29
	P5-3	15,33	15,23	45,45	1559	29,695	29,70
	P5-4	15,45	15,22	45,42	1529	28,673	28,67

**Fuente:** Guías de Observación de los ensayos en Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.

**ANEXO 32: RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

Dosificación	Código	L (cm)	Diam prom (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	Ln (h1/h2)	k (cm/seg)	K prom (cm/seg)
PATRÓN	P0-1	15,12	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	172,80	3,4012	0,307	0,296
	P0-2	15,04	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	180,09	3,4012	0,294	
	P0-3	15,05	10,02	78,85	81,07	30,00	1,00	179,33	3,4012	0,293	
	P0-4	15,02	10,02	78,85	81,07	30,00	1,00	181,13	3,4012	0,290	
	P0-5	14,94	10,01	78,70	81,07	30,00	1,00	172,98	3,4012	0,303	
	P0-6	14,96	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	182,03	3,4012	0,290	
0,05%	P1-1	15,00	10,02	78,85	81,07	30,00	1,00	189,98	3,4012	0,276	0,278
	P1-2	15,02	9,96	77,91	81,07	30,00	1,00	190,26	3,4012	0,279	
	P1-3	15,05	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	190,01	3,4012	0,278	
	P1-4	14,98	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	186,88	3,4012	0,283	
	P1-5	15,08	9,95	77,76	81,07	30,00	1,00	198,88	3,4012	0,269	
	P1-6	15,00	10,01	78,70	81,07	30,00	1,00	185,55	3,4012	0,283	
0,10%	P2-1	14,94	10,01	78,70	81,07	30,00	1,00	215,23	3,4012	0,243	0,247
	P2-2	15,06	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	214,32	3,4012	0,248	
	P2-3	15,00	9,99	78,38	81,07	30,00	1,00	216,86	3,4012	0,243	
	P2-4	15,07	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	209,98	3,4012	0,252	
	P2-5	15,00	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	210,07	3,4012	0,251	
	P2-6	15,00	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	215,24	3,4012	0,245	
0,15%	P3-1	15,00	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	220,17	3,4012	0,239	0,240
	P3-2	15,04	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	218,23	3,4012	0,242	
	P3-3	14,98	9,96	77,91	81,07	30,00	1,00	223,05	3,4012	0,238	
	P3-4	15,00	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	219,97	3,4012	0,240	
	P3-5	15,00	10,01	78,70	81,07	30,00	1,00	220,45	3,4012	0,238	
	P3-6	15,01	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	224,24	3,4012	0,235	
0,20%	P4-1	15,02	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	235,23	3,4012	0,225	0,222
	P4-2	15,00	10,01	78,70	81,07	30,00	1,00	243,01	3,4012	0,216	
	P5-3	15,00	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	234,96	3,4012	0,225	
	P5-4	15,03	9,98	78,23	81,07	30,00	1,00	232,67	3,4012	0,228	
	P5-5	14,97	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	244,01	3,4012	0,215	
	P5-6	15,01	10,00	78,54	81,07	30,00	1,00	234,19	3,4012	0,225	

**Fuente:** Guías de Observación de los ensayos en Laboratorio de Concreto y Estructuras UPN Trujillo.



### ANEXO 30: DATOS INGRESADOS AL SOFTWARE SPSS PARA ANÁLISIS ESTADÍSTICO

DATOS.sav

...	PORCENTAJE	COMPRESIÓN	PERMEABILIDAD	FLEXIÓN
1	,00	187,62	,307	35,69
2	,00	182,30	,294	33,05
3	,00	186,77	,293	35,07
4	,00	182,17	,290	34,94
5	,00	187,98	,303	.
6	,00	185,54	,290	.
7	,05	207,25	,276	38,86
8	,05	210,90	,279	37,09
9	,05	207,66	,278	36,76
10	,05	203,82	,283	37,69
11	,05	208,16	,269	.
12	,05	207,03	,283	.
13	,10	216,73	,243	51,86
14	,10	217,04	,248	51,19
15	,10	219,92	,243	50,83
16	,10	216,77	,252	53,99
17	,10	215,37	,251	.
18	,10	216,71	,245	.
19	,15	187,45	,239	41,62
20	,15	185,02	,242	43,33
21	,15	187,48	,238	44,83
22	,15	190,49	,240	43,25
23	,15	187,69	,238	.
24	,15	190,79	,235	.
25	,20	162,35	,225	29,08
26	,20	165,60	,216	28,29
27	,20	163,21	,225	29,70
28	,20	166,12	,228	28,67
29	,20	160,82	,215	.
30	,20	163,63	,225	.

Fuente: SPSS

Fuente: SPSS

---

## ANEXO 31: ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS NTP 400.012 / ASTM C136

### Material

- ✓ Muestra seca del agregado grueso (9.00 Kg).
- ✓ Muestra seca del agregado fino (6.00 Kg)

### Equipos

- ✓ Juego de tamices (1" - #100).
- ✓ Balanza electrónica de precisión.

### Procedimiento

- ✓ Se tomó 3 muestras de 3000 gramos de agregado grueso y 3 muestras de 2000 gramos de agregado fino.
- ✓ Luego se pesa cada tamiz para obtener el peso de cada uno, para el agregado fino los tamices a utilizar son: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo, para el agregado grueso, los tamices son; 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo, después se procede a colocar los tamices en orden decreciente según la abertura.
- ✓ Se vierte la muestra en el tamiz de la malla superior, y se tapa; posteriormente se hace un vibrado manual a los tamices, durante 5 minutos.
- ✓ Al finalizar el tiempo se pesa cada tamiz con la muestra retenida en la balanza, para obtener el peso retenido en cada tamiz.
- ✓ El módulo de finura para el agregado fino se calcula con la siguiente formula:

*Ecuación 4: Módulo de Finura.*

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

---

## ANEXO 32: CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185 | ASTM C566

### Material

- ✓ Muestras de 9.00 kg de agregado grueso y 1.50 Kg de agregado fino.

### Equipos

- ✓ Horno de secado  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Balanza de precisión 0.1gramos.
- ✓ Taras.

### Procedimiento

Se toman el peso de seis taras (recipiente metálico) para luego colocar la muestra para cada tipo de agregado (agregado grueso 3 muestras de 3000 gramos y 3 muestras de 500 gramos de agregado fino) en su estado natural en una balanza (A).

- ✓ Se coloca en la estufa a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas y luego se pesa (B).
- ✓ Se determina el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

*Ecuación 5: Porcentaje de humedad.*

$$W\% = \left[ \frac{A - B}{B} \right] \times 100$$

---

## **ANEXO 33: PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**

### **NTP 400.017 | ASTM C29**

#### **Materiales**

- ✓ 75 Kg de agregado grueso y fino (se dividen en 3 muestras de 25 Kg por cada tipo de agregado).

#### **Equipos**

- ✓ Molde
- ✓ Balanza
- ✓ Varilla de chuseado.

#### **Procedimientos**

- ✓ Se pesa el molde vacío.
- ✓ Luego, se vierte el agua en el molde hasta llenarlo, se toma el peso, lo cual se utilizar para calcular el volumen del molde de una manera exacta.
- ✓ Seguido se vierte la muestra en el molde, (se vierte cuidadosamente de manera helicoidal, con una caída uniforme del agregado), hasta llenarlo (en el caso del peso unitario compactado se hizo en 3 capas iguales de material en el recipiente y cada capa se compactó uniformemente en todo el recipiente con una varilla 25 veces de forma helicoidal).
- ✓ Se enraza la superficie. Después se pesa el molde con la muestra y se procede a realizar los cálculos, según las ecuaciones, para determinar el PUSS y PUSC de los agregados.
- ✓ Los resultados se calculan con las siguientes formulas:

---

*Ecuación 6: Volumen del recipiente*

$$\text{Volumen del recipiente} = \frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua a } 23^{\circ}\text{C} \left(997.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

*Ecuación 7: Peso unitario suelto.*

$$PUSS = \frac{Gs - T}{V}$$

Dónde:

Gs: Peso unitario del agregado suelto + peso del recipiente. (kg)

T: Peso del recipiente. (kg)

V: Volumen del recipiente. (m<sup>3</sup>)

PUSS: Peso unitario suelto. (kg/m<sup>3</sup>)

*Ecuación 8: Peso unitario suelto compactado.*

$$PUCS = \frac{Gc - T}{V}$$

Dónde:

Gc: Peso unitario del agregado compactado + peso del recipiente. (kg)

T: Peso del recipiente. (kg)

V: Volumen del recipiente. (m<sup>3</sup>)

PUCS: Peso unitario compactado. (kg/m<sup>3</sup>)



---

## **ANEXO 34: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NTP 400.022**

### **Materiales**

- ✓ 2 kg de muestra saturada.
- ✓ Agua

### **Equipos**

- ✓ Balanza
- ✓ Horno de secado.
- ✓ Fiola
- ✓ Molde cónico.
- ✓ Pisón
- ✓ Cocina eléctrica.

### **Procedimiento**

- ✓ Se pesa aproximadamente 2 kg de muestra de agregado fino y se coloca en un balde saturado con agua por un tiempo de al menos de 24 horas, posteriormente con la ayuda de una cocina eléctrica se va secando la muestra hasta llegar a un estado SSS, saturado superficialmente seco, lo cual se verifica con el método del cono invertido, como se explica a continuación;
- ✓ Se utiliza un cono de diámetro superior de 40 mm y diámetro inferior de 90 mm y, se procede a llenar la muestra en tres capas iguales compactando 25 veces en total (los golpes se dividieron entre las tres capas) cada capa con el pisón de 340 gramos de peso y 25mm de diámetro. Para llegar al estado SSS de la muestra, esta debe derrumbarse 1/3, caso contrario se realiza nuevamente el procedimiento.

- 
- ✓ Verificada la condición saturada superficialmente seca del agregado fino, se procede con el ensayo tomando el peso de la fiola con agua hasta 500 ml (B).
  - ✓ Luego se elimina el agua y se coloca la muestra en la fiola y nuevamente se procede a llenar con agua hasta 500 ml y se elimina las burbujas de aire, rodando la fiola sobre una superficie plana por al menos un minuto o el tiempo necesario para eliminar el aire atrapado.
  - ✓ Se toma el peso de la fiola con el agua y la muestra (C),
  - ✓ Se deja reposar la muestra dentro de la fiola; se bota el agua, y la muestra se pone en una tara y se coloca en el horno de secado a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  aproximadamente 24 horas.
  - ✓ Por último, se toma el peso de la muestra (A), con las siguientes fórmulas se determina el peso específico y absorción del agregado fino.
  - ✓ El ensayo se realiza 3 veces y se trabaja con el promedio aritmético de los datos.

*Ecuación 9: Peso específico de masa.*

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

*Ecuación 10: Peso específico de masa SSS*

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

*Ecuación 11: Peso específico aparente.*

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

*Ecuación 12: Porcentaje de absorción*

$$A (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 (\%)$$

Donde:

*A: Peso en el aire de la muestra seca. (gr)*

*B: Peso en el aire de la muestra saturada. (gr)*

*C: Peso en el agua de la muestra. (gr)*

---

## ANEXO 35: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.021 | ASTM C127

### **Materiales**

- ✓ 7 kg de muestra saturada (retenida en la malla N°4).
- ✓ Agua

### **Equipos**

- ✓ Balanza
- ✓ Balanza con canastilla sumergida.
- ✓ Horno de secado.
- ✓ Bandeja
- ✓ Paños secos

### **Procedimiento**

- ✓ Se pone 7 Kg de agregado grueso a saturar en agua durante por lo menos 24 horas.
- ✓ Se procede a sacar la muestra cuidadosamente y colocarla en una bandeja, donde se le quita el brillo superficial de agua, con la ayuda de paños secos, dando suaves golpes, teniéndose el estado saturado superficialmente seco (SSS) (B).
- ✓ Luego, se pesan 3 muestras de 2000 gramos (en estado SSS) y luego se pesa en la canastilla sumergida (C).
- ✓ Finalmente se coloca en el horno de secado por 24 horas a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se retira y se obtiene el peso seco (A). Finalmente se realiza el cálculo según las fórmulas de las ecuaciones 6, 7, 8 y 9 mostradas anteriormente. Se trabaja con el promedio aritmético de los datos.