

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Fabricación de concreto permeable $f'c=210$ kg/cm² a
más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno
sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco –
2018**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Grisel ATENCIO SANTIAGO

Asesor: Mg. José German RAMIREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Fabricación de concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco – 2018

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Ing. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por brindarme los recursos necesarios para estudiar, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi hermana por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor ayuda en todo momento.

RECONOCIMIENTO

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que lo pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Gracias a mis padres y hermana por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante la vida.

Gracias por la buena experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi alma mater por permitirme convertirme en una profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como prueba viviente en la historia de esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

Siembra una buena y sincera amistad, y muy probablemente el tiempo te permitirá disfrutar de una agradable cosecha.

RESUMEN

La presente investigación titulada: “Fabricación de concreto permeable $f'c=210$ kg/cm² a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno Sika Fiber Force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco – 2018”, trata sobre la fabricación de concreto permeable $f'c=210$ kg/cm² a más de 4000 msnm, utilizando fibras de polipropileno Sika Fiber Force PP -48 y con ello, presentar una nueva alternativa para el diseño de pavimentos de concreto en la ciudad.

Las variables que se consideran son las fibras de polipropileno Sika Fiber Force PP -48, el contenido de vacío, resistencia a la compresión, y la permeabilidad. Se realizó ensayos normados a los materiales, y cinco alternativas de diseños de mezcla tales como: Diseño de MEZCLA I – (CP) concreto patrón de resistencia de diseño de 210 Kg/cm² de acuerdo a la metodologías ACI 221.3R y ACI 522R, diseño de MEZCLA II –(CP + A) donde se incorporó el aditivo Plastiment, adicionalmente se tienen los diseños de MEZCLA III - CP +A +FP (3kg), MEZCLA IV – CP +A + FP (6kg) y MEZCLA V – CP +A + FP (9kg), en estos últimos tres diseños se utilizaron el aditivo Plastiment y fibras de polipropileno Sika Fiber Force PP-48 en las dosis de 3kg, 6kg y 9 kg, con el fin de realizar las comparaciones.

Los resultados muestran que el diseño de MEZCLA III - CP +A +FP (3kg), es el más óptimo, alcanzando una resistencia a la compresión de 218.8 kg/cm².

El desarrollo del trabajo se muestra en los siguientes capítulos: Capítulo I, enmarca el Problema de Investigación, determinación del problema, formulación del problema, objetivos, justificación del problema, importancia y alcances, y por ultimo las limitaciones para desarrollar la presente investigación. Capítulo II, se realiza el Marco Teórico teniendo los

Antecedentes del problema, bases teóricas – científicos, definición de términos, hipótesis e identificación de las variables. Capítulo III, detalla la metodología y técnicas de investigación; comprendiendo el tipo de investigación, diseño, población y muestra, métodos de la investigación, las técnicas e instrumento de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos. Capítulo IV, ilustra referente al resultado y discusión. Teniendo como parte final las conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

Palabras clave: Concreto permeable, contenido de vacío, resistencia a la compresión, permeabilidad, fibras de polipropileno Sika Fiber Force PP-48.

SUMMARY

This research entitled: "MANUFACTURE OF PERMEABLE CONCRETE $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ TO MORE THAN 4000 MSNM USING SIKA FIBER FORCE PP-48 POLYPROPYLENE FIBER IN THE CITY OF CERRO DE PASCO - 2018", deals with the manufacture of concrete permeable $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ at more than 4000 meters above sea level, using Sika Fiber Force PP -48 polypropylene fibers and with it, present a new alternative for the design of concrete pavements in the city.

The present investigation entitled: "Manufacture of permeable concrete $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ to more than 4000 meters above sea level using Sika Fiber Force pp-48 polypropylene fiber in the city of Cerro de Pasco - 2018", deals with the manufacture of concrete permeable $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ at more than 4000 meters above sea level, using Sika Fiber Force PP -48 polypropylene fibers and with it, present a new alternative for the design of concrete pavements in the city.

Variables considered are Sika Fiber Force PP -48 polypropylene fibers, vacuum content, compressive strength, and permeability. Standardized tests were carried out on the materials, and five alternatives of mixing designs such as: Design of MIX I - (CP) concrete design resistance pattern of 210 Kg / cm^2 according to the methodologies ACI 221.3R and ACI 522R, design of MIX II - (CP + A) where the Plastiment additive was incorporated, additionally there are the designs of MIX III - CP + A + FP (3kg), MIX IV - CP + A + FP (6kg) and MIX V - CP + A + FP (9kg), in these last three designs the additive Plastiment and fibers of polypropylene Sika Fiber Force PP-48 were used in the doses of 3kg, 6kg and 9kg, in order to make the comparisons.

The results show that the design of MIX III - CP + A + FP (3kg), is the most optimal, reaching a compressive strength of 218.8 kg / cm².

The development of the work is shown in the following chapters: Chapter I, frames the Problem Statement, problem determination, problem formulation, objectives, justification of the problem, importance and scope, and finally the limitations to develop this research. Chapter II, the Theoretical Framework is realized having the Background of the problem, theoretical - scientific bases, definition of terms, hypotheses and identification of the variables. Chapter III, details the research methodology; comprising the type of research, design, population and sample, research methods, data collection techniques and tools, data processing and analysis techniques. Chapter IV illustrates the result and discussion. Having as final part the conclusions, recommendations and bibliography.

Keywords: Permeable concrete, vacuum content, compressive strength, permeability, Sika Fiber Force PP-48 polypropylene fibers.

INTRODUCCIÓN

El concreto permeable es un material con revenimiento cero, compuesto de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, que se caracteriza por su alta porosidad que permite el paso del agua a través de su estructura. Esta característica se debe a su alto contenido de vacíos interconectados en el orden de 15 % a 35% dependiendo de los materiales y de su aplicación. A su vez el comité nos brinda otras características que definen el concreto permeable, como su capacidad de infiltración que varía entre 81 a 731 L/min/m² y su resistencia de 28.55 kg/cm² a 285.51 kg/cm².

La posibilidad de utilizar este tipo de concreto en Cerro de Pasco motivó esta investigación, cuyo objetivo principal consiste en determinar el diseño de mezcla de concreto permeable optimo, utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable $f'c=210$ kg/cm² a más de 4000 msnm en la ciudad de Cerro de Pasco – 2018, para lo cual se realizaron 5 diseños de mezcla, con la finalidad de verificar el comportamiento del concreto permeable y obtener el diseño de mezcla “idóneo”, descrito esto como la obtención de las mejores características, como mayores valores de resistencia a la compresión y permeabilidad adecuada.

El concreto permeable es una alternativa de solución ante daños ocasionados por el ser humano a suelos, a mantos acuíferos y al medio ambiente en general, por lo tanto, se establece como medida innovadora dentro de la construcción de pavimentos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRAFICO	
ÍNDICE DE ECUACIONES	
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. DELIMITACION ESPACIAL	3
1.2.2. DELIMITACION TEMPORAL	3
1.2.3. DELIMITACION CONCEPTUAL	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1. PROBLEMA GENERAL	3
1.3.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS:	4
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL:	4
1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO:	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	7
2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS	17
2.2.1. CONCRETO PERMEABLE	17
2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO PERMEABLE	23
2.2.3. PROPIEDADES	35

2.2.4.	DISEÑO DE MEZCLA.....	47
2.2.5.	ESTUDIOS HIDROLOGICOS.....	54
2.3.	DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS	67
2.4.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	70
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	70
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	70
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	71
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	71
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	71
2.5.3.	VARIABLE INTERMITENTE	71
2.6.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.	71
CAPÍTULO III		73
METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN.....		73
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.2.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	73
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	74
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	75
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS..	77
3.7.	TRATAMIENTO ESTADISTICO.	77
3.8.	SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.	77
3.9.	ORIENTACION ETICA.	78
CAPÍTULO IV.....		79
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		79
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	79
4.1.1.	PROPIEDADES DE MATERIALES:	79
4.2.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	102
4.2.1.	MÉTODO DE DISEÑO UTILIZADO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ASUMIDAS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS DEL CONCRETO	102
4.2.1.1.	CRITERIOS DE DISEÑO:	102

4.2.1.2.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA:.....	103
4.2.1.3.	ELABORACION Y CURADO DE PROBETAS.....	112
4.2.1.4.	ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	116
4.2.1.4.1.	ENSAYO DE TEMPERATURA:	116
4.2.1.4.2.	ENSAYO DE REVENIMIENTO:	116
4.2.1.4.3.	ENSAYO DE PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE VACIO:	118
4.2.1.5.	ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:	120
4.2.1.5.1.	ENSAYO DEL CONTENIDO DE VACÍO:.....	120
4.2.1.5.2.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION:	123
4.2.1.5.3.	ENSAYO DE PERMEABILIDAD.....	128
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS:	132
4.3.1.	HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	132
4.3.2.	PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	132
4.3.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	133
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	134
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Avenida Daniel Alcides Carrión – San Juan – Yanacancha – inundación de vías.....	2
Ilustración 2: Estructura interna del concreto permeable.....	37
Ilustración 3: Equipo de ensayo de permeabilidad recomendado por el ACI 522.R.	41
Ilustración 4: Visita a la Cantera y extracción de agregados.	80
Ilustración 5: Tamizado del agregado grueso.....	83
Ilustración 6: Tamizado del agregado fino.....	86
Ilustración 7: Proporción de materiales para diseño de mezcla.	113
Ilustración 8: Procedimiento de mezclado del concreto permeable	113
Ilustración 9: Elaboración de especímenes de concreto permeable.....	114
Ilustración 10: Curado y protección del concreto permeable.	115
Ilustración 11: Curado en agua del concreto permeable.	115
Ilustración 12: Procedimiento de ensayo del slump.....	117
Ilustración 13: Ensayo de Peso Unitario.....	119
Ilustración 14: Medición de las probetas.....	125
Ilustración 15: Determinación del ensayo a la compresión simple.....	125
Ilustración 16: Ensayo de permeabilidad.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites de Granulometría del agregado grueso.	25
Tabla 2: Límites de Granulometría del agregado fino	27
Tabla 3: Precipitación máxima en 24 horas.	58
Tabla 4: Precipitación Máxima en 24 Horas Valores Máximos Anuales.	60
Tabla 5: Log Normal Distribution.....	61
Tabla 6: Parameter Log Normal Distribution.....	62
Tabla 7: Distribution Gumbel	63
Tabla 8: Precipitación Máxima en 24 Horas para Periodos de Retorno T.	64
Tabla 9: Intensidades Máximas (mm/h).....	66
Tabla 10: Intensidad Máxima de lluvia de diseño (mm/h).....	66
Tabla 11: Peso Unitario Suelto de A.F y A.G.	88
Tabla 12: Peso Unitario Compactado de A.F y A.G.	90
Tabla 13: Peso Unitario Compactado de A.F y A.G.	92
Tabla 14: Peso Específico y Absorción A.F.	95
Tabla 15: Contenido de humedad del A.F. y A.G.	97
Tabla 16: Resumen de los ensayos realizados.	98
Tabla 17: Información del Producto - PLASTIMENT.	100
Tabla 18: Datos del producto - Sika Fiber Force PP-48.	101
Tabla 19: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla I.....	107
Tabla 20: Valores de Diseño corregido por Humedad –Diseño de Mezcla I ...	107
Tabla 21: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto - MEZCLA I.	107
Tabla 22: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla II.....	108
Tabla 23: Valores de Diseño corregido por Humedad – Diseño de Mezcla II.	108
Tabla 24: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto – MEZCLA II	108

Tabla 25: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla III.....	109
Tabla 26: Valores de Diseño corregido por Humedad – Diseño de Mezcla III.	109
Tabla 27: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto – MEZCLA III	109
Tabla 28: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla IV.	110
Tabla 29: Valores de Diseño corregido por Humedad – Diseño de Mezcla IV.	110
Tabla 30: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto – MEZCLA IV.....	111
Tabla 31: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla V	111
Tabla 32: Valores de Diseño corregido por Humedad – Diseño de Mezcla V	112
Tabla 33: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto – MEZCLA V	112
Tabla 34: Temperatura del concreto permeable	116
Tabla 35: Resultados de Peso Unitario en Estado Fresco	120
Tabla 36: Resultados de contenido de vacíos en estado fresco	120
Tabla 37: Resultados de Contenido de Vacíos en estado endurecido.....	123
Tabla 38: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA I	126
Tabla 39: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA II	127
Tabla 40: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA III.....	127
Tabla 41: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA IV.	127
Tabla 42: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA V.....	127
Tabla 43: Resultados coeficiente de permeabilidad.	130

ÍNDICE DE GRAFICO

Gráfico 1: Relación entre el contenido de aire y la tasa de percolación (Adaptado de Meininger 1988)	40
Gráfico 2: Precipitación máxima en 24 Horas 1998-2008	59
Gráfico 3: Diseño de Investigación.	74
Gráfico 4: Granulometría del Agregado Grueso	82
Gráfico 5: Granulometría del Agregado Fino.	85
Gráfico 6: Contenido de vacíos vs Filtración requerida (Adaptado de: ACI 522R-10, 2010).	103
Gráfico 7: Resistencia a la compresión Vs Contenido de vacíos.	105
Gráfico 8: Contenido de pasta vs Contenido de Vacíos (Adaptado de: ACI 522E-10, 2010).....	106
Gráfico 9: Diagrama comparativo del Coeficiente de Permeabilidad.	131
Gráfico 10: Variación de la Resistencia a la Compresión de todos los Diseños de Mezcla.....	132

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Coeficiente de permeabilidad según la ley de Darcy.....	41
Ecuación 2: Densidad Seca.....	50
Ecuación 3: Precipitación Total (mm).....	65
Ecuación 4: Intensidad.	65
Ecuación 5: Peso unitario.....	87
Ecuación 6: Contenido de humedad.	97
Ecuación 7: Peso Unitario del Concreto.	119
Ecuación 8: Porcentaje de vacíos.....	119
Ecuación 9: porcentaje de Vacíos en Estado Endurecido.....	121
Ecuación 10: Volumen de Solidos de Testigos.	122
Ecuación 11: Resistencia a la rotura a la compresión.....	126

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

El concreto hidráulico convencional es el más utilizado en la construcción de pavimentos, conlleva a la impermeabilización de grandes superficies, por lo cual las aguas pluviales son evacuadas utilizando los sistemas de alcantarillado, creando encharcamientos e inundaciones en calles, zonas de estacionamiento, etc., y otra es evaporada; con esto se contribuye a su contaminación y se impide que lleguen hasta el subsuelo y/o se aproveche, con su almacenamiento. Pues la evacuación de aguas pluviales genera escurrimientos superficiales, generalmente este fenómeno sucede durante el periodo de lluvias afectando negativamente el desarrollo urbano, la circulación vehicular y peatonal.

En las ciudades del Perú se viene experimentando un crecimiento urbano acelerado y cada año durante las estaciones lluviosas se dan importantes inundaciones en zonas urbanas.

En la ciudad de Cerro de Pasco se vienen presentando problemas en la evacuación de aguas pluviales y en las condiciones de escurrimiento aguas abajo (arrastre de materiales sólidos y varios contaminantes depositados en las calles), principalmente por el crecimiento acelerado de

la ciudad y por el uso de pavimentos convencionales (impermeables). Asimismo, se desconoce las aplicaciones y propiedades del concreto permeable, ya que no es un concreto tradicional no se investiga en nuestra zona.

En vista del conjunto de problemáticas antes mencionada, y percibir que no existen pruebas ni estudio del concreto permeable en la ciudad de Cerro de Pasco, es indispensable el estudio del mismo en nuestro medio. Por lo cual, se plantea como una alternativa de solución la “Fabricación de concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco - 2018”, así para obtener las características del concreto permeable en donde se indicará los parámetros de cómo será el comportamiento de dicho concreto.



Ilustración 1: Avenida Daniel Alcides Carrión – San Juan – Yanacancha – inundación de vías.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarco a la realidad circundante por tanto se tuvieron que realizar ensayos y pruebas de acuerdo a la situación climatológica.

1.2.1. DELIMITACION ESPACIAL

La investigación desarrollada se realizó en ambientes de la Planta Concretera GOVIZAMIX.

1.2.2. DELIMITACION TEMPORAL

El desarrollo de la Investigación se desarrolló desde los meses octubre del 2018 hasta el mes de marzo del 2019.

1.2.3. DELIMITACION CONCEPTUAL

La fundamentación teórica del concreto permeable es muy limitado en el país, porque este tipo de concreto es poco usual en nuestra zona, casi siempre se ha seguido con los métodos clásicos, siempre tratándonos de adaptar a las zonas geográficas de la costa que son muy distintas a las zonas de altura.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación ante los diversos problemas operacionales está dirigida a buscar las respuestas necesarias a las siguientes interrogantes:

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la dosificación adecuada para la fabricación de concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS:

- ¿Cuál es la Resistencia a la Compresión del Concreto Permeable a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48?
- ¿Cuál es el Coeficiente de permeabilidad del concreto permeable a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48?
- ¿Cuál es el contenido de vacíos del concreto permeable a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48?

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

“Determinar la dosificación adecuada para la fabricación de concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco.”

1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO:

- Determinar la Resistencia a la Compresión del Concreto permeable a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48.
- Determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48.

- Determinar el contenido de vacíos del concreto permeable a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente en Cerro de Pasco, no se realizaron estudios e investigaciones respecto al uso del Concreto Permeable como solución a los problemas acarreados por la evacuación de aguas pluviales y el uso masivo de pavimento convencional (superficies impermeables), la importancia de la presente investigación es de fabricar concreto permeable a más de 4000 msnm evaluando la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad, utilizando fibras de polipropileno sika fiber force pp-48 en el diseño de mezcla, con la finalidad de que pueda ser utilizado en la ciudad , el cual justifica esta investigación.

Justificación ambiental

El concreto permeable, forma parte de los denominados “Concretos Ecológicos” debido a su bajo impacto en el medio ambiente, esto gracias a que con su uso en pavimentos se consigue tratar las aguas pluviales: Permitiendo su almacenamiento, reutilización, infiltración al subsuelo y logrando así la restauración de los mantos acuíferos.

Justificación estructural

A través de pruebas de resistencia a la compresión, se obtendrá el comportamiento estructural del concreto permeable elaborado.

Justificación económica

El concreto permeable es recomendado por el bajo costo a lo largo de su ciclo de vida, es decir, el costo para elaborarse, mantener, demoler y reciclar es bajo.

Disminuir la inversión en construcción y mantenimiento de sistemas de drenaje con el manejo natural de las aguas pluviales.

Justificación urbanística y estética

Disminuir escorrentía, encharcamientos e inundaciones en zonas urbanas y permitir el mejor tránsito tanto vehicular como peatonal en tiempo de lluvias.

Estéticamente es un concreto que puede ser diseñado con pigmentación de diversos colores y así dar un mejor aspecto urbanístico.

1.6.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Los análisis de agua para consumo humano tienen altos costos monetarios. Escasa información bibliográfica sobre el uso de la fibra de polipropileno sika fiber force pp-48.
- Escasa practica sobre la fabricación de mezcla de concreto permeable a más de 4000 msnm.
- Esta investigación planteada es válida solo para la ciudad Cerro de Pasco a más de 4000 msnm debido a que se usara canteras cercanas a la ciudad para disminuir el costo por 1 m³ de concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Se ha tomado como antecedentes diversos estudios realizados del concreto permeable a nivel nacional e internacional

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

- Revista de Investigación titulado: “EFECTO DE LAS FIBRAS PLÁSTICAS EN LA FLEXIÓN DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS DRENANTES”¹, realizada en la Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ingeniería Civil, Colombia 2002.

Autores: REYES LIZCANO, Fredy

ROBERTO TORRES, Andrés

País: Colombia

Año: 2002

RESUMEN

Los investigadores a lo largo del estudio diseñaron un pavimento rígido con una estructura permeable con adiciones de tiras de

¹ REYES LIZCANO – ROBERTO TORRES (2002). EFECTO DE LAS FIBRAS PLASTICAS EN LA FLEXION DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS DRENANTES.

plástico de diferentes medidas (de 2 mm x 10 mm y de 4 mm x 20 mm) y en diferentes porcentajes (0.025%, 0.05%, 0.075%, 0.100%, 0.200%, 0.300%, 0.400% y 0.500%), efectuando ensayos a flexión, la tracción indirecta y el módulo de elasticidad, para que a partir de los resultados obtenidos se pueda determinar el tipo de tira más adecuada y el porcentaje óptimo para obtener un diseño para un pavimento rígido netamente permeable y que este a la par con los demás pavimentos en cuanto a su comportamiento ante los diferentes esfuerzos. Concluyendo que la adición de tiras de desechos plásticos en un porcentaje de 0.10% con dimensiones de 4 mm x 20 mm permite que el concreto poroso mejore sus características en cuanto al comportamiento ante los esfuerzos, principalmente al de flexión.

- Tesis de Investigación titulado: “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONCRETOS PERMEABLES CON AGREGADOS ANDESÍTICOS”², Tesis de Maestro, programa de maestría y doctorado en Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma De México, México D.F.

Autores: PEREZ RAMOS, Daniel

País: México

Año: 2009

RESUMEN

² PEREZ RAMOS, Daniel., (2009). ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONCRETOS PERMEABLES CON AGREGADOS ANDESITICOS.

En esta Tesis se buscó la caracterización del concreto permeable considerando los requerimientos de los métodos de diseño de espesores de pavimentos más usados a nivel mundial, el de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA), donde una de las variables importantes que intervienen es el Módulo de Ruptura, y dado que el desgaste es el talón de Aquiles en los concretos permeables, caracterizaremos nuestras mezclas usando el Módulo de Ruptura y el ensayo Cantabro.

El concreto permeable ya es una realidad en nuestro medio, el interés en este concreto radica en ser una solución a urbanizaciones sustentables sin olvidar la economía porque actúa filtrando el agua de escorrentía superficial que puede ser reutilizable para el riego de parques o áreas verdes de las mencionadas urbanizaciones sustentables.

Las mezclas con 15% de vacíos resultaron a los 28 días con un promedio de 196 kg/cm² en resistencia a compresión, 41 kg/cm² en resistencia a flexión y 117768 kg/cm² en módulo de elasticidad y las mezclas con 20% de vacíos resultaron a los 28 días con un promedio de 165 kg/cm² en resistencia a compresión, 37 kg/cm² en resistencia a flexión y 105378 kg/cm² en módulo de elasticidad. El peso volumétrico de las mezclas con 15% de vacíos resultaron 1944 kg/cm³ y las mezclas con 20% de vacíos 1899 kg/cm³.

- Proyecto Académico titulado: “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADOS PLÁSTICO Y ENDURECIDO”³, realizada en el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Distrito Federal, México.

Autores: Mendoza, Carlos Javier; Aire, Carlos; Dávila, Paula

País: Mexico

Año: 2007

RESUMEN

El empleo de fibras de polipropileno en las mezclas de concreto modifica su consistencia cuando los consumos de fibra son elevados (del orden de 5 kg/m³ o superiores). La masa unitaria y el contenido de aire atrapado se modifican ligeramente.

Por su parte, los consumos de fibras de polipropileno igual o mayor a 3 kg/m³ de concreto, reducen en forma importante el agrietamiento por contracción plástica.

La resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson y la deformación unitaria a la falla por compresión no se modifican en forma significativa por la inclusión de fibras hasta para consumos de 5 kg/m³. La resistencia a tensión por flexión se modifica, aunque la tendencia no queda definida totalmente ya que en algunos casos la incrementa y en otros la reduce. La resistencia a tensión determinada en forma indirecta se modifica en menor cuantía, pero también sin tendencia definida. La resistencia del

³ MENDOZA, CARLOS JAVIER, AIRE, CARLOS; DAVILA, PAULA.,(2007). INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO PLASTICO Y ENDURECIDO.

concreto al impacto se incrementa en forma significativa con el consumo de fibras de polipropileno, siendo en algunos casos, mayor al doble para consumos de fibra de 5 kg/m³ de concreto. La tenacidad del concreto se incrementa en forma importante con el consumo de fibra, sobre todo en las mezclas con agregado grueso de 9.5 mm y arena lavada.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Tesis de Investigación titulado: “INFLUENCIA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DEL RÍO ICHU EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTOS DE BAJO TRÁNSITO - F'c 175KG/CM²”⁴, Tesis de Grado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica - Perú.

Autores:

Bach. PAUCAR CURASMA, Yesica

Bach. MORALES DE LA CRUZ, Franciss Willmoor

País: Perú

Año: 2018

RESUMEN

La utilización del agregado grueso de la cantera del río Ichu ($\varnothing=3/8$ ", $1/2$ " y $3/4$ "") en el diseño de mezcla del Concreto Permeable diseñado

⁴ PAUCAR CURASMA – MORALES DE LA CRUZ., (2018). INFLUENCIA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DEL RIO ICHU EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTOS DE BAJO TRANSITO – F'c 175KG/CM².

para pavimentos de bajo tránsito $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huancavelica, mejora las propiedades del mismo,

El agregado grueso de tamaño de $\frac{3}{4}$ ", resultó con un promedio de 145.21 kg/cm^2 en la resistencia a la compresión, siendo este el que alcanzó mayor resistencia para el uso de pavimentos de bajo tránsito, donde el valor obtenido se encuentra en el rango de 28.55 kg/cm^2 a 285.51 kg/cm^2 según lo establece la Norma ACI 522 R -10. Los resultados obtenidos de los ensayos del coeficiente de permeabilidad, se encuentran dentro del rango 0.14 cm/s a 1.22 cm/s según lo establece la Norma ACI 522 R -10, por lo que podemos concluir que todos los especímenes se encuentran dentro del rango, siendo el agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", la que presenta mejor capacidad de infiltración.

- Tesis de Investigación titulado: "DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO PARA PAVIMENTOS $f'c 175 \text{ kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE PUNO"⁵, Tesis de Grado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Perú.

Autores:

Cesar Eddy FLORES QUISPE

Iván Alexander PACOMPIA CALCINA

País: Perú

Año: 2015

⁵ FLORES QUISPE – PACOMPIA CALCINA.; (2015). DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ADICION DE TIRAS DE PLASTICO PARA PAVIMENTOS $F'c 175 \text{ KG/CM}^2$ EN LA CIUDAD DE PUNO.

RESUMEN

Examinaron el efecto que tiene las tiras de polipropileno de 3 mm x 30 mm en el concreto permeable con fines en pavimentos; para la elaboración de los especímenes utilizaron agregados gruesos de tamaños N° 57 y N° 8, tras las pruebas de laboratorio obtuvieron que el tamaño estándar N° 8 es idóneo para la incorporación de tiras de polipropileno de 3 mm x 30 mm en porcentajes de 0.05, 0.10, 0.15 %, así mismo determinaron el diseño de mezcla con las mejores característica se presenta con adición de tiras de polipropileno de 0.05% con un aumentó en un 16.7 % en la resistencia a la compresión.

- Tesis de Investigación titulado: “DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POROSO CON AGREGADOS DE LA CANTERA LA VICTORIA, CEMENTO PÓRTLAND TIPO I CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO, Y SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”⁶ , Tesis de Grado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú.

Autores:

AZAÑEDO MEDINA, Wiston H.

CHAVEZ JUANITO, Helard

MUÑOZ VALDIVIA, Richard G.

⁶ AZAÑEDO MEDINA - CHAVEZ JUANITO - MUÑOZ VALDIVIA.;(2007). DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POROSO CON AGREGADOS DE LA CANTERA LA VICTORIA, CEMENTO PÓRTLAND TIPO I CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO, Y SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS, EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

País: Perú

Año: 2007

RESUMEN

Se realizaron diseños de mezcla utilizando el método ACI 211.3R 98 y concluyeron que el diseño con adición de tiras plásticas: 2.11 kg/m³ , aditivo reductor de agua: 650 ml por cada 100 kg de material cementante, cemento: 327.18 kg/m³ de concreto, agregado fino: 141.74 kg/m³ , agregado grueso (TMN 3/8" del huso granulométrico N° 16): 1392.57 kg/m³ , agua: 95.91 kg/m³ y una relación agua/cemento de 0.30, es adecuado para ser usado en pavimentos.

- Tesis de Investigación titulado: "DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO ECOLÓGICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS"⁷, Tesis de Grado de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú.

Autores:

AQUINO CUSQUISIBÁN, Roberto

País: Perú

Año: 2015

RESUMEN

Se evaluó las propiedades físicos-mecánicas de las mezclas de concreto ecológico con fibras de polipropileno de donde se obtuvieron resultados favorables así como: una consistencia seca

⁷ AQUINO CUSQUISIBÁN, Roberto.; (2015). DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO ECOLÓGICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.

de la mezcla, poca trabajabilidad y manejo, una resistencia a los 28 días de 17.67 MPa (180.18 kg/cm²) a compresión, 2.80 MPa (28.55 kg/cm²) a flexión, una permeabilidad de 21.32 mm/s, un peso unitario de 2050.44 kg/m³, un módulo de elasticidad de 16777.61 MPa (171084.00 kg/cm²). Con la mezcla de diseño final de concreto ecológico con aditivo polifuncional y fibras de polipropileno se obtuvieron los siguientes resultados: una consistencia seca de la mezcla, buena trabajabilidad y manejo, una resistencia a los 28 días de 18.67 MPa (190.38 kg/cm²) a compresión, 3.01 MPa (30,69 kg/cm²) a flexión, una permeabilidad de 21.53 mm/s, un peso unitario de 2064.71 kg/m³, un módulo de elasticidad de 17436.02 MPa (177797.92 kg/cm²).

- Tesis de Investigación titulado: “INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN CONCRETO PERMEABLE F'C 210 KG/CM²”⁸, Tesis de Grado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión Nacional - Perú.

Autores:

QUISPE SONCCO, Ivan

TICONA CUTIPA, Elmer Isaí

País: Perú

Año: 2017

RESUMEN

⁸ QUISPE SONCCO - TICONA CUTIPA.; (2017). INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN CONCRETO PERMEABLE F'C 210 KG/CM².

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye, que la adición de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla del concreto permeable con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ mejora la propiedad de resistencia a la compresión y el desgaste de abrasión e impacto, en cambio en las propiedades 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 optimo 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 adición 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 $187.57 - 216.77 \text{ kg/cm}^2$ 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^2 y desgaste de abrasión e impacto de 25.12 %; por otra lado la adición de fibras de polipropileno en diseño de mezcla; al evaluar las propiedades de contenido de vacío, permeabilidad no incrementan sus resultados,

los resultados de dichas propiedades 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 un 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 mezcla 7 a los 28 días es de 229.11 kg/cm².

2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS

2.2.1. CONCRETO PERMEABLE

2.2.1.1. Definición

El concreto permeable o concreto poroso, es definido como un concreto con revenimiento cero con alto grado de porosidad, y con una relación de vacíos alta; consiste de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino y agua. La combinación de estos ingredientes producirá un material endurecido con poros conectados, que varía de tamaño de 2 a 8 mm, lo cual permite que el agua pase fácilmente a través de él. El contenido de vacíos puede variar de 15% a 35%, y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a 280 kg/cm². La capacidad de drenaje de un pavimento de concreto permeable variará con el tamaño del

agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 L/min/m² ó 0.14 a 1.22 cm/s. (ACI 522R-10).

2.2.1.2. Importancia del Concreto Permeable

La utilización correcta del concreto permeable es una práctica de Gerencia reconocida por la Agencia Americana de Protección del Ambiente (EPA) para proveer un control de polución “first – flush” y manejar el agua de lluvia debido a las regulaciones que limitan la escorrentía superficial del agua de lluvia.

El concreto permeable reduce la escorrentía superficial en determinadas áreas, reduciendo así la necesidad de lagunas separadas de retención de agua de lluvia y permite el uso de un alcantarillado de menor capacidad. Esto permite a los propietarios desarrollar áreas de mayor tamaño a un costo menor.

El concreto permeable también filtra de manera natural el agua de lluvia y reduce las cargas de polución que puedan entrar en los arroyos, lagunas y ríos. Un pavimento de concreto permeable permite la transferencia de agua y aire a los sistemas y raíces dejando que los arboles florezcan incluso en las áreas altamente desarrolladas. (NMRCA, 2000), pág.1

2.2.1.3. Aplicaciones

El concreto permeable es utilizado principalmente para pavimentar superficies de uso vehicular y peatonal, donde se requiera tener áreas permeables permitiendo así que el agua de lluvia infiltre

libremente al subsuelo, como resultado obtenemos la reducción o eliminación de escorrentía superficial proveniente de las aguas pluviales. Entre la amplia gama de aplicaciones para el concreto permeable se tienen:

- Vialidades de tráfico ligero.
- Áreas de estacionamiento.
- Andadores, banquetas y ciclovías.
- Patios y jardines.
- Capas rígidas de drenaje bajo áreas exteriores.
- Aplicaciones en muros estructurales en donde se requieren características de peso ligero o de mejor aislamiento térmico, o ambos.
- Pavimentos, muros y pisos en donde se desean mejores características de absorción acústica.
- Capas de base para las calles urbanas, carreteras municipales, caminos particulares y aeropuertos.
- Zonas de lavado de autos.
- Lechos de sedimentos en plantas para el tratamiento de aguas negras.
- Estructuras de playas y muros marinos (escolleras, rompeolas, etc.).
- Terraplenes de puentes.
- Capas de superficie de losas deportivas.

La norma ACI 522R-10 "Reporte en concreto permeable" recomienda la colocación del concreto permeable en áreas de alta

permeabilidad, suelo natural con una gran conductividad hidráulica. Además, las áreas no deberán tener pendientes mayores al 5%. En general, en todas estas aplicaciones se utiliza concreto permeable sin refuerzo, por el alto riesgo de corrosión del acero de refuerzo debido a la estructura porosa de este material.

2.2.1.4. Ventajas y desventajas

2.2.1.4.1. Ventajas:

Además de las diversas aplicaciones mencionadas, la utilización de concreto permeable en pisos y pavimentos conlleva grandes ventajas, siendo sus beneficios no solo económicos y estructurales, sino también ecológicos; como, por ejemplo:

- Por su función permeable, no interrumpe el ciclo hidrológico del agua en las ciudades, permitiendo la filtración de agua pluvial en los mantos acuíferos.
- Permite el control de la contaminación de las aguas pluviales, impidiendo que éstas se deriven hacia el sistema de desagüe y se mezclen con las aguas residuales.
- Son filtrados los agentes contaminantes que pueden contaminar las aguas subterráneas y dañar ecosistemas.
- Control de escurrimiento del agua pluvial.
- Por ser un material que posee del 15% al 35% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y concreto hidráulico.
- Evita encharcamientos y la saturación en los drenajes en época de lluvias.

- Por ser un material poroso es autodrenante y autoventilado.
- Disminuye los gradientes térmicos (reflexión mínima de la luz).
- Aumenta la calidad de servicios vehiculares y peatonales para usuarios, durante la lluvia.
- Su peso volumétrico es un 20% a 25% menor que el concreto convencional.
- El índice de fisuras en el concreto permeable es 25% menor, como consecuencia de la baja retracción por el porcentaje de vacíos contenidos en comparación con un concreto convencional.

2.2.1.4.2. Desventajas:

La utilización del concreto permeable en pisos y pavimentos posee algunas desventajas, como son:

- Pérdida de su permeabilidad con el paso del tiempo, al saturarse los espacios vacíos con material fino (material contaminante). Por lo que es imprescindible el mantenimiento del mismo, a base de agua a presión.

- Posee una menor resistencia al desgaste que el concreto convencional, por lo que solo debe aplicarse en zonas de tráfico ligero.
- El éxito de la utilización del concreto permeable en pisos y pavimentos ha sido variado, en algunas áreas los sistemas de pavimento de concreto permeable se han aplicado

exitosamente, mientras que en otros no. En general las fallas de estos sistemas son atribuibles a la inexperiencia en la construcción de este tipo de pavimentos, a una compactación del suelo más alta de la especificada y al diseño inapropiado según el lugar de aplicación de este material. En áreas de que un pavimento permeable funcione exitosamente el comité ACI 522R-06, recomienda:

- Verificar la permeabilidad de los suelos, la tasa de filtración debe ser mínimamente de 13mm/hr con una capa de suelo de 1.2 m a más. Facilitando así la infiltración del agua y la recarga de las aguas freáticas, aunque no filtran toda el agua pluvial de las tormentas excepcionalmente grandes.
- Evitar el escurrimiento de agua y el ingreso de maquinaria pesada en las áreas de concreto permeable. El pavimento de concreto permeable no debe ser puesto en servicio hasta que toda la tierra removida con pendiente hacia el pavimento permeable sea estabilizada por vegetación. A fin de evitar la colmatación del sistema son esenciales los controles estrictos de la erosión y de sedimentación durante las actividades de construcción.
- Que el tránsito vehicular durante la etapa de construcción sea dirigido hacia afuera del área del área del pavimento permeable para evitar la

compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de filtración.

- El mantenimiento debe realizarse en forma periódica.

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO PERMEABLE

2.2.2.1. AGREGADOS

Los agregados finos y gruesos ocupan normalmente en un concreto convencional del 60% al 75% del volumen (70% a 85% en peso), en un concreto permeable el mayor constituyente viene a ser el agregado grueso, el agregado fino se limita a un porcentaje mínimo. (ACI 522.R-10).

El proporcionamiento de la mezcla de un concreto permeable es influenciado principalmente por la granulometría y la naturaleza de las partículas del agregado.

Típicamente, los agregados finos no deben ser usados en mezclas de concreto permeable, ya que tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema poroso.

Los agregados finos y gruesos deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 33 y ASTM D 448 - NTP 400.037 y NTP 400.038.

2.2.2.1.1. AGREGADO GRUESO

Las gradaciones más comunes de agregado grueso, utilizadas en concreto permeable, constituyen los tamices de tamaño de 9.5 a 2.36 mm del huso granulométrico N° 8, 12.5 a 4.75 mm del huso granulométrico N° 7 y 19.0 a 4.75 mm del huso granulométrico N° 67 (ACI 522.R-10).

El agregado grueso en concreto permeable refiere lo siguiente según Zevallos (2015):

1. A mayor tamaño de agregado grueso, aumenta en el concreto la permeabilidad y disminuye la resistencia.
2. Un agregado de un solo tamaño, aumenta en el concreto la porosidad y disminuye la resistencia.
3. Un agregado bien gradado, disminuye la porosidad en el concreto y en consecuencia aumenta la resistencia.

El principio que justifica el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado o existe una mejor gradación de éste, se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas.

En estudios previos, se han utilizado en el diseño de mezcla de concreto permeable, tanto agregados de un solo tamaño, como clasificados de entre 3/4" y 3/8" (19 y 9.5 mm), también se han utilizado agregados redondeados o triturados; llegando a obtener resultados diversos en cuanto a permeabilidad y resistencia.

En general, en los agregados deben ser evitadas las partículas largas o escamosas. Deben ser partículas duras y limpias, libres de recubrimiento como polvo, arcilla, o sustancias químicas absorbidas que puedan ser perjudiciales a la adherencia pasta - agregado o a la hidratación del cemento.

- Propiedades Físicas
 - Contenido de Humedad.

- Peso Unitario Suelto.
- Peso Unitario Compactado.
- Peso Específico y Absorción.

Tabla 1: Límites de Granulometría del agregado grueso.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100mm (4pulg)	90mm (3 ½ pulg)	75mm (3pulg)	63mm (2 ½ pulg)	50mm (2 pulg)	37.5mm (1 ½ pulg)	25.0mm (1 pulg)	19.0mm (¾ pulg)	12.5mm (½ pulg)	9.5mm (3/8 pulg)	4.75mm (N°4)	2.36mm (N°8)	1.18mm (N°16)	4.75µm (N°50)
1	90mm a 37.5mm (3 ½ a 1 ½ pulg.)	100	90 a 100	....	25 a 80	....	0 a 15	....	0 a 15	....	....	....	....	....
2	63mm a 37.5mm (2 ½ a 1 ½ pulg.)	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
3	50mm a 25.0mm (2 a 1 pulg.)	....	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....
357	50mm a 4.75mm (2pulg. a N°4)	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	0 a 30	....	0 a 5	....	....
4	37.5mm a 19.0 mm (1 ½ a ¾ pulg.)	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	....	0 a 5	....	....	....
467	37.5mm a 4.75mm (1 ½ a N°4)	....	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	0 a 5	....	....
5	25.0mm a 12.5mm (1 a ½ pulg.)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....	....
56	25.0mm a 9.5mm (1 a 3/8 pulg.)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	....	....
57	25.0mm a 4.75mm (1 pulg. a N°4)	....	....	....	....	....	100	95 a 100	....	25 a 60	....	0 a 10	0 a 5	....
6	19.0mm a 9.5mm (¾ a 3/8 pulg.)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	....	....
67	19.0mm a 4.75mm (¾ pulg. a N°4)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....
7	12.5mm a 4.75mm (½ pulg. a N°4)	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	....
8	9.5mm a 2.36mm (3/8 pulg. a N°8)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5mm a 1.18mm (3/8 pulg. a N°16)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10
9	4.75mm a 1.18mm (N°4 a N°16)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

2.2.2.1.2. AGREGADO FINO

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada retenido en el tamiz 4.75 mm N°4 y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

La función del agregado fino o arena en el concreto es de llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

En el concreto permeable, el limitado uso de la arena reflejará aspereza en la mezcla y un exceso de arena demandará mayor cantidad de agua, producirá un asentamiento y disminuirá la permeabilidad. Entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y requiere mayor cantidad de agua por lo tanto se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación de agua-cemento, por lo cual la arena será limitadamente utilizada en el diseño de mezcla de concreto permeable.

En cuanto a la procedencia, el agregado fino deberá proceder preferentemente de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad.

La limpieza del agregado fino, es también un factor importante que compromete la calidad del concreto por lo cual, deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga y otras materias extrañas, para evitar que se presenten comportamientos extraños del material dentro de la mezcla, tales como reacciones químicas, pérdida de estabilidad de la mezcla, abundamientos, entre otros.

- Propiedades Físicas
 - Contenido de Humedad.
 - Peso Unitario Suelto.
 - Peso Unitario Compactado.
 - Peso Específico y Absorción.

Tabla 2: Límites de Granulometría del agregado fino

Tamiz estándar (abertura cuadrada)	Porcentaje que pasa
3/8" (9.51 mm)	100
N°4 (4.75mm)	95 a 100
N°8 (2.38mm)	80 a 100
N°16 (1.19mm)	50 a 85
N°30 (0.595mm)	25 a 60
N°50 (0.297mm)	5 a 30
N°100(0.148mm)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

2.2.2.1.3. CEMENTO

El cemento es un aglomerante hidráulico, esto quiere decir que reacciona y fragua en presencia de agua. Al ser mezclado con piedra, arena y agua, crea una mezcla denominada concreto. En términos generales, el cemento se puede describir como un polvo muy fino que puede ser grisáceo o blanco. Desde el punto de vista químico se trata de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo, arcilla y arena. El material obtenido molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y se solidifica progresivamente.

El cemento utilizado fue Pórtland Tipo I o normal, el cual deberá cumplir lo especificado en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009.

2.2.2.1.4. AGUA

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

El ACI en su Capítulo 3, acápite 3.4, fija los siguientes requisitos:

- El agua deberá estar limpia y libre de cantidades de sustancias nocivas.
- El agua que contengan elementos de aluminio embebidos, no deberá contener cantidades nocivas de ioncloruro.
- No deberá emplearse en las concretas aguas no potables.

2.2.2.1.5. ADITIVO

Según ensayos realizados en el área de aditivos para concreto permeable por el Comité ACI 522, se recomienda aditivos químicos retardadores de fragua, reductores de agua de alto rango y plastificantes que deben cumplir las especificaciones de la Norma ASTM C 494.

Las sustancias más empleadas para fabricar los aditivos son los lignosulfonatos, sales, modificaciones y derivados de ácidos lignosulfonados, ácidos hidroxilados carboxílicos y sus sales, carbohidratos y polioles etc.

Los plastificantes son productos químicos, que se pueden añadir al concreto para mejorar su manejabilidad. La resistencia del concreto es inversamente proporcional a la cantidad de agua añadida o al coeficiente de la relación agua - cemento (a/c). Con

el fin de producir concretos más resistentes, se reduce la cantidad de agua añadida, lo que consigue mezclas de difícil manejo, haciendo necesario el uso de los aditivos plastificantes o superplastificantes.

Los plastificantes también son añadidos, cuando son añadidas cenizas puzolánicas a la mezcla, para obtener hormigones de alta resistencia u hormigones reforzados con fibras.

Añadir una cantidad excesiva puede dar lugar a que el concreto presente segregación, lo cual no es aconsejable.

Con la incorporación del aditivo a la mezcla de concreto permeable, se mejora trabajabilidad, se controla la exudación en estado fresco, se controla el tiempo de fraguado, se mejora la resistencia inicial de la pasta de cemento y se mejora la durabilidad en estado endurecido.

Al incorporar aditivo a la mezcla de concreto permeable, se tendrá en cuenta que el aditivo como tal mejorará la impermeabilidad, por lo cual se deberá elegir cuidadosamente la proporción a utilizar en el diseño de mezcla.

- **Aditivos que permiten la reducción del agua en el diseño de concreto**

Se definen como aditivos que permiten para una misma docilidad, una reducción de la cantidad de agua en un concreto dado o que, para una misma cantidad de agua, aumentan considerablemente esta docilidad o incluso permiten obtener estos dos efectos simultáneamente.

La acción de los aditivos plastificantes puede ser causada por el efecto combinado de acciones de tipo físico, químico y físico-químico, dependiendo de la preponderancia de alguna de ellas en su composición.

La acción física deriva principalmente de la incorporación de aire que producen algunos aditivos, cuyas burbujas, al actuar como especies de rodamientos entre las partículas sólidas, disminuyen la fricción interna.

La acción química proviene principalmente de una disminución de la velocidad de hidratación de los constituyentes del cemento, especialmente de los aluminatos. Se obtiene de este modo una acción más completa (mejor mojado) de los granos de cemento, lo que permite también disminuir el roce interno entre las partículas.

El principal efecto producido por los aditivos plastificadores - reductores de agua, incide sobre la trabajabilidad del concreto en su estado fresco. Este efecto puede traducirse en una reducción de la dosis de agua, si se mantiene constante la docilidad o fluidez del concreto, o en un aumento de su docilidad, si se mantiene constante la dosis de agua del hormigón.

2.2.2.1.6. FIBRA DE POLIPROPILENO

La fibra de polipropileno es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de polipropileno ensambladas en una matriz plástica. El polipropileno se utiliza como material de refuerzo debido a las siguientes razones:

- Muy buena relación coste/beneficio.
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones.
- Es el material plástico de menor peso específico lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Propiedades mecánicas: el polipropileno logra alcanzar buen balance rigidez/impacto.
- Propiedades químicas: presenta excelente resistencia química a solventes comunes.
- Buena estabilidad dimensional a altas temperaturas.
- Las fibras de polipropileno se utilizan en las siguientes aplicaciones:
 - Pavimentos industriales.
 - Hormigones de alta resistencia. Suelos industriales
 - Túneles.
 - Carreteras.
 - Morteros especiales.
 - Prefabricados de hormigón.

Las ventajas del uso de las fibras de polipropileno como refuerzo son:

- Sistema de refuerzo alternativo a las mallas, más barato, rápido y fácil de usar.
- Disminuye la formación de grietas por retracciones y contracciones.
- Ahorran tiempo de construcción ya que al mezclarlo con el hormigón su aplicación es directa.
- Reducen costos de mano de obra al saltarse procedimientos en la ejecución de las obras.
- Proporcionan refuerzo secundario y uniforme.
- Se mezclan fácilmente en el concreto, ya sea en planta como en obra.
- No es corrosivo ni magnético.
- Aportan tenacidad a la estructura.
- Aumentan la resistencia al impacto y evitan la erosión.
- Proporcionan seguridad a las obras.
- Proveen refuerzo tridimensional.
- Tienen una resistencia a la tracción alta.

2.2.2.1.6.1. SIKA FIBER FORCE PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar

el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

USO

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

APLICACIÓN

- Dosificación

La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido.

En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas encampo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.

2.2.3. PROPIEDADES

Las propiedades del concreto permeable dependen de sus materiales, diseño de mezclas y proceso constructivo; generalmente de su contenido de material cementante (c), la relación agua-cemento (a/c), el nivel de compactación, la gradación del agregado y su calidad.

2.2.3.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

a) Peso Unitario:

El peso unitario (peso volumétrico, densidad o masa unitaria) del concreto permeable en estado fresco en general varía entre el 70% y 85% de una mezcla fresca de concreto convencional, oscilando entre 1,600 a 2,000 kg/m³, dependiendo del porcentaje de vacíos de diseño del mismo.

b) Revenimiento (slump):

El revenimiento o asentamiento generalmente es usado para medir la consistencia de una mezcla de concreto fresco. Cuanto mayor sea este, implica que más húmeda es la mezcla, el procedimiento de la realización de este ensayo está descrito en la norma ASTM C143. Sin embargo, la mezcla del concreto permeable se caracteriza por ser de “cero slump” y al ser medido generalmente se obtienen valores de 0 a 1 cm.

c) Contenido de vacíos (porosidad):

El contenido de vacíos se calcula como porcentaje de aire, y está directamente relacionado con el peso unitario de una mezcla dada de concreto permeable. El contenido de vacíos es altamente dependiente de varios factores: gradación del agregado, el contenido de material cementante, la relación agua-cemento (a/c) y el nivel de compactación.

La energía de compactación aplicada en la elaboración de un concreto permeable influye de sobremanera en el porcentaje de vacíos y por consiguiente en su peso volumétrico. En una serie de pruebas de laboratorio (Meininger, 1988), para una sola mezcla de concreto permeable, compactado con ocho niveles diferentes de esfuerzo, los valores de peso de unidades producidas, variaban desde 1680-1920 kg/m³.

Conforme la magnitud de la porosidad incrementa, la resistencia a la compresión que desarrolla un concreto

permeable disminuye, en cambio si la porosidad disminuye la resistencia aumenta. Estudios han demostrado que el porcentaje de vacíos para concretos permeables se encuentran entre 14% a 31%. Utilizándose en general un porcentaje de vacíos entre 15% a 25% para obtener resistencias mayores a 140 kg/cm². En la Ilustración 2. Se muestra la estructura interna del concreto permeable.

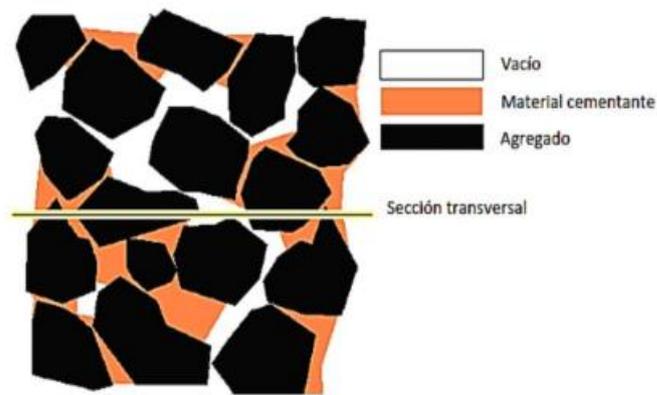


Ilustración 2: Estructura interna del concreto permeable

2.2.3.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

a) Resistencia a la compresión:

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

La resistencia a la compresión que desarrolla el concreto permeable está fuertemente afectada por el esfuerzo de compactación durante la colocación.

Para mejorar la resistencia a la compresión desarrollada por el concreto permeable, se deben mejorar: La resistencia de la pasta, y la cohesión entre el agregado y la pasta. Esto es posible con la utilización de agregados gruesos con menores tamaños y/ usando aditivos o materiales adicionales en la mezcla.

b) Resistencia a la flexión:

La resistencia a la flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico convencional, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, es decir, relativamente más alta que en el concreto convencional (Pérez, 2009). La resistencia a la compresión la cual es más fácil de medir que la resistencia a la flexión, se puede usar como un índice de la resistencia a la flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados.

La resistencia a la flexión en concretos permeables generalmente se encuentra en el rango de 10.5 kg/cm² y 40 kg/cm². Existen varios factores que influyen en la resistencia a la flexión, principalmente el grado de compactación, porosidad, y la relación agregado-cemento (AG/C).

c) Permeabilidad:

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar agua a través de su matriz, y su magnitud es medida por la tasa de filtración. La tasa de filtración del concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de vacíos. Las pruebas han demostrado (Meininger 1988) que se requiere un mínimo contenido de vacíos de aire de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa. En el Grafico 1 (Meininger 1988) muestra la relación entre el contenido de vacíos y la tasa de filtración de una mezcla de concreto permeable. Debido a que las tasas de filtración aumentan a medida que el contenido de vacíos aumenta, y, en consecuencia, la resistencia a la compresión disminuye, el reto en la dosificación de mezcla de concreto permeable es lograr un equilibrio entre una tasa de percolación y una resistencia a la compresión aceptables.

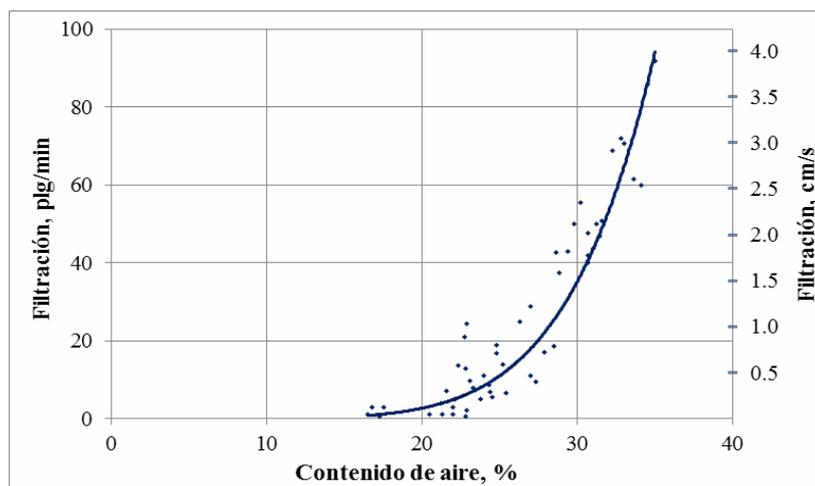


Gráfico 1: Relación entre el contenido de aire y la tasa de percolación (Adaptado de Meininger 1988)

La capacidad de filtración del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.2 a 0.54 cm/s).

Para que se pueda asegurar el flujo del agua se recomienda al menos el 15% del contenido de vacíos (Meininger, 1988).

La Permeabilidad es uno de los ensayos más importantes, porque permite conocer el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable que lo caracteriza como tal. Para determinar la permeabilidad del concreto permeable, existen dos métodos. Uno se encuentra descrito en la Norma ASTM C 1701 “Método Estándar para Prueba de Infiltración en el Concreto Permeable” y la otra prueba es la recomendación que se encuentra en el reporte del ACI 522R-10.

Para la investigación, seguiremos la recomendación que se encuentra en el reporte del ACI 522R-10, en el cual se utiliza

un permeámetro de carga variable, en donde se ensaya probetas de 100mm de diámetro por 150mm de altura.

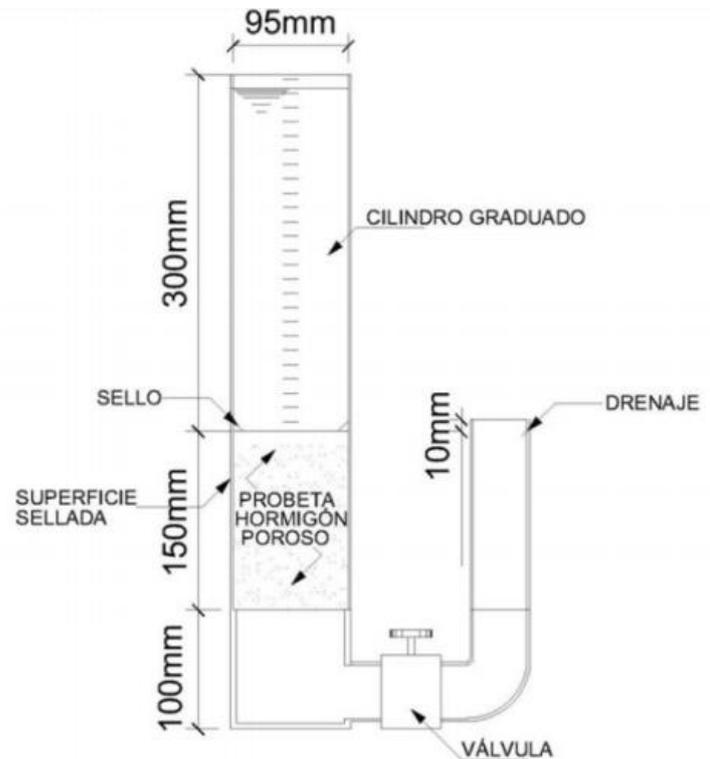


Ilustración 3: Equipo de ensayo de permeabilidad recomendado por el ACI 522.R.

En cuanto al cálculo del coeficiente permeabilidad, fue realizado utilizando la ley de Darcy.

Ecuación 1: Coeficiente de permeabilidad según la ley de Darcy.

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \text{Ln} \frac{h_1}{h_2}$$

Dónde:

k: Coeficiente de permeabilidad.

L: Longitud de la muestra.

A: Área de la muestra.

a: Área de la tubería de carga

t: Tiempo en demora en pasar (h_1-h_2)

h_1 : Altura de agua medida del nivel de referencia (parte superior de la muestra).

h_2 : Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (1cm).

d) Absorción acústica:

Debido a la presencia de un gran volumen de poros interconectados de tamaños considerables en el material, el concreto permeable es altamente eficaz en la absorción acústica. El material puede ser empleado como un medio para reducir el ruido generado por interacción neumático-pavimento en pavimentos de concreto. La reducción del ruido se produce debido a la combinación de la menor generación de este y una mayor absorción de sonido. Los pavimentos permeables alteran la generación de ruido, minimizando el bombeo del aire entre el neumático y la superficie del pavimento. Además, los poros absorben el sonido a través de la fricción interna entre el moviendo de las moléculas de aire y las paredes de los poros. El coeficiente de absorción " α " es una medida de la capacidad de un material de para absorber el sonido. Un

material con un coeficiente de absorción de 1,0 indica un material puramente absorbente, mientras que un material con un coeficiente de absorción de 0 indica que el material es puramente reflectante. El coeficiente de absorción depende de la frecuencia de las ondas sonoras que inciden, y por lo tanto, es importante seleccionar un espesor de concreto permeable adecuado a fin de minimizar sonidos de la frecuencia deseada (ACI 522R-10, 2010).

e) Durabilidad:

La durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida útil bajo las condiciones ambientales dadas. Los efectos físicos que influyen negativamente en la durabilidad del concreto incluyen la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos, tales como sulfatos y ácidos. No se han realizado investigaciones sobre la resistencia de concreto permeable al ataque agresivo por los sulfatos o agua ácida; la durabilidad del concreto permeable bajo condiciones de congelación – descongelación, tampoco está bien documentada. (ACI 522R-10, 2010).

f) Resistencia a la congelación y deshielo:

Se desea que el concreto permeable empleado en pavimentos cumpla con su vida útil y necesite poco mantenimiento. La durabilidad que presente el concreto permeable debería

permitirle resistir las condiciones y solicitaciones tomadas en cuenta al momento de diseñarlos. La influencia de los ciclos de hielo y deshielo mientras el concreto esté saturado, es principalmente el agente más destructivo.

Cuando el agua se congela, se expande en aproximadamente un 9%. El crecimiento de cristales de hielo expandidos desplaza el agua. Si los microporos en la pasta están saturados o casi saturados durante el proceso de congelación, entonces la presión hidrostática se acumula cuando la congelación progresa (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi, 2004).

Las pruebas en condiciones de congelación y descongelación indican poca durabilidad si toda la estructura de vacíos del concreto permeable se encuentra llena con agua. Ciclos de congelación lento (un ciclo por día – ASTM C 666), permiten que el agua presente en el concreto permeable drene, mejorando la durabilidad del mismo. Se debe tener precaución, cuando se utiliza el concreto permeable en condiciones en las que su estructura esté saturada completamente antes de que pueda producirse una helada. Las pruebas indican que la incorporación de aire en la pasta de cemento puede mejorar la durabilidad del concreto permeable ante la congelación y descongelación. (ACI 522R-10, 2010).

Para que el concreto permeable mejore su resistencia a los procesos de hielo y deshielo el ACI 522R-10 recomienda:

- Utilizar espesores de capa de 20 a 60 cm en bases granulares sin finos, por debajo del concreto permeable.
- El concreto permeable que está parcialmente saturado debería tener suficientes huecos para el desplazamiento del agua, obteniendo así una buena resistencia a la congelación y deshielo.
- Garantizar el rápido drenado del concreto permeable, evitando la saturación.

g) Resistencia a los sulfatos:

Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto permeable o convencional que no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar un concreto pues éstos reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para romper la pasta del cemento, resultando en desintegración del concreto (pérdida de cohesión de la pasta y de resistencia).

Por presentar una estructura abierta, el concreto permeable es más susceptible, al ataque sobre una gran área. La utilización de concreto permeable en áreas donde existan alto contenido

de sulfatos y agua contaminada puede ser posible siempre y cuando se encuentre aislado de estos.

La colocación del concreto permeable sobre una base de 15 cm. Con tamaño máximo de agregados de 25 mm proporciona una base para el pavimento, almacenamiento de las aguas de lluvia, y aislamiento para el concreto permeable.

h) Resistencia a la abrasión

Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas son expuestos a abrasión o al desgaste, por lo que en estas aplicaciones el concreto permeable necesita tener alta resistencia a abrasión. Resultados de pruebas indican que la resistencia a la abrasión está relacionada directamente con la resistencia a la compresión del concreto. Un concreto con mayor resistencia a compresión tiene mayor resistencia a la abrasión que el concreto con menor resistencia a la compresión (Kosmatka et al., 2004).

Debido a que en el concreto permeable la textura de la superficie es más áspera y presenta una estructura abierta; la abrasión y desintegración de las partículas de agregados puede ser un problema (Tennis, Leming y Akers, 2004).

El tipo de agregado y el acabado realizado en la superficie del concreto permeable tienen gran influencia. Los agregados duros presentan mayor resistencia a la abrasión que los agregados blandos y una superficie con una terminación

alisada presenta mejor comportamiento que otra que cuyo acabado es irregular. En general en los pavimentos de concreto permeable que han sido puestos en servicio, a las pocas semanas, éstos tendrán menor cantidad de agregados sobre su superficie, debido a que estas partículas son desprendidas de la superficie y desalojadas por el tráfico. Después de pocas semanas, la desintegración de la superficie disminuye considerablemente, permaneciendo la superficie del pavimento más estable. Una compactación y técnicas de curado adecuadas pueden reducir la ocurrencia de la desintegración de la superficie. (Pérez, 2009).

2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA

Para la dosificación del diseño de mezcla del concreto permeable, se tomara como base los procedimientos del Método del Comité 211.3R-02 del ACI, recomendaciones del Comité 522, estudios realizados por: Pervious Pavement Organization, National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA), Portland Cement Pervious Concrete Pavement; el sustento reside en que, siguiendo estas recomendaciones y experiencias podemos obtener una estructura de concreto con contenido de vacíos importantes a diferencia de un concreto convencional, por lo que la cantidad de mortero debe ser suficiente para recubrir todas las partículas de agregado y formar puentes de adherencia.

2.2.4.1. RELACIÓN AGUA - CEMENTO

La relación agua-cemento determina la porosidad de la pasta de cemento endurecida en cualquier etapa de hidratación. Esta relación constituye un parámetro importante de la composición del concreto permeable. Tiene influencia directa sobre la resistencia, durabilidad y retracción. Esta relación, agua-cemento, es el valor más importante de la tecnología del concreto, determinando la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua-cemento (a/c) es el cociente entre la cantidad de agua y de cemento existentes en el concreto fresco, es decir, se calcula dividiendo la masa de agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de concreto.

El valor de “ r ” aumenta al incrementar la cantidad de agua y decrece al aumentar el contenido de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua cemento, son más favorables las propiedades de la pasta de cemento endurecida en cuanto a resistencia. En el caso del concreto permeable, el contenido óptimo de agua produce una pasta con apariencia de brillo de un metal mojado o brillante. Utilizando una cantidad insuficiente de agua, dará como resultado una mezcla sin consistencia y tenderá a causar formación de bolas en el mezclador y no permitirá una distribución uniforme de los materiales lo cual resultará en una baja resistencia del concreto. Una cantidad excesiva de agua,

causa que la pasta fluya y selle los vacíos de la mezcla, además de desplazar el cemento dejando expuesto al agregado, produciendo una baja resistencia al desgaste superficial. La relación agua-cemento, depende principalmente de las características de granulometría y físicas de los agregados gruesos y del contenido de material cementante de la mezcla. Para el concreto permeable, la relación agua-cemento, debe variar en el rango de 0.26 a 0.45. Los valores más altos de a/c, sólo deberán utilizarse si el hormigón está ligeramente compactado y viceversa. La relación a/c frente a la resistencia a la compresión, que es normal utilizar en el hormigón convencional, no se aplica a concreto permeable.

2.2.4.2. RELACIÓN AGREGADO - CEMENTO

La relación agregado-cemento, comúnmente varía entre 4:1 a 4.5:1 en peso, pero ésta depende fundamentalmente del tipo de agregado. Tanto la relación agua-cemento y la relación agregado-cemento, deben satisfacer las características de permeabilidad, capacidad de carga y durabilidad.

2.2.4.3. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Pruebas de densidad seca, hechas por NAA-NRMCA (National Aggegates Association - National Ready Mixed Concrete Association) demuestran que la densidad seca del

agregado grueso, según lo determinado por ASTM C 29/ C 29M, puede ser utilizado eficazmente en la dosificación de concreto permeable.

Ecuación 2: Densidad Seca.

$$\frac{b}{b_0} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Pusc del Agregado grueso}}$$

Donde:

b/b_0 = Volumen seco varillado del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto.

b = Volumen real del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto.

b_0 = Volumen real del agregado grueso en una unidad de volumen de agregado grueso.

El valor b/b_0 , automáticamente se compensa por los efectos de las diferentes formas de las partículas de los agregados, la graduación o tamaño y el peso específico. Además, para un rango de agregados de tamaño máximo nominal normalmente usado para concreto permeable (3/8" a 3/4"), los valores b/b_0 son muy similares.

2.2.4.4. PORCENTAJE DE VACÍOS

Para garantizar la percolación a través del concreto permeable, el contenido de vacíos de diseño, calculado como

porcentaje de aire, por el método gravimétrico (ASTM C 138), según ACI 211.3R - 02, debe ser de 15 % o mayor. Para 15% de contenido de vacíos, la resistencia a la compresión del concreto permeable es 20.68 MPa (3 000 Psi) a los 28 días, para agregado grueso del uso granulométrico 67. A mayor contenido de vacíos, mayor es la tasa de percolación, pero menor es la resistencia al esfuerzo de compresión del concreto permeable.

2.2.4.5. PROCEDIMIENTO DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLA

El ACI 211.3R (2002) proporciona un método para la dosificación de concreto permeable de asentamiento cero, que se utiliza para aceras y otras aplicaciones donde se necesitan drenaje y percolación. El procedimiento de dosificación de mezcla de concreto permeable, se basa en el volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas de agregados, mientras se mantiene la estructura de vacíos. En la presente investigación, se sigue el siguiente procedimiento de dosificación, desarrollado para producir los especímenes de prueba de concreto permeable, del comité ACI 522.R-10 “Reporte sobre Concreto Permeable”:

- Cálculo de la resistencia a la compresión de diseño (F'_{cr}), a partir de la resistencia a la compresión requerida (F'_c).

- Elección de la consistencia de la mezcla del concreto permeable, teniendo en cuenta su característica principal de tener un asentamiento inferior a 2mm.
- Se elige el tamaño de agregado grueso y para esto se tiene de referencia el tamaño máximo recomendado por el ACI 522.R-10, el cual presenta los husos granulométricos recomendados para diseños de concreto permeable.
- Se selecciona la relación agua-cemento (a/c), para lo cual se tiene en cuenta los parámetros según ACI 211.3R-02, donde recomienda valores entre 0.26 a 0.45, para garantizar el recubrimiento al agregado y la estabilidad a la mezcla.
- Se elige el porcentaje de agregado fino, del cual dependerá el valor de b/b_0 (Volumen seco varillado del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto). Seguidamente se obtiene el peso del agregado grueso con la ecuación 2 descrita anteriormente.
- Se determina la cantidad de cemento. Previamente se obtiene el contenido de vacíos, según la resistencia a compresión que se desea obtener. Después de definido el contenido de vacíos, se obtiene el contenido de pasta.

- Se determina la cantidad de agua de diseño. A partir de la relación agua - cemento (a/c) y de la cantidad de cemento conocidos, se determina el volumen unitario de agua de diseño.
- Se determina el peso seco del agregado fino. Haciendo uso del método de volúmenes absolutos, según ACI Comité 211.3R-02, se determina el volumen absoluto de los pesos de los materiales (cemento, agua, agregado grueso, aire; cada uno dividido entre su peso específico). El volumen absoluto de agregado fino, es la diferencia entre la unidad y la sumatoria de los volúmenes absolutos de los materiales y finalmente el peso del agregado fino seco es el producto del volumen absoluto de agregado fino por el peso específico del agregado fino.
- Se plasma el resumen de los pesos secos de los materiales por m³ de concreto permeable (Materiales de diseño).
- Se realiza la corrección por humedad de los agregados de los materiales de diseño (agregado fino y grueso); seguidamente se obtiene la cantidad de agua real que se debe añadir a la tanda puesto que los agregados se encuentran en estado húmedo, por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como agua

superficial. Así es que el agua añadida a la tanda, debe ser reducida en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido de humedad menos la absorción del agregado.

- Se plasma el resumen de los pesos húmedos de los materiales por m³ de concreto permeable (Materiales de obra).
- Determinación de las proporciones en peso de materiales de diseño y de obra.
- Reajuste del diseño de mezcla de concreto permeable.
- Utilización de fibra de polipropileno en el diseño de concreto permeable.

2.2.5. ESTUDIOS HIDROLOGICOS

La hidrología es la ciencia que investiga y estudia las propiedades y la distribución espacial y temporal del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, escorrentía, la humedad en el suelo y la evapotranspiración.

En cuanto a los pavimentos permeables, los estudios hidrológicos son fundamentales para un correcto dimensionamiento de los mismos y un adecuado diseño de mezclas del concreto permeable utilizado en ellos, específicamente en la determinación del volumen de almacenamiento de los pavimentos permeables y contenido de vacíos de diseño del concreto permeable.

La información hidrológica utilizada fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Los datos caracterizados corresponden a los de la estación meteorológica CERRO DE PASCO /000593/DRE-11 ubicada en el departamento de Pasco, provincia Pasco, en el distrito de Chaupimarca. Por lo que se adoptan como representativos para realizar el diseño de concretos permeables que serán utilizados en pavimentos de la ciudad de Cerro de Pasco.

2.2.5.1. Precipitación

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros. Los aparatos de medición se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de su precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros (generalmente con lecturas cada 24 horas) y pluviógrafos (que registran la altura de lluvia en función del tiempo, permitiendo determinar la intensidad de la precipitación).

2.2.5.2. Infiltración

La velocidad con la que el agua es absorbida en el suelo se denomina la tasa de infiltración. Ésta mide la cantidad de tiempo que le toma a la tierra absorber un cierto volumen de agua. Se suele medir en (mm/hora).

La tasa de infiltración en los sistemas de pavimentos permeable se considera como la diferencia entre la precipitación y la variación del volumen de agua almacenado en el concreto permeable.

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico en una creciente determinada es igualado o superado una vez cada "T" años, se le denomina Periodo de Retorno "T". Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de "n" años.

De acuerdo con Zahed e Marcellini (1995), para escoger el tiempo de retorno de una tormenta para los proyectos de obras de SUDS5, debe ser considerado de acuerdo con la naturaleza de obras a proyectar y disponibilidad de datos de precipitación de la región de interés. La determinación del tiempo de retorno de la lluvia del proyecto implica optar por un riesgo aceptable para la obra proyectada, estando también asociada a su costo, pues un nivel alto de seguridad exige un costo elevado.

Vente Chow y Máximo Villon B. consideran criterios generalizados para la elección periodos de retorno en estructuras de control de agua considerando 5-10 años y 2-10 años para alcantarillas de vías de tráfico ligero y estructuras de drenaje urbano; respectivamente.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones el periodo de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años en sistemas de drenaje pluvial urbanos menores.

El MINVU propone dos periodos de retorno para la selección de la lluvia de diseño (MINVU, 1996):

- T = 5 años, si hacia aguas abajo existe una red de drenaje bien desarrollada.

- T = 10 años, si no existe una red de drenaje bien desarrollada.

En términos prácticos, se acostumbra adoptar como tiempo de retorno en proyectos de estructuras de infiltración total, un tiempo de 10 años (CIRIA, 1996).

Por lo tanto, para la determinación de la Intensidad del evento de diseño, se considera un periodo de retorno de 10 años.

2.2.5.3. Análisis de la precipitación máxima en 24 horas

El concreto permeable no se diseña con el valor de precipitación antecedente más alto existente (en 24 horas), sino que se selecciona un evento de importante magnitud que se repite cada cierto periodo de tiempo, a este se le llama

periodo de retorno. Con este se garantiza que el sistema se vea excedido en su capacidad pocas veces durante su vida útil. A el periodo de retorno se le suma la intensidad de la lluvia y la duración, aspectos que complementan y permiten hacer la mejor selección de la precipitación de diseño, para dimensionar el volumen de almacenamiento (Interpave, 2008).

Tabla 3: Precipitación máxima en 24 horas.

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) TOTAL MENSUAL													
Estacion CERRO DE PASCO /000593/DRE-11				LATITUD 10° 41' "S"		Dpto. PASCO							
Parametro PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)				LONGITUD 76° 15' "W"		Prov. PASCO							
Fuente SENAMHI				ALTURA 4260 msnm		Dist. CHAUPIMARCA							
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1975	16.0	19.50	17.00	13.50	0.00	5.00	8.00	6.00	14.00	14.00	13.00	30.00	30.00
1976	0.00	4.00	0.00	0.00	35.00	35.00	30.00	50.00	30.00	20.00	25.00	30.00	50.00
1977	30.00	35.00	28.00	20.00	12.00	10.00	5.00	20.00	17.00	20.00	20.00	20.00	35.00
1979	0.00	16.00	30.00	0.00	11.00	3.00	0.00	0.00	18.00	28.00	26.00	16.00	30.00
1980	38.00	29.00	35.00	0.00	15.00	0.00	18.00	8.00	14.00	34.00	28.00	28.00	38.00
1981	33.00	33.00	28.00	28.00	16.00	10.00	6.00	40.00	18.00	28.00	43.00	24.00	43.00
1983	36.00	22.00	28.00	28.00	0.00	20.00	10.00	16.00	40.00	28.00	28.00	31.00	40.00
1984	30.00	30.00	22.00	20.00	12.00	24.00	8.00	12.00	14.00	14.00	21.00	16.00	30.00
1985	18.00	16.00	30.00	0.00	10.00	16.00	17.00	12.00	0.00	4.00	18.00	16.00	30.00
1986	22.00	18.00	20.00	14.00	14.00	12.00	5.00	38.00	44.00	22.00	24.00	24.00	44.00
1995	11.40	25.10	22.80	15.30	12.20	3.10	2.90	0.30	9.40	13.00	18.40	16.10	25.10
1998	12.10	30.50	13.70	18.50	5.20	5.50	0.00	1.50	5.70	19.70	15.80	9.60	30.50
1999	38.00	31.70	14.70	25.80	7.30	4.80	4.30	3.30	10.70	16.10	16.60	16.50	38.00
2000	18.00	17.30	18.30	6.50	9.40	2.80	4.50	8.20	7.10	14.30	12.70	22.60	22.60
2001	29.40	24.30	24.00	23.70	10.90	2.00	11.50	6.00	7.90	19.10	16.60	28.00	29.40
2002	8.00	19.40	26.80	15.50	13.50	3.00	10.40	3.50	13.70	24.10	12.60	22.30	26.80
2003	14.50	19.40	20.70	18.10	8.30	7.00	4.60	10.00	20.70	6.00	20.00	13.10	20.70
2004	12.70	31.20	11.40	16.90	6.00	4.00	8.60	7.90	27.50	22.50	26.80	33.20	33.20
2005	15.40	20.00	46.70	17.40	2.90	2.80	4.10	4.50	6.00	12.80	29.10	9.00	46.70
2006	9.80	17.50	16.20	19.10	3.90	17.00	2.70	4.00	21.80	21.30	27.30	24.50	27.30
2007	15.50	16.00	18.40	14.20	16.00	0.00	8.00	4.40	10.50	16.00	20.60	26.70	26.70
2008	16.60	18.50	8.00	12.50	5.40	7.30	3.20	10.40	10.00	10.40	0.00	0.00	18.50

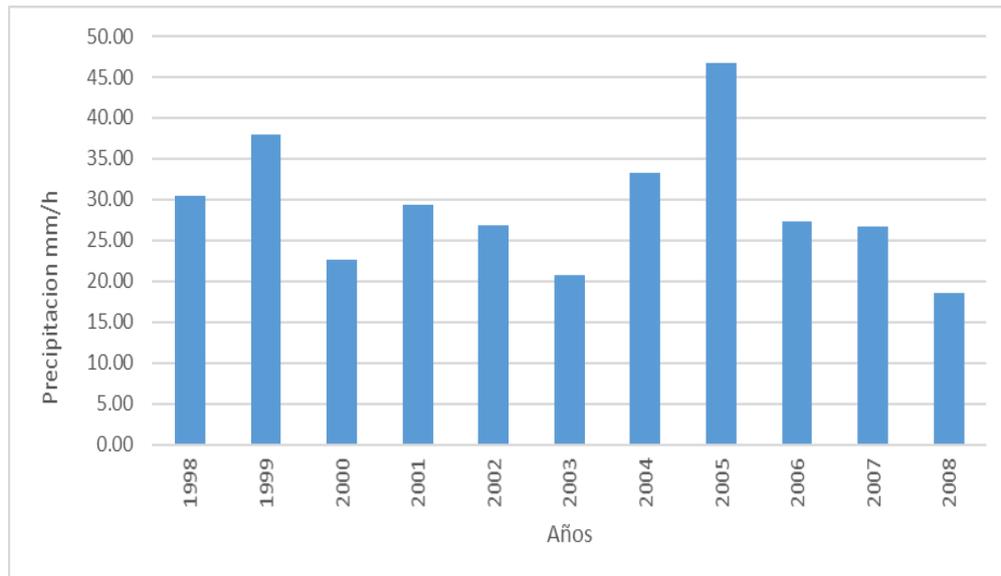


Gráfico 2: Precipitación máxima en 24 Horas 1998-2008

Fuente: Propia.

El análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas, se realizó empleando el Software Hidrológico SMADA 6.43 (programa que permite calcular la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno, considerando las funciones de distribución de probabilidades como: Log-Normal, Gumbel y Log-Pearson III).

En dicha tesis el autor realiza el análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas, empleando el Software Hidrológico SMADA 6.43 (programa que permite calcular la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno, considerando las funciones de distribución de probabilidades como: Log-Normal, Gumbel y Log-Pearson III).

Tabla 4: Precipitación Máxima en 24 Horas Valores Máximos
Anuales.

N	Años	P. Max. (mm)
1	1998	30.5
2	1999	38.0
3	2000	22.6
4	2001	29.4
5	2002	26.8
6	2003	20.7
7	2004	33.2
8	2005	46.7
9	2006	27.3
10	2007	26.7
11	2008	18.5

Fuente: Propia.

Los valores de precipitación máxima en 24 horas, fueron ajustados a las distribuciones Log Normal Distribution, 3 Parameter Log Normal Distribution y Gumbel comúnmente usados los estudios hidrológicos.

Tabla 5: Log Normal Distribution

Distribution Analysis: Log Normal			
Point Number	Weibull Probability	Actual Data	Predicted Data
1	0.0833	18.5	19.2949
2	0.1667	20.7	21.5981
3	0.25	22.6	23.3852
4	0.3333	26.7	24.984
5	0.4167	26.8	26.5215
6	0.5	27.3	28.076
7	0.5833	29.4	29.7215
8	0.6667	30.5	31.5505
9	0.75	33.2	33.7076
10	0.8333	38	36.4966
11	0.9167	46.7	40.8531
Predictions			
Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	
0.995	200	56.4565	
0.990	100	52.7641	
0.980	50	49.0047	
0.960	25	45.138	
0.900	10	39.7441	
0.800	5	35.2716	
0.667	3	31.5505	
0.500	2	28.076	

Fuente: Propia.

Tabla 6: Parameter Log Normal Distribution

Distribution Analysis: 3 Parameter Log Normal			
Point Number	Weibull Probability	Actual Data	Predicted Data
1	0.0833	18.5	19.0675
2	0.1667	20.7	21.5209
3	0.25	22.6	23.3972
4	0.3333	26.7	25.0577
5	0.4167	26.8	26.6395
6	0.5	27.3	28.2248
7	0.5833	29.4	29.8886
8	0.6667	30.5	31.7219
9	0.75	33.2	33.8636
10	0.8333	38	36.6024
11	0.9167	46.7	40.8189
Predictions			
Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	
0.995	200	0	
0.990	100	52.0252	
0.980	50	48.5338	
0.960	25	44.9005	
0.900	10	39.7522	
0.800	5	35.4035	
0.667	3	31.7219	
0.500	2	28.2248	

Fuente: Propia.

Tabla 7: Distribution Gumbel

Distribution Analysis: Gumbel			
Point Number	Weibull Probability	Actual Data	Predicted Data
1	0.0833	18.5	17.0116
2	0.1667	20.7	19.8221
3	0.25	22.6	22.0269
4	0.3333	26.7	24.0256
5	0.4167	26.8	25.9767
6	0.5	27.3	27.9835
7	0.5833	29.4	30.145
8	0.6667	30.5	32.5914
9	0.75	33.2	35.5405
10	0.8333	38	39.4599
11	0.9167	46.7	45.8168
Predictions			
Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	
0.995	200	70.3437	
0.990	100	64.3655	
0.980	50	58.3653	
0.960	25	52.3206	
0.900	10	44.1725	
0.800	5	37.7236	
0.667	3	32.5914	
0.500	2	27.9835	

Fuente: Propia.

La distribución que presenta mejor ajuste a los datos históricos es la distribución Gumbel, según antecedentes. Es por eso que se consideró las proyecciones en base a los datos obtenidos mediante la distribución Gumbel, es así que para un Periodo de Retorno de 10 años el valor de la Precipitación Máxima en 24 horas estimada es de 44.17 mm., tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 8: Precipitación Máxima en 24 Horas para Periodos de Retorno T.

Periodo de Retorno T (años)	Valor Calculado de P. Max. (mm).
200	70.3437
100	64.3655
50	58.3653
25	52.3206
10	44.1725
5	37.7236
3	32.5914
2	27.9835

Fuente: Propia.

2.2.5.4. Intensidad, duración y frecuencia.

Se define tormenta al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. Una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aun días y puede abarcar desde una zona pequeña hasta una extensa región. De las tormentas interesa conocer las curvas IDF, intensidad – duración – frecuencia, en las que fácilmente se pueden obtener el dato de intensidad para cualquier periodo de tiempo requerido.

Intensidad: Se mide en mm/h. y su valor varía durante la tormenta. Debido a que no se cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, se calcularán a partir de los datos de precipitación

máxima en 24 horas en base al modelo de Dick y Peschke, la expresión es la siguiente:

En donde:

I: Intensidad (mm/h.).

Pd : Precipitación Total (mm.).

P24h : Precipitación Máxima en 24 Horas (mm.).

d : Duración (min.).

Ecuación 3: Precipitación Total (mm)

$$P_d = P_{24h} * \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración:

Ecuación 4: Intensidad.

$$I = \frac{P_d}{d}$$

Duración: La duración se mide en minutos o en horas. Es el tiempo transcurrido entre el comienzo y el fin de la tormenta. El periodo de duración es un periodo de tiempo dentro de la duración de la tormenta. Se escogen varios periodos de duración. Por ejemplo: 15, 30, 60, 120, 240 minutos. Los que se busca, como veremos, son las intensidades máximas para estos periodos de duración. Para la determinación de la Intensidad del evento de diseño, en términos generales se considera una duración de tormenta de diseño de 60 minutos (CIRIA, 1996).

Tabla 9: Intensidades Máximas (mm/h)

Años	P. Max. 24 horas	Periodo de Duracion en Minutos											
		15		30		60		120		180		240	
		Pd	I	Pd	I	Pd	I	Pd	I	Pd	I	Pd	I
		mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h
1998	30.5	9.74	38.98	11.59	23.17	13.78	13.78	16.39	8.19	18.14	6.05	19.49	4.87
1999	38	12.14	48.56	14.44	28.87	17.17	17.17	20.42	10.21	22.59	7.53	24.28	6.07
2000	22.6	7.22	28.88	8.59	17.17	10.21	10.21	12.14	6.07	13.44	4.48	14.44	3.61
2001	29.4	9.39	37.57	11.17	22.34	13.28	13.28	15.80	7.90	17.48	5.83	18.78	4.70
2002	26.8	8.56	34.25	10.18	20.36	12.11	12.11	14.40	7.20	15.94	5.31	17.12	4.28
2003	20.7	6.61	26.45	7.86	15.73	9.35	9.35	11.12	5.56	12.31	4.10	13.23	3.31
2004	33.2	10.61	42.43	12.61	25.23	15.00	15.00	17.84	8.92	19.74	6.58	21.21	5.30
2005	46.7	14.92	59.68	17.74	35.48	21.10	21.10	25.09	12.55	27.77	9.26	29.84	7.46
2006	27.3	8.72	34.89	10.37	20.74	12.33	12.33	14.67	7.33	16.23	5.41	17.44	4.36
2007	26.7	8.53	34.12	10.14	20.29	12.06	12.06	14.35	7.17	15.88	5.29	17.06	4.26
2008	18.5	5.91	23.64	7.03	14.06	8.36	8.36	9.94	4.97	11.00	3.67	11.82	2.96

Fuente: Propia.

Tabla 10: Intensidad Máxima de Lluvia de diseño (mm/h).

Valor Calculado de P. Max. 24 horas	Periodo de Duracion en Minutos											
	15		30		60		120		180		240	
	Pd	I	Pd	I	Pd	I	Pd	I	Pd	I	Pd	I
	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h
44.1725	14.11	56.45	16.78	33.56	19.96	19.96	23.73	11.87	26.27	8.76	28.22	7.06

Fuente: Propia.

Determinación de la Intensidad de Lluvia de diseño: Para la determinación de la tasa de filtración que debe tener el concreto permeable utilizado en los pavimentos permeables de la ciudad de Cerro de Pasco, tomamos en cuenta que éste debe ser al menos un orden de magnitud superior a las máximas intensidades de lluvia esperables. Sin embargo esta tasa se reduciría y estabilizaría con el tiempo debido a la colmatación, por lo que se suele recomendar en el diseño adoptar en este valor un factor de seguridad de 10 (Flores & Pacompia, 2015) La precipitación máxima en 24 horas

estimada para un periodo de retorno de 10 años es de 44.17 mm, tal como se muestra en la tabla 8 Y mediante las ecuaciones de Dick y Perchke, para una duración de 1 hora obtenemos la Intensidad de lluvia de 19.96 mm/h. Obteniéndose una intensidad de lluvia de diseño de 199.60 mm/h, considerando el factor de rendimiento ante la colmatación del pavimento permeable.

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS

2.3.1. CONCRETO PERMEABLE.

El concreto permeable es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea.

2.3.2. MASA VOLUMETRICA (MASA UNITARIA) Y VACIOS:

La masa unitaria es el peso o masa de agregado que se necesita para llenar un recipiente con un volumen determinado. El volumen referido aquí es el ocupado por los agregados y el volumen de vacíos que ocupan todo el recipiente. La masa volumétrica que ocupa los agregados comúnmente usados varía entre los 1200 a 1750 kg/m³. La cantidad de vacíos afecta la demanda de pasta que necesita la mezcla. La demanda de agua de mezcla y cemento aumenta con la cantidad de vacíos. Así como la cantidad de vacíos varía cerca de 30% a 45% para el agregado grueso y cerca del 40%

al 50% para el agregado fino. Se debe tener en cuenta que la angularidad de un agregado aumenta la cantidad de vacíos.

2.3.3. POROSