



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento  
Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez  
Cerro – Piura 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

Autor:

AGUILAR ARIZOLA, VÍCTOR ALEXANER

Asesor:

MG. ING. LUIS VARGAS CHACALTANA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**2018**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO DE LIMA

DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 273-2018-2 UCV-LIMA NORTE/ING

El Presidente y los miembros del Jurado Evaluador de Tesis designado con RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 1555/EP/ING.CIVIL.UCV LIMA N de la Escuela de Ing. Civil, dictaminan:

PRIMERO.

Aprobar por sobresaliente (Pasará a publicación)	: 18 - 20 puntos	( )
Aprobar por unanimidad	: 14 - 17 puntos	(+)
Aprobar por mayoría	: 11 - 13 puntos	( )
Desaprobar	: 0 - 10 puntos	( )

La Tesis denominada " OPTIMIZACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL MEJORAMIENTO SOSTENIBLE DEL PAVIMENTO DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AVENIDA SÁNCHEZ CERRO - PIURA 2018 " presentado por el (la) estudiante AGUILAR ARIZOLA, VICTOR ALEXANDER

SEGUNDO. Que la calificación obtenida en la sustentación de la Tesis por el (la) estudiante es como corresponde:

Apellidos y Nombres	Calificación en números	Calificación en letras
AGUILAR ARIZOLA, VICTOR ALEXANDER	14	catorce

Los Olivos, 18 de diciembre del 2018

Presidente(a): MAG. SUSY GIOVANA RAMOS GALLEGOS  
Nombre Completo

Secretario(a): MAG. LUCAS LUDEÑA GUTIERREZ  
Nombre Completo

Vocal: MAG. LUIS VARGAS CHACALTANA  
Nombre Completo

Firma

Firma

Firma



### **Dedicatoria**

Con mucho ahínco para mi abuela María Tempora, mi madre y mi querido tío Marcos, que siempre vieron por mi educación y me forjaron en el camino de la vida con mucha atención y preocupación, para ellos con mucho amor.

### **Agradecimiento**

A mi tío Marcos, que gracias a su experiencia en esta carrera y su dedicación por apoyarme en todo es que hoy estoy donde estoy.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Víctor Alexander Aguilar Arizola, identificado con DNI N° 46736597, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, 14 de diciembre del 2018



Víctor Alexander Aguilar Arizola

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Víctor Alexander Aguilar Arizola

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Página del jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Declaración de autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Resumen.....	xiii
Abstract .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.2. Trabajos previos .....	16
1.2.1 Antecedentes internacionales .....	16
1.2.2 Antecedentes nacionales .....	19
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	24
1.3.1 Concreto Permeable.....	24
1.3.1.1 Resistencia a la compresión que tiene el concreto permeable .....	25
1.3.1.2 Pavimentos porosos.....	27
1.3.1.3 Ventajas .....	28
1.3.1.4 Desventajas .....	30
1.3.1.5 Propiedades en estado fresco .....	30
1.3.1.6 Propiedades en estado endurecido.....	31
1.3.1.7 Propiedades mecánicas .....	31
1.3.1.8 Beneficios .....	31
1.3.2 Drenaje pluvial .....	33
1.3.2.1 Tipos de Drenaje .....	33
1.3.2.2 Drenaje del pavimento.....	34
1.3.3 Polipropileno .....	35
1.3.3.1 Definición .....	35
1.3.3.2 Propiedades .....	35
1.3.3.3 Aplicaciones .....	36
1.3.3.4 Uso de concreto con fibra .....	37
1.3.3.5 Ventajas y Desventajas en la adición al concreto.....	38
1.3.3.6 Tipos .....	38
1.3.3.7 Modelos .....	39

1.3.3.7.1 Macrofibras Enduro / Fibra Enduro 600 .....	39
1.3.3.7.1.1 Usos principales .....	40
1.3.3.7.1.2 Características cuantitativas y/o cualitativas .....	40
1.3.3.7.1.3 Normas y estándares de Calidad que satisface .....	40
1.3.3.7.1.4 Ventajas con respecto a similares o sustitutos .....	41
1.3.3.7.2 Microfibra Fibermesh / Fibra Fibermesh 150 <sup>TM</sup> .....	41
1.3.3.7.2.1 Usos principales .....	42
1.3.3.7.2.2 Características cuantitativas y/o cualitativas .....	42
1.3.3.7.2.3 Ventajas con respecto a similares o sustitutos .....	42
1.3.3.7.3 Fibra Fibermesh 300 <sup>TM</sup> (Fibra polipropileno) .....	42
1.3.3.7.3.1 Usos principales .....	43
1.3.3.7.3.2 Características cuantitativas y/o cualitativas .....	43
1.3.3.7.3.3 Ventajas con respecto a similares o sustitutos .....	43
1.4 Formulación del problema .....	44
1.4.1 Problema general .....	44
1.4.2 Problemas específicos .....	44
1.5. Justificación de la investigación. ....	44
1.5.1 Justificación teórica .....	44
1.5.2 Justificación práctica .....	45
1.5.3 Justificación metodológica .....	45
1.5.4 Justificación social .....	45
1.6. Hipótesis de la investigación .....	46
1.6.1 Hipótesis general .....	46
1.6.2 Hipótesis específicas .....	46
1.7. Objetivos de la investigación .....	46
1.7.1 Objetivo general .....	46
1.7.2 Objetivos específicas .....	46
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>48</b>
2.1. Diseño de la investigación .....	48
2.2. Tipo de la investigación .....	48
2.3. Nivel de la investigación .....	49
2.4. Variables y operacionalización de las variables .....	49
2.4.1 Variables .....	49
2.4.2 Operacionalización .....	50
2.5. Población, muestra y muestreo .....	53
2.5.1 Población .....	53

2.5.2 Muestra .....	53
2.5.3 Muestreo .....	53
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	54
2.6.1 Técnicas e instrumentos .....	54
2.7 Validez y confiabilidad .....	55
2.7.1 Validez .....	55
2.7.2 Confiabilidad .....	56
2.8. Métodos de análisis de datos .....	56
2.9. Ensayos realizados .....	57
2.9.1 Ensayo para determinar la granulometría del agregado .....	57
2.9.1.1 Ubicación del área de investigación .....	57
2.9.1.2 Objetivo .....	57
2.9.1.3 Normas que se aplican: ASTM D422 .....	57
2.9.1.4 Instrumentos y equipos .....	58
2.9.1.5 Procedimiento .....	58
2.9.2 Límites de Atterberg .....	60
2.9.2.1 Objetivo .....	61
2.9.2.2 Materiales .....	61
2.9.2.3 Procedimiento .....	62
2.9.2.4 Límite de consistencia .....	63
2.9.2.4.1 Objetivo .....	63
2.9.2.5 Normas que se aplican ASTM D-4318 .....	63
2.9.2.6 Procedimiento .....	63
2.9.2.7 Límite líquido .....	64
2.9.2.8 Límite plástico .....	64
2.9.2.9 Objetivo .....	65
2.9.3 Diseño de mezcla .....	66
2.9.3.1 Materiales y diseño .....	66
2.9.3.2 Proceso y diseño .....	67
2.9.3.2.1 Elección de la intensidad de lluvia de diseño .....	67
2.9.3.2.2 Elección del porcentaje de vacíos .....	68
2.9.3.2.3 Elección del valor de resistencia a la compresión .....	68
2.9.3.2.4 Relación agua/cemento (a/c) .....	69
2.9.3.2.5 Trabajabilidad requerida .....	69
2.9.4 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión .....	69
2.9.5 Ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable .....	72

2.9.5.1 Instrumentos y procedimiento .....	73
2.9.6 Ensayo para determinar el contenido de vacíos del concreto permeable .....	74
2.10 Aspectos éticos .....	74
<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>75</b>
3.1. Ubicación del área de investigación.....	75
3.2. Topografía.....	75
3.3. Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM-D422.....	76
3.4. Peso unitario.....	79
3.5. Ensayos de concreto en estado endurecido .....	86
3.5.1 Porcentaje de vacíos en estado endurecido del concreto permeable.....	86
3.6. Coeficiente de permeabilidad del concreto permeable .....	91
3.6.1 Coeficiente de permeabilidad con Huso 57 .....	91
3.6.2 Coeficiente de permeabilidad con Huso 8 .....	92
3.7. Resistencia a la compresión en curva normal (CN-Huso No. 57) .....	93
3.7.1 Resistencia a la compresión en curva normal con 0.00% de tiras .....	94
3.7.2 Resistencia a la compresión en curva normal con 0.04% de tiras .....	94
3.7.3 Resistencia a la compresión en curva normal con 0.08% de tiras .....	95
3.7.4 Resistencia a la compresión en curva normal con 0.12% de tiras .....	96
3.7.5 Comparación de evolución de la resistencia a la compresión .....	97
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	<b>100</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>102</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>103</b>
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	<b>104</b>
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	<b>107</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Propiedades típicas del concreto permeable .....	32
Tabla N° 2. Propiedades existentes en la fibra plástica (polipropileno).....	37
Tabla N° 3. Aplicaciones de las fibras de polipropileno .....	39
Tabla N° 4. Operacionalización de la variable 1 .....	51
Tabla N° 5. Operacionalización de la variable 2 .....	52
Tabla N° 6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
Tabla N° 7. Rango y Magnitud de la Validez.....	55
Tabla N° 8. Coeficiente de validez por juicio de expertos .....	55
Tabla N° 9. Rango y magnitud de confiabilidad.....	56

Tabla No. 10. Especificaciones de la Av. Sánchez Cerro .....	66
Tabla No. 11. Precipitación máxima en 24 horas .....	67
Tabla No. 12. Número de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión .....	69
Tabla No. 13 Resultados de ensayos de compresión multiaxial probetas de 1 a la 18 .....	70
Tabla No. 14 Resultados de ensayos de compresión multiaxial probetas de 19 a la 36.....	70
Tabla No. 15 Resultados de ensayos de compresión multiaxial probetas de 37 a la 45.....	70
Tabla No. 16. Número de muestras para el ensayo de permeabilidad .....	72
Tabla No. 17. Número de muestras para el ensayo de porcentaje de vacíos .....	74
Tabla No. 18. Muestra: afirmado, Profundidad: Base.....	76
Tabla No. 11. Muestra: afirmado, Profundidad: Sub Base.....	77
Tabla No. 12. Muestra: afirmado, Profundidad: Sub Rasante .....	78
Tabla No. 13. Resumen del afirmado según profundidad .....	79
Tabla No. 14 Peso unitario del concreto permeable con 0.00% de tiras en su estado fresco .....	79
Tabla No. 15 Peso unitario del concreto permeable con 0.04% de tiras en su estado fresco .....	80
Tabla No. 16 Peso unitario del concreto permeable con 0.08% de tiras en su estado fresco .....	80
Tabla No. 17 Peso unitario del concreto permeable con 0.12% de tiras en su estado fresco .....	80
Tabla No. 18 Peso unitario del concreto permeable en su estado fresco (curva natural) .....	81
Tabla No. 19 Resumen de los pesos unitarios del concreto permeable en su estado fresco.....	82
Tabla No. 20 Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0% de tiras .....	83
Tabla No. 21 Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0.04% de tiras.....	83
Tabla No. 22 Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0.08% de tiras.....	84
Tabla No. 23 Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0.12% de tiras.....	84
Tabla No. 24 Contenido de vacíos del concreto permeable curva natural (Huso 57).....	85
Tabla No. 25 Resumen de los contenidos de vacíos del concreto permeable en su estado fresco....	85
Tabla No. 26 Espacios vacíos por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.00% de tiras.....	86
Tabla No. 27 Espacios vacíos por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.04% de tiras .....	87
Tabla No. 28 Espacios vacíos por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.08% de tiras .....	87
Tabla No. 29 Espacios vacíos por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.12% de tiras.....	88
Tabla No. 30 Espacios vacíos generados por desplazamiento del volumen, curva natural.....	88
Tabla No. 31 Resumen general porcentaje de vacíos.....	89
Tabla No. 32 Resume ensayo contenido de vacíos del concreto permeable (fresco/endurecido) ....	90
Tabla No. 33 Valor que difiere entre los vacíos en estado fresco y endurecido .....	90
Tabla No. 34 Coeficiente de permeabilidad, curva natural .....	91
Tabla No. 35 Coeficiente de permeabilidad promedio .....	92
Tabla No. 36 Matriz de consistencia.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Resistencia a compresión versus contenido de vacíos .....	33
Figura N° 2. Drenaje del pavimento .....	34
Figura No. 3. Adaptación de curva de contenido de vacíos vs filtración .....	68
Figura No. 4. Adaptación de curva de contenido de vacíos vs resistencia a la compresión.....	68
Figura N° 5. Ubicación del área de investigación.....	75
Figura N° 6. Curva granulométrica: Base .....	76
Figura N° 7. Curva granulométrica: Sub Base .....	77
Figura N° 8. Curva granulométrica: Sub Rasante.....	78
Figura No. 9. Evolución de resistencia a la compresión comparada curva natural y 0.00% de tiras	93
Figura No. 10. Evolución de resistencia a la compresión comparada entre 0.00% y 0.04% de tiras incorporadas .....	94
Figura No. 11. Evolución de resistencia a la compresión comparada entre 0.00% y 0.08% de tiras incorporadas .....	95
Figura No. 12. Evolución de resistencia a la compresión comparada entre 0.00% y 0.12% de tiras incorporadas .....	96
Figura No. 13 Evolución de la resistencia del concreto permeable por días de curado .....	97
Figura No. 14 Evolución de la resistencia a la compresión en el concreto permeable .....	98
Figura No. 15 Aumento de $f^c$ en función de la cantidad de tira de polipropileno adicionadas .....	99

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1. Fibra Enduro 600.....	40
Imagen N° 2. Fibra Fibermesh 150 <sup>TM</sup> .....	42
Imagen N° 3. Fibra Fibermesh 300 <sup>TM</sup> .....	43
Imagen N° 4. Ubicación satelital del área de investigación .....	57
Imagen N° 5. Juego de tamices utilizados para el análisis granulométrico.....	58
Imagen N° 6. Secado de material en horno .....	59
Imagen N° 7. Pesado de muestra de suelo para determinar el contenido de humedad .....	60
Imagen N° 8. Determinación del contenido de la humedad .....	61
Imagen N° 9. Determinación del ensayo de Límite líquido .....	63
Imagen N° 10. Determinación del ensayo de Límite plástico .....	65
Imagen No. 11. Probetas con tiras al 0.08%.....	71
Imagen No. 12. Proceso de rotura de probeta antes de ser ensayada .....	72

## RESUMEN

En todo momento para diseñar pavimentos la gran problemática es como realizar la evacuación del agua en los mismos, más aún en tiempos de lluvias, por lo que se realizó la propuesta del concreto permeable, con la desventaja estructural de vacíos para afectar su resistencia no teniendo impacto su uso en áreas de estacionamientos, aceras y espacios poco transitados. En esta investigación evaluaremos la importancia de la adición de fibras de polipropileno para mejora de las propiedades del concreto permeable para que pueda utilizarse en la avenida Sánchez Cerro en Piura. Sin embargo, no siendo muy empleado en nuestro país, pero debido a su beneficioso uso, en la presente investigación se procederá con tener en cuenta las características de hasta el momento el diseño utilizado para así centrarse en examinar los atributos de resistencia a la compresión, contenido de vacíos así como no menos importante el coeficiente de permeabilidad. Se efectuaron ensayos en laboratorio con determinados Husos Granulométricos, como el N°57 y el N°8; para poder conseguir su distribución granulométrica ideal para este tipo de concreto. A fin de realizar mejoras en sus cualidades se consideró hacer la adición de tiras de polipropileno en dosis de 0.04%, 0.8% y 0.12%, para poder llegar a la dosis óptima que logre mejorar sus propiedades mecánicas sin afectación al coeficiente de permeabilidad. Por último, se alcanzó concluir que adicionar polipropileno (3 mm x 30 mm) en 0.05% con relación al peso de sus materiales, mejorará las cualidades que tiene este concreto permeable preparado para el pavimento de la avenida Sánchez Cerro, considerando la resistencia a la compresión.

**Palabras clave:** Permeable, polipropileno, husos granulométricos, compresión, resistencia.

## **ABSTRACT**

At all times to design pavements the great problem is how to perform the water evacuation in them, especially in rainy times, so the pervious concrete proposal was made, with the structural disadvantage of voids to affect its resistance not having impact its use in parking areas, sidewalks and little traffic spaces. In this research we will evaluate the importance of the addition of polypropylene fibers to improve the properties of pervious concrete so that it can be used on Sanchez Hill Avenue in Piura. However, not being widely used in our country, but due to its beneficial use, in the present investigation we will proceed to take into account the characteristics of the design used so far to focus on examining the properties of compressive strength, empty content as well as not least the permeability coefficient. Laboratory tests were carried out with certain granulometric spindles, such as No. 57 and No. 8; in order to achieve its ideal granulometric distribution for this type of concrete. In order to make improvements in their properties it was considered to make the addition of polypropylene strips in doses of 0.04%, 0.8% and 0.12%, in order to reach the optimum dose that achieves to improve its mechanical properties without affecting the coefficient of permeability. Finally, it was concluded that adding polypropylene (3 mm x 30 mm) in 0.05% in relation to the weight of its materials, will improve the properties of this pervious concrete prepared for the pavement of Sanchez Cerro Avenue, considering the resistance to compression.

**Keywords:** Permeable, polypropylene, granulometric spindles, compression, resistance.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Realidad Problemática**

Nuestra nación con notable crecimiento en la economía, comprende además en el sector transportes y comunicaciones, preocuparse por las superficies que abarcan nuestro territorio, pero considerando la problemática de qué hacer ante las lluvias que discurren en vez de ser absorbidas por el suelo, que conlleva beneficio económico y social, afectando además el ecosistema de la naturaleza por el cambio climático, lo que se opta por realizar obras de drenaje, que implica un mayor costo.

Ante esta situación, el pavimento más empleado en nuestro territorio, esto es rígido o flexible, por su característica impermeable genera pérdida de la tracción consecuentemente perder del control de los autos por la superficie mojada.

Por lo que es acertado citar el manual de carreteras por el Ministerio de Transportes (2014, p.78) “[...] La figura de agua en la superficie del pavimento [impermeable] [...] ocasiona cambios en sus cualidades técnicas [...], ya que el agua pluvial, que corre por las superficies del pavimento acumula todos los derrames de aceite y grasa de los diversos tipos de vehículos que circulan a diario, así como también fertilizantes químicos”.

El Perú, cada año en verano sufre de amenazas de lluvias como el Fenómeno de El Niño, que golpea fuertemente las zonas afectadas, inundaciones que para poder evacuar ocasiona escurrimientos superficiales, en consecuencia afecta negativamente tanto el tránsito de vehículos, como de peatones y en general el desarrollo urbano.

Desde la perspectiva regional, Piura corresponde a zona cálida, que ha sufrido frecuentes precipitaciones. Siendo así que se ha calificado al Fenómeno El Niño como el que ocasiona inundaciones mayores en Piura. Como sucedió en 1998 que se llevó puentes completos como el Puente Viejo dejando incomunicado Piura y Castilla.

Localmente, Piura está considerada como zona de tipo 4 con suelos intermedios ya que contiene áridos finos y limos (RNE), por lo que se puede apreciar en Piura zonas cuyos

suelos se saturan prontamente colapsando su sistema saneamiento básico, como el caso de la Av. Sánchez Cerro.

Esta problemática, afecta además los terrenos, frente a las condiciones presentadas por el escurrimiento del agua pluvial, definitivamente se espera la mejora, es así que el propósito de la presente investigación es la implementación de procedimiento para drenaje pero sostenibles, tal es el caso del usar concreto permeable en el pavimento de la avenida Sánchez Cerro, teniéndose como una recomendable opción para el control del agua pluvial, que se infiltraría por medio del concreto permeable a usarse como pavimento, lo que generaría que cuando se presente la lluvia, esta agua discurrirá mediante este pavimento para entrar a la tierra y así sea fácil su penetración en el suelo.

## 1.2 Trabajos Previos

### 1.2.1 Antecedentes Internacionales

Hernández y León, (2017), en la tesis titulada “*Estudio de concreto adicionado con fibras de polipropileno o sintéticas al 2%*”, para optar el título de ingeniero civil, presentada en la Universidad Católica de Colombia. Su **objetivo general** fue, valorar la resistencia a la compresión de un concreto convencional vs un concreto con adición de fibra de polipropileno al 2%. Llegando a las siguientes conclusiones: Se distingue que el boceto perfilado con los agregados de la cantera del Cayto y Agregados Nacionales tuvo un mejor fraguado y se comportó de manera conveniente superando la resistencia esperada de 5000 psi, a pesar de lo expuesto principalmente se retira este boceto debido a que no es adecuado para emplear en una distribución por el segregamiento que presento y la manejabilidad no es la apropiada para el proceso estructural. El diseño adicionado con fibras al 2% sobre la mezcla patrón presento hormigqueo debido a que no se logró hacer la compactación de los cilindros con una mesa vibratoria y la cantidad de fibra en el diseño es excesiva en ese porcentaje, debido a que no le provee trabajabilidad y el concreto tiende a rechazar la fibra ya que esta se dispersa y no se compacta uniformemente con la pasta y los materiales. El diseño patrón es apto para ser utilizado en una estructura de concreto y puede ser una referencia a la hora de hacer comparaciones con adiciones de otros elementos como son cenizas, fibras metálicas y orgánicas. Se observó que las fibras en esta proporción

ayudan a evitar el desprendimiento del concreto y de esta manera en algún evento telúrico el concreto pueda sufrir una falla súbita y evitar que en las construcciones el desprendimiento del concreto no sea una causa de pérdida de vidas. Las fibras evitan que el concreto presente contracción plástica, pero en este porcentaje de material sintético no proporciona esta propiedad debido a que se produce una masa de fibras en puntos específicos por la cantidad de estas, en los ensayos realizados se produjeron zonas donde el concreto no será tomado por la acción de las fibras y es allí donde se presentarían fisuras y desprendimientos. Las fibras disminuyen la manejabilidad del concreto lo cual conlleva al aumento en el hundimiento y por consiguiente pierde la calidad de uniformidad y no sea adecuado a la hora de realizar el fundido de concreto en obra. No se cumplió con el objetivo debido a que la gran cantidad de fibras no ayudó a la compactación del concreto, reduciendo la cohesividad de la pasta y los agregados por su tamaño y gran magnitud. Se observó que las de fallas presentadas pertenecen a un tipo 3 y/o falla tipo 5 según la NTC 673, por fisuras verticales y fallas laterales, a diferencia de un concreto convencional que presenta falla tipo 2 - fisuras verticales a través de cabezales (NTC 673).

Martínez, (2016), en la tesis titulada “*Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio)*”, para optar el título de ingeniero civil, presentada en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Su **objetivo general** fue, Estudiar el comportamiento de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes tipos fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (cristal). Llegando a las siguientes **conclusiones**: que los adoquines sin fibra (convencionales), presentaron un asentamiento de 5 cm, con una consistencia plástica, baja trabajabilidad y buena homogeneidad. Al añadir la fibra de polipropileno en los porcentajes ya determinados se obtuvo una consistencia, trabajabilidad y homogeneidad semejante a los adoquines convencionales pero con un asentamiento de 3 cm. Con los porcentajes establecidos de estopa de coco añadidos a la mezcla se adquirió un asentamiento, consistencia, trabajabilidad y homogeneidad igual a los adoquines modificados con fibra de polipropileno. Se alcanzó una baja trabajabilidad, con una consistencia plástica y un asentamiento de 3cm al utilizar los porcentajes establecidos de fibra de vidrio,

estos porcentajes influyeron para que la homogeneidad sea regular. Se determinó que el porcentaje óptimo de fibra de polipropileno en este estudio es 0,1 %, ya que los adoquines adquieren una resistencia a compresión a los 28 días de 426,91 kg/cm<sup>2</sup>. Los adoquines con fibra de vidrio que presentan mayor resistencia a compresión son aquellos que contienen el 0,2% de fibra, cuya resistencia es 380,48 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, se determina que si el porcentaje de fibra de vidrio aumenta “afecta a la cohesión entre la partícula de cemento y esto da lugar a la decreciente de la resistencia a la compresión”. Al comparar los adoquines sin fibra (convencionales), con los adoquines con fibra sintética se determina que al añadir 0,1 % de fibra de polipropileno incrementa su resistencia en un 22% a los 28 días debido a la rugosidad que presentan este tipo de fibra. Al adicionar 0,2% de estopa de coco, la resistencia a compresión amplía en un 13% de la resistencia de los adoquines supuestos, esta estopa posee innegable rugosidad pero al ser una fibra natural advierte un aumento menor a la fibra sintética.

León y Rosero (2016), en la tesis titulada “*Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones*”, para optar el título de ingeniero civil, presentada en la Universidad Central del Ecuador. Tuvo como **proposito general**: Perfeccionar una mezcla de hormigón permeable, a partir de tres diferentes graduaciones, empleando agregados de las canteras de Pintag y San Antonio. Llegando a las siguientes **conclusiones**: La realización de las mixturas de ensayo consintió establecer que al no circunscribir agregado fino o arena en la mixtura hace que se malgaste manejabilidad y se torne desapacible, por lo que es necesario incluir una cantidad de arena igual a la del argamasa para así tener una mixtura más adherente que admite tocar a un asentamiento de cero. En las mezclas de hormigón permeable en su estado fresco, se pudo observar que su consistencia es muy rígida, lo que implica que el asentamiento medido es de 0 cm, es decir que este ensayo no es aplicable para este tipo de hormigón, ya que permite medir asentamientos que van desde los 3cm a 23cm, pero en la investigación se realizó este ensayo para tener una referencia de que se está encaminado en obtener una mezcla de hormigón permeable. Para poder establecer un diseño de mezclas de hormigón permeable, se basó en la dosificación propuesta por el código ACI 522R y se realizó 23 mezclas de prueba con los diferentes tipos de agregados y con las graduaciones correspondientes, de la cual se determinó

que para una mezcla de hormigón permeable la relación agua/cemento ideal utilizando agregado de Pintag es de 0,55 y utilizando agregado de San Antonio es de 0,60. Realizando los ensayos de compresión se pudo observar que si se aumenta la relación agua/cemento (w/c) aumenta la resistencia a la compresión y a menor relación agua/cemento (w/c) disminuye su resistencia a la compresión, por lo que para obtener una mezcla de hormigón permeable se puede establecer un rango de relación agua/cemento que desde 0,55 a 0,60 para poder alcanzar resistencias a la compresión apropiadas. La permeabilidad en este tipo de hormigón va a depender de la cantidad de pasta y de la relación agua/cemento que se tenga, es decir si mayor pasta y relación agua/cemento se tiene, mayor va a ser la permeabilidad.

### 1.2.2 Antecedentes Nacionales

Pérez, (2017), en la tesis titulada “*Influencia de la granulometría del agregado grueso en las cualidades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo, 2017*”, para optar el título de ingeniero civil, presentada en la Universidad Privada del Norte, Perú. Su **objetivo general** fue, establecer la influencia de la granulometría del agregado grueso en las cualidades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable. Sus conclusiones fueron: Se determinó la atribución de la granulometría del agregado grueso en las cualidades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, adquiriendo los mejores resultados de resistencias a compresión y flexión con la gradación N° 4 y mejor permeabilidad con la gradación de 3/8”. Se logró desarrollar un diseño de mixtura para las gradaciones de agregado grueso de 1/2", 3/8" y N° 4, determinando los razonamientos de boceto como la relación a/c de 0.35, 8% de finos, 15% de vacíos, un 25.20% de volumen de pasta y un factor b/bo de 0.94. Los cuales se vieron reflejados satisfactoriamente en las cualidades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, es decir que se hallan dentro del rango estipulado por el ACI. Para la resistencia a la compresión se encuentran dentro del rango que es de 28 a 280 kg/cm<sup>2</sup>, para la resistencia a la flexión que es de 10.5 a 40 kg/cm<sup>2</sup> y para permeabilidad de 0.14 a 1.22 cm/s. Se logró evaluar el comportamiento de las tres gradaciones de agregado grueso en las cualidades del concreto permeable. Basándonos en la resistencia a la compresión y flexión, la gradación de agregado N° 4 presentó el mejor comportamiento sobre las otras dos gradaciones con un valor de 209.68 kg/cm<sup>2</sup> y 33.81

kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En cuanto a permeabilidad, el agregado con gradación de 3/8" fue el que mayor coeficiente obtuvo, siendo este 0.222 cm/s. Se ha comparado y analizado los valores obtenidos para asentamiento, resistencia a la compresión y flexión, permeabilidad, contenido de vacíos y densidad en estado fresco y endurecido, en los tres concretos permeables. El asentamiento en el concreto permeable no es un factor importante, ya que para estos se utilizan relaciones a/c bajas, las cuales se ven reflejadas en una mezcla de consistencia seca. Se consideró este ensayo en la investigación para tener una referencia de que se estaba encaminado a obtener mezclas de tal consistencia. Para los tres diseños evaluados se obtuvieron valores de Slump menores a 0.60 cm. Para las resistencias a compresión y flexión, se puede afirmar que a medida que el tamaño de agregado grueso disminuye, la resistencia a la compresión tiende a elevarse. Además, se ha encontrado una relación promedio entre estas de 16.06%, lo cual indica que los valores encontrados en la presente investigación presentan similar comportamiento que los valores publicados por el ACI 522 R-10. El contenido de vacíos en estado fresco y endurecido en los tres concretos permeables fueron mayores comparados con el contenido de vacíos de diseño de 15%, presentando los valores más altos el contenido de vacíos en estado fresco. Se puede decir que esta variable no solo depende del tamaño de agregado grueso, sino también está en función de la fuerza de compactación aplicada a la mezcla, y la forma y textura de las partículas de agregado. Los coeficientes de permeabilidad determinados para los tres tipos de concreto se han mantenido por encima del límite inferior señalado por el ACI, dándole así la denominación de permeables. En un concreto permeable, el contenido de vacíos y la permeabilidad están directamente relacionados ya que si uno aumenta, el otro también lo hace. Las densidades del concreto permeable desarrolladas en esta investigación se encuentran por encima del rango que va de 1600 a 2000 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo, se consideran aceptables ya que no difieren en una cantidad significativa. También, se concluye que esta propiedad depende principalmente del porcentaje de vacíos y de las cualidades físicas del agregado grueso, en particular del Peso Unitario Seco Compactado (P.U.S.C.). Además, del grado de compactación aplicada a la mezcla. Según los resultados del ensayo a flexión y a la información recolectada, el concreto permeable con la gradación N° 4 puede ser manipulado como manta de rodadura en vías locales, colectoras y arteriales, para un tráfico ligero o liviano ya que presentan un módulo de rotura similar al exigido por el Reglamento Nacional de

Edificaciones en su norma CE 0.10 (Pavimentos Urbanos), el cual es de 34 kg/cm<sup>2</sup>. Las gradaciones de 1/2", 3/8" y N° 4 pueden ser utilizadas como capa de rodadura en pavimentos especiales los cuales comprenden pasajes peatonales, ciclovías, aceras y veredas. Ya que sobrepasan el módulo de rotura exigido para tales fines, el cual es de aproximadamente 28 kg/cm<sup>2</sup>. No existe variación significativa en los costos de materiales para elaborar los tres concretos permeables, debido a que se han usado los mismos parámetros de diseño y principalmente la misma cantidad de cemento, el cual es el material con mayor influencia en el costo. Una vez efectuados todos los análisis se puede concluir que la elección del mejor concreto permeable entre las tres gradaciones en estudio, se debe realizar de acuerdo con los requerimientos para su uso. Es decir, va a depender principalmente de la carga de diseño y de la permeabilidad que se requiera en el pavimento.

Quispe y Ticona (2017), en la tesis titulada "*Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*", para optar el título de ingeniero civil, presentada en la Universidad Peruana Unión, Perú. Su **objetivo general** fue, Evaluar la influencia de la añadidura de fibras de polipropileno en las cualidades del concreto permeable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con agregado grueso artificial y natural. Llegando a las siguientes **conclusiones**: con base en los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye, que el aditamento de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla del concreto permeable con  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> mejora la propiedad de resistencia a la compresión y el desgaste de abrasión e impacto, en cambio en las cualidades del contenido de vacío y permeabilidad presentan tendencias a la reducción a medida que se incrementa la cantidad de fibras de polipropileno. En fase I se concluye con un margen de error de 0.05, que la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días desarrollado por el concreto permeables elaborado con agregado grueso Huso 7 (1/2 in – N° 4), es mayor que la resistencia desarrollada con agregado grueso Huso 8 (3/8 in – N° 8), es decir el diseño de mezcla óptimo según el tamaño de agregado grueso, es el que contiene agregado grueso de mayor tamaño. De igual modo en la fase II, se concluye con un margen de error de 0.05, que la añadidura de fibras de polipropileno en un 10, 25, 40 y 55% respecto al peso del cemento, incrementa la resistencia a la compresión y el desgaste de abrasión e impacto del concreto permeable, los resultados se encuentran entre 187.57 – 216.77 kg/cm<sup>2</sup> y 28.12 – 22.89 % respectivamente, a su vez la óptima adición de fibras de polipropileno

es de 40 % con una resistencias a compresión media alcanzada de 216.77 kg/cm<sup>2</sup> y desgaste de fricción e impacto de 25.12 %; por otra lado el aditamento de fibras de polipropileno en diseño de mixtura; al evaluar las cualidades de contenido de vacío, permeabilidad no incrementan sus resultados, los resultados de dichas cualidades se encuentran entre 17.21 – 18.62 %, 0.285 – 0.354 cm/s, respectivamente. Y por último en la fase III al evaluar la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días desarrollado por el concreto permeable, se concluye con una margen de error de 0.05, que la mezcla 7 con agregados naturales es mayor que la mezcla 5 con agregados artificiales, en ambos casos se adiciona 40 % de fibras de polipropileno, dado que con esta cantidad de fibras presenta el resultado más óptimo con agregados artificiales en la fase II, la resistencia a la compresión máxima alcanzada por la mixtura 7 a los 28 días es de 229.11 kg/cm<sup>2</sup>.

Choque y Ccana (2016), en la tesis titulada “*Evaluación de la Resistencia a Compresión y Permeabilidad del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de las Canteras Vicho y Zurite, Adicionando Aditivo Súper Plastificante de Densidad 1.2 kg/l para una Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>*”, para optar el título de ingeniero civil, presentada a la Universidad Andina del Cusco, Perú. El **objetivo** general fue, evaluar la Resistencia a Compresión y Permeabilidad del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de las Canteras Vicho y Zurite, Adicionando Aditivo Súper Plastificante de Densidad 1.2 kg/l para una Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>. **Conclusión:** el concreto poroso debe tener una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, el mismo que está fabricado con agregado de las canteras de Vicho y Zurite. Asimismo, el concreto poroso debe ser elaborado con agua potable del cusco y que el cemento utilizado para el diseño de mezcla debe ser cemento portland IP; así como para la permeabilidad en el Concreto Poroso, se deberá utilizar aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l.

Flores y Pacompia (2015), en la tesis titulada “ *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*”, para optar el título de ingeniero civil, presentada a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú”. El **objetivo** general fue, valorar la ocurrencia que tiene la afiliación de tiras de plástico (polipropileno) en las cualidades del concreto permeable f’c 175 kg/cm<sup>2</sup> diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno.

**Conclusiones:** 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 cualidades del mismo, específicamente su resistencia a la compresión. Se ha determinado que la adición de dichas tiras en dos porcentajes (de los tres estudiados), acrecienta la resistencia a la compresión del concreto permeable. Y respecto a las otras cualidades trabajadas, como el contenido de vacíos y coeficiente de permeabilidad, se ha determinado que la adición de tiras de polipropileno produce una diferenciación liviana en sus magnitudes, presentando una predisposición a la contracción de los mismos conforme se amplía el porcentaje de adición de las Tiras.

Se determinó el diseño de mezcla de concreto permeable óptimo para la adición de Tiras de Polipropileno. Resultando éste, el diseño en el cual se utilizaron agregados gruesos de menor tamaño (Curva Normalizada: Huso N° 8), puesto que consiente que el concreto permeable despliegue mayores valores de resistencia a la compresión. Y respecto al coeficiente de permeabilidad y contenido de vacíos, los valores determinados, se encuentran dentro del rango establecido por el ACI para ser denominado concreto permeable. La resistencia a la Compresión desarrollada a los 28 días por el Concreto Permeable elaborado con agregados gruesos del Huso N° 57, es menor en un 26.13% comparada con la desarrollada con el Huso N° 8. La resistencia a la Compresión desarrollada a los 28 días por el Concreto Permeable elaborado con el diseño óptimo, aumenta en un 16.7% y 4.2%, al adicionar las Tiras de Polipropileno en 0.05% y 0.10% respectivamente. Mientras que al incorporar las tiras en un 0.15% disminuye su resistencia a la compresión en un 10.7%. Concluyendo que el óptimo porcentaje de incorporación de Tiras de Polipropileno es 0.05% respecto al peso de todos los materiales del diseño de mezclas. El contenido de vacíos de bosquejo del concreto permeable, en todos los casos de estudio es menor cotejado con el contenido de vacíos en estado fresco y endurecido. Y la asociación de tiras de polipropileno hace que los valores obtenidos del contenido de vacíos en estado fresco tiendan a reducir conforme se incrementa el porcentaje de tiras añadidas; se observa el mismo escenario para el estado endurecido. El coeficiente de permeabilidad determinado para todos los grupos de prueba (Curva Natural, Curva Normalizada-Sin Tiras, 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 podemos concluir que todos

los testigos elaborados verifican con los requerimientos de permeabilidad mínimos determinados.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

El tema de investigación como es el concreto permeable viene siendo utilizado desde 1852 en la edificación de viviendas de dos niveles que ofrecen aislamiento y eficiencia constructiva en Inglaterra “Wimpe and Houses”, en la Asociación de Vivienda Especial de Escocia. Asimismo al terminar la segunda Guerra mundial se construyeron viviendas de refugio en Europa. A estas naciones se suman Gran Bretaña, Francia, Países Bajos, Bélgica, Escocia, Alemania y Hungría. Arango (2014) “Concreto Permeable: Desarrollo urbano de bajo impacto” en Blog 360 en concreto.

#### **1.3.1 Concreto Permeable**

Como se puede definir sobre su estructura, en Edificación y Tecnología en Concreto. “Concreto permeable: opciones sostenibles, se da el alcance que este material es de distribución directa con cero hundimientos. Materia prima como la argamasa Portland, agregado grueso, agua, con poco o nada de finos y agregados forman parte de este concreto. Implicando un material endurecido con poros interconectados, con un tamaño de entre 2 a 8mm, lo cual suministra el paso del agua, y concerniente a vacíos el porcentaje varía de entre 18 a 35 %, la resistencia tocada fue de 2.8 a 28 MPa bajo compresión. Para lo que es la capacidad de drenaje, esta estribará de la consistencia de la mezcla y el volumen del agregado, que por lo general va desde 81 a 730L/min/m<sup>2</sup>. Sustentado bajo la normativa del ACI-522R”. (Arango, 2014, p.23)

##### **1.3.1.1 Resistencia a la compresión que tiene este concreto permeable**

Se tiene el estudio realizado por Moujir y Castañeda (2014) Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. En el cual tras realizar el diseño de un pavimento permeable se evidenció que, para efectos de su diseño, la resistencia esperada es de  $f'c=21$  MPa, alcanzando a los 7 días de edad poco más o menos el 62% de esta resistencia, y a los 28 días el 109%. De esta forma se puede demostrar que esta muestra se comporta de manera adecuada con respecto a las resistencias emanadas.

Además con respecto al tipo de adheridos con los que se trabajó, se concluye que el agregado grueso de  $\frac{1}{2}$ ” le permite una buena trabajabilidad por tener un tamaño máximo

inferiores. A su vez se tiene que la resistencia promedio a la compresión y flexión con el uso de agregado fino, es de 7.71% y 3% mayor a una que no tiene finos. Siendo este un material adecuado para la cohesión entre los agregados gruesos, el agua y el cemento.

Asimismo, se da su principal característica, porosidad alta, sostenida por su gran contenido de vacíos, cuya particularidad lo torna ligero y de escasa tenacidad en símil con el hormigón habitual o compacto. Su textura porosa, vuelve a este concreto el ideal para impedir la formación de ciénagas y salpicaduras. Del mismo modo también impregna las exposiciones de sonido de automóviles, mengua la película de agua durante las lluvias y como colofón amortigua las reverberaciones de luz sobre el pavimento. Todo eso lo cataloga en un concreto sostenible y ecológico. Cabello, Zapata, Pardo, Campuzano, Espinoza y Sánchez (2015) "Concreto Poroso" Cumbres.

Pero, según Moujir y Castañeda (2014) Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Señalan, mediante datos de laboratorio que para su diseño se consideró como parámetros mínimos un porcentaje de vacíos equivalente al 20% y una relación de agua/ cemento de 0.5. Estos valores fueron usados por permitir tener un margen de confiabilidad no tan bajo, para evitar que el concreto pierda su permeabilidad, pero que a su vez no sean muy altas, para impedir afectar las resistencias del concreto o flexotracción y sean bajas. De esto se puede concluir que, a pesar de tener una considerable cantidad de poros, la mezcla obtenida, logró minimizar estos vacíos sin afectar la permeabilidad del concreto, y a la vez manteniendo un buen comportamiento automático

Para el caso de Calderón (2013) asevera que el estiaje producido por el calentamiento global, es la principio elemental para poner más atención a este tipo de material, obligando a impulsar en las naciones, medidas de preservación del agua, donde los pavimentos porosos componen una opción interesante, porque suministran una manera de construcción de metrópolis sostenibles, al admitir el procesamiento de las aguas superficiales de lluvia, impregnando esta agua al subsuelo, incrementando las capas acuíferos o admitiendo el acopio de estas aguas en tanques para luego reutilizarlas para el sistema de riego en parques, letrinas de zonas elegantes, agua para su empleo industrial, entre diferentes.

El concreto permeable es una clase específica de concreto con un alto grado de porosidad. Habitualmente el concreto permeable tiene casi nada o no tiene agregados

finos y tiene bastante cantidad de pasta de argamasa para cubrir los átomos de agregado grueso salvaguardando la interconectividad de los vacíos.

Con respecto al uso de aditivos para combinar este concreto, prácticamente las mezclas demandan el uso de plastificantes, moderadores de viscosidad y retardantes. El uso de otros aditivos como sílice, látex, fibras o cenizas volantes optimiza las particularidades del material pero realza los gastos. El resultado de los aditivos en las mezclas mejora las resistencias y no perturba de forma significativa la permeabilidad. Fernández et al. (2001) registra la realidad latinoamericana y exhorta examinar con minuciosidad este exterior para no aumentar el costo de las mezclas. Fernandes, Roberto y Navas, Alejandro (2011). “Concreto permeable” en *Infraestructura vial*, pp. 42.

Así pues se indica que de manera regular en este sistema se socavará la propiedad con la profundidad solicitada en los planos del proyecto a efectuar, seguido de esto, se amalgamará el terreno natural con medios mecánicos, luego se dividirán los pozos de permeabilidad según el proyecto a cumplir, se completará con material granular, conocido como balastro, los pozos y el resto del área, se volverá a compactar el relleno y luego se procederá a atiborrar con grava de  $\frac{3}{4}$ ”, la misma que deberá confinarse en elementos ordenados como son los bordillos. En último lugar se colocará el concreto permeable.

### **1.3.1.2 Pavimentos porosos**

Según Trujillo (2013), en su investigación, Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano. El uso de geotextiles impermeables se debe realizar de acuerdo a las normas y a las condiciones del fabricante, dejando por lo general un traslape de 1 pulgadas, adoptando todas las medidas para evitar que haya escurrimiento o sedimento que pueda dañar la estructura del pavimento. Además, en el diseño el uso de una tubería perforada en el sistema de drenaje; esta tubería complementaría marcadamente al sistema que sería un conducto para guiar las aguas de lluvia hacia un buzón, como se plantea en este proyecto.

Se debe advertir algunas precauciones para tener en cuenta con el concreto, por no contener mucha agua, recomendándose utilizar aditivos reductores de agua, lo cual ayuda en conservar el concreto una hora y media a más, previamente de ser colocado, significando que su curado sería más pausado, y respecto a las juntas de construcción

deben hacerse oblicuamente a 6 m siendo el mínimo o en defecto sería como máximo 13.5m como distancia, y un tercio o un cuarto de pulgada en cuanto a la profundidad del espesor para el pavimento. Asimismo, las juntas longitudinales necesariamente serán utilizadas si en caso el ancho de la vía es mayor a los 4.5m.

En cuanto al mantenimiento, se realizaría mensualmente asegurando que no haya tierra sobre el pavimento o sedimentos, de ser necesario se efectuará un lavado con aspiradora y cada año se analizará la superficie con el designio de ubicar algún desperfecto o astillamiento.

En la investigación de Ramírez (2009), La construcción sostenible, o el manejo racional de los recursos naturales disponibles para la construcción, el reciclaje, la reutilización y la reparación de materiales; y un diseño y proceso constructivo que merme los impactos ambientales, sobrellevan a un cambio de capacidad en la industria de la construcción.

De la misma forma, la tecnología del concreto manifiesta con las tipologías de sostenibilidad que fomentan al material en una nueva avenida, transformar los escenarios medioambientales y preservar recursos; esta visión circunscribe tanto la energía, el líquido elemento y los materiales, como los sistemas o tácticas que transgreden sobre la noción global de calidad.

### **1.3.1.3 Ventajas**

El concreto permeable tiene significativas ventajas hidráulicas, arquitectónicas y, especialmente, sostenibles. Dentro de algunas de ellas se encuentran:

- Alta permeabilidad.
- Ayuda a la alimentación del manto freático.
- Gestión eficiente del agua de escorrentía minimizando el uso del sistema de alcantarillado.
- Admite el desarrollo urbano recreando el ciclo natural del agua, sin saturar el sistema de alcantarillado o solicitar incremento de componentes para su conducción.

- Reduce y/o elimina la necesidad de estructuras especiales (bordillos, cunetas, sumideros, tuberías, cajas de inspección y estructuras de retención) para el manejo de aguas de escorrentía.
- Los charcos desaparecen de inmediato ya que el material puede contener agua en su interior mientras ésta se infiltra al subsuelo, lo cual permite reducir o incluso eliminar los drenajes pluviales.
- No es más caro que otros pavimentos de concreto.
- Tiene un impacto visual distinta a otro tipo de concretos por su contextura y disponibilidad de colores.
- Permite el paso del agua, recrea su ciclo natural y facilita su almacenamiento y posterior reutilización.
- Es factible con otros materiales usados para pavimentos con el fin de que se logren superficies permeables al combinarlo con estos pisos.
- El control de la contaminación de aguas pluviales.
- El control de escurrimiento de aguas pluviales.
- El concreto permeable también puede producirse en diferentes colores, según requerimientos.
- Optimización de productos de construcción y fuentes de materias primas.

#### **1.3.1.4 Desventajas**

Dentro de sus desventajas tenemos sus usos limitados, ya que al no contener agregado fino hace que pierda resistencia, lo que impide tener algunos de los usos del concreto convencional.

En pendientes acentuadas hace que el agua escurra en la capa inferior, lo que hace que se generen subpresiones que pueden perjudicar las estructuras subyacentes de la manta de rodadura, cuando la pendiente es mayor a 1%.

La aplicación de este concreto debe hacerse con maquinaria que no sea muy pesada ya que esto podría producir una sobre compactación lo que haría que la estructura de los vacíos se trastorne, lo cual se refleja en su permeabilidad o capacidad de infiltración, o que se produzca una colmatación en su estructura poroso, el cual es uno de los principales problemas de los concreto porosos, sobre todo en la capa de rodadura (Meneses Ospina y Bravo Erazo, 2007).

### **1.3.1.5 Propiedades en estado fresco**

- **Revenimiento:** En general, es cero; sin embargo se han utilizado valores en el rango de 20 a 50 mm. La prueba del hundimiento –que se puede ejecutar de acuerdo con la ASTM C143– no es una prueba que se considera para fines de control de calidad, como en el caso del concreto convencional, sólo se considera como un valor de referencia, debido especialmente a que la mixtura es demasiado rígida y la medición del hundimiento en la mayoría de casos no es aplicable.

- **Peso unitario:** El peso inherente del concreto permeable es del orden del 70% del concreto convencional. Su determinación se hace de acuerdo con lo especificado en la ASTM C1688.

- **Tiempo de fraguado:** El período de fraguado se somete en el concreto permeable, por lo que en algunos casos se deben usar aditivos químicos para permitir la adecuada colocación.

### **1.3.1.6 Propiedades en estado endurecido**

- **Porosidad:** La porosidad es una medida de los espacios vacíos entre los agregados. La condición para que un concreto sea filtrable es que el contenido de vacíos sea mayor al 15%.

- **Permeabilidad:** La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las condiciones de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una fenomenal compactación comprimirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua.

### **1.3.1.7 Propiedades mecánicas**

La resistencia a compresión típica es del orden de 17 MPa; sin embargo, se pueden desarrollar resistencias hasta de 28 MPa. La resistencia a compresión está influenciada por los materiales componentes, el esfuerzo de compactación y por el contenido de vacíos

### **1.3.1.8 Beneficios**

- **Medioambientales:** La eminente permeabilidad del concreto permeable, es un procedimiento al problema del escurrimiento superficial resultante de las aguas pluviales, cuando se usa como sistemas de pavimentos de concreto permeable, evitando

los encharcamientos. Otro beneficio relacionado a su empleo está relacionado con su capacidad de permitir la filtración de los contaminantes de los automóviles, lo que impide la contaminación de áreas adyacentes, como sucede con las superficies impermeables.

Además, cuando se usa en combinación con áreas verdes, la estructura porosa aprueba el ingreso de agua y oxígeno, necesario para el crecimiento de las plantas que dan sombra y calidad al aire.

- *Económicos:* El concreto permeable puede usarse como una opción en áreas de estacionamiento y reducir la necesidad de construir pozos de retención para almacenar el agua pluvial.

El mismo pavimento actuará como área de retención, lo que reducirá el costo de la construcción de pozos de retención, la instalación de bombas, los tubos de drenaje, y su mantenimiento o consentir sistemas de alcantarillado de menor tamaño.

- *Estructurales:* La trama porosa del concreto permeable proporciona la tracción suficiente para los vehículos y reduce el hidroneo, aún con precipitación, permitiendo seguridad a los conductores y a los peatones. El concreto permeable es durable y resistente al tiempo, pudiendo durar muchos años (20 a 30 años) con el mantenimiento adecuado.

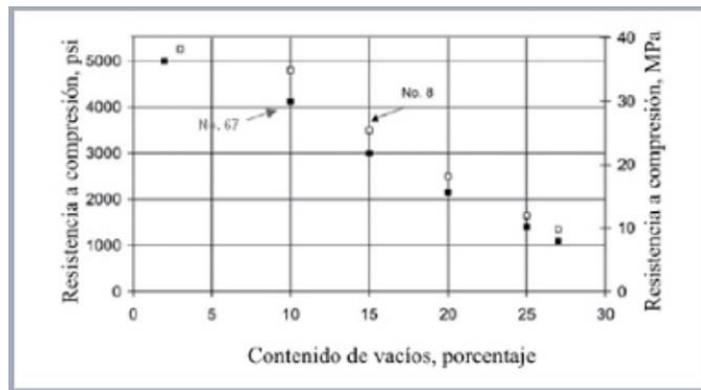
**Tabla No. 1. Propiedades típicas del concreto permeable**

<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>
Revenimiento, mm	20
Peso unitario, Kg/m <sup>3</sup>	1600 - 2000
Tiempo de fraguado <sup>1</sup> , hora	1
Porosidad, % (en volumen)	15-25
Permeabilidad <sup>2</sup> , it/m <sup>2</sup> /min (cm/seg)	120-320 (0.24-0.54)
Resistencia a la compresión, Mpa	3.5-28
Resistencia a la flexión, Mpa	1-3.8
Contracción	200x10 <sup>-6</sup>

1 Con aditivos químicos se puede extender el tiempo.

2 En laboratorio se han encontrado valores de velocidad de flujo tan altas como 700 lt/m<sup>2</sup>/min.

**Figura No. 1. Resistencia a compresión versus contenido de vacíos**



(Adaptado de ACI 211.3)

### 1.3.2 Drenaje pluvial

“Un sistema de drenaje pluvial en general debe proteger las vidas humanas, la infraestructura urbana, el entorno natural y mantener la movilidad vehicular y peatonal. En Barranquilla, el sistema de drenaje pluvial lo constituye las calles por donde circulan los vehículos, por esto, no se cumple con ninguno de los objetivos requeridos en cuanto al manejo pluvial. En Barranquilla, el enfoque de manejo integral de drenaje urbano, implica no sólo el manejo de la cantidad de agua y la calidad, sino también la capacidad de adaptación frente al cambio atmosférico del sistema de drenaje que se planea para la ciudad”. (Ávila, 2012, p. 43).

#### 1.3.2.1 Tipos de Drenaje

- a. Drenaje Superficial: “Entiende las acciones correctivas constituidos por el conjunto de estructuras naturales y artificiales que trasladan el deslizamiento superficial desde el lugar de desprendimiento de las lluvias hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias del tráfico de personas y vehículos”.
- b. Drenaje Secundario: “Es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidas por el hombre, las cuales admiten avalar que las aguas no dificulten el normal desarrollo del tráfico de personas y vehículos en las áreas urbanas”.

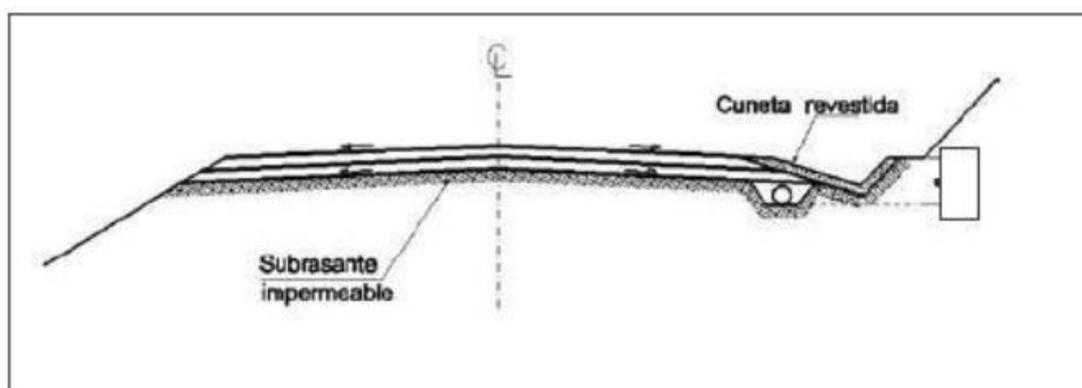
c. Drenaje Primario: “Es el conjunto de ejercicios reformativos constituido por los cauces naturales y los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a proteger la vida de las personas y evitar el daño a las cualidades”.

### 1.3.2.2 Drenaje del pavimento

Salvo en el caso de carreteras en terrenos permeables, el drenaje de la capa filtrable formada por la sub-base y/o base, puede planearse tanto mediante drenes enterrados como prolongando la capa permeable hasta los taludes de los terraplenes con descarga hacia cunetas o zanjas. Conjuntamente, deben darse pendientes transversales mínimas a la subrasante. En los sectores de la carretera en los que el pavimento se afirme sobre una subrasante impermeable, debe evitarse que el agua de lluvia que se presenta por capilaridad o se destila a través del pavimento, se almacene bajo éste y forme una bolsa de agua que origine su ruptura por el paso del tránsito. Este problema es mayor cuando la cuneta se instala a la altura del pavimento y consecuentemente tiene que ser revestida.

Las soluciones más recomendadas para evitar la acumulación del agua son:

- a) Colocación en el sector, bajo el pavimento, una capa drenante que siga la pendiente lateral de la carretera, que se extiende hasta un lugar con drenaje natural.
- b) Colocación de un subdrén, bajo la calzada contiguo a la cuneta, con una tubería calada de plástico pesada a una profundidad conveniente y que esté de acuerdo al diseño, que recoja el agua que filtra y la lleve al lugar de drenaje natural.



*Figura No. 02. Drenaje del pavimento.*

“Se define capacidad de una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo” (Luis Bañón Blázquez, José Beviá García, 2000, p. 37).

Según Gálvez, H. 2004. Hace mención sobre los diseños de construcción. Los drenajes.- “Son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, localizadas a ambos lados o a un solo lado de la pavimentación de las calles, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial. Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y lindante al pavimento y serán de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la erosión”. (p.22).

### **1.3.3 Polipropileno**

#### **1.3.3.1 Definición**

“Las fibras de polipropileno son productos sintéticos que se añade al concreto para proveer un refuerzo adicional, principalmente la reducción del agrietamiento, aumento importante de tenacidad, mejora de la resistencia al impacto, tracción y compresión entre otros beneficios”, (Huang et al., 2010).

#### **1.3.3.2 Propiedades**

Boin, Ciancio y López (2002, p.4-26) en su trabajo de investigación sobre materiales no convencionales, clasifican las cualidades del polipropileno en:

[1.] Cualidades Mecánicas: Limitaciones de los datos obtenidos en los ensayos, comportamiento a la tracción, rigidez, resistencia al impacto [...].

[2.] Cualidades Químicas: Resistencia a la oxidación, exposición al aire libre, resistencia química, efecto del ataque químico, factores que alteran la resistencia química.

Esta clasificación explica punto por punto sobre las condiciones más importantes del polipropileno. Por ejemplo, en las cualidades mecánicas, se parte de que es sabido que la inclinación que tienen los termoplásticos de variar sus cualidades mecánicas a medida que pase el tiempo, el comportamiento hacia la tracción dependerá de la velocidad usada en la aplicación de la prueba, la rigidez del

polipropileno puede compararse a la del polietileno a temperatura ambiente, pero al agregar la temperatura se nota que solo el polietileno conserva la rigidez necesaria para seguir utilizándose y por último y aplicando el “Ensayo de Charpy” se sabe que el polietileno solo lleva una semana variando en sus resultados de resistencia al impacto, luego es constante pero dependiendo de la temperatura que este conlleva, por ejemplo, en la presente tesis se analizarán las fibras a una baja temperatura, ya que la zona así lo amerita.

En cuanto a las cualidades químicas la revista virtual QuimiNet (2016, párr 19.) menciona que:

Tiene naturaleza apolar, y por esto posee gran resistencia a agentes químicos, [...] presenta poca absorción de agua, por lo tanto no presenta mucha humedad, [...] tiene gran resistencia a soluciones de detergentes comerciales, [...] el polipropileno como los polietilenos tiene una buena resistencia química pero una resistencia débil a los rayos UV (salvo estabilización o protección previa), [tiene un] punto de Ebullición de 320 °F (160°C) [y como] punto de Fusión [...] más de 160°C [...].

### 1.3.3.3 Aplicaciones

El canal construcción menciona las siguientes aplicaciones:

Juguetes, [...] Los recipientes para alimentos, medicinas, productos químicos; ropa y electrodomésticos; fibras [...]. Algunas de las innovadoras aplicaciones del polipropileno en la construcción, son los novedosos sistemas constructivos que permiten realizar viviendas a partir de módulos o contenedores de polipropileno que se pueden apilar para ampliar el espacio [...]

Para el área al que está definido este proyecto, Oliveira Bernardo y Hemsley (2011, p.19), mencionan que:

El polietileno tipo fibras, ha variado a través del tiempo, estos son adicionados al concreto [...] en la parte de construcción en la ejecución de pisos industriales de alto desempeño, tuberías especiales drenantes, pavimentos, cubiertas para puentes, para la estabilización de taludes en la parte de concreto lanzado, revestimiento de túneles, elementos estructurales prefabricados, Acceso vehicular: accesos residenciales, servicios y caminos de acceso, cunetas, control de erosiones, [...] parqueaderos [...].

En cuanto al uso de las tiras plásticas de polipropileno referidas al autor, su empleo para el sector construcción, en la parte del diseño de mezcla del concreto dependerá de su procesamiento, ya sea por su fabricación tipo moldeo por soplado, inyección o de tipo expandido.

#### 1.3.3.4 Uso de concreto con fibra

La disipación que tiene el polipropileno para ser doblado expeditamente (el cual le da poca densidad), sumado a la resistencia a los golpes, hace que sea una buena opción para ser empleada en el diseño de mezcla de concreto, muy aparte que este material es bastante resistente a los productos corrosivos.

Entonces, para saber la dosificación adecuada se trabajará utilizando los antecedentes, se deben usar tiras de polipropileno, las cuales contarán con la medición el cual le pueda ayudar a consolidarse con la matriz cementicia.

Tabla N°2. Propiedades existentes en la fibra plástica (polipropileno).

PROPIEDADES DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO	
Fibra	Tiras polipropileno
Longitud (mm)	3mm x 30mm
Resistencia a la tensión (kg/cm <sup>2</sup> )	6328-7031
Módulo elástico (kg/cm <sup>2</sup> )	43000

*Fuente: Elaboración propia.*

Mendoza, et. al. dice que: “Se recomienda emplear 800 gr. / m<sup>3</sup> cúbicos de concreto y 135 gr. /saco de cemento (50 kgr)” (2011, p.37).

Al utilizarse en el diseño de mezcla de concreto (preferiblemente mientras se realiza para tener un mejor control y un mezclado eficiente con uniformidad al momento de la distribución), las fibras que usamos (las tiras plásticas) en el diseño de mezcla, tienen resistencia a la propiedad medio alcalino que tiene el concreto.

#### **1.3.3.5 Ventajas y Desventajas en la adición al concreto**

Debido a que el diseño de mezcla se realizará con la adición de las tiras de polipropileno por sus propiedades- Mendoza, Aire y Ávila (2011, p.37), aseveran al respecto:

Las principales ventajas de la adición de fibras sintéticas en el concreto son, en estado endurecido, el incremento de la tenacidad y de la resistencia al impacto y, en el estado fresco, el control de la contracción plástica. Adicionalmente, controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura y brinda mayor resistencia a la fatiga. Durante los últimos años se han realizado diversos estudios para evaluar las cualidades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno, en los que el porcentaje de fibras ha variado entre 0.1 y 10% del volumen [...] se alcanzan ligeros incrementos en la resistencia a flexión [...] estudios presentan efectos favorables de la adición de fibra sobre la tenacidad e incremento en la resistencia a compresión, del orden de 25%, cuando se emplea un porcentaje volumétrico de 0.5% de fibras de polipropileno [...]

#### **1.3.3.6 Tipos**

Dentro de las fibras sintéticas podemos destacar que existen de 2 tipos; las microfibras y las macrofibras.

Las microfibras se utilizan para todo tipo de hormigones y morteros, además la incorporación de esta microfibra al shotcrete otorga una disminución de rebote de la mezcla al impactar la superficie.

**Tabla No. 3. Aplicaciones de las fibras de polipropileno**

<b>Código Actividad</b>	<b>Descripción Actividad</b>
2.1.2.3	Obra Gruesa – Fundaciones o Cimientos – Hormigón de cimientos.
2.1.3.1	Obra Gruesa – Sobrecimientos – Hormigón de sobrecimientos.
2.1.4.3	Obra Gruesa – Bases y Radieres – Radier de hormigón armado.
2.1.5.5	Obra Gruesa – Estructuras Resistentes en Elementos Verticales – Hormigón armado.
2.1.6.1	Obra Gruesa – Estructuras Resistentes en Elementos Horizontales e Inclinados – Hormigones de elementos horizontales e inclinados.
2.1.8.3	Obra Gruesa – Escaleras y Gradas – Escaleras de hormigón armado.
2.1.9.6	Obra Gruesa – Estructura de Techumbre – Losa de hormigón armado.
5.1.4.10	Caminos – Revestimientos y Pavimentos – Pavimentos de hormigón.
5.1.5.1	Caminos – Estructuras y Obras Conexas – Hormigones.
5.1.5.2	Caminos – Estructuras y Obras Conexas – Hormigones de revestimiento.
5.1.5.15	Caminos – Estructuras y Obras Conexas – Losas de acceso.

*Fuente: Especificar CDT.*

### **1.3.3.7 Modelos**

Las fibras sintéticas existen dos tipos, las macrofibras sintéticas con el modelo Enduro 600 y las microfibras sintéticas con los modelos Fibermesh150 y Fibermesh 300.

#### **1.3.3.7.1 Macrofibras Enduro / Fibra Enduro 600**

La fibra Enduro 600 tiene una excelente operatividad en la faena, buena bombeabilidad evitando taponeos en la línea de proyección.

Se utiliza para reforzar el shotcrete reduciendo el tiempo y costo asociados al tradicional reforzamiento con barras, mallas de acero y fibras de acero. Además incrementa la

ductilidad y absorción de energía como también la resistencia al impacto, al desprendimiento, sin afectar los tiempos de fraguado.

Con sólo 7 kg/m<sup>3</sup> puede reemplazar 40 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero.



*Imagen No. 1. Fibra Enduro 600.*

#### **1.3.3.7.1.1 Usos principales**

- Hormigón proyectado (Shotcrete vía seca y vía húmeda).
- Pisos residenciales, comerciales e Industriales.
- Prefabricados.
- Otros.

#### **1.3.3.7.1.2 Características cuantitativas y/o cualitativas**

Material de la fibra:	Polipropileno
Longitud de la fibra:	50 mm
Diámetro de la fibra:	0.7 mm
Relación de Esbeltez:	71
Resistencia a Tracción del alambre:	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Deformación:	Forma de ondas
Elongación:	15%
Dosificación:	La dosificación que sugerimos depende de la absorción de energía del proyecto, pero fundamentalmente la dosificación recomendada va desde los 4 kilos a 9 kilos por metro cúbico de hormigón.

#### **1.3.3.7.1.3 Normas y estándares de Calidad que satisface**

Cumple con las normas:

- ASTM 1116;
- EFNARC;
- ASTM C1550;
- ASTM C 1018;
- ASTM C94;
- ACI 506.

#### **1.3.3.7.1.4 Ventajas con respecto a similares o sustitutos**

- Excelente operatividad en la faena.
- Buena bombeabilidad evitando taponeos en la línea de proyección.
- Incrementa la ductilidad y absorción de energía.
- Incrementa la resistencia al impacto.
- Incrementa la resistencia al desprendimiento.

#### **1.3.3.7.2 Microfibras Fibermesh / Fibra Fibermesh 150™ (Fibra Polipropileno Stealth)**

La fibra de polipropileno Fibermesh 150™ está diseñada para ser invisible en las superficies acabadas del hormigón o mortero.

La fibra Fibermesh 50™ está producida de 100% polipropileno de alto rendimiento para reducir la formación de fisuras y grietas resultante de la contracción y del asentamiento en la fase plástica.



*Imagen No. 2. Fibra Fibermesh 150<sup>TM</sup>.*

#### **1.3.3.7.2.1 Usos principales**

- Losetas.
- Radieres.
- Prefabricados varios.
- Shotcrete vía húmeda.
- Shotcrete predosificado.
- Morteros en general.
- Hormigones en general.
- Morteros secos.
- Losas.
- Otros.

#### **1.3.3.7.2.2 Características cuantitativas y/o cualitativas**

Gravedad específica: 0.91

Longitud de la fibra: 6mm; 12mm y e3

Punto de Ignición: 680 °F

Punto de Fusión: 324 °F

Dosificación: La dosificación encomendada depende de la aplicación, pero esencialmente la dosificación va desde 450 gr a 2400 gr. por metro cúbico.

En el caso de añadir fibra para reducir el rebote en un shotcrete se debe adicionar 1,8 Kg. Para el fenómeno de Anti-Spalling se debe usar de 1,5 a 2,4 kilos por m<sup>3</sup> de hormigón o mortero.

#### **1.3.3.7.2.3 Ventajas con respecto a similares o sustitutos**

Reduce la formación de fisuras y grietas resultante de la contracción y del asentamiento en la fase plástica.

#### **1.3.3.7.3 Fibra Fibermesh 300™ (Fibra Polipropileno)**

La fibra de polipropileno Fibermesh 300™ es la fibra más eficaz para inhibir el agrietamiento por contracción y por asentamiento tanto en el estado plástico como el endurecido, al mismo tiempo que ofrece mayor resistencia al impacto y a cargas de fractura, además de menor permeabilidad del hormigón.



*Imagen No. 3. Fibra Fibermesh 300™.*

#### **1.3.3.7.3.1 Usos principales**

- Morteros y hormigones de Sobrelosas.
- Pavimentos industriales y comerciales.
- Losas Estacionamientos.
- Losas de carreteras y puentes.
- Ultra Thin Whitetopping.

### **1.3.3.7.3.2 Características cuantitativas y/o cualitativas**

Gravedad específica: 0.91

Longitud de la fibra: e3 (mezcla entre 3.18 a 57.15 mm)

Punto de Ignición: 680 °F

Punto de Fusión: 324 °F

Dosificación: La dosificación recomendada depende de la aplicación, pero fundamentalmente la dosificación va desde los 900 gr. a 1800 gr. por metro cúbico.

### **1.3.3.7.3.3 Ventajas con respecto a similares o sustitutos**

- Inhibe el agrietamiento por contracción y por asentamiento tanto en el estado plástico como el endurecido.
- Ofrece mayor resistencia al impacto y a cargas de fractura.
- Ofrece menor permeabilidad del hormigón.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema General**

¿De qué manera influye la adición de fibras de polipropileno para la optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro?

### **1.4.2 Problemas específicos**

#### **Problema Específico 1**

¿Cuál es el diseño de mezcla para la optimización del concreto permeable según el tamaño del agregado para la adición de fibras de polipropileno en 4, 8 y 12% respecto al peso del cemento?

#### **Problema Específico 2**

¿De qué manera influye en la resistencia a la compresión, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla?

### **Problema Específico 3**

¿De qué manera influye en la permeabilidad, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla?

#### **1.5 Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Debido al estado en el que se encuentra la infraestructura que presenta la Av. Sánchez Cerro, frente a fuertes lluvias, el sistema de drenaje pluvial se ve atiborrado, y por ende se sospecha que esta zona se anegue, al mismo tiempo de esto se conoce que el sistema de alcantarillado y de agua potable se desmoronen ante este tipo de contextos; por tanto cabe la necesidad de realizar un nuevo sistema que corrija los entornos de esta construcción ante un fortuito fenómeno de El Niño.

En vista de este inconveniente, queda la eventualidad de diseñar el empleo de un componente para la construcción que mejora la deyección de las aguas de lluvia de forma instantánea y así impedir que este sitio se encharque y afecte el procedimiento de saneamiento básico.

##### **1.5.2 Justificación práctica**

La idea que aquí se presenta pretende mejorar la calidad de la infraestructura de dicha avenida y la calidad de vida de los habitantes que allí viven, a través del empleo de un nuevo método de drenaje pluvial mediante el empleo de un concreto filtrable, capacitado de colar de manera fugaz grandes volúmenes de agua, a la misma vez que resguarda las tuberías del sistema de saneamiento.

Este material se instalará como pavimento en las áreas de ingreso.

Definitivamente, la exposición que se ejecutará dentro de este proyecto se evidencia por relacionarse con el estudio de una nueva tecnología al rubro de la construcción en Piura y utilizará como guía para que otros profesionales: administradores, proyectistas, ingenieros e incluso autoridades de otros jefaturas locales, optimicen la calidad de vida de la colectividad.

### **1.5.3 Justificación metodológica**

Por la importancia que tiene la presente investigación, metodológicamente nos permite conocer cómo hacer para lograr que los resultados evidencien que tanto el objetivo general así como los objetivos específicos se cumplan, para así tener la relevancia científica necesaria para la presente investigación.

### **1.5.4 Justificación social**

La presente investigación realiza el aporte a la ciudad de Piura, por la preocupante contaminación ambiental como sanitaria, debido a la presencia de posibles amenazas de desastres naturales, esto es aportando para la optimización de concreto permeable que sirva al mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la zona estudiada.

## **1.6 Hipótesis de la investigación**

### **1.6.1 Hipótesis General**

La adición de fibras de polipropileno influye en la optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis Específica 1**

El diseño de mezcla óptimo para del concreto permeable según el tamaño del agregado es aquel que utiliza agregado de mayor tamaño.

#### **Hipótesis Específica 2**

La adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la compresión, para lograr la optimización del concreto permeable.

### **Hipótesis Específica 3**

La adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla incrementa la permeabilidad, para lograr la optimización del concreto permeable.

## **1.7 Objetivos de la investigación**

### **1.7.1 Objetivo General**

Evaluar la influencia de la adición de fibras de polipropileno en la optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

#### **Objetivo Específico 1**

Determinar el diseño de mezcla para la optimización del concreto permeable según el tamaño del agregado para la adición de fibras de polipropileno en 4, 8 y 12% respecto al peso del cemento.

#### **Objetivo Específico 2**

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla.

#### **Objetivo Específico 3**

Determinar la influencia en la permeabilidad, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla.

## II. METODOLOGÍA

Según (Kerlinger, 1975), asevera que: “La exploración científica es un procedimiento controlado, sistemático, empírico y crítico sobre las presuntas relaciones entre fenómenos naturales”.

Esta investigación tiene como método científico, porque se fundamenta en fenómenos observables de la realidad, como son los efectos que trae consigo un seísmo.

### 2.1. Diseño de investigación

La presente sugerencia está esbozada bajo factores de tipo de estudio descriptivo dado que solo procura representar las particularidades de los concretos permeables y el sistema de drenaje pluvial actual tal cual se muestran en la realidad para establecer su comportamiento.

De acuerdo al boceto de investigación este proyecto representa a uno no experimental puesto que las variables en estudio no se confeccionarán solo se detallarán.

### 2.2. Tipo de Investigación

#### **Investigación aplicada**

Al respecto (Mendoza, 2012, pág. 12), considera que la exploración es denominada práctica o empírica, guarda intrínseca correspondencia con la investigación básica, porque depende de los descubrimientos y avances de esta última, enriqueciéndose de los mismos, con utilización y secuelas prácticas de los conocimientos.

La tesis tiene un tipo de investigación aplicada que es la utilización de los conocimientos de la investigación básica y emplearlos a la práctica en la mayoría de los casos, en beneficio de la colectividad. Debemos tener presente que ambas, investigaciones aplicada y básica, buscan resolver problemas. En la investigación aplicada, el investigador busca solucionar un problema, conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. En otras palabras, el énfasis de la investigación aplicada es la resolución práctica de dificultades.

### **2.3 Nivel de investigación**

Según (Hernández, 2010) presentó cuatro niveles de investigación: Nivel explicativo, nivel descriptivo, nivel correlacional, nivel explicativo.

Según Belestrini, la explicativa es aquella que tiene relación casual no sólo apremia describir o acercarse a un problema, sino que pretende hallar las causas del mismo.

### **2.4 Variables y operacionalización de las variables**

#### **2.4.1 Variables**

##### **Variable dependiente**

Concreto permeable.

##### **Variable independiente**

Incorporación de polipropileno

#### **2.4.2 Operacionalización de las variables**

La operacionalización es el procedimiento de llevar una variable desde un nivel abstracto a un plano más concreto, su función es especificar al máximo el alcance que se le otorga a una variable en un categórico estudio.

Para ello las variables deben ser susceptibles de mediciones, para lograrlo las variables principales se deben descomponer en otras más específicas llamadas dimensiones, asimismo, es necesario interpretar estas dimensiones a indicadores, (Calderón y Alzamora, 2010, 32 p.).

**Tabla No. 4: Operacionalización de la variable 1**

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
<b>Concreto permeable</b>	“El concreto permeable es un tipo especial de concreto con un alto grado de porosidad. Normalmente el concreto permeable tiene pocos o no tiene agregados finos y tiene la suficiente cantidad de pasta de cemento para cubrir las partículas de agregado grueso preservando la interconectividad de los vacíos”. (Arango, 2014, p.23)	“El uso del concreto permeable no solo se remite a usarlo como pavimento de superficies vehiculares o muros de contención, hoy en día se le ha atribuyen una gama de utilidades, capas rígidas de drenaje bajo áreas exteriores de grandes centros comerciales, pisos de invernaderos para mantener el piso libre de agua estancada”, (Arango, 2014, p. 23)	Capacidad de resistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cargas estáticas</li> <li>➤ Cargas dinámicas</li> <li>➤ Porcentaje de vacíos: 15% a 40%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ficha de registro de datos</li> <li>➤ Análisis relación agua-cemento</li> <li>➤ Balanzas</li> </ul>	Razón
			Capacidad de soporte de la subrasante	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análisis granulométrico</li> <li>➤ Contenido de humedad</li> <li>➤ Índice CBR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análisis por tamizado</li> <li>➤ Norma MTC</li> <li>➤ Secado a horno</li> <li>➤ Envases</li> </ul>	
			Capacidad estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transmisión de esfuerzos</li> <li>➤ Resistencia al deslizamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Norma AASHTO 93</li> <li>➤ Ficha de registro de datos</li> <li>➤ Cálculos (fórmulas)</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla No. 5: Operacionalización de la variable 2**

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
<b>Incorporación de polipropileno</b>	Las fibras de polipropileno son productos sintéticos que se añade al concreto para proveer un refuerzo adicional, principalmente la reducción del agrietamiento, aumento importante de tenacidad, mejora de la resistencia al impacto, tracción y compresión entre otros beneficios (Huang et al., 2010).	La medida se efectuará mediante pruebas de dosaje porcentual con respecto al peso que tienen los materiales.	Dosificación del polipropileno en tiras	% de fibras de polipropileno con respecto al peso de los materiales (4%)	Las pruebas del dosaje porcentual de las tiras con respecto al peso que tienen los materiales.	Razón
				% de fibras de polipropileno con respecto al peso de los materiales (8%)	La pruebas del dosaje porcentual de las tiras con respecto al peso que tienen los materiales.	
				% de fibras de polipropileno con respecto al peso de los materiales (12%)	La pruebas del dosaje porcentual de las tiras con respecto al peso que tienen los materiales.	

Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Población, muestra y muestreo

### 2.5.1 Población

La población es el conjunto de elementos que son tema de estudio; desde el punto de vista estadístico, (Borja S., 2012 pág. 30).

La población está conformada por las urbanizaciones que abarcan la Av. Sánchez Cerro, es decir Urb. Pachitea, Urb. Talara, Urb. Grau, Urb. Bancaria, Urb. Barrio Norte.

### 2.5.2 Muestra

Una muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se acopian datos, y que tiene que circunscribirse con una exactitud, este deberá ser característico de dicha población, (Hernández, 2016 pág. 152).

La muestra sería la Av. Sánchez Cerro.

### 2.5.3 Muestreo:

#### Muestreo probabilístico

El muestreo probabilístico es un muestreo en el cual todos los elementos de la población tienen la eventualidad de ser escogidas, (Namakforoosh, 2015 pág. 133).

Para la determinar el tamaño de la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$n = \frac{(p.q)Z^2.N}{(EE)^2.(N-1)+(p.q)Z^2}$$

Siendo:

n = 97 Tamaño de la muestra

N = 1.96 Tamaño de la población

Z = 1.65 Valor de la distribución normal estandarizada proporcionado al nivel de confianza; para el 90%

E = 7% Máximo error permisible

p = 95% (0.95) posibilidad de éxito

q = 5% (0.05) posibilidad de fracaso

## 2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.6.1 Técnica e instrumentos

Para lograr el objetivo definido en la segunda finalidad específica de este proyecto se proyecta emplear las consiguientes metodologías e instrumentos:

Para lograr promover el adecuado empleo y mantenimiento del pavimento permeable en los habitantes de la Av. Sánchez Cerro, se ha visto la necesidad de elaborar un Plan de concientización para el mantenimiento preventivo de dicha avenida en Piura, en este plan se formulará una encuesta la cual valorará a los transitables acerca de la perspectiva ambiental actual, además del impacto que tiene el FEN; así mismo cuánto saben del concreto permeable.

Añadido a esto, se les comunicará acerca de las prerrogativas que tiene este nuevo material utilizado en el sistema de drenaje pluvial diseñado que establecerá parte de esta nueva avenida, se creará cuidado entre los transitables acerca de cómo podrán mantener en buen estado esta avenida, y al terminar el programa, reiteradamente serán valorados para estar al tanto de su nivel de aprobación frente a esta nuevo proceso.

**Tabla No. 6: Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

<b>OBJETIVO</b>	<b>FUENTE</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>LOGRO</b>
Determinar cómo la optimización del concreto permeable influye para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la avenida Sánchez Cerro	Habitantes transitables de la Av. Sánchez Cerro en Piura.	Aplicación de encuestas.	Cuestionarios dirigidos con la realidad del problema.	Generar el interés por parte de los habitantes que transitan por la Av. Sánchez Cerro en Piura, para su conservación.

*Fuente: Elaboración propia.*

## 2.7 Validez y confiabilidad

### 2.7.1 Validez

“Es la categoría en que un instrumento efectivamente mide la variable que se pretende medir”. (Ospino Rodríguez, 2004, pág. 168).

La interpretación de la magnitud del coeficiente de validez es de a siguiente manera:

**Tabla No. 7: Rango y Magnitud de Validez**

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

“La validez de expertos es el grado en que un instrumento de medición mide la variable en cuestión, en concordancia con “voces calificadas”, (Hernández *et al.*, 2010, 204 p.).

El instrumento que se empleo para la investigación fue evaluado a juicio de expertos, en este caso fue valorado por tres ingenieros civiles expertos, la que se detalle a continuación.

**Tabla No. 8: Coeficiente de validez por juicio de expertos.**

Validez	Ing.	Ing.	Ing.	Promedio
Variable Independiente	1	1	1	1
Variable Dependiente	1	1	1	1
Índice de validez				1

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.2 Confiabilidad

“La confiabilidad de un cuestionario se reseña la consistencia de las puntuaciones logradas por los mismos individuos cuando se las inspecciona en distintas ocasiones con los mismos cuestionarios”. (Bernal Torres, 2006, p. 214)

En el presente proyecto de investigación los datos serán interpretados con la siguiente tabla de rango y magnitud de confiabilidad:

**Tabla No. 9:** *Rango y magnitud de confiabilidad*

<b>Rangos</b>	<b>Magnitud</b>
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1.0	Confiabilidad perfecta

*Fuente: Herrera (1998) señalado por (Confiabilidad y Validez de instrumentos de investigación, 2013 p. 5)*

### 2.8 Métodos de análisis de datos

El presente proyecto para optimizar la optimización de concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro en Piura, emplea como plataforma imprescindible las particularidades emanadas del concreto permeable, ya que este material es competente de colar grandes cantidades de agua, impidiendo de esta forma el empozamiento en dicha ruta y la avería del sistema de saneamiento.

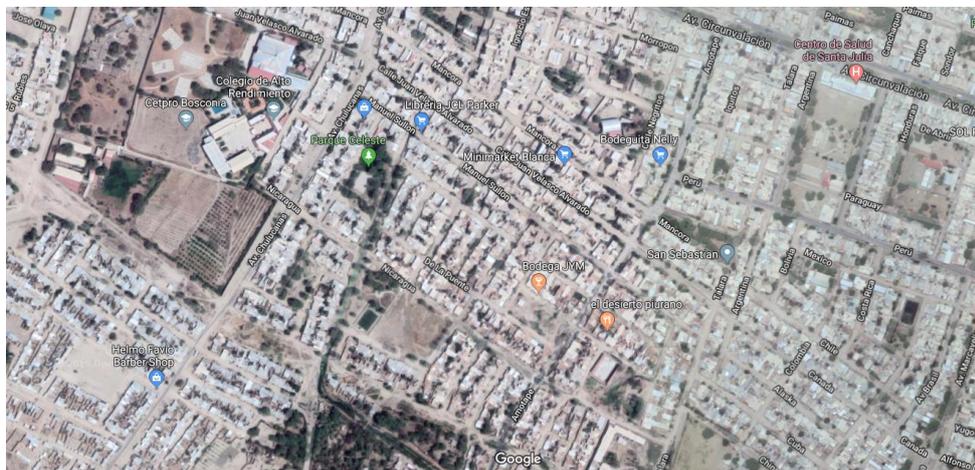
Así mismo la influencia de este ejemplar de edificaciones civiles en la ciudad de Piura, como es la transformación del sistema de desagüe pluvial, siendo una opción a tomar en cuenta para atenuar el impacto perjudicial de desbordamiento ocasionado por el Fenómeno de El Niño.

## 2.9. Ensayos realizados

### 2.9.1. Ensayo para determinar la granulometría del agregado

#### 2.9.1.1. Ubicación del área de investigación

El área en estudio se encuentra ubicado en la Av. Sánchez Cerro en Piura (Ver Imagen N°01).



*Imagen No. 4: Ubicación satelital del área de investigación.*

#### 2.9.1.2. Objetivo:

- Establecer la granulometría del suelo, con una sucesión de tamices en fracciones de tamaño descendentes.
- Establecer la repartición del tamaño de partículas del suelo.
- Delinear la curva granulométrica
- Catalogar el suelo por el método SUCS y AASHTO

Con el estudio granulométría, se puede establecer que el suelo del terreno, es un suelo de grano grueso compuesto por grava arcilla un poco de limo, lo cual nos enseña que es un suelo de baja capacidad de resistencia.

#### 2.9.1.3. Normas que se aplican: ASTM D-422

Este método de ensayo cubre la determinación cuantitativa de la distribución de dimensiones de partículas en los suelos. La repartición de tamaños de partículas mayores de 75 micrómetros (retenido en el tamiz N° 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de tamaños de partículas menores que 75 micrómetros se establece mediante un proceso de sedimentación mediante un hidrómetro. Los balances, aparato de conmoción, hidrómetros, cilindros de

sedimentación, termómetro, tamices, baño de agua o sala a temperatura constante, vaso y el dispositivo de temporización empleados en el método se especifican. Análisis por tamizado, el examen del hidrómetro y el análisis de humedad ligroscópica se ejecuta en el suelo de la muestrva.

#### **2.9.1.4. Instrumentos y equipos**

- Juego de tamices de ensayo (3, 2 ½, 1 ½, 1, ¾, ½, 3/8, N° 4, N° 10, N° 20, N° 60, N° 100, N° 200, con fondo y tapa).
- Balanza 0.1 gr de precisión.
- Horno cap. 110°C ± 5°C.



*Imagen No.5: Juego de tamices utilizados para el análisis granulométrico.*

#### **2.9.1.5. Procedimiento**

- Cuartear el suelo hasta tener una muestra representativa según el TM de grava.
- Secar al horno a 110°C ± 5°C de 16 a 24 horas.
- Una vez frío el suelo pesar y lavar por el tamiz N° 200.
- Secar el material de 16 a 24 horas a 110°C ± 5°C.
- Tamizar por los respectivos tamices.
- Obtención de los datos y cálculos pertinentes.

Siguiendo la misma norma, se realiza el procedimiento mediante el cual se separa el material por las mallas, el retenido será agregado grueso que quede en la malla No. 4 y el fino será el que pase aquel tamiz.

La muestra, antes de tamizarse fue lavada y secada en el horno por 24 horas y una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .



*Imagen No. 6. Secado de material en horno.*

Una vez logrado el material seco y libre de contaminaciones se vierte el juego de tamices y se comienza el proceso con ligeros golpes y volteando el conjunto hasta obtener peso invariable en cada tamiz.

Toda cantidad obtenida fue pesada, así como también el que quedó en la base, se deberá pesar todo el material previamente, para luego confrontarla con la suma obtenida en los retenidos de las mallas, cuya diferencia no debe exceder el 0.3%.



*Imagen No. 7. Pesado de muestra de suelo para determinar el contenido de humedad.*

### **2.9.2. Límites de Atterberg**

Son ensayos de laboratorio regulados que admiten lograr los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS).

Para obtener estos límites se requiere remoldear (manejar) la muestra de suelo destruyendo su estructura original y por ello es que una representación del suelo en sus condiciones naturales es definitivamente necesaria y complementaria.

Para ejecutar los límites de Atterberg se trabaja con todo el material menor que la malla #40 (0.42 mm). Esto quiere decir que no solo se trabaja con la parte fina del suelo (< malla #200), sino que se incluye indistintamente la fracción de arena fina.

### **2.9.2.1. Objetivo**

Una vez elaborado el análisis granulométrico el cual nos admite estudiar el tamaño de estas partículas y medir la calidad que tendrán según la fracción de suelo que representen (gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas). Si bien un análisis granulométrico es bastante para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

Algunos suelos cambian de consistencia en función al contenido de humedad. En el suelo se definen cuatro estados: solido, semisólido, plástico y líquido. El límite entre esos estados se denominan límites de Consistencia y son: Limite de Contracción (LC, Ws), Limite Plástico (LP, Wp) y Limite Líquido (LL, WI). Solo estableceremos el L. Plástico, y el L. Líquido, debido a que el L. Contracción, es un ensayo más complicado y puede ser toxico debido a que involucra mercurio.

### **2.9.2.2. Materiales:**

- Máquina de Casagrande (referencia: norma ASTM N° D-4318-95a)
- Acanalador (misma referencia)
- Balanza de sensibilidad 0.1 g.
- Espátula de acero flexible
- Cápsulas de porcelana
- Placa de vidrio
- Horno regulable a 110°
- Agua destilada



*Imagen No. 8: Determinación del contenido de la humedad.*

### **2.9.2.3. Procedimiento**

Se utiliza exclusivamente la parte del suelo que pasa por la malla # 40 (0.42 mm). Se procede a adicionar o descartar agua según sea necesario y remover la muestra hasta alcanzar una pasta semi-líquida homogénea en términos de humedad.

Para los limos y suelos arenosos con poco contenido de arcilla el ensayo se podrá realizar inmediatamente después de agregar agua. Para los limos arcillosos será necesario conservar la pasta alrededor de 4 horas en un depósito cubierto. Para las arcillas este tiempo deberá aumentarse a 15 o más horas para asegurar una humedad uniforme de la muestra.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de espesor con el suelo. Continuando estos procedimientos se definen 3 Límites de Atterberg:

1. Límite líquido: Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se emplea la cuchara de Casagrande.
2. Límite plástico: Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.
3. Límite de retracción o contracción: Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

#### **2.9.2.4. Límite de consistencia**

Son límites que se fundan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden hallarse en distintos estados, dependiendo de contenido de agua. Así un suelo puede hallar un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

##### **2.9.2.4.1 Objetivo:**

- Determinar el contenido de humedad de un suelo para evaluar su consistencia
- Determinar el contenido de humedad en el Límite de Plástico
- Analizar la cantidad de contenido de humedad en el límite líquido
- Estudiar la relación entre el límite plástico y el límite líquido queda como un resultado el índice de plasticidad.

##### **2.9.2.5. Normas que aplican: ASTM D-4318**

##### **2.9.2.6. Procedimiento**

Se proporcionan dos procedimientos para la preparación de los especímenes para los ensayos y dos procedimientos para efectuar el límite líquido:

- Ensayo multipunto manejando un procedimiento de preparación húmedo.
- Ensayo multipunto manejando un procedimiento de preparación seca.
- Ensayo de un punto manejando un procedimiento de preparación húmedo.
- Ensayo de un punto manejando un procedimiento de preparación seca.



*Imagen No.9. Determinación del ensayo de Límite líquido.*

##### **2.9.2.7. Límite líquido**

Son ensayos cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede formarse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

En este límite el contenido de humedad (PW) en la película de agua se hace tan gruesa que la unión empequeñece y la masa de suelo fluye por acción de la gravedad. Se ejecuta este proceso en la cazuela y se hace una pasta de suelo: Agua.

- Se tamiza 5000gr. de suelo (seco al aire), por la malla N° 40 al cual se le realizó el cuarteo para tomar una muestra típica de 500 gr. luego se dejó saturar durante 24 horas con la finalidad de que el agua ocupe todos los espacios vacíos del suelo. Una vez saturado el suelo se procede.
- Se calibra la copa de Casagrande verificando que la altura de la máquina del límite líquido sea exactamente de 1cm de altura. Se coloca un gr. de suelo saturado en el recipiente de porcelana, agregamos una pequeña cantidad de agua, y mezclamos escrupulosamente el suelo hasta obtener una muestra pastosa y de color uniforme puesto que estas tipologías son indicadores de que la muestra está en un estado adecuado para el ensayo
- Colocar con la espátula una muestra de la pasta en la copa Casagrande de manera que tengamos una superficie de 10mm de espesor.
- Después se efectúa la ranura y se giró la manivela registrando el número de golpes necesarios para cerrar en una longitud aproximada de 10mm.
- Se toma una muestra para medir el contenido de humedad del suelo colapso en una ranura asegurándose que corresponda a la zona donde se cerró la ranura y la pasta restante se regresó al plato de evaporación para la siguiente repetición.
- Se repite la sucesión para tres pruebas agregados con número de golpes comprendido entre 25 y 30, entre 20y 25 y entre 15 y 20 respectivamente.

#### **2.9.2.8. Límite Plástico**

Indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica, y el índice de liquidez, que indica la proximidad del suelo natural al límite líquido, son características especialmente útiles del suelo.

- De la pasta dispuesta para el ensayo anterior se tomó porciones pequeñas creando esferas (aprox. 6) que se situaron sobre la placa de vidrio para iniciar la prueba del límite plástico una vez acabado el ensayo del límite líquido.
- Se tomaron dos esferas y se rolaron sobre la placa de vidrio empleando una presión suficiente para moldearlo en forma de una varilla cilíndrica, cuando el diámetro del cilindro de suelo llegó a 3mm y aun no se produjo rotura en pequeños pedazos se moldea reiteradamente de la misma manera hasta que se produzca la rotura. Si el cilindro se derrumba a un diámetro superior a 3mm., esta condición es satisfactoria para precisar el límite plástico.



*Imagen No.10. Determinación del ensayo de Límite plástico.*

- A la muestra que ha sufrido rotura se le establece el contenido de humedad. El valor conseguido se promediara con el alcanzado en otras repeticiones.

#### **2.9.2.9. Objetivo:**

- Caracterizar el comportamiento de los suelos finos.
- Medir de la resistencia a la deformación de un suelo de grano fino (arcillas y limos), expresada en su grado de cohesión y adhesión.

### 2.9.3 Diseño de mezcla

Basándose en el objetivo inicial, el cual busca encontrar el diseño de la mezcla de concreto permeable que sea idóneo para poder añadir las fibras plásticas de polipropileno de 3mm x 30mm, se ha planteado un diseño de mezcla (considerando en empleo de las normas ACI522R y ACI 2113R-02 que tratan sobre el uso de agregados), se va a emplear el Huso N°08 (el huso con el cual se obtendrá una mejor resistencia a la compresión, coeficientes de permeabilidad tolerables y un el mínimo de contenido de vacíos) y el Huso N° 57 se emplea de acuerdo a los antecedentes.

#### 2.9.3.1 Materiales y diseño

Se siguió la norma ACI 211.3R-02 que trata sobre las proporciones a usar para un concreto que tenga slump cero, también se empleó la ACI 522R-10.

Se emplearon los siguientes materiales.

- Cemento: INKA portland tipo IP de peso específico  $Pec = 2.99 \text{ gr/cm}^3$
- Agua: Potable de peso específico  $Pew = 1 \text{ gr/cm}^3$
- Agregado: Av. Sánchez Cerro, con las especificaciones indicadas.

**Tabla N° 10.** *Especificaciones de la Av. Sánchez Cerro*

Propiedad	Agregado Grueso		Agregado fino
	Huso N° 57	Huso N° 8	
TMN (Tamaño máximo nominal)	1"	½"	N°4
Pe (Peso específico)	2440 kg/m <sup>3</sup>		2610 kg/m <sup>3</sup>
Pe(sss) (Peso específico SSS)	2.52 gr/cm <sup>3</sup>		2.72 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	Huso N° 57	Huso N° 8	1710 kg/m <sup>3</sup>
	1572 kg/m <sup>3</sup>	1617 kg/m <sup>3</sup>	
Peso unitario compactado	Huso N° 57	Huso N° 8	1818 kg/m <sup>3</sup>
	1671 kg/m <sup>3</sup>	1688 kg/m <sup>3</sup>	
Absorción	3.45 %		4.06 %
Contenido de humedad	1.37%		4.34%

*Fuente: Municipalidad provincial de Piura.*

## 2.9.3.2 Proceso de diseño

### 2.9.3.2.1 Elección de la intensidad de lluvia de diseño

Díaz (2017, pág. 85) en la tesis “Análisis y propuesta de uso de biodigestor en el tratamiento de aguas residuales del sistema de desagüe del distrito de Piura, Piura, Piura”, menciona que analizó la frecuencia de precipitaciones máximas que ocurrieron en un lapso de 24 horas, todo ello usando los resultados pertenecientes de 1994 hasta el 2013.

**Tabla N° 11.** *Precipitación máxima en 24 horas*

**ESTACIÓN:**

CP-708 (PIURA) PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm.)

LATITUD 09°43'01"

DEPARTAMENTO: PIURA

LONGITUD 77°28'01"

PROVINCIA: PIURA

ALTITUD 3840.0 m.s.n.m.

DISTRITO: PIURA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX.
1994	26.30	27.30	24.20	15.60	29.90	0.40	0.00	0.00	9.70	17.90	15.20	22.20	29.90
1995	19.40	29.00	15.60	2.00	3.80	0.00	0.00	3.20	4.60	10.20	14.50	17.13	29.00
1996	36.90	18.70	16.80	20.40	0.00	0.00	2.90	4.40	0.80	8.60	18.60	15.60	36.90
1997	24.00	32.40	23.20	19.50	0.80	0.00	0.00	12.50	28.80	20.00	11.20	9.70	32.40
1998	42.90	25.70	24.10	7.10	0.00	4.90	0.00	4.30	4.50	14.70	11.70	21.30	42.90
1999	36.10	26.70	36.00	33.50	7.50	0.00	1.50	1.50	5.60	38.20	10.80	11.40	38.20
2000	30.90	30.70	31.60	17.85	10.20	4.60	6.40	12.70	6.30	16.10	17.00	26.15	31.60
2001	25.70	37.70	39.40	17.00	8.40	2.20	0.00	7.00	8.40	14.00	23.00	23.30	39.40
2002	36.10	23.70	22.80	18.70	12.00	7.00	12.80	18.40	4.20	18.20	11.00	29.00	36.10
2003	35.60	23.20	12.10	28.00	12.80	4.80	0.20	4.00	24.80	11.10	5.70	26.20	35.60
2004	30.40	28.30	24.70	15.90	7.30	1.20	0.30	6.80	15.10	13.90	16.60	22.80	30.40
2005	30.10	26.50	19.70	17.80	6.10	2.80	0.70	11.40	16.70	18.00	14.90	20.20	30.10
2006	40.90	37.80	32.20	20.50	10.90	2.20	0.00	7.20	11.50	15.90	18.10	29.00	40.90
2007	67.20	35.40	26.80	20.90	12.80	0.00	1.20	3.40	6.30	14.40	12.70	26.70	67.20
2008	28.70	35.70	31.20	20.10	6.00	2.00	0.20	11.60	6.90	14.80	11.90	20.30	35.70
2009	32.40	26.30	21.30	16.00	8.40	0.00	1.70	0.00	8.50	10.00	15.20	23.30	32.40
2010	33.00	24.60	16.80	7.20	10.60	0.00	0.00	4.30	6.30	8.60	5.20	21.00	33.00
2011	25.40	28.20	14.80	14.20	2.60	0.00	5.30	0.20	17.30	15.60	13.20	20.60	28.20
2012	28.70	28.70	27.50	15.40	0.00	0.20	0.00	5.70	1.70	4.50	44.40	20.40	44.40
2013	16.20	28.70	32.60	7.80	7.80	6.20	0.90	4.30	7.80	11.30	26.00	41.00	41.00

*Fuente: Díaz, 2017.*

Tomada la referencia, se tiene como fuerza de lluvia de diseño el valor de 225.70mm/h.

### 2.9.3.2 Elección del porcentaje de vacíos

Gracias a la intensidad de lluvia de diseño y empleando el siguiente gráfico (Figura 15), podemos calcular el contenido de vacíos para el huso N°57 y con respecto al huso N° 08, el contenido de vacíos a escoger es mencionado en el punto 2.9.3, la cual se escogió para poder garantizar una permeabilidad adecuada.

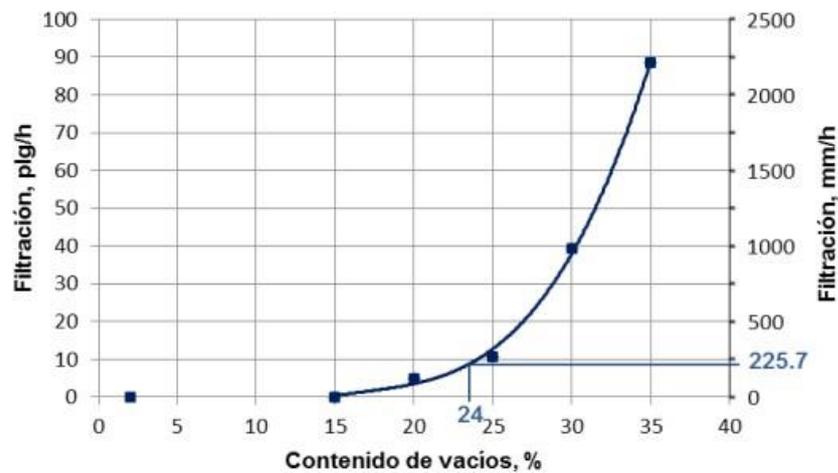


Figura No. 3. Adaptación de curva de contenido de vacíos vs filtración. ACI 522R-10.

Adaptada la referencia, se tiene como porcentaje de vacíos el valor de 24% (huso N°57) y 15% (huso N°08).

### 2.9.3.2.3 Elección del valor de resistencia a la compresión

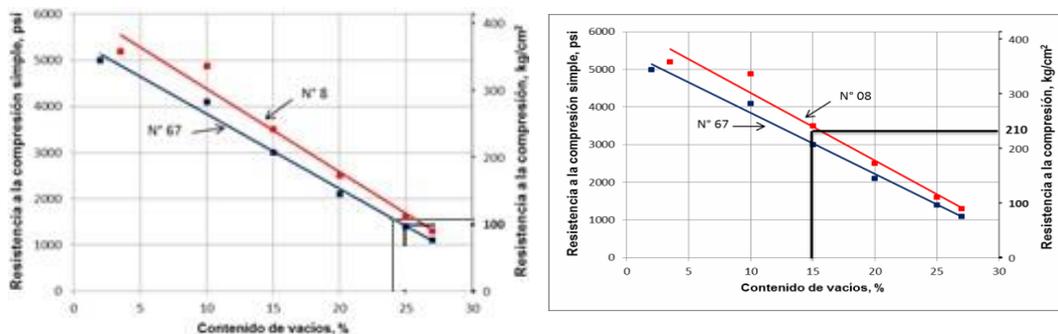


Figura No. 4. Adaptación de curva de contenido de vacíos vs resistencia a la compresión. Fuente: ACI 522R-10.

Adaptada la referencia, se tienen como resistencia a la compresión 105.04 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente a 105 kg/cm<sup>2</sup> (para el huso N°57) y 210 kg/cm<sup>2</sup> (para el huso N°8).

#### 2.9.3.2.4 Relación agua/cemento (a/c)

Siguiendo el ACI 522R-10 y el ACI 211.3R-02, exhorta usar como relación de a/c un valor de 0.40 ya que con ese valor se probó que la pasta cubra correctamente los áridos empleados sin tener que complicar la permeabilidad del concreto permeable.

#### 2.9.3.2.5 Trabajabilidad requerida

Obtenida a través del cono de Abrams, gracias al cual podemos comprobar que el asentamiento (slump) es de cero.

#### 2.9.4 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó mediante ASTM C 39/39M, NTP 339.034. Se contó con agregados de tamaño nominal de 1/2" y 3/4", con una energía de compactación adecuada de número de golpes en 4 capas. En el Tabla N°8 se indica la cantidad de muestras y la distribución de las probetas por tipo de diseño que fue realizado.

**Tabla N° 12. Número de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>				
<b>DISEÑO</b>		<b>NÚMERO DE DÍAS</b>		
		<b>7 DÍAS</b>	<b>14 DÍAS</b>	<b>28 DÍAS</b>
<b>SIN TIRAS</b>	<b>CURVA NATURAL</b>	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
	<b>HUSO N° 8</b>	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
<b>CON TIRAS</b>	<b>0.04%</b>	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
	<b>0.08%</b>	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
	<b>0.12%</b>	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
TOTAL = 45 probetas de concreto permeable.				

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla No. 13 Resultados de ensayo de compresión uniaxial probetas 1 al 18.**

PROBETA		FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	PROBETA			f <sub>c</sub> (DISEÑO) (Kg./cm <sup>2</sup> )	CARGA		RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm2)	PORCENTAJE DE RESISTENCIA	TIPO DE FRACTURA
No.	COD.				DIA. (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )		Lbs.	Kg.			
1	CN - 1	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.5	5534.5	175	20393.80	14026	77.30	44.17	3
2	CN - 2	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	20286.21	13952	77.09	44.05	3
3	CN - 3	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	180.5	5505.4	175	20728.22	14256	78.98	45.13	3
4	ST - 1	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.5	5534.5	175	26515.14	18236	100.50	57.43	3
5	ST - 2	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.7	5541.8	175	28646.00	18326	100.86	57.63	3
6	ST - 3	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	28643.10	18324	101.25	57.86	3
7	CT (0.04%) - 1	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.5	5534.5	175	30740.47	21142	116.51	66.58	3
8	CT (0.04%) - 2	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	180.5	5505.4	175	30312.99	20848	115.50	66.00	2
9	CT (0.04%) - 3	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	180.7	5512.7	175	30427.86	20927	115.78	66.16	3
10	CT (0.08%) - 1	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	180.5	5505.4	175	28931.69	19698	110.24	62.99	3
11	CT (0.08%) - 2	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.2	5527.2	175	29075.64	19997	110.35	63.06	2
12	CT (0.08%) - 3	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	28985.49	19935	110.15	62.94	3
13	CT (0.12%) - 1	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.2	5527.2	175	27076.39	18622	102.76	58.72	2
14	CT (0.12%) - 2	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.7	5541.8	175	27259.59	18748	103.18	58.96	3
15	CT (0.12%) - 3	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	26990.60	18663	102.57	58.61	3
16	CN - 4	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	26813.21	18441	101.76	58.15	3
17	CN - 5	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	180.7	5512.7	175	26952.80	18537	102.56	58.61	3
18	CN - 6	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	26853.93	18469	101.91	58.24	2

Fuente: GMIG Ingenieros.

**Tabla No.14 Resultados de ensayo de compresión uniaxial probetas 19 al 36.**

PROBETA		FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	PROBETA			f <sub>c</sub> (DISEÑO) (Kg./cm <sup>2</sup> )	CARGA		RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm2)	PORCENTAJE DE RESISTENCIA	TIPO DE FRACTURA
No.	COD.				DIA. (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )		Lbs.	Kg.			
19	CN - 7	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.5	5534.5	175	31880.40	21926	120.83	69.05	2
20	CN - 8	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.0	5519.9	175	31527.08	21683	119.81	68.46	3
21	CN - 9	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	180.5	5505.4	175	31794.62	21867	121.14	69.22	3
22	ST - 4	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.5	5534.5	175	35740.77	24581	135.46	77.41	3
23	ST - 5	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.7	5541.8	175	35777.12	24606	135.42	77.38	2
24	ST - 6	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.0	5519.9	175	35704.42	24556	135.68	77.53	3
25	CT (0.04%) - 4	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.5	5534.5	175	39100.97	26892	148.20	84.69	3
26	CT (0.04%) - 5	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	180.5	5505.4	175	38913.40	26763	148.27	84.72	2
27	CT (0.04%) - 6	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	180.7	5512.7	175	38932.30	26776	148.14	84.65	3
28	CT (0.08%) - 4	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	180.5	5505.4	175	38405.25	25038	138.71	79.26	3
29	CT (0.08%) - 5	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	38730.95	25262	139.40	79.66	2
30	CT (0.08%) - 6	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.0	5519.9	175	38661.16	25214	139.32	79.61	3
31	CT (0.12%) - 4	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	32328.24	22234	122.69	70.11	2
32	CT (0.12%) - 5	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.7	5541.8	175	32328.24	22234	122.37	69.92	3
33	CT (0.12%) - 6	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.0	5519.9	175	32188.65	22138	122.32	69.90	3
34	ST - 7	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	43184.90	29687	163.82	93.61	3
35	ST - 8	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	180.7	5512.7	175	43034.04	29597	163.75	93.57	3
36	ST - 9	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	43201.25	29712	163.96	93.69	3

Fuente: GMIG Ingenieros.

**Tabla No. 15 Resultados de ensayo de compresión uniaxial probetas 37 al 45.**

PROBETA		FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	PROBETA			f <sub>c</sub> (DISEÑO) (Kg./cm <sup>2</sup> )	CARGA		RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm2)	PORCENTAJE DE RESISTENCIA	TIPO DE FRACTURA
No.	COD.				DIA. (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )		Lbs.	Kg.			
37	CT (0.04%) - 7	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.0	5519.9	175	50116.47	34468	190.45	108.83	3
38	CT (0.04%) - 8	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.9	5549.1	175	50197.90	34524	189.76	108.43	2
39	CT (0.04%) - 9	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	180.7	5512.7	175	49985.61	34378	190.20	108.89	3
40	CT (0.08%) - 7	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.0	5519.9	175	45425.87	31242	172.63	98.64	3
41	CT (0.08%) - 8	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.5	5534.5	175	45501.48	31294	172.46	98.55	2
42	CT (0.08%) - 9	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	45536.37	31318	172.82	98.75	3
43	CT (0.12%) - 7	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.7	5541.8	175	38948.30	26787	147.43	84.24	3
44	CT (0.12%) - 8	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	180.7	5512.7	175	39022.45	26838	148.49	84.85	3
45	CT (0.12%) - 9	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	38945.39	26785	147.80	84.46	3

Fuente: GMIG Ingenieros.



*Imagen No. 11 Probetas con tiras al 0.08%.*

Se procedió al curado, para los 7, 14 y 28 días planteados desde el principio, para este proceso se emplearon las condiciones estándar de  $2+3^{\circ}\text{C}$  (no fue impregnada en cal tratando de simular las entornos reales a las que sería sometido el concreto al emplearse en una situación real).

Posteriormente, se usó la prensa hidráulica para rotura de probetas con las muestras a cada 7, 14 y 28 días, tanto con tiras como sin tiras, para poder obtener cada uno de los resultados y poder analizarlos.



*Imagen 12. Proceso de rotura de probeta antes de ser ensayada.*

### **2.9.5 Ensayos para determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable**

El ensayo de permeabilidad se realizó siguiendo la ASTM – C0949 y la ACI – 522R10, ya que estas normas dan como sugerencia el tamaño de las probetas, necesarios para obtener resultados favorables (10cm x 15cm) y el coeficiente requerido se obtuvo mediante la Ley de Darcy.

**Tabla N° 16. Número de muestras para el ensayo de permeabilidad**

<b>ENSAYO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>		
<b>SIN TIRAS</b>	<b>CURVA NATURAL</b>	3 muestra
	<b>HUSO N° 8</b>	3 muestra
<b>CON TIRAS</b>	0.05%	3 muestra
	0.10%	3 muestra
	0.15%	3 muestra
<b>TOTAL</b>	<b>15 testigos de concreto permeable.</b>	

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.9.5.1 Instrumentos y Procedimiento

Los equipos obligatorios para la ejecución de este ensayo son:

- Permeámetro de carga variable elaborado según ACI 522R
- Cortadora de concreto de disco.
- Cronómetro.

Se procede a elaborar el permeámetro. El Permeámetro de carga variable fue construido en función de las recomendaciones indicadas por el ACI 522R-10, el cual está basado en el equipo original elaborado por Neithenalth en su reporte "*Develoment and characterization of acoustially efficient cementitious materials*". Este equipo ayudará a medir el coeficiente de permeabilidad, mediante las lecturas de la variación de la cabeza de presión de agua en el tiempo a través de la estructura del concreto permeable. La forma del permeámetro, ayuda a eliminar posibles errores que pueden presentarse al calcular la caída de presión, por tal motivo el tubo de drenaje deberá llegar hasta la base de la probeta. De estar en un nivel inferior la presión de salida estaría afectada también por la estructura interna de la muestra.

Se procede a cortar las briquetas de concreto a la medida necesaria (10cm x 15cm). Se emplea el permeámetro para poder calcular la caída de cabeza, se buscó impermeabilizar la briquea cortada para no permitir que el agua vaya a brotar por los costados, luego se echó el agua en la probeta graduada y ello hace que llene tanto la tubería de drenaje.

Al estar colocada la briquea, se permite que el agua pueda drenar por fuera, recorriendo por la tubería y evitando vacíos de aire (espécimen saturado), para poder llegar acomodar el nivel que se puede observar en la probeta graduada y se constata que tenga el mismo nivel que el que se encuentre superior a la tubería de drenaje.

Al tener cerrada la válvula, la probeta graduada se llenó de agua, posteriormente se abrió la válvula para poder anotar el tiempo (seg.) en el que el agua pueda caer a ambas alturas (cabeza inicial y final).

### 2.9.6 Ensayo para determinar el contenido de vacíos del concreto permeable

Con este ensayo se buscó determinar la proporción de vacíos que contenga nuestro concreto permeable, así como también su densidad en estado endurecido.

Se buscó calcular el volumen de los sólidos presentes en las probetas, para ello, se procedió a triturar el testigo de concreto permeable, luego, a través del volumen desalojado hallado y desplazamiento (básicos en mecánica de fluidos), se puede encontrar el volumen que contengan los sólidos sumergidos, ya que son irregulares.

**Tabla N° 17. Número de muestras para el ensayo de porcentaje de vacíos**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>		
<b>SIN TIRAS</b>	<b>CURVA NATURAL</b>	3 muestra
	<b>HUSO N° 8</b>	3 muestra
<b>CON TIRAS</b>	0.05%	3 muestra
	0.10%	3 muestra
	0.15%	3 muestra
<b>TOTAL 15 testigos de concreto permeable.</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.10 Aspectos éticos

El investigador encargado de este proyecto es considerado en comprometerse a respetar la autenticidad del contenido y de los resultados expuestos al final del mismo. En esta medida se indica que se ha mencionado correctamente a los autores responsables del marco teórico, sustento neto de toda esta investigación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Ubicación del área de investigación

La región Piura tiene una geodesia variada, en su región costera recalca el desierto de Sechura, el más grande del Perú; en este se sitúa la depresión de Bayóvar, el área más baja del territorio peruano (37 m debajo del nivel del mar). Hacia el este, en la región andina, la región es más accidentada. Allí se sitúa el Paso de Porculla (2138 msnm), el paso más bajo de los Andes peruanos. La ciudad de Piura tiene un clima árido y cálido, con ausencia de lluvias en todo el año. La temperatura media máxima es 31,2°C (88,1°F) y la mínima 17,7°C (63,8°F). En los años en que se presenta el Fenómeno de El Niño, hay precipitaciones, principalmente entre los meses de diciembre y junio.

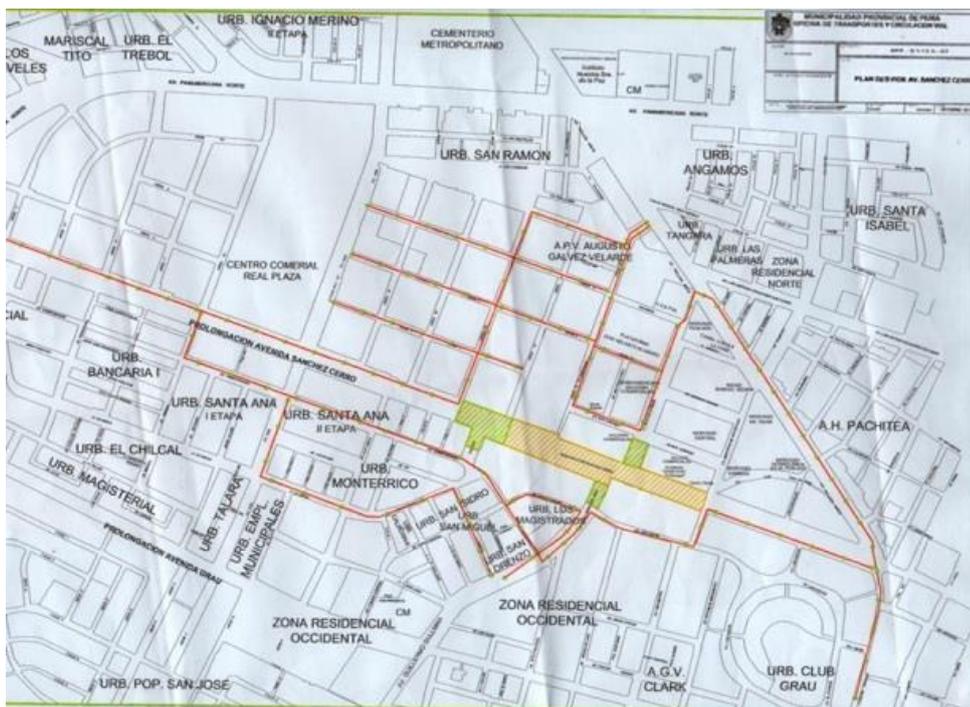


Figura No. 5. Ubicación del área de investigación.

#### 3.2 Topografía

El Distrito de Piura posee una topografía llana, con una altitud de 29 m.s.n.m., de bajo relieve, parejo y cercado de zonas áridas. El terreno es estable compuesto por suelos catalogados como SP-SM, arenas limosas, arcillas arenosas y arcillas con cascajos de conchuela, así como gravas redondeadas en matriz arenosa.

### 3.3 Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422 (Propiedades físicas)

Tabla No. 18: Muestra: afirmado, Profundidad: Base.

Tamiz	Abertura (mm)	% acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	92.0
1 ½"	38.100	84.3
1"	25.400	65.9
¾"	19.050	57.0
3/8"	9.525	39.7
Nº 4	4.760	30.0
Nº 10	2.000	25.4
Nº 20	0.840	21.0
Nº 40	0.426	15.9
Nº 60	0.250	14.2
Nº 100	0.149	5.4
Nº 200	0.074	4.5

Fuente: Ensayo



Figura No. 6: Curva granulométrica: Base.

#### Interpretación:

Se logró determinar su clasificación SUCS como GP que es un tipo de suelo denominado “Grava mal gradada con arena”, el cual tiene 70.0% de grava, 25.4% de arena, 4.5% de limos

y arcillas. Tiene un 1.8% de humedad, presenta un límite líquido de 0%, límite plástico de 0%, y un índice de plasticidad de 0%.

Tabla No. 11: Muestra: afirmado, Profundidad: Sub Base.

Tamiz	Abertura (mm)	% acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	71.0
1 1/2"	38.100	56.2
1"	25.400	44.8
3/4"	19.050	39.1
3/8"	9.525	31.9
N° 4	4.760	29.1
N° 10	2.000	27.3
N° 20	0.840	25.9
N° 40	0.426	20.3
N° 60	0.250	13.7
N° 100	0.149	13.3
N° 200	0.074	12.1

Fuente: Ensayo



Figura No. 7: Curva granulométrica: Sub Base.

**Interpretación:**

Se logró determinar su clasificación SUCS como GC-GM que es un tipo de suelo denominado “Grava arcillo-limosa con arena”, el cual tiene 70.9% de grava, 17.0 % de arena,

12.1% de limos y arcillas. Tiene un 2.6% de humedad, presenta un límite líquido de 25.3%, límite plástico de 18.7%, y un índice de plasticidad de 6.6%.

Tabla No. 12: Muestra: afirmado, Profundidad: Sub Rasante.

Tamiz	Abertura (mm)	% acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 ½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.760	100.0
N° 10	2.000	100.0
N° 20	0.840	99.4
N° 40	0.426	99.1
N° 60	0.250	98.6
N° 100	0.149	59.0
N° 200	0.074	42.9

Fuente: Ensayo

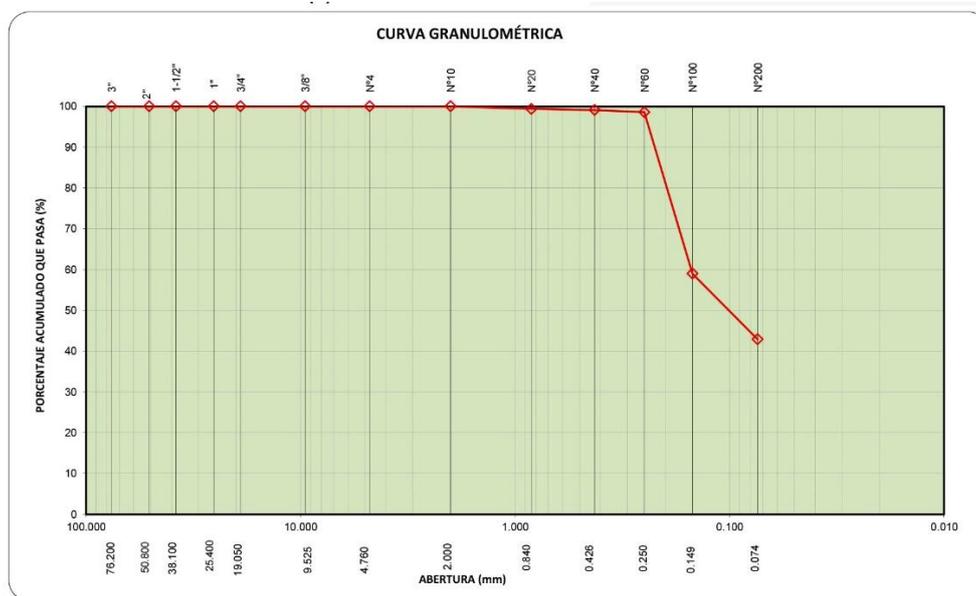


Figura No. 8: Curva granulométrica: Sub Rasante.

**Interpretación:**

Se logró determinar su clasificación SUCS como SC-SM que es un tipo de suelo denominado "Arena arcillo-limosa", el cual tiene 0% de grava, 57.1 % de arena, 42.9% de limos y arcillas.

Tiene un 6.5% de humedad, presenta un límite líquido de 26.6%, límite plástico de 19.9%, y un índice de plasticidad de 6.7%.

**Tabla No. 13. Resumen del afirmado según profundidad**

CLASIFICACIÓN	PROFUNDIDAD		
	BASE	SUB BASE	SUB RASANTE
AASHTO	A-1-a	A-2-4 (0)	A-4 (0)
SUCS	GP	GC-GM	SC-SM
DESCRIPCIÓN	Grava mal gradada con arena	Grava arcillo-limosa con arena	Arena arcillo-limosa

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.4 Peso unitario

El peso unitario tiene mucho que ver con el porcentaje de vacíos. Es un primer indicador del contenido de vacíos y la permeabilidad del concreto permeable, además tiene relación directa, en menor medida, con la resistencia a la compresión y el módulo elástico del concreto.

Para poder automatizar el peso unitario, se va a trabajar con la siguiente fórmula

$$\text{Peso Unitario del concreto} = \frac{\text{Masa de concreto} + \text{Masa de la Olla Washington}}{\text{Volumen de la olla Washington}}$$

**Tabla N° 14. Peso unitario del concreto permeable con 0.00% de tiras en su estado fresco (granulometría normalizada)**

DATOS	ST (0.00%)		
Masa concreto + masa olla Washington	16.93 kg	16.83 kg	17.08 kg
Masa olla Washington	3.47 kg	3.47 kg	3.47 kg
Volumen olla Washington	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.00%)</b>		
Peso unitario concreto	1922 kg/m <sup>3</sup>	1908 kg/m <sup>3</sup>	1944 kg/m <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO CONCRETO</b>	<b>1925 Kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N°15. Peso unitario del concreto permeable con 0.04% de tiras en su estado fresco (granulometría normalizada)**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.04%)</b>		
Masa concreto + masa olla Washington	16.84 kg	17.01 kg	17.12 kg
Masa olla Washington	3.47 kg	3.47 kg	3.47 kg
Volumen olla Washington	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.04%)</b>		
Peso unitario concreto	1911 kg/m <sup>3</sup>	1934 kg/m <sup>3</sup>	1949 kg/m <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO CONCRETO</b>	<b>1932 Kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 16. Peso unitario del concreto permeable con 0.08% de tiras en su estado fresco (granulometría normalizada).**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.08%)</b>		
Masa concreto + masa olla Washington	17.16 kg	16.90 kg	16.93 kg
Masa olla Washington	3.47 kg	3.47 kg	3.47 kg
Volumen olla Washington	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.08%)</b>		
Peso unitario concreto	1955 kg/m <sup>3</sup>	1918 kg/m <sup>3</sup>	1923 kg/m <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO CONCRETO</b>	<b>1932 Kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 17. Peso unitario del concreto permeable con 0.12% de tiras en su estado fresco (granulometría normalizada).**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.12%)</b>		
Masa concreto + masa olla Washington	16.98 kg	17.31 kg	17.24 kg
Masa olla Washington	3.47 kg	3.47 kg	3.47 kg
Volumen olla Washington	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.12%)</b>		
Peso unitario concreto	1930 kg/m <sup>3</sup>	1951 kg/m <sup>3</sup>	1967 kg/m <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO CONCRETO</b>	<b>1950 Kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N°18. Peso unitario del concreto permeable en su estado fresco (curva natural).**

<b>DATOS</b>	<b>CN (0.00%)</b>		
Masa concreto + masa olla Washington	15.56 kg	15.821 kg	15.64 kg
Masa olla Washington	3.47 kg	3.47 kg	3.47 kg
Volumen olla Washington	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>	0.007 m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>CN (0.00%)</b>		
Peso unitario concreto	1726 kg/m <sup>3</sup>	1764 kg/m <sup>3</sup>	1739 kg/m <sup>3</sup>
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO CONCRETO</b>	<b>1743 Kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N°19. Resumen de los pesos unitarios del concreto permeable en su estado fresco.**

TAMAÑO AGREGADO GRUESO	CÓDIGO	PESO UNITARIO	
		Peso unitario	Promedio de peso unitario
HUSO 08	ST-A	1922	1925
	ST-B	1908	
	ST-C	1944	
	CT(0.04%)-A	1911	1932
	CT(0.04%)-B	1934	
	CT(0.04%)-C	1949	
	CT(0.08%)-A	1955	1932
	CT(0.08%)-B	1918	
	CT(0.08%)-C	1923	
	CT(0.12%)-A	1930	1950
	CT(0.12%)-B	1951	
	CT(0.12%)-C	1967	
HUSO 57	CN-A	1726	1743
	CN-B	1764	
	CN-C	1739	

*Fuente: Elaboración propia*

Determinados en la olla de Washington, siguiendo lo indicado en la ASTM C1688, se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla N° 20. Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0% de tiras.**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.00%)</b>		
Masa total de todos los materiales de la mezcla	1993.01 kg	1993.01 kg	1993.01 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>
Densidad teórica del concreto	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario del concreto	1922 kg/m <sup>3</sup>	1908 kg/m <sup>3</sup>	1944 kg/m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.00%)</b>		
Porcentaje de vacíos en estado fresco	17.95%	18.56%	17.03%
<b>PROMEDIO % DE VACÍOS</b>	<b>17.84 %</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 21. Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0.04% de tiras.**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.04%)</b>		
Masa total de todos los materiales de la mezcla	1993.01 kg	1993.01 kg	1993.01 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>
Densidad teórica del concreto	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario del concreto	1911 kg/m <sup>3</sup>	1934 kg/m <sup>3</sup>	1949 kg/m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.04%)</b>		
Porcentaje de vacíos en estado fresco	18.40%	17.43%	16.79%
<b>PROMEDIO % DE VACÍOS</b>	<b>17.54 %</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 22. Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0.08% de tiras.**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.08%)</b>		
Masa total de todos los materiales de la mezcla	1993.01 kg	1993.01 kg	1993.01 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>
Densidad teórica del concreto	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario del concreto	1955 kg/m <sup>3</sup>	1918 kg/m <sup>3</sup>	1923 kg/m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.08%)</b>		
Porcentaje de vacíos en estado fresco	16.54%	18.11%	17.93%
<b>PROMEDIO % DE VACÍOS</b>	<b>17.53 %</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 23. Contenido de vacíos del concreto permeable (Huso 8), con 0.12% de tiras.**

<b>DATOS</b>	<b>ST (0.12%)</b>		
Masa total de todos los materiales de la mezcla	1993.01 kg	1993.01 kg	1993.01 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>
Densidad teórica del concreto	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario del concreto	1930 kg/m <sup>3</sup>	1951 kg/m <sup>3</sup>	1967 kg/m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>ST (0.12%)</b>		
Porcentaje de vacíos en estado fresco	17.06%	16.70%	16.03%
<b>PROMEDIO % DE VACÍOS</b>	<b>16.78 %</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 24. Contenido de vacíos del concreto permeable Curva natural (Huso 57).**

<b>DATOS</b>	<b>CN</b>		
Masa total de todos los materiales de la mezcla	1993.01 kg	1993.01 kg	1993.01 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>
Densidad teórica del concreto	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>	2343 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario del concreto	1726 kg/m <sup>3</sup>	1764 kg/m <sup>3</sup>	1739 kg/m <sup>3</sup>
<b>RESULTADO</b>	<b>CN</b>		
Porcentaje de vacíos en estado fresco	27.96%	26.38%	27.45%
<b>PROMEDIO % DE VACÍOS</b>	<b>27.26 %</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N°25. Resumen de los contenidos de vacíos del concreto permeable en su estado fresco.**

<b>TAMAÑO AGREGADO GRUESO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>PESO UNITARIO</b>	
		<b>% vacíos</b>	<b>Promedio de % vacíos</b>
<b>HUSO 08</b>	ST-1	17.95	17.84
	ST-2	18.56	
	ST-3	17.03	
	CT(0.04%)-1	18.40	17.54
	CT(0.04%)-2	17.43	
	CT(0.04%)-2	16.79	
	CT(0.08%)-1	16.54	17.53
	CT(0.08%)-2	18.11	
	CT(0.08%)-3	17.93	
	CT(0.12%)-1	17.60	16.78
	CT(0.12%)-2	16.70	
	CT(0.12%)-3	16.03	
<b>HUSO 57</b>	CN-1	27.96	27.26
	CN-2	26.38	
	CN-3	27.45	

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5. Ensayos de concreto en estado endurecido

#### 3.5.1 Porcentajes de vacíos en estado endurecido del concreto permeable

La metodología aplicada fue la de pesos sumergidos, al tener como muestra un pavimento flexible, se tomó en cuenta el error que ocasionarían los vacíos de las briquetas.

Para encontrar el porcentaje de vacíos emplearemos la fórmula siguiente:

$$\% \text{ vacíos} = ((V_t - V_c) * 100) / V_t$$

$$\text{En la cual: } V_t = (\pi \times D^2) \times h / 4 \text{ y } V_x = V_f - V_i$$

Donde:

$V_t$  = Volumen de la briketa con espacios vacíos

$V_c$  = Volumen de la briketa sin espacios vacíos

$D$  = Promedio del diámetro de la briketa

$h$  = Altura de la briketa

**Tabla N° 26. Espacios vacíos generados por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.00% de tiras.**

<b>DATOS DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>SIN TIRAS</b>		
Volumen inicial	2200.00 ml	2200.00 ml	2200.00 ml
Volumen final	3760.00 ml	3750.00 ml	3755.00 ml
<b>DATOS DE UNA BRIQUETA</b>	<b>SIN TIRAS</b>		
Diámetro superior de la briketa	10.92 cm	10.92 cm	10.92 cm
Diámetro inferior de la briketa	10.88 cm	10.91 cm	21.82 cm
Promedio del diámetro de la briketa	10.90 cm	10.91 cm	10.97 cm
Altura de la briketa	20.10 cm	20.10 cm	20.10 cm
<b>RESULTADO</b>	<b>SIN TIRAS</b>		
Volumen de la briketa sin espacios	1560.00 cm <sup>3</sup>	1550.00 cm <sup>3</sup>	1555.00 cm <sup>3</sup>
Volumen de la briketa con espacios	1874.73 cm <sup>3</sup>	1879.90 cm <sup>3</sup>	1899.76 cm <sup>3</sup>
% Vacíos	16.79%	17.55%	18.15%
<b>Promedio de % de vacíos</b>	<b>17.49</b>		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 27. Espacios vacíos generados por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.04% de tiras.**

<b>DATOS DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>CON TIRAS AL 0.04%</b>		
Volumen inicial	2200.00 ml	2200.00 ml	2200.00 ml
Volumen final	3785.00 ml	3760.00 ml	3770.00 ml
<b>DATOS DE UNA BRIQUETA</b>	<b>CON TIRAS AL 0.04%</b>		
Diámetro superior de la briqueta	11.00 cm	10.97 cm	10.93 cm
Diámetro inferior de la briqueta	10.99 cm	10.98 cm	10.91 cm
Promedio del diámetro de la briqueta	11.00 cm	10.98 cm	10.92 cm
Altura de la briqueta	20.00 cm	20.00 cm	20.20 cm
<b>RESULTADO</b>	<b>CON TIRAS AL 0.04%</b>		
Volumen de la briqueta sin espacios	1585.00 cm <sup>3</sup>	1560.00 cm <sup>3</sup>	1570.00 cm <sup>3</sup>
Volumen de la briqueta con espacios	1898.73 cm <sup>3</sup>	1892.03 cm <sup>3</sup>	1890.98 cm <sup>3</sup>
% Vacíos	16.53%	17.55%	16.97%
<b>Promedio de % de vacíos</b>	<b>17.02</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 28. Espacios vacíos generados por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.08% de tiras.**

<b>DATOS DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>CON TIRAS AL 0.08%</b>		
Volumen inicial	2200.00 ml	2200.00 ml	2200.00 ml
Volumen final	3760.00 ml	3770.00 ml	3790.00 ml
<b>DATOS DE UNA BRIQUETA</b>	<b>CON TIRAS AL 0.08%</b>		
Diámetro superior de la briqueta	10.97 cm	10.93 cm	10.95 cm
Diámetro inferior de la briqueta	10.98 cm	10.89 cm	10.96 cm
Promedio del diámetro de la briqueta	10.98 cm	10.91 cm	10.96 cm
Altura de la briqueta	20.00 cm	20.20 cm	20.20 cm
<b>RESULTADO</b>	<b>CON TIRAS AL 0.08%</b>		
Volumen de la briqueta sin espacios	1560.00 cm <sup>3</sup>	1570.00 cm <sup>3</sup>	1590.00 cm <sup>3</sup>
Volumen de la briqueta con espacios	1892.03 cm <sup>3</sup>	1888.38 cm <sup>3</sup>	1903.99 cm <sup>3</sup>
% Vacíos	17.55%	16.86%	16.49%
<b>Promedio de % de vacíos</b>	<b>16.97</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 29. Espacios vacíos generados por desplazamiento del volumen, Huso 8 con 0.12% de tiras.**

<b>DATOS DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>CON TIRAS AL 0.12%</b>		
Volumen inicial	2200.00 ml	2200.00 ml	2200.00 ml
Volumen final	3765.00 ml	3760.00 ml	3800.00 ml
<b>DATOS DE UNA BRIQUETA</b>	<b>CON TIRAS AL 0.12%</b>		
Diámetro superior de la briqueta	10.93 cm	10.85 cm	10.88 cm
Diámetro inferior de la briqueta	10.86 cm	10.85 cm	10.90 cm
Promedio del diámetro de la briqueta	10.90 cm	10.85 cm	10.89 cm
Altura de la briqueta	20.00 cm	20.10 cm	20.20 cm
<b>RESULTADO</b>	<b>CON TIRAS AL 0.12%</b>		
Volumen de la briqueta sin espacios	1565.00 cm <sup>3</sup>	1560.00 cm <sup>3</sup>	1600.00 cm <sup>3</sup>
Volumen de la briqueta con espacios	1864.55 cm <sup>3</sup>	1857.57 cm <sup>3</sup>	1880.60 cm <sup>3</sup>
% Vacíos	16.07%	16.02%	14.92%
<b>Promedio de % de vacíos</b>	<b>15.67</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 30. Espacios vacíos generados por desplazamiento del volumen, Curva natural**

<b>DATOS DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>CURVA NATURAL</b>		
Volumen inicial	2000.00 ml	2000.00 ml	2000.00 ml
Volumen final	3390.00 ml	3400.00 ml	3440.00 ml
<b>DATOS DE UNA BRIQUETA</b>	<b>CURVA NATURAL</b>		
Diámetro superior de la briqueta	10.82 cm	11.04 cm	11.06 cm
Diámetro inferior de la briqueta	11.04 cm	11.01 cm	10.97 cm
Promedio del diámetro de la briqueta	10.93 cm	11.03 cm	11.02 cm
Altura de la briqueta	20.20 cm	20.20 cm	20.30 cm
<b>RESULTADO</b>	<b>CURVA NATURAL</b>		
Volumen de la briqueta sin espacios	1390.00 cm <sup>3</sup>	1400.00 cm <sup>3</sup>	1440.00 cm <sup>3</sup>
Volumen de la briqueta con espacios	1895.31 cm <sup>3</sup>	1928.40 cm <sup>3</sup>	1934.44 cm <sup>3</sup>
% Vacíos	26.66%	27.40%	25.56%
<b>Promedio de % de vacíos</b>	<b>26.54</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 31. Resumen general porcentaje de vacíos.**

TAMAÑO AGREGADO GRUESO	CÓDIGO	% VACÍOS	
		% vacíos	Promedio de % vacíos
HUSO 08	ST-1	16.79	17.49
	ST-2	17.55	
	ST-3	18.15	
	CT(0.04%)-1	16.53	17.02
	CT(0.04%)-2	17.55	
	CT(0.04%)-2	16.97	
	CT(0.08%)-1	17.55	16.97
	CT(0.08%)-2	16.86	
	CT(0.08%)-3	16.49	
	CT(0.12%)-1	16.07	15.67
	CT(0.12%)-2	16.02	
	CT(0.12%)-3	14.92	
HUSO 57	CN-1	26.66	26.54
	CN-2	27.40	
	CN-3	25.56	

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla N° 32. Resumen de ensayo de contenido de vacíos del concreto permeable (estado fresco y endurecido).**

TAMAÑO AGREGADO GRUESO	CÓDIGO	% VACÍOS	
		En estado fresco	En estado endurecido
HUSO 08	ST-1	17.95	16.79
	ST-2	18.56	17.55
	ST-3	17.03	18.15
	CT(0.04%)-1	18.40	16.53
	CT(0.04%)-2	17.43	17.55
	CT(0.04%)-2	16.79	16.97
	CT(0.08%)-1	16.54	17.55
	CT(0.08%)-2	18.11	16.86
	CT(0.08%)-3	17.93	16.49
	CT(0.12%)-1	17.60	16.07
	CT(0.12%)-2	16.70	16.02
	CT(0.12%)-3	16.03	14.92
HUSO 57	CN-1	27.96	26.66
	CN-2	26.38	27.40
	CN-3	27.45	25.56

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 33. Valor que difiere entre los vacíos en estado fresco y endurecido**

TAMAÑO DE AGREGADO GRUESO	CÓDIGO	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)			DIFERENCIAS			
		DISEÑO	Contenido de vacíos en estado fresco	Contenido de vacíos en estado endurecido	Vacios en est.Fresco/Vacios en est. Endurecido	Vacios de Diseño/Vacios en est. Endurecido		
HUSO 57	CN-1	25	27.96	26.66	1.30	0.72	1.66	1.54
	CN-2	25	26.38	27.40	-		2.40	
	CN-3	25	27.45	25.56	1.89		0.56	

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Coeficiente de permeabilidad del concreto permeable

Primero se debe tener en cuenta que el coeficiente de permeabilidad de un concreto permeable, tiene usualmente un rango de 0.14cm/s a 1.22cm/s, en el presente análisis de resultados se van a mostrar.

- Obtención y muestra de los resultados del ensayo de laboratorio de permeabilidad (coeficiente de permeabilidad).
- Comparativa de resultados en función de la granulometría.
- Comparativa de resultados en función del porcentaje de incorporación de tiras de polipropileno sin tiras.
- Comparativa de resultados en función del porcentaje de asociación de tiras de polipropileno con tiras al 0.04%, 0.8% y 0.12%.

Se verificó que los resultados de las pruebas, cumplen el requerido.

#### 3.6.1 Coeficiente de permeabilidad con Huso No. 57

**Tabla N° 34. Coeficiente de permeabilidad, curva natural.**

	Test.	T (s)	A (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	K (cm/s)	K medio (cm/s)	S
HUSO N° 57	CN-1	68.9	95.03	81.77	14.97	30	1	0.859	0.895	0.18
	CN-2	55.12	95.03	82.14	15.23	30	1	1.087		
	CN-3	80.23	95.03	82.03	15.05	30	1	0.739		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Interpretación:** El valor del coeficiente de permeabilidad promedio que se obtuvo para el concreto elaborado con agregado tipo redondeado de la Av. Sánchez Cerro, con Huso N° 57 (Curva Natural) es 0.895 cm/s, con una diferenciación de 0.18 cm/s respecto a la media de los datos. Los valores individuales obtenidos se relacionan directamente con los resultados obtenidos del contenido de vacíos.

### 3.6.2 Coeficiente de permeabilidad con Huso No. 8

**Tabla N° 35. Coeficiente de permeabilidad promedio.**

	Test.	T (s)	A (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	K (cm/s)	K medio (cm/s)	S
<b>HUSO N° 8</b>	ST-1	125.5	95.03	81.87	15.17	30	1	0.477	0.464	0.02
	ST-2	131.39	95.03	82.19	14.91	30	1	0.446		
	ST-3	127.12	95.03	82.46	15.2	30	1	0.469		
	CT (0.04%)- 1	124.21	95.03	81.93	15.14	30	1	0.481	0.463	0.02
	CT (0.04%)- 2	128.15	95.03	82.09	15.02	30	1	0.461		
	CT (0.04%)- 3	132.94	95.03	82.3	15.09	30	1	0.446		
	CT (0.8%)- 1	130.97	95.03	81.82	14.86	30	1	0.448	0.461	0.01
	CT (0.8%)- 2	129.1	95.03	81.55	14.95	30	1	0.459		
	CT (0.8%)- 3	124.04	95.03	81.71	14.92	30	1	0.476		
	CT (0.12%)- 1	135.34	95.03	82.25	14.97	30	1	0.435	0.459	0.02
	CT (0.12%)- 2	126.8	95.03	81.39	15.02	30	1	0.47		
	CT (0.12%)- 3	125.52	95.03	82.52	15.15	30	1	0.473		

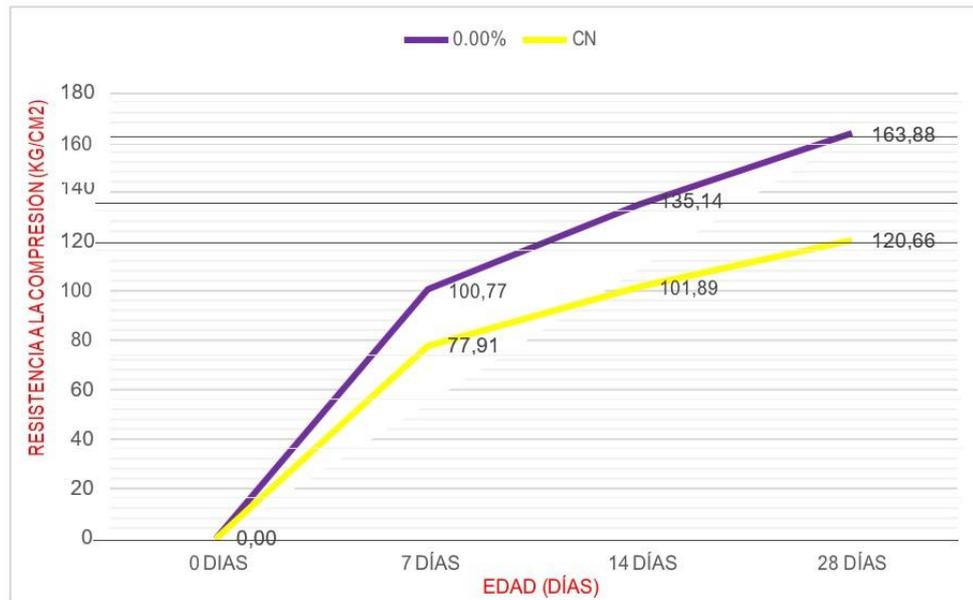
*Fuente: Elaboración propia.*

**Interpretación:** El resultado del coeficiente de permeabilidad promedio para el concreto realizado mediante el añadido del huso N° 8 es 0.464cm/s (sin tiras), 0.463 cm/s (con tiras al 0.04%), 0.46 (con tiras al 0.8%), 0.459 (con tiras al 0.12%), lo cual está mostrando que la permeabilidad resultante del concreto permeable no varía según la adición de tiras. Esto puede deberse que, al incorporar tiras de polipropileno, estas disminuyen los vacíos al controlar las variaciones de dimensiones en el concreto (no necesariamente solo al cierre de vacíos al interior del concreto permeable), a su vez mantienen las conexiones capilares, dependiendo de la orientación que pueden adaptar las tiras al interior del concreto permeable, de esta forma se compensaría la disminución del coeficiente de permeabilidad por la disminución del contenido de vacíos.

### 3.7 Resistencia a la compresión en curva normal (CN-Huso No. 57)

Siguiendo la ASTM C33, se elaboraron las probetas de granulometría estándar (huso N° 57), las cuales como veremos en la Figura N° 36, son las que muestran los más bajos efectos de resistencia a la compresión.

Por otra parte, la ACI 2113R-02 (Guía de proporciones para diseños de mezcla de concretos con bajo hundimiento), no recomienda la granulometría estándar, lo cual significa que es una ratificación de aquello.



*Figura No. 9. Evolución de resistencia a la compresión comparada entre la Curva Natural y 0.00% de tiras.*

**Interpretación:** En esta curva se compara la resistencia a la compresión de dos diseños de concreto permeable, el primero (CN) utilizando el huso N° 57 y el segundo (0.00%) usando el huso N°8, se evidencia un aumento de resistencia a la compresión del 35% para los 28 días. Esta acentuación de la resistencia puede explicarse al analizar la distribución granulométrica de los husos utilizados. El huso N° 8 al tener menor tamaño en la distribución de partículas, tiene mayor superficie específica lo que aumenta el área de contacto entre partículas al mezclarlo con la pasta para conformar al concreto permeable, al tener mayor superficie de contacto, aumenta la resistencia del concreto.

### 3.7.1 Resistencia a la compresión en curva normal con 0.00% de tiras

La ACI 2113R-02 (Guía de proporciones para diseños de mezcla de concretos con bajo hundimiento), sugiere el empleo de la granulometría estándar (huso N° 8) para obtener unos mejores resultados en cuanto a propiedades mecánicas, una de las cuales es la de resistencia a la compresión, entonces, ratificando la recomendación de la norma, y viendo que los efectos de resistencia a la compresión más elevadas provienen de la granulometría estándar (huso N° 8), obtenemos una resistencia a la compresión media (28 días) de 167.67kg/cm<sup>2</sup>, buscando elevar el valor gracias a la adición de las tiras.

### 3.7.2 Resistencia a la compresión en curva normal con 0.04% de tiras

Las probetas diseñadas para los ensayos, tienen un mejor resultado en las pruebas realizadas de resistencia a la compresión, y se busca mejorar aquella propiedad mediante la adición de tiras (a diferentes porcentajes) a fin de realizar los objetivos a 28 días, vemos que muestra una resistencia a la compresión media de 167.67 kg/cm<sup>2</sup>, buscando elevar el valor gracias a la adición de las tiras.

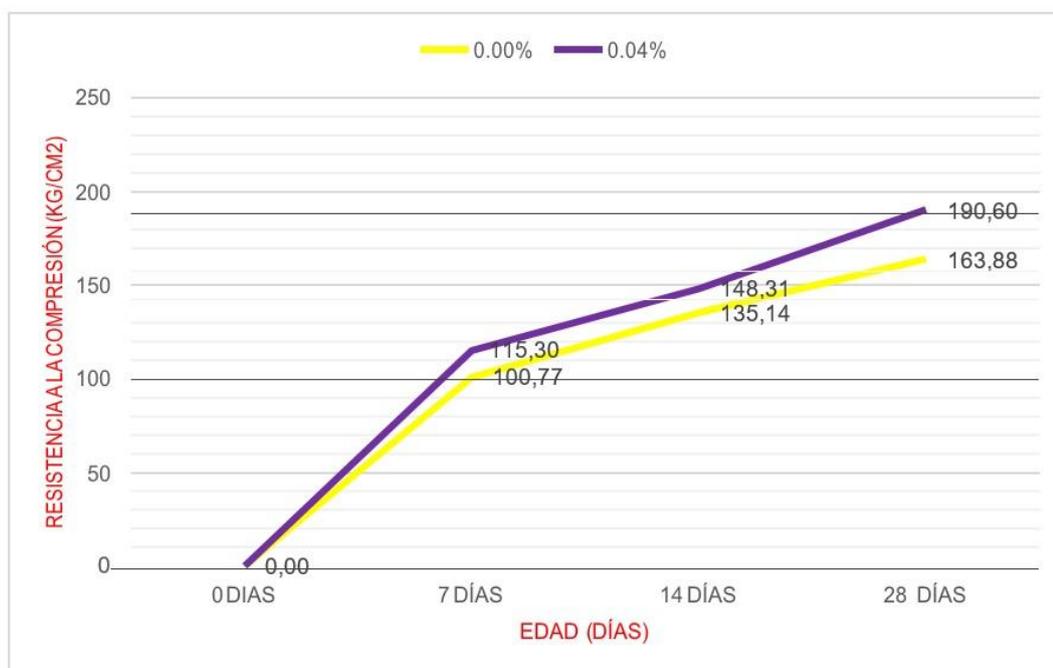
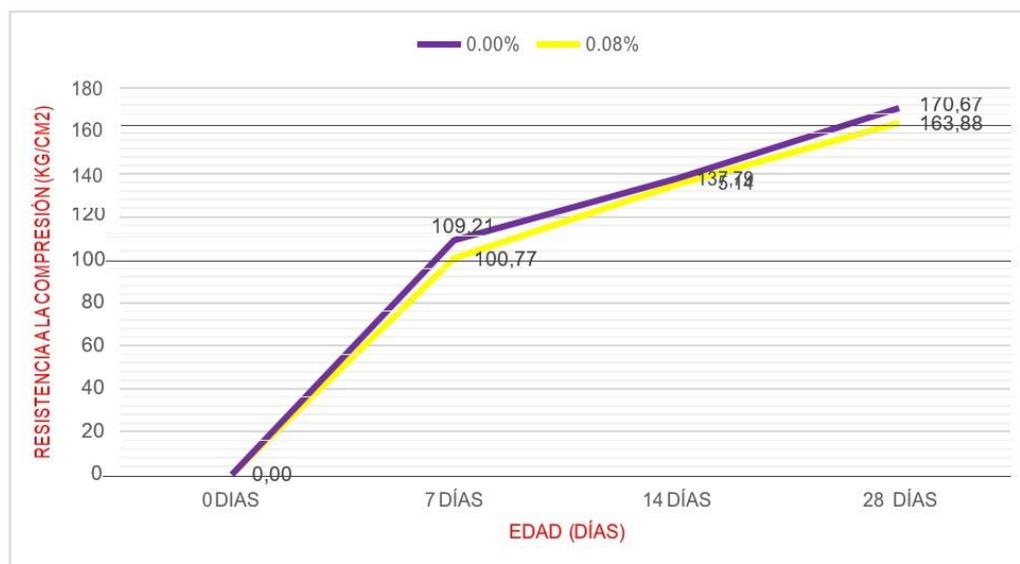


Figura No. 10. Evolución de la resistencia a la compresión Comparada entre un 0.00% y 0.04% de tiras incorporadas.

**Interpretación:** Al realizar la adición de las tiras plásticas de polipropileno de medidas 3mm x 30mm (en un 0.04% respecto al peso) en el diseño de mezcla del concreto permeable, que se elaboró mediante el Huso N° 8 se observó en el ensayo realizado a 28 días, que la resistencia a la compresión media se incrementa en un 16.7%.

### 3.7.3 Resistencia a la compresión en curva normalizada con 0.08% de tiras

Las probetas diseñadas para los ensayos, tienen un mejor resultado en las pruebas realizadas de resistencia a la compresión, y se busca mejorar aquella propiedad mediante la adición de tiras (a diferentes porcentajes) a fin de realizar los objetivos a 28 días, vemos que muestra una resistencia a la compresión media de 170.67 kg/cm<sup>2</sup>, esto con tiras al 0.08%.



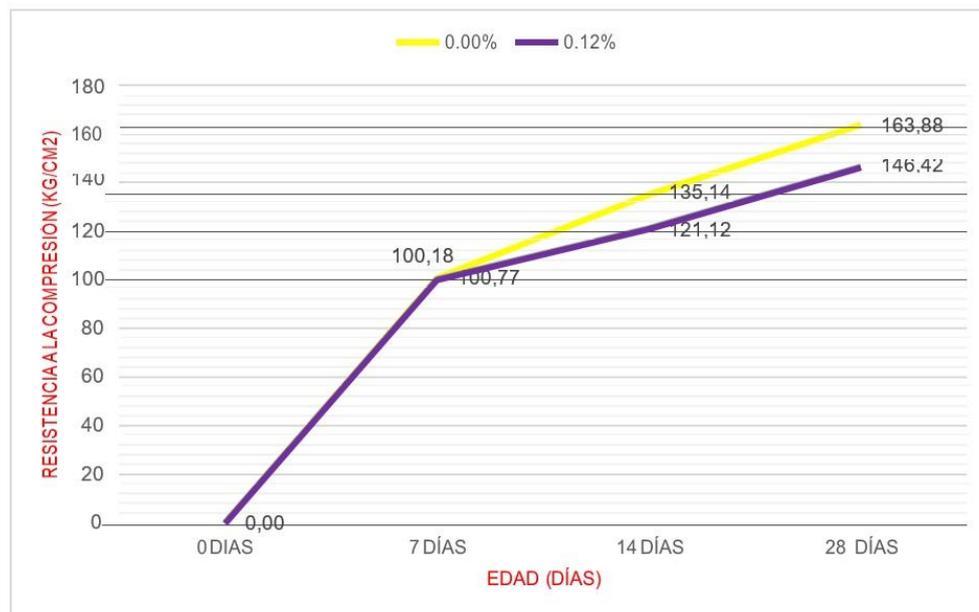
*Figura No. 11. Evolución de la resistencia a la compresión Comparada entre un 0.00% y 0.08% de Tiras incorporadas.*

**Interpretación:** Al realizar la adición de las tiras plásticas de poli propileno de medidas 3mm x 30mm (en un 0.08% respecto al peso) en el diseño de

mezcla del concreto permeable, que se elaboró mediante el Huso N° 8 y se emplearon los agregados de la Av. Sánchez Cerro, se observó en el ensayo realizado a 28 días, que la resistencia a la compresión media se extiende en un 4.2%.

### 3.7.4 Resistencia a la compresión en curva normalizada con 0.12% de tiras

Las probetas diseñadas para los ensayos, tienen un mejor resultado en las pruebas realizadas de resistencia a la compresión, y se busca mejorar aquella propiedad mediante la adición de tiras (a diferentes porcentajes) a fin de realizar los objetivos a 28 días, vemos que muestra una resistencia a la compresión media de 146.42 kg/cm<sup>2</sup>, esto con tiras al 0.12%.



*Figura No. 12.* Evolución de la resistencia a la compresión comparada entre un 0.00% y 0.12% de Tiras incorporadas.

**Interpretación:** Al realizar la adición de las tiras plásticas de polipropileno de medidas 3mm x 30mm (en un 0.12% respecto al peso) en el diseño de mezcla del concreto permeable, que se elaboró mediante el Huso N° 8y se emplearon los

agregados de la Av. Sánchez Cerro, se observó en el ensayo realizado a 28 días, que la resistencia a la compresión media se incrementa en un 10.7%.

### 3.7.5 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión

Primero, se va a tener en cuenta la influencia de la añadidura de tiras plásticas de polipropileno sobre la resistencia a la compresión en cada uno de los ensayos realizados. A continuación se muestra en la figura N° 13 una curva de resistencia a la compresión vs edad, en el cual se aprecia la distinta forma de comportarse cada conjunto de ensayo, gracias a lo cual se puede mencionar que el concreto permeable que fue diseñado mediante el Huso N° 57 posee una resistencia a la compresión menor en 28 días, también cabe mencionar que el concreto permeable diseñado mediante el huso N° 8, la cual es la recomendación de la ACI 2113R-02, mostró mejores resultados de resistencia a la compresión, y debido a que las tiras plásticas de Polipropileno fueron incorporadas a este último diseño, se pudo corroborar el objetivo deseado mediante la adición de tiras en 008% con un aumento del 16.7%.

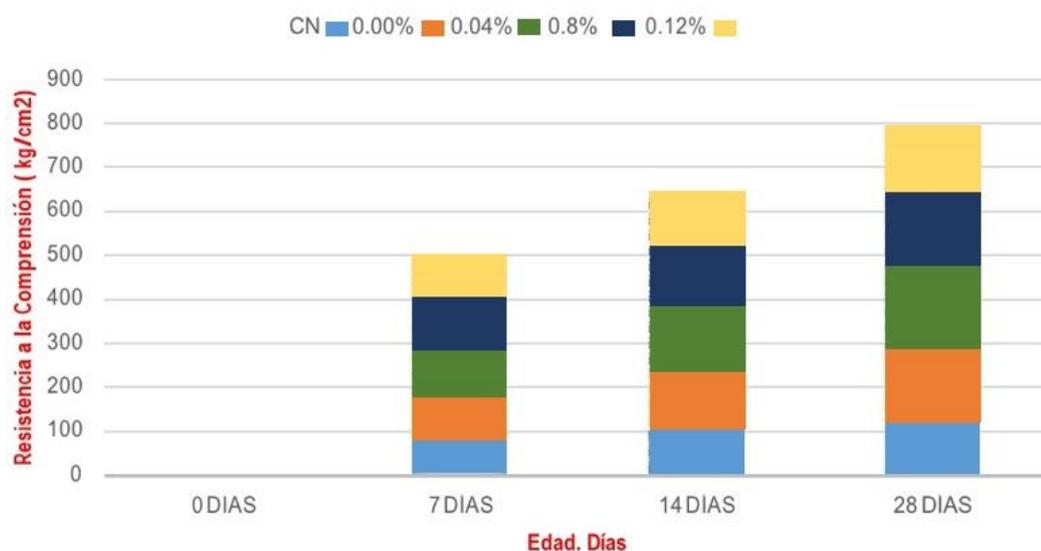


Figura No. 13. Evolución de la resistencia del concreto permeable por días de curado.

**Interpretación:** En la gráfica se exhibe el acumulado de resistencia a la compresión de todas las muestras analizadas. De estos resultados se deduce que la resistencia a la

compresión a los 7 días es el 63% de los 28 días y la resistencia a la compresión a los 14 días es de 83% con respecto a los 28 días. Esto guarda relación con el concreto.

### Evolución de la resistencia a la Compresión en el concreto permeable

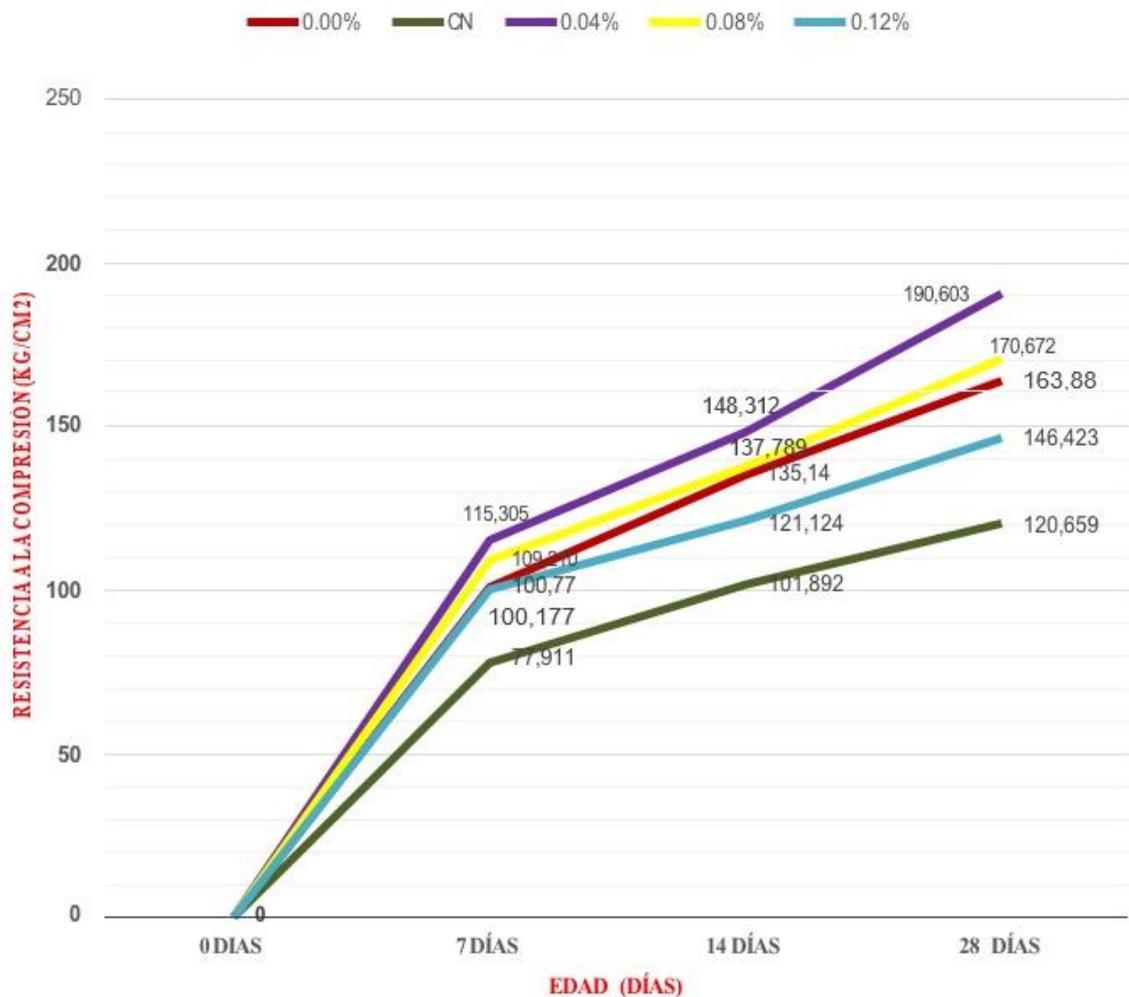
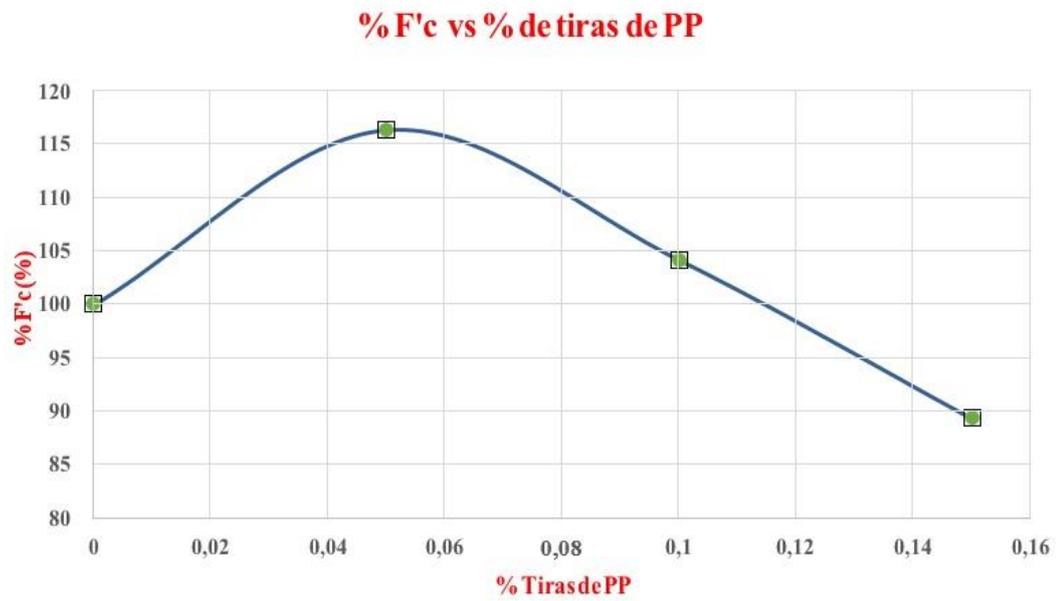


Figura 14. Evolución de la resistencia a la compresión en el concreto permeable.

**Interpretación:** De la gráfica se deduce que la anexión de tiras de polipropileno es de 0.04% es la que mejores resultados de resistencia a la compresión ha obtenido, se nota también una diferencia notable con respecto a los resultados de los otros casos para el Huso N° 8. Se deduce también que aún con la resistencia disminuía, por la incorporación de altos contenidos de tiras de polipropileno (0.12%), el Huso N° 8 obtiene mejores resultados que el huso N° 57.

En la Figura xx se muestra el incremento de resistencia en función del porcentaje de fibras incorporadas. Se determina que el porcentaje óptimo de tiras de polipropileno es de 4%.



*Figura No. 15. Aumento de  $f'c$  en función de la cantidad de tiras de polipropileno adicionadas.*

## IV. DISCUSIÓN

H1: El diseño de mezcla óptimo para del concreto permeable según el tamaño del agregado es aquel que utiliza agregado de mayor tamaño.

En la investigación de Flores y Pacompia (2015), “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. Realizando la resistencia a la Compresión floreciente a los 28 días por el concreto filtrable acabado con el diseño óptimo, desarrolla en un 16.7% y 4.2%, al agregar las Tiras de Polipropileno en 0.05% y 0.10% proporcionalmente. Mientras que al incorporar las tiras en un 0.15% reduce su resistencia a la compresión en un 10.7%. Afinando que el óptimo porcentaje de inscripción de Tiras de Polipropileno es 0.05% en conexión al peso de todos los materiales del diseño de mixturas. Para el caso de la presente investigación se verificó que la resistencia a la compresión aumentó en función de las tiras de polipropileno adicionadas (para 0.04% y 0.08%) de igual forma con el contenido de vacíos, sin poder encontrar una variación apreciable en el coeficiente de permeabilidad, aunque se contrasta al antecedente con respecto a las tiras al 0.12%, ya que en la presente investigación se concluyó que a ese porcentaje, la resistencia a la compresión disminuye. Los resultados obtenidos demuestran la variación de las cualidades del concreto permeable al adicionarle tiras de polipropileno.

H2: La adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la compresión, para lograr la optimización del concreto permeable.

En la investigación de Hernández y León, (2017), “Estudio de concreto adicionado con fibras de polipropileno o sintéticas al 2%”, cuyo objetivo fue evaluar la resistencia a la compresión de un concreto convencional vs un concreto con adición de fibra de polipropileno al 2%, en tal sentido determinó que las fibras evitan que el concreto presente contracción plástica, pero en este porcentaje de material sintético no proporciona esta propiedad debido a que se produce una masa de fibras en puntos determinados por la cantidad de estas, en los ensayos realizados se provocaron zonas donde el concreto no será tomado por la operación de las fibras y es allí donde se presentarían fisuras y desprendimientos. En el presente se verificó que al adicionar el polipropileno de 3mm x 30mm en la mezcla de concreto permeable, se obtiene una

mejora en las cualidades del diseño de mezcla, de las cuales la más significativa fue la de resistencia a la compresión, ya que la correcta adición (0.04%) incrementó su resistencia y las cualidades analizadas como el coeficiente de permeabilidad y el contenido de vacíos, muestran que existen mínimas variaciones, que podríamos despreciar para el coeficiente de permeabilidad, en el cual también se puede observar que si se reducen sus magnitudes, proporcionalmente se desarrolla el porcentaje empleado de adición de tiras plásticas de polipropileno.

H3: La adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla incrementa la permeabilidad, para lograr la optimización del concreto permeable.

En la investigación de Choque y Ccana (2016), “Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>”, concluyendo que el concreto poroso debe tener una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, así como debe ser elaborado con agua potable y que el cemento utilizado para el diseño de mezcla debe ser cemento portland IP; así como para la permeabilidad en el concreto poroso, se deberá utilizar aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l. En la presente investigación se verificó que el coeficiente de permeabilidad hallado para las briquetas sin tiras y con tiras de diversos porcentajes (0.04%, 0.08%, 0.12%), están en el rango entre 0.14cm/s y 1.22cm/s que define la ACI 522, se encuentran dentro del rango determinado por el reporte ACI 522, el cual es 0.14 a 1.22 cm/s, lo cual significa que las muestras cumplen los parámetros mínimos establecidos.

## V. CONCLUSIONES

- Se logró determinar que los agregados gruesos del huso N°8 (curva normalizada), producen un buen diseño de mezcla para poder luego adicionar las tiras plásticas de polipropileno, gracias al cual, la mezcla de concreto permeable mantendrá tanto su contenido de vacíos, como su coeficiente de permeabilidad mencionados en la norma ACI 522R, también desarrollará un valor mayor de resistencia a la compresión, todo ello para que el concreto diseñado pueda ser denominado como concreto permeable.
- Se descubrió que la resistencia a la compresión analizada a 28 días gracias al concreto permeable diseñado con el huso N° 08 es 26.13% mayor que el diseñado con el huso N° 57.
- Los resultados de la prueba de resistencia a la compresión analizados a los 28 días por el concreto permeable, aumentan en un porcentaje de 16.7%, gracias a la adición de tiras plásticas de polipropileno en un 0.04%, así como también al adicionar el polipropileno en 0.8%, la resistencia a la compresión aumenta en un 4.2%. Por otro lado, la resistencia a la compresión a los 28 días, disminuye en un porcentaje de 10.7%, gracias a la añadidura de tiras plásticas de polipropileno en un 0.12%, por lo tanto, se puede concluir que el mejor porcentaje a emplear es el de 0.04% de tiras de polipropileno respecto al peso.
- Al incorporar tiras de polipropileno, se logra que los valores encontrados en la prueba de contenido de vacíos, se tiendan a comprimir mediante se vaya incrementando el porcentaje de tiras plásticas de polipropileno incrementadas.

## VI. RECOMENDACIONES

- Es recomendable el uso de la norma ACI 2113R-02 y ACI 522R-10 para el diseño, ambos de nombre “Guía del Proporcionamiento para Concretos con Cero Slump”, y “Reporte de Concreto Permeable” respectivamente.
- Se exhorta, al instante de realizar el diseño de mixtura, el empleo de agregados gruesos con un máximo de 3/8” de tamaño nominal (en la presente investigación se empleó el huso N° 8, siguiendo a la ASTM C 33), ya que, de acuerdo a lo mencionado en las conclusiones, se ha podido demostrar que no interfiere en gran medida al coeficiente de permeabilidad y que brinda un mejor resultado en cuanto a la resistencia a la compresión.
- Al momento de realizar la mezcla para el diseño del concreto permeable, es recomendable tener en cuenta que el tiempo de mezclado debe ser de 2 a 4 minutos (debido a que se trabaja con una relación agua argamasa de 0.4), para el proceso de mezcla, se debe seguir el siguiente proceso: primero, echar una parte de agua en la mezcladora, para luego poder vaciar los agregados, después echar el cemento seguido de las tiras plásticas de polipropileno y culminar el proceso echando el agua que restó (usar demasiada agua va a generar que los vacíos de la mezcla se cierren, lo cual comprometería en gran medida el nivel de permeabilidad del concreto y poca agua generará que exista una mezcla con muy poca consistencia, aquello provocaría una muy baja resistencia en la mezcla).
- Al momento de realizar el proceso de la elaboración de las probetas, es recomendable emplear 40 golpes distribuidos en 4 capas, para realizar correctamente la compactación de la mezcla y poder evitar ciertas fallas locales al momento de la rotura.

## VII. REFERENCIAS

1. Mendez Salazar A. y Mosqueda Bernal J, Estudio de la resistencia del concreto permeable para pavimento. 2016.
2. Guzmán Marcell K. Concreto Permeable, Ventajas y Desventajas de su uso en Vías Urbanas de Bajo Tránsito, en Comparación con el Concreto Hidráulico Convencional como solución a los problemas de Inundaciones en Zonas Aledañas al Humedal de Jaboque, localidad de Engativá, Colombia. 2016
3. Polanco Fernández, P. y Sánchez Tristel C. Diseño Hidráulico de Losas en Pavimiento Proso Rigido como Estructuras Complementarias al Drenaje Pluvial de Bogotá. Bogotá. 2014
4. Chaponán Vilela, J. y Quispe Quispe, A. Análisis del comportamiento en las Propiedades del Concreto Hidráulico para el Diseño de Pavimientos Rígidos Adicionando Fibras de Polipropileno en el AA.H.H. Villamaría-Nuevo Chimbote. Perú. 2017
5. Díaz Fernández, P. y Fonseca Aguilar, S. Análisis Comparativo de los Diseños de Drenaje Pluvial en las Calles Nauta y Los Periodistas con el Escurrimiento Superficial Punchana 2017. Perú. 2017
6. Choque panta, M. y Ccana Azula, N. Elaborado con Agregado de las Canteras Vicho y Zurite, Adicionando Aditivo Súper Plastificante de Densidad 1.2 kg/l para una Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>. Perú. 2016
7. INEI. Mapa del Déficit de Agua y Saneamiento Básico a Nivel Nacional Distrital". Abril: Centro de Edición de la Oficina Técnica de Difusión del INEI. 2010.
8. CHILÓN Pozo JG y Valdez Muñoz W. Ampliación y Mejoramiento del Cantón El Copado, Municipio de Santo Domingo. 2011. pp. 151. ISBN: 8495428946122
9. Gosso, F. Hipersatisfacción del Cliente - Con solo satisfacer al cliente no alcanza (primera ed.). México. 2011. Panorama Editorial S.A. ISBN 9788473566803
10. Huamanvalli Sánchez, Ulises. Propuesta de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en el centro poblado de Huancavelica. Universidad Nacional de San Cristóbal. Tesis (Ingeniería agrícola). Ayacucho, Perú. 2014. pp. 154.
11. Indij, D. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), Programa AACC - Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes. Países Andinos 2010 – 2013, Perú. 2011. Disponible

en: [http://redpieia.minam.gob.pe/admin/files/item/4e0a470b49909\\_giirh\\_y\\_su\\_aprovechamiento\\_ein\\_la\\_agricultura\\_frente\\_al\\_cambio\\_climatico.pdf](http://redpieia.minam.gob.pe/admin/files/item/4e0a470b49909_giirh_y_su_aprovechamiento_ein_la_agricultura_frente_al_cambio_climatico.pdf).

12. Jimenez Terán, José. Manual para diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Universidad Veracruzana. Mexico.2013.pp.209. ISBN 9789587710281
13. Kotler, P., y Keller, K. L. Dirección de Marketing (Duodécima ed.). Pearson Prentice Hall.2006. ISBN 9706862021.
14. Ministerio de vivienda, C. y. "Guía de Opciones Técnicas Para Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones concentradas del Ámbito Rural". Lima. Perú. 2013. Diario El Peruano.
15. Morales Soto J. Estudio y Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario Nacional de Cajamarca. Perú. 2004. ISBN 8495428946189
16. Ravelo, S. Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño. (Primera Ed.). Caracas, Venezuela. 1977. Ediciones Vega S.R.L. ISBN 8493894226189
17. SERVIDAS DE LCHOCÁN. Proyecto Profesional Ingeniero Civil. Perú. Universidad Sistema de Agua Potable y Alcantarillado - Tratamiento de las Aguas Suchitepéquez. Trabajo de Graduación Ingeniero Civil. Guatemala. Universidad de San Carlos.
18. Valdivia Chacón, P. Notas del curso Ingeniería Sanitaria - Semana 1: Introducción al curso. Chiclayo. 2011.

### **Linkografía**

<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1650/TESIS%20HUAMANI%20Y%20MONGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/i24183/1/Tesis%201062%20-%20Brise%20C3%B1o%20S%20C3%A1nchez%20Daniela%20Yajaira.pdf>

<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10351/Abanto%20Cabellos%20Tatiana%20Enet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://ri.ues.edu.sv/3929/1/Dise%C3%B1o%20de%20proceso%20constructivo%20y%20evaluaci%C3%B3n%20post%20construcci%C3%B3n%20de%20un%20pavimento%20rigido%20de%20concreto%20permeable.pdf>

<http://refi.upinorte.edu.pe/bitstream/handle/11537/7333/Alcalde%20Paredes%20Susan%20Grettel%20%20%28Tesis%20Parcial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://riiuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/5506/1/mendezn.pdf>

<https://repositorio.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15662/1/Guzm%C3%A1nCamachoCesarLeonardo2016.pdf>

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2724/42998.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/436/Tesis%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/710/3/Juan\\_Hubert\\_Tesis\\_bachiller\\_2016\\_P\\_1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/710/3/Juan_Hubert_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf)

<http://www.dispace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7870/1/T-UCE-0011-243.pdf>

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2230>

<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12351/Perez%20Gordillo%20Johan%20Joe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/947>

<http://rii.ues.edu.sv/6259/1/50107992.pdf>

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24054/1/Tesis%201054%20-%20Mart%C3%ADnez%20Mayancla%20Joffre%20Ren%C3%A9.pdf>

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24054/1/Tesis%201054%20-%20Mart%C3%ADnez%20Mayancla%20Joffre%20Ren%C3%A9.pdf>

<https://repositorio.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15016/1/Estudio-de-concreto-adicionado-con-fibras-de-polipropileno-o-sint%C3%A9ticas-al-2%25.pdf>

## **VIII. ANEXOS**

**Tabla No. 36: Matriz de consistencia**

<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
¿De qué manera influye la adición de fibras de polipropileno para la optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro?	Evaluar la influencia de la adición de fibras de polipropileno en la optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro.	La adición de fibras de polipropileno influye en la optimización del concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la Av. Sánchez Cerro.	Concreto permeable	Capacidad de resistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cargas estáticas</li> <li>➤ Cargas dinámicas</li> </ul>
				Capacidad de soporte de la subrasante	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análisis granulométrico</li> <li>➤ Contenido de humedad</li> <li>➤ Índice CBR</li> </ul>
				Capacidad estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transmisión de esfuerzos</li> <li>➤ Resistencia deslizamiento</li> </ul>
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<p>¿Cuál es el diseño de mezcla para la optimización del concreto permeable según el tamaño del agregado para la adición de fibras de polipropileno en 4, 8 y 12% respecto al peso del cemento?</p> <p>¿De qué manera influye en la resistencia a la compresión, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla?</p> <p>¿De qué manera influye en la permeabilidad, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla?</p>	<p>Determinar el diseño de mezcla para la optimización del concreto permeable según el tamaño del agregado para la adición de fibras de polipropileno en 4, 8 y 12% respecto al peso del cemento.</p> <p>Determinar la influencia en la resistencia a la compresión, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla.</p> <p>Determinar la influencia en la permeabilidad, para la optimización del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno en su diseño de mezcla.</p>	<p>El diseño de mezcla óptimo para del concreto permeable según el tamaño del agregado es aquel que utiliza agregado de mayor tamaño.</p> <p>La adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la compresión, para lograr la optimización del concreto permeable.</p> <p>La adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla incrementa la permeabilidad, para lograr la optimización del concreto permeable.</p>	Optimización con adición de tiras de polipropileno	Catálogo de fallas	Fallas de las obras de drenaje
				Índice de deterioro de las obras	Tipo de falla observada
				Drenaje pluvial	Cualitativa Cuantitativa

PROYECTO : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018  
 SOLICITANTE : Aguilar Arizola, Victor Alexander.  
 UBICACIÓN : Piura - Piura

### ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL EN TESTIGOS DE CONCRETO NORMA ASTM C - 39

#### Resultados de los ensayos realizados

##### Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

ASTM C39 / C39M - 10 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

PROBETA		FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	PROBETA			f <sub>c</sub> (DISEÑO) (Kg./cm <sup>2</sup> )	CARGA		RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE RESISTENCIA	TIPO DE FRACTURA
No.	COD.				DIA. (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )		Lbs.	Kg.			
1	CN - 1	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.5	5534.5	175	20393.80	14026	77.30	44.17	3
2	CN - 2	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	20286.21	13952	77.09	44.05	3
3	CN - 3	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	180.5	5505.4	175	20728.22	14256	78.98	45.13	3
4	ST - 1	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.5	5534.5	175	26515.14	18236	100.50	57.43	3
5	ST - 2	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.7	5541.8	175	26646.00	18326	100.86	57.63	3
6	ST - 3	25/10/2018	01/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	26643.10	18324	101.25	57.86	3
7	CT (0.04%) - 1	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.5	5534.5	175	30740.47	21142	116.51	66.58	3
8	CT (0.04%) - 2	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	180.5	5505.4	175	30312.99	20848	115.50	66.00	2
9	CT (0.04%) - 3	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	180.7	5512.7	175	30427.86	20927	115.78	66.16	3
10	CT (0.08%) - 1	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	180.5	5505.4	175	28931.69	19898	110.24	62.99	3
11	CT (0.08%) - 2	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.2	5527.2	175	29075.64	19997	110.35	63.06	2
12	CT (0.08%) - 3	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	28985.49	19935	110.15	62.94	3
13	CT (0.12%) - 1	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.2	5527.2	175	27076.39	18622	102.76	58.72	2
14	CT (0.12%) - 2	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.7	5541.8	175	27259.59	18748	103.18	58.96	3
15	CT (0.12%) - 3	28/10/2018	04/11/2018	7	15.2	181.0	5519.9	175	26990.60	18563	102.57	58.61	3
16	CN - 4	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	26813.21	18441	101.76	58.15	3
17	CN - 5	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	180.7	5512.7	175	26952.80	18537	102.56	58.61	3
18	CN - 6	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	26853.93	18469	101.91	58.24	2

#### Observaciones:

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.  
 Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio Geotécnico y de Concreto.

PROYECTO : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018  
 SOLICITANTE : Aguilar Arizola, Victor Alexander.  
 UBICACIÓN : Piura - Piura

### ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL EN TESTIGOS DE CONCRETO NORMA ASTM C - 39

#### Resultados de los ensayos realizados

##### Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

ASTM C39 / C39M - 10 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

PROBETA		FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	PROBETA			f <sub>c</sub> (DISEÑO) (Kg./cm <sup>2</sup> )	CARGA		RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE RESISTENCIA	TIPO DE FRACTURA
No.	COD.				DIA. (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )		Lbs.	Kg.			
19	CN - 7	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.5	5534.5	175	31880.40	21926	120.83	69.05	2
20	CN - 8	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.0	5519.9	175	31527.08	21683	119.81	68.46	3
21	CN - 9	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	180.5	5505.4	175	31794.62	21867	121.14	69.22	3
22	ST - 4	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.5	5534.5	175	35740.77	24581	135.46	77.41	3
23	ST - 5	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.7	5541.8	175	35777.12	24606	135.42	77.38	2
24	ST - 6	25/10/2018	08/11/2018	14	15.2	181.0	5519.9	175	35704.42	24556	135.68	77.53	3
25	CT (0.04%) - 4	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.5	5534.5	175	39100.97	26892	148.20	84.69	3
26	CT (0.04%) - 5	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	180.5	5505.4	175	38913.40	26763	148.27	84.72	2
27	CT (0.04%) - 6	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	180.7	5512.7	175	38932.30	26776	148.14	84.65	3
28	CT (0.08%) - 4	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	180.5	5505.4	175	36405.25	25038	138.71	79.26	3
29	CT (0.08%) - 5	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	36730.95	25262	139.40	79.66	2
30	CT (0.08%) - 6	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.0	5519.9	175	36661.16	25214	139.32	79.61	3
31	CT (0.12%) - 4	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.2	5527.2	175	32328.24	22234	122.69	70.11	2
32	CT (0.12%) - 5	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.7	5541.8	175	32328.24	22234	122.37	69.92	3
33	CT (0.12%) - 6	28/10/2018	11/11/2018	14	15.2	181.0	5519.9	175	32188.65	22138	122.32	69.90	3
34	ST - 7	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	43164.90	29687	163.82	93.61	3
35	ST - 8	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	180.7	5512.7	175	43034.04	29597	163.75	93.57	3
36	ST - 9	25/10/2018	22/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	43201.25	29712	163.96	93.69	3

#### Observaciones:

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.  
 Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio Geotécnico y de Concreto.

PROYECTO : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018  
 SOLICITANTE : Aguilar Arizola, Victor Alexander.  
 UBICACIÓN : Piura - Piura

**ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL EN TESTIGOS DE CONCRETO  
NORMA ASTM C - 39**

**Resultados de los ensayos realizados**

**Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto**

ASTM C39 / C39M - 10 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

PROBETA		FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	PROBETA			f <sub>c</sub> (DISEÑO) (Kg./cm <sup>2</sup> )	CARGA		RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE RESISTENCIA	TIPO DE FRACTURA
No.	COD.				DIA. (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (cm <sup>3</sup> )		Lbs.	Kg.			
37	CT (0.04%) - 7	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.0	5519.9	175	50116.47	34468	190.45	108.83	3
38	CT (0.04%) - 8	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.9	5549.1	175	50197.90	34524	189.76	108.43	2
39	CT (0.04%) - 9	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	180.7	5512.7	175	49985.61	34378	190.20	108.69	3
40	CT (0.08%) - 7	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.0	5519.9	175	45425.87	31242	172.63	98.64	3
41	CT (0.08%) - 8	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.5	5534.5	175	45501.48	31294	172.46	98.55	2
42	CT (0.08%) - 9	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	45536.37	31318	172.82	98.75	3
43	CT (0.12%) - 7	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.7	5541.8	175	38948.30	26787	147.43	84.24	3
44	CT (0.12%) - 8	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	180.7	5512.7	175	39022.45	26838	148.49	84.85	3
45	CT (0.12%) - 9	28/10/2018	25/11/2018	28	15.2	181.2	5527.2	175	38945.39	26785	147.80	84.46	3

**Observaciones:**

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.  
 Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio Geotécnico y de Concreto.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

**Proyecto** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**Solicitante** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación** : Piura - Piura

**Sector** : ---

**Sondeo** : C - 1 **Fecha** : Noviembre - 2018

**Muestra** : Afirmado

**Profundidad (mts.)** : BASE **Coordenadas** : ---

Partículas >3" (%) :

Grava (%) :

Arena (%) :

Limos y Arcillas (%) :

**D10** :   
**D30** :   
**D60** :   
**Cu** :   
**Cc** :

Limites de Atterberg:

**LL (%)** :   
**LP (%)** :   
**IP (%)** :

Humedad (%) :

Clasificación SUCS :

Grava mal gradada con arena

Clasificación AASHTO :

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	92.0
1 1/2"	38.100	84.3
1"	25.400	65.9
3/4"	19.050	57.0
3/8"	9.525	39.7
Nº4	4.760	30.0
Nº10	2.000	25.4
Nº20	0.840	21.0
Nº40	0.426	15.9
Nº60	0.250	14.2
Nº100	0.149	5.4
Nº200	0.074	4.5



**Nota:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

## LÍMITES DE ATTERBERG ASTM - D4318

**Proyecto** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**Solicitante** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

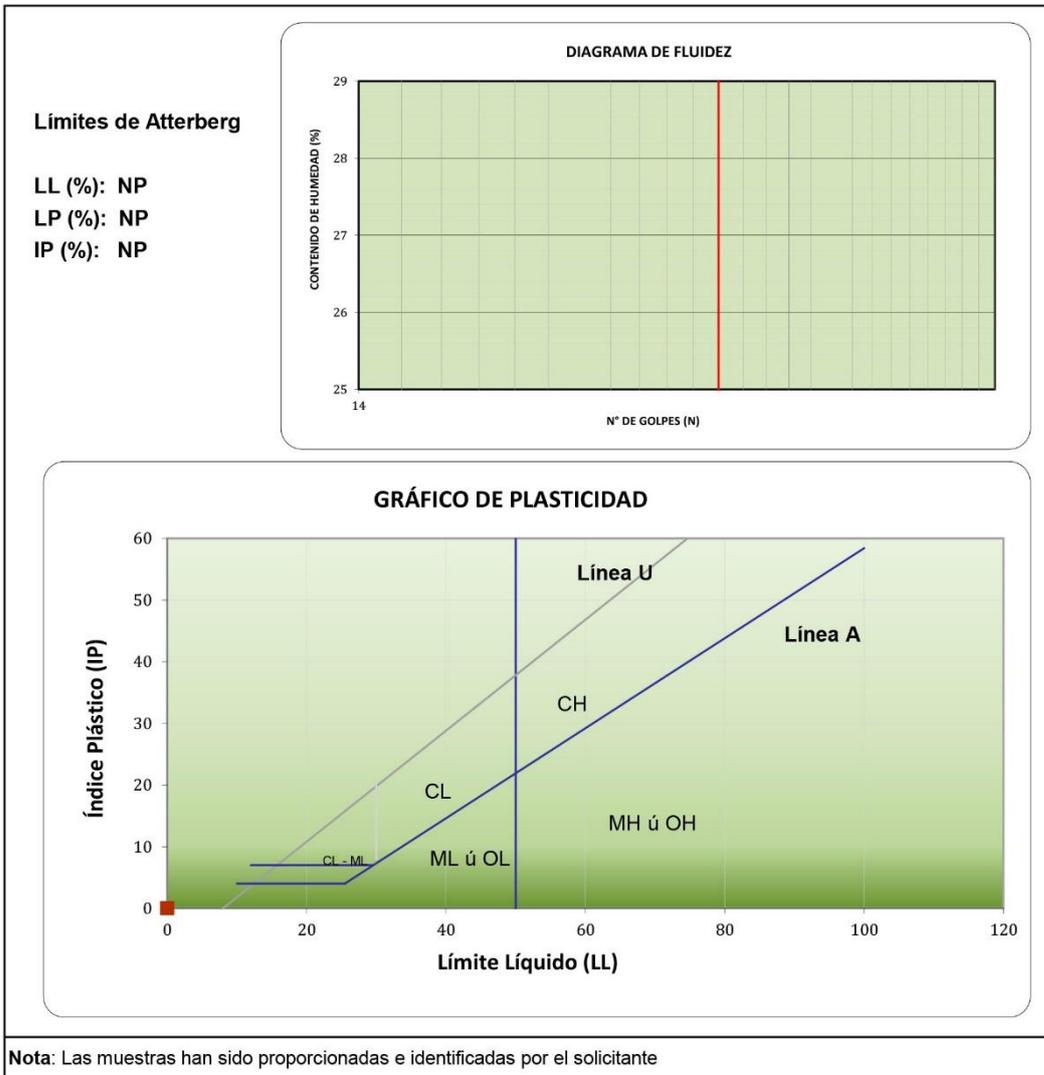
**Ubicación** : Piura - Piura

**Sector** : ---

**Sondeo** : C - 1 **Fecha** : Noviembre - 2018

**Muestra** : Afirmado

**Profundidad (mts.)** : BASE **Coordenadas** : ----



## PRÓCTOR MODIFICADO

**PROYECTO** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**SOLICITANTE** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**UBICACIÓN** : Piura - Piura

**Fecha** : Noviembre - 2018

**Calicata** : C - 1

**Clasificación SUCS** : GP

**Muestra** : Afirmado

**Clasificación AASHTO** : A-1-a

**Profundidad** : BASE

**Método de compactación** : C

**Progresiva** :

**Método de preparación** : Húmeda

**Retenidos 3/4** : 43.0

**Contenido de Humedad recibido (%)** : 1.8%

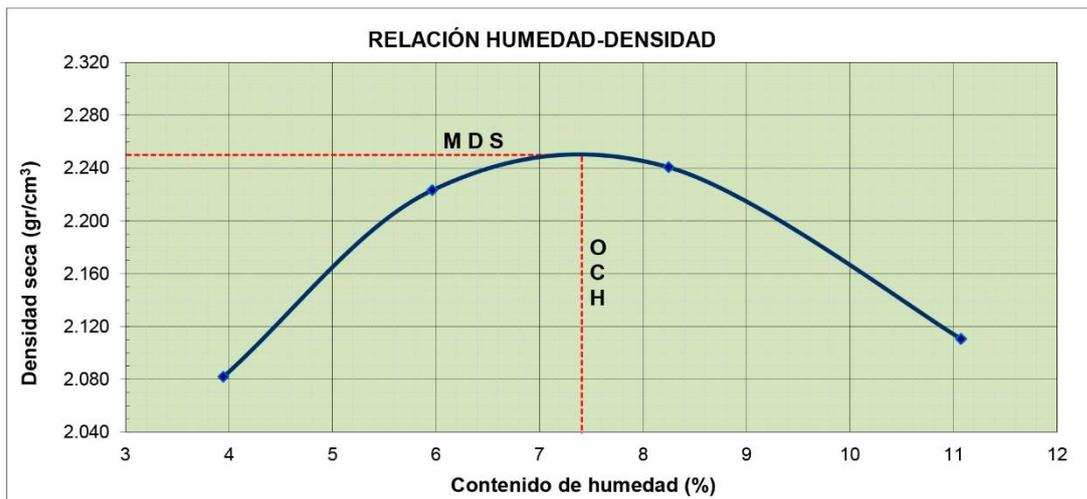
**3/8** : 17.3

**Descripción del pisón** : Manual

**Nº4** : 9.7

**Gravedad específica** : ---

Peso suelo compactado + molde (g)	7345.00	7745.00	7890.00	7721.00	
Peso molde (g)	2833.00	2833.00	2833.00	2833.00	
Peso suelo húmedo compactado (g)	4512.00	4912.00	5057.00	4888.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2085.00	2085.00	2085.00	2085.00	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.16	2.36	2.43	2.34	
Recipiente N°	70E	68F	52J	34G	
Peso muestra húmeda + tara (g)	682.28	726.47	648.85	655.21	
Peso muestra seca + tara (g)	662.31	694.93	610.74	606.51	
Peso de tara (g)	156.35	166.30	148.70	166.74	
Peso de agua (g)	19.97	31.54	38.11	48.70	
Peso de la muestra seca (g)	505.96	528.63	462.04	439.77	
Contenido de humedad (%)	<b>3.9</b>	<b>6.0</b>	<b>8.2</b>	<b>11.1</b>	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.082</b>	<b>2.223</b>	<b>2.241</b>	<b>2.111</b>	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>2.250</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>7.41</b>



**Observaciones:** .....

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**
**Proyecto:** Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**Solicitante:** Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación:** Piura - Piura

**Fecha:** Noviembre - 2018

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código:</b> ---	<b>Sondeo:</b> C - 1	<b>Muestra:</b> Afirmado
<b>Profundidad (m):</b> BASE	<b>Progresiva:</b> ---	<b>Tipo de Material:</b> Suelo
<b>Cantera:</b> ---		<b>Condición de la muestra:</b> Alterada

<b>Método de preparación:</b> Humeda	<b>Clasificación SUCS:</b> GP
<b>Sobrepeso:</b> 4.54	<b>Clasificación AASHTO:</b> A-1-a
	<b>Método de compactación:</b> ASTM D1557

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12950.00	12900.00	12800.00	12820.00	12350.00	12300.00
Peso de molde (g)	7842.00	7842.00	7860.00	7860.00	7596.00	7522.00
Peso del suelo húmedo (g)	5108.00	5058.00	4940.00	4960.00	4754.00	4778.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114.00	2114.00	2116.00	2116.00	2124.00	2124.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.416	2.393	2.335	2.344	2.238	2.250
Tara (N°)	A12	A4	A56	A78	A9	A11
Peso suelo húmedo + tara (g)	780.25	785.62	895.20	910.00	871.40	865.74
Peso suelo seco + tara (g)	738.20	742.35	848.20	860.27	825.74	817.95
Peso de tara (g)	170.36	171.85	178.26	174.50	169.11	170.23
Peso de agua (g)	42.05	43.27	47.00	49.73	45.66	47.79
Peso de suelo seco (g)	567.84	570.50	669.94	685.77	656.63	647.72
Contenido de humedad (%)	7.41	7.58	7.02	7.25	6.95	7.38
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.250	2.224	2.182	2.186	2.093	2.095

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>No expansivo</b>											

**PENETRACION**

PENETRACION (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)	Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)	Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		95	394			49	196			30	114		
1.270		180	759			131	549			112	467		
1.905		245	1037			193	815			168	708		
2.540	70.5	285	1207	1208.0	88.6	235	994	963.2	70.6	215	909	846.0	62.0
3.810		375	1590			312	1322			277	1173		
5.080	105.7	425	1802	1905.7	93.2	375	1590	1646.2	80.5	350	1484	1475.4	72.1
6.350		505	2140			442	1874			387	1641		
7.620		575	2435			523	2216			448	1900		
10.160		670	2833			626	2649			560	2372		
12.700		825	3480			752	3176			605	2561		

**Observaciones**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**

**Proyecto:** Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**Solicitante:** Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación:** Piura - Piura

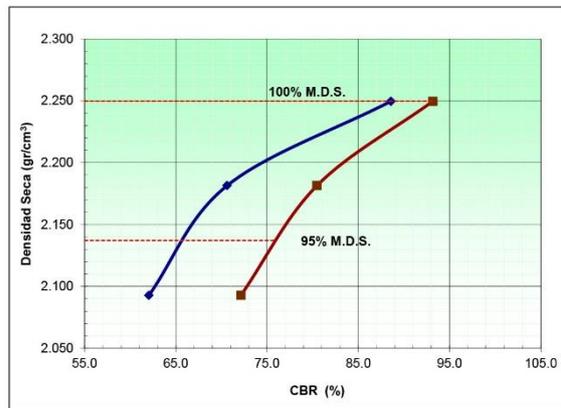
**Fecha:** Noviembre - 2018

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
California Bearing Ratio (CBR)	NTP 339.145 - 1999(revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código:</b> ---	<b>Sondeo:</b> C - 1	<b>Muestra:</b> Afirmado
<b>Profundidad (m):</b> BASE	<b>Progresiva:</b> ---	<b>Tipo de Material:</b> Suelo
<b>Cantera:</b> ---		<b>Condición de la muestra:</b> Alterada

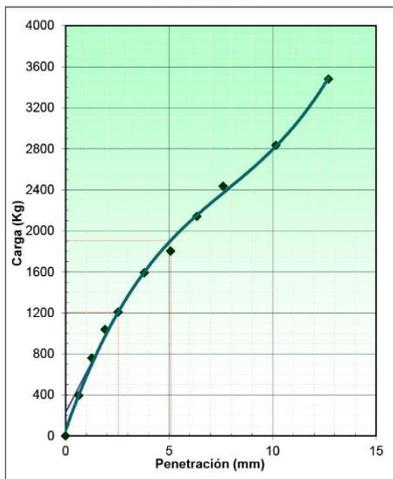
**Clasificación SUCS:** GP  
**Clasificación AASHTO:** A-1-a  
**Método de compactación:** ASTM D1557  
**Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>):** 2.250  
**Óptimo contenido de humedad (%):** 7.405  
**95% Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>):** 2.137

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	88.6	0.2":	93.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	64.3	0.2":	75.2

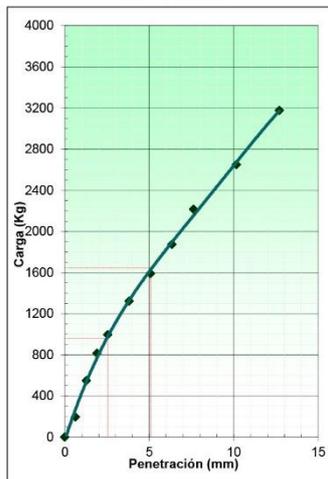


**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 88.6 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 64.3 (%)

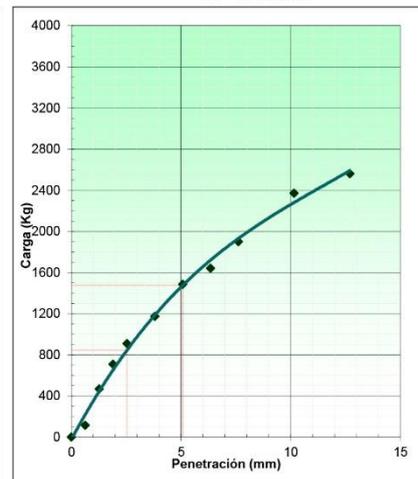
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



**Observaciones:**

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

**Proyecto** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018  
**Solicitante** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.  
**Ubicación** : Piura - Piura  
**Sector** : ---  
**Sondeo** : C-1 **Fecha** : Noviembre - 2018  
**Muestra** : Afirmado  
**Profundidad (mts.)** : SUB-BASE **Coordenadas** : ---

Partículas >3" (%) : ---

Grava (%) : 70.9

Arena (%) : 17.0

Limos y Arcillas (%) : 12.1

Limites de Atterberg:

LL (%) : 25.3

LP (%) : 18.7

IP (%) : 6.6

Humedad (%) : 2.6

Clasificación SUCS : GC-GM

Grava arcillo-limosa con arena

Clasificación AASHTO : A-2-4 (0)

**D10** :  
**D30** : 5.95  
**D60** : 41.02  
**Cu** :  
**Cc** :

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	71.0
1 1/2"	38.100	56.2
1"	25.400	44.8
3/4"	19.050	39.1
3/8"	9.525	31.9
Nº4	4.760	29.1
Nº10	2.000	27.3
Nº20	0.840	25.9
Nº40	0.426	20.3
Nº60	0.250	13.7
Nº100	0.149	13.3
Nº200	0.074	12.1



**Nota:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

## LÍMITES DE ATTERBERG ASTM - D4318

**Proyecto** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**Solicitante** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

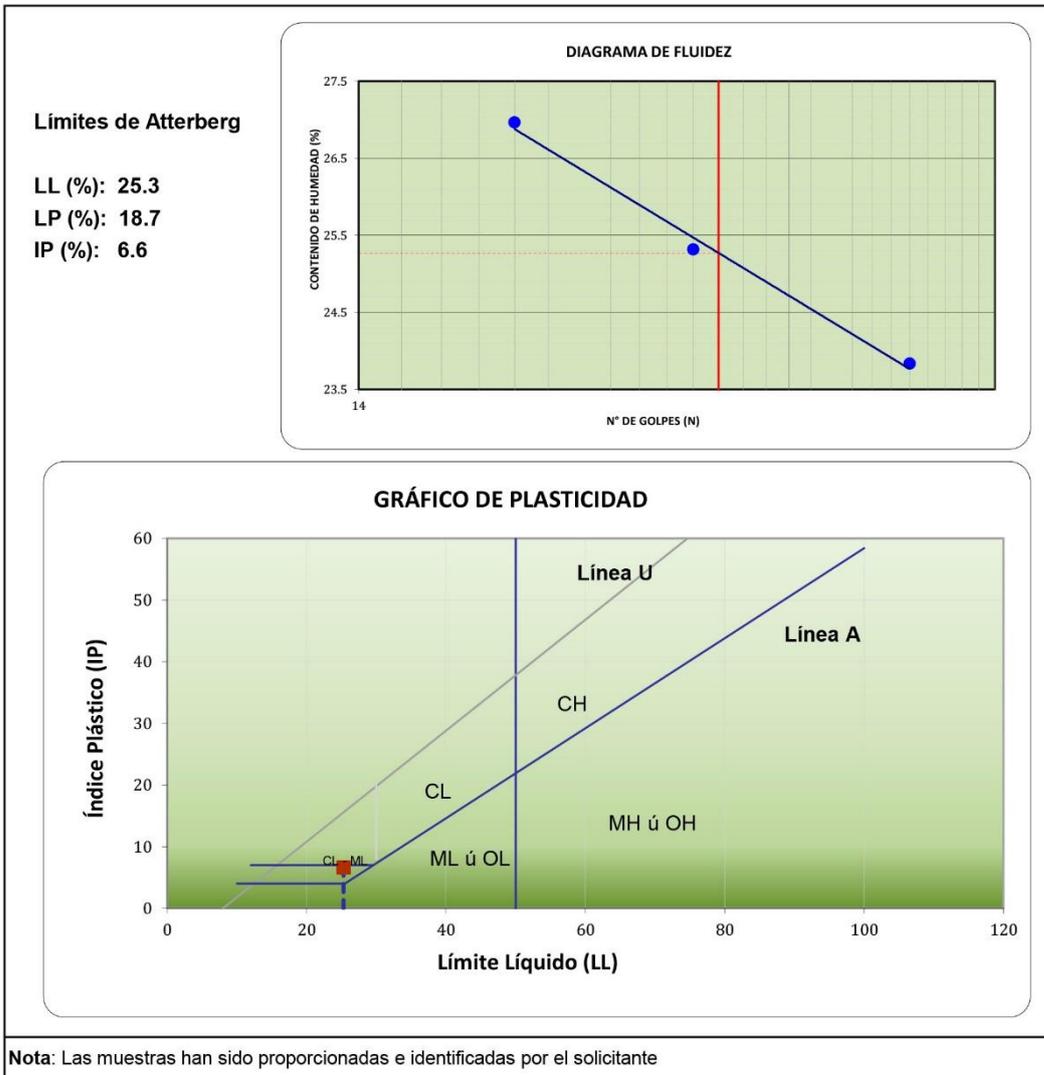
**Ubicación** : Piura - Piura

**Sector** : ---

**Sondeo** : C-1 **Fecha** : Noviembre - 2018

**Muestra** : Afirmado

**Profundidad (mts.)** : SUB-BASE **Coordenadas** : ----



## PRÓCTOR MODIFICADO

**PROYECTO** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**SOLICITANTE** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**UBICACIÓN** : Piura - Piura

**Fecha** : Noviembre - 2018

**Calicata** : C - 1

**Clasificación SUCS** : GC-GM

**Muestra** : Afirmado

**Clasificación AASHTO** : A-2-4 (0)

**Profundidad** : SUB - BASE

**Método de compactación** : C

**Progresiva** : ---

**Método de preparación** : Húmeda

**Retenidos 3/4** : 60.9

**Contenido de Humedad recibido (%)** : 2.6%

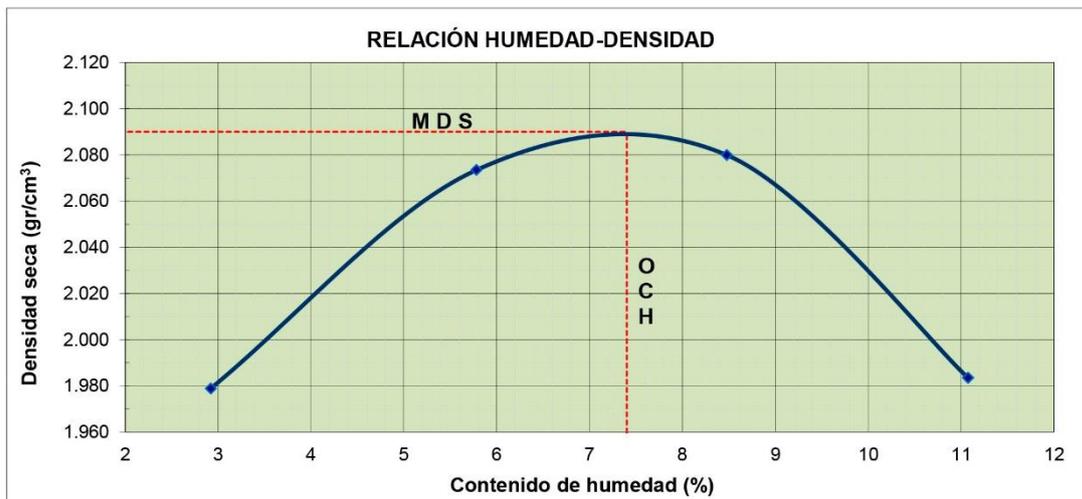
**3/8** : 7.2

**Descripción del pisón** : Manual

**Nº4** : 2.8

**Gravedad específica** : ---

Peso suelo compactado + molde (g)	8290.00	8626.00	8761.00	8647.00	
Peso molde (g)	3920.00	3920.00	3920.00	3920.00	
Peso suelo húmedo compactado (g)	4370.00	4706.00	4841.00	4727.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2145.60	2145.60	2145.60	2145.60	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.19	2.26	2.20	
Recipiente N°	26R	2D	71H	25K	
Peso muestra húmeda + tara (g)	678.20	587.16	713.28	650.35	
Peso muestra seca + tara (g)	663.28	564.16	669.11	601.72	
Peso de tara (g)	152.71	166.37	148.09	162.60	
Peso de agua (g)	14.92	23.00	44.17	48.63	
Peso de la muestra seca (g)	510.57	397.79	521.02	439.12	
Contenido de humedad (%)	<b>2.9</b>	<b>5.8</b>	<b>8.5</b>	<b>11.1</b>	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.979</b>	<b>2.073</b>	<b>2.080</b>	<b>1.983</b>	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>2.090</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>7.40</b>



**Observaciones:** .....

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**
**Proyecto:** Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

**Solicitante:** Aguilar Arizola, Victor Alexander.

**Ubicación:** Piura - Piura

**Fecha:** Noviembre - 2018

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código:</b> ---	<b>Sondeo:</b> C - 1	<b>Muestra:</b> Afirmado
<b>Profundidad (m):</b> SUB-BASE	<b>Progresiva:</b> ---	<b>Tipo de Material:</b> Suelo
<b>Cantera:</b> ---		<b>Condición de la muestra:</b> Alterada

<b>Método de preparación:</b> Humeda	<b>Clasificación SUCS:</b> GC-GM
<b>Sobrepeso:</b> 4.54	<b>Clasificación AASHTO:</b> A-2-4 (0)
	<b>Método de compactación:</b> ASTM D1557

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12572.00	12588.00	12360.00	12380.00	11662.00	11608.00
Peso de molde (g)	7842.00	7842.00	7860.00	7860.00	7596.00	7522.00
Peso del suelo húmedo (g)	4730.00	4746.00	4500.00	4520.00	4066.00	4086.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114.00	2114.00	2116.00	2116.00	2124.00	2124.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.237	2.245	2.127	2.136	1.914	1.924
Tara (N°)	A72	A12	A31	A100	A11	A25
Peso suelo húmedo + tara (g)	854.20	897.90	875.20	920.00	766.50	805.80
Peso suelo seco + tara (g)	808.62	847.60	828.70	867.40	725.10	761.45
Peso de tara (g)	168.51	167.83	175.48	172.63	171.23	173.65
Peso de agua (g)	45.58	50.30	46.50	52.60	41.40	44.35
Peso de suelo seco (g)	640.11	679.77	653.22	694.77	553.87	587.80
Contenido de humedad (%)	7.12	7.40	7.12	7.57	7.47	7.55
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.089	2.090	1.985	1.986	1.781	1.789

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>No expansivo</b>											

**PENETRACION**

PENETRACION (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)	Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)	Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		38	149			26	97			12	37		
1.270		86	355			75	306			34	132		
1.905		123	514			112	467			83	343		
2.540	70.5	160	673	635.9	46.6	146	613	574.2	42.1	109	454	432.8	31.7
3.810		211	892			197	832			157	660		
5.080	105.7	259	1097	1107.6	54.2	240	1013	1022.1	50.0	191	806	799.2	39.1
6.350		293	1242			268	1135			228	964		
7.620		344	1459			320	1357			246	1041		
10.160		419	1777			395	1675			325	1378		
12.700		457	1938			425	1802			388	1645		

**Observaciones**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**

**Proyecto:** Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018

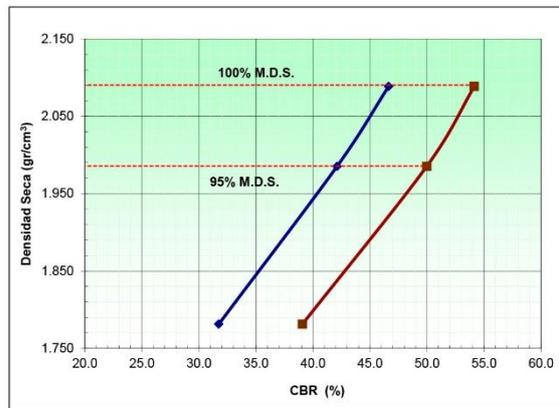
**Solicitante:** Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación:** Piura - Piura

**Fecha:** Noviembre - 2018

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	NTP 339.145 - 1999(revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código:</b> ---	<b>Sondeo:</b> C-1	<b>Muestra:</b> Afirmado
<b>Profundidad (m):</b> SUB-BASE	<b>Progresiva:</b> ---	<b>Tipo de Material:</b> Suelo
<b>Cantera:</b> ---		<b>Condición de la muestra:</b> Alterada

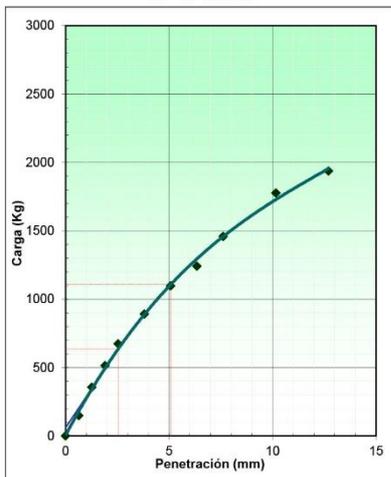


**Clasificación SUCS:** GC-GM  
**Clasificación AASHTO:** A-2-4 (0)  
**Método de compactación:** ASTM D1557  
**Máxima densidad seca (g/cm³):** 2.090  
**Óptimo contenido de humedad (%):** 7.400  
**95% Máxima densidad seca (g/cm³):** 1.986

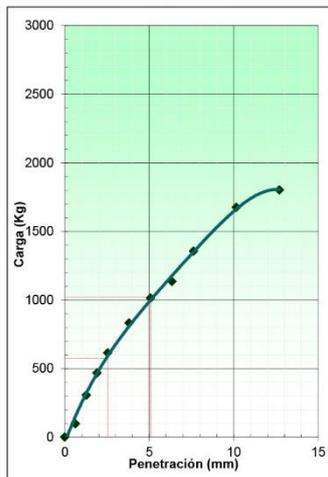
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 46.7	0.2": 54.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 42.1	0.2": 50.0

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 46.7 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 42.1 (%)

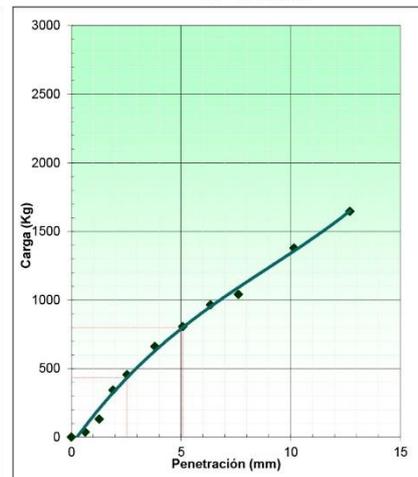
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



**Observaciones:**

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

**Proyecto** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018.

**Solicitante** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación** : Piura - Piura

**Sector** : ---

**Sondeo** : C - 1 **Fecha** : Noviembre - 2018

**Muestra** : ---

**Profundidad (mts.)** : SUB-RASANTE **Coordenadas** : ---

Partículas >3" (%) :

Grava (%) :

Arena (%) :

Limos y Arcillas (%) :

D10 :

D30 :

D60 :

Cu :

Cc :

Limites de Atterberg:

LL (%) :

LP (%) :

IP (%) :

Humedad (%) :

Clasificación SUCS : SC-SM

Arena arcillo-limosa

Clasificación AASHTO : A - 4 (0)

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº4	4.760	100.0
Nº10	2.000	100.0
Nº20	0.840	99.4
Nº40	0.426	99.1
Nº60	0.250	98.6
Nº100	0.149	59.0
Nº200	0.074	42.9



**Nota:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

## LÍMITES DE ATTERBERG ASTM - D4318

**Proyecto** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018.

**Solicitante** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

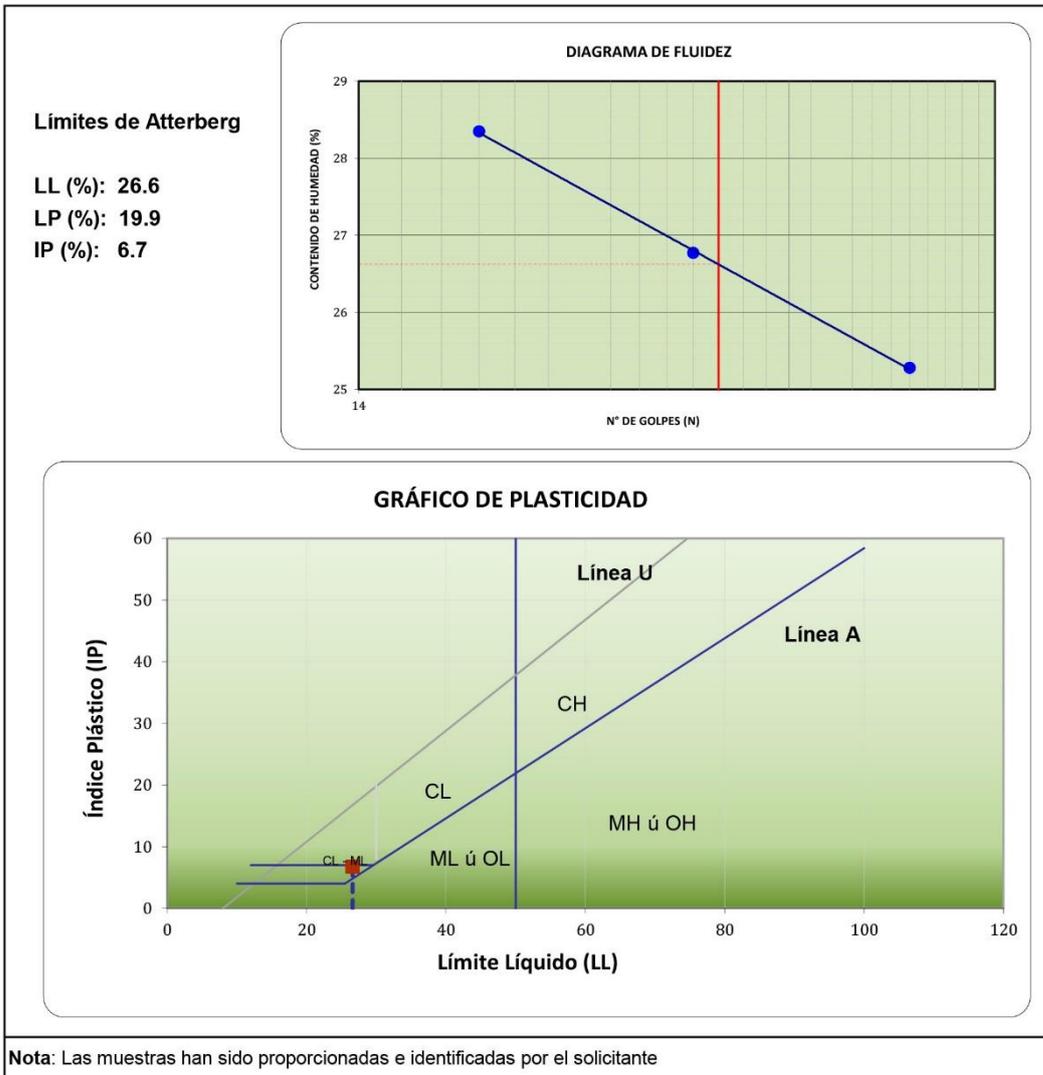
**Ubicación** : Piura - Piura

**Sector** : ---

**Sondeo** : C - 1 **Fecha** : Noviembre - 2018

**Muestra** : ---

**Profundidad (mts.)** : SUB-RASANTE **Coordenadas** : ----



## PRÓCTOR MODIFICADO

**PROYECTO** : Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018.

**SOLICITANTE** : Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**UBICACIÓN** : Piura - Piura

**Fecha** : Noviembre - 2018

**Calicata** : C - 1

**Clasificación SUCS** : SC-SM

**Muestra** : ---

**Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

**Profundidad** : SUB-RASANTE

**Método de compactación** : A

**Progresiva** : ---

**Método de preparación** : Húmeda

**Retenidos 3/4** : ---

**Contenido de Humedad recibido (%)** : 6.5%

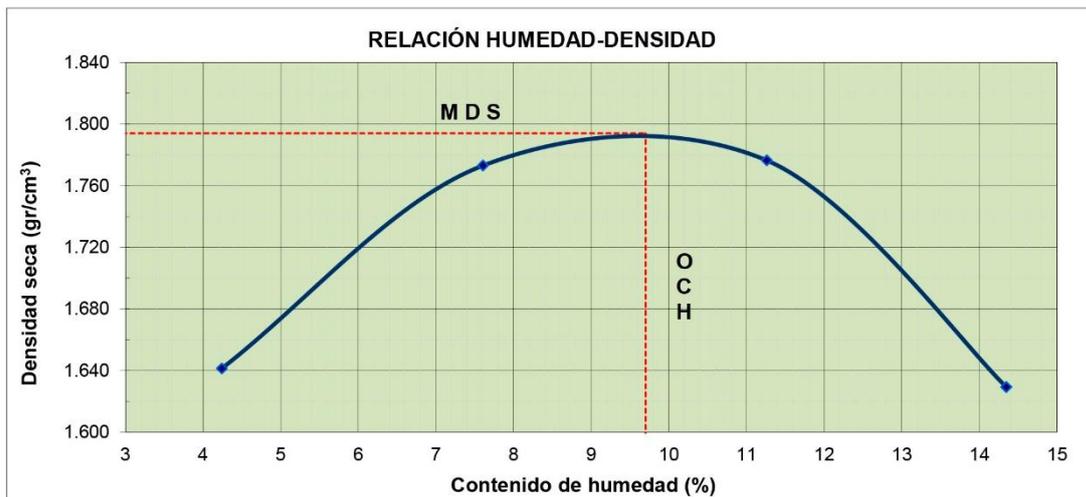
**3/8** : ---

**Descripción del pisón** : Manual

**Nº4** : ---

**Gravedad específica** : ---

Peso suelo compactado + molde (g)	5480.00	5664.00	5728.00	5622.00	
Peso molde (g)	3882.00	3882.00	3882.00	3882.00	
Peso suelo húmedo compactado (g)	1598.00	1782.00	1846.00	1740.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	934.00	934.00	934.00	934.00	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.71	1.91	1.98	1.86	
Recipiente N°	62T	2C	12R	61.00	
Peso muestra húmeda + tara (g)	652.30	726.30	644.70	580.60	
Peso muestra seca + tara (g)	632.48	685.30	595.86	526.40	
Peso de tara (g)	165.20	146.30	162.30	148.70	
Peso de agua (g)	19.82	41.00	48.84	54.20	
Peso de la muestra seca (g)	467.28	539.00	433.56	377.70	
Contenido de humedad (%)	<b>4.2</b>	<b>7.6</b>	<b>11.3</b>	<b>14.4</b>	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.641</b>	<b>1.773</b>	<b>1.776</b>	<b>1.629</b>	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>1.794</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>9.70</b>



**Observaciones:** .....

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**
**Proyecto:** Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018.

**Solicitante:** Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación:** Piura - Piura

**Fecha:** Noviembre - 2018

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código:</b> ---	<b>Sondeo:</b> C-1	<b>Muestra:</b> ---
<b>Profundidad (m):</b> SUB-RASANTE	<b>Progresiva:</b> ---	<b>Tipo de Material:</b> Suelo
<b>Cantera:</b> ---		<b>Condición de la muestra:</b> Alterada

<b>Método de preparación:</b> Humeda	<b>Clasificación SUCS:</b> SC
<b>Sobrepeso:</b> 4.54	<b>Clasificación AASHTO:</b> A - 4 (0)
	<b>Método de compactación:</b> ASTM D1557

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11980.00	12018.00	11850.00	11880.00	11520.00	11530.00
Peso de molde (g)	7842.00	7842.00	7860.00	7860.00	7596.00	7596.00
Peso del suelo húmedo (g)	4138.00	4176.00	3990.00	4020.00	3924.00	3934.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114.00	2114.00	2116.00	2116.00	2124.00	2124.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.957	1.975	1.886	1.900	1.847	1.852
Tara (N°)	A 04	A 11	A82	A26	A 100	A 98
Peso suelo húmedo + tara (g)	776.50	815.80	885.20	930.00	864.20	907.90
Peso suelo seco + tara (g)	726.30	756.70	824.60	860.10	805.97	843.66
Peso de tara (g)	185.50	168.80	178.90	167.10	169.60	173.40
Peso de agua (g)	50.20	59.10	60.60	69.90	58.23	64.24
Peso de suelo seco (g)	540.80	588.10	645.70	693.00	636.37	670.26
Contenido de humedad (%)	9.28	10.05	9.39	10.09	9.15	9.58
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.791	1.795	1.724	1.726	1.693	1.690

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/11/2018	10:20	24	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
03/11/2018	10:26	48	32.000	0.813	0.7	80.000	2.032	1.8	116.000	2.946	2.6
04/11/2018	10:32	72	74.000	1.880	1.6	152.000	3.861	3.3	238.000	6.045	5.2
05/11/2018	10:38	96	105.000	2.667	2.3	235.000	5.969	5.2	362.000	9.195	8.0
06/11/2018	10:44	120	152.000	3.861	3.3	313.000	7.950	6.9	456.000	11.582	10.0

**PENETRACION**

PENETRACION (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)	Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)	Dial (div)	(kg)	(kg)	CBR (%)
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		15	50			11	32			8	19		
1.270		22	80			18	63			10	28		
1.905		28	106			21	75			11	32		
2.540	70.5	35	136	136.7	10.0	25	93	94.4	6.9	13	41	42.9	3.1
3.810		47	188			31	119			16	54		
5.080	105.7	58	235	234.2	11.5	40	157	155.7	7.6	21	75	73.3	3.6
6.350		66	269			45	179			24	88		
7.620		75	308			51	205			27	101		
10.160		87	360			56	226			31	119		
12.700		96	398			65	265			38	149		

**Observaciones**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**

**Proyecto:** Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018.

**Solicitante:** Aguilar Arizola, Víctor Alexander.

**Ubicación:** Piura - Piura

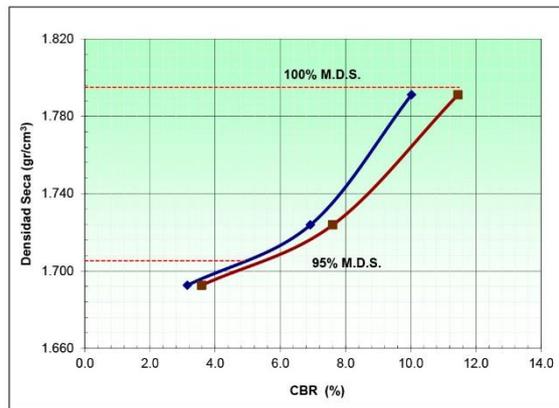
**Fecha:** Noviembre - 2018

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	NTP 339.145 - 1999(revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código:</b> ---	<b>Sondeo:</b> C-1	<b>Muestra:</b> ---
<b>Profundidad (m):</b> SUB-RASANTE	<b>Progresiva:</b> ---	<b>Tipo de Material:</b> Suelo
<b>Cantera:</b> ---		<b>Condición de la muestra:</b> Alterada

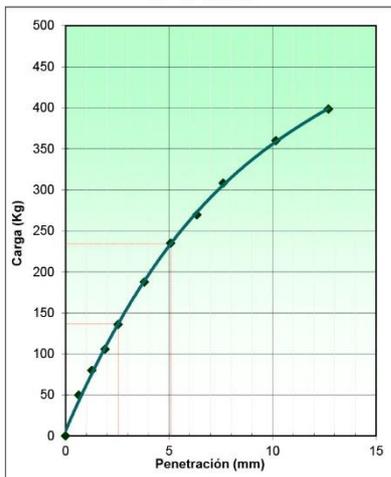
**Clasificación SUCS:** SC  
**Clasificación AASHTO:** A - 4 (0)  
**Método de compactación:** ASTM D1557  
**Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>):** 1.795  
**Óptimo contenido de humedad (%):** 10.049  
**95% Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>):** 1.705

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 10.0	0.2": 11.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 4.9	0.2": 5.4

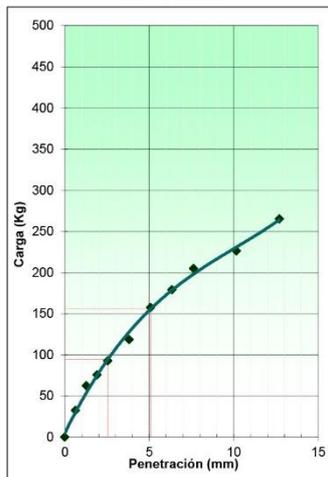


**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 10.0 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.9 (%)

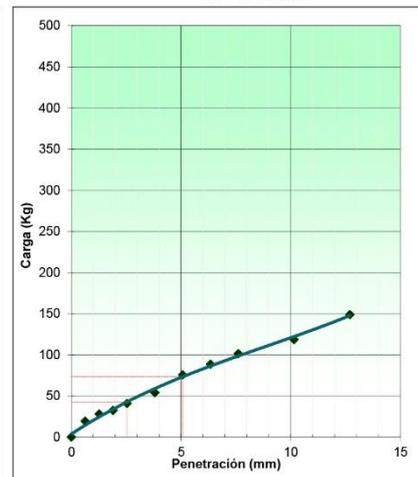
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



**Observaciones:**

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Mgr. **LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA**, docente da la Facultad de Ingeniería y Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo campus Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

**“OPTIMIZACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL MEJORAMIENTO SOSTENIBLE DEL PAVIMENTO DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AVENIDA SANCHEZ CERRO – PIURA 2018”**

Del estudiante **VÍCTOR ALEXANDER AGUIAR ARIZOLA**, constato que la investigación tiene un índice de similitud del 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito(a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 01 de Octubre del 2019.



---

Mgr. **LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA**

D.N.I.: 09389936



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Optimización de Concreto Permeable para el Mejoramiento Sostenible del Pavimento de Drenaje Pluvial en la avenida Sánchez Cerro Piura 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor:

AGUILAR ARIZOLA, VICTOR ALEXANDER

Asesor:

MG. ING. LUIS VARGAS CHACALTANA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

2018

PÁGINA DEL JURADO

Resumen de coincidencias

19 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	5 %	>
2	docplayer.es Fuente de Internet	4 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %	>
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
5	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %	>
6	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
7	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
8	Entregado a Carlos Tes... Trabajo del estudiante	1 %	>
9	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
10	Entregado a Pontificia ... Trabajo del estudiante	<1 %	>
11	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Aguilar Arizola Victor Alexander

D.N.I. :46736597

N° Celular: 961755068

N° Telf. Fijo: 523-8484

Domicilio : Jirón El Amargón #3900 – Urbanización Las Palmeras – Los Olivos

E-mail : Alexdesktop90@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Civil

Modalidad:

<input checked="" type="checkbox"/> Pre Grado	
<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación	<input checked="" type="checkbox"/> Tesis
Grado de Bachiller en : .....	Título Profesional de: Ingeniero Civil
<input type="checkbox"/> Post Grado	
<input type="checkbox"/> Maestría	<input type="checkbox"/> Doctorado
Grado : .....	
Mención : .....	

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Aguilar Arizola Víctor Alexander

Título de la tesis:

"Optimización de concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la avenida Sanchez Cerro – Piura 2018"

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento;

AUTORIZO a publicar en texto completo. |  NO AUTORIZO a publicar en texto completo.

Firma del autor: 

Fecha: 01/10/19



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

**LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**Victor Alexander Aguilar Arizola**

INFORME TÍTULADO:

**"OPTIMIZACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL MEJORAMIENTO SOSTENIBLE DEL  
PAVIMENTO DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AVENIDA SANCHEZ CERRO – PIURA 2018"**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**Ingeniero Civil**

SUSTENTADO EN FECHA: **18 de diciembre del 2018**

NOTA O MENCIÓN: **Catorce (14)**



Firma y Sello  
Del Encargado de Investigación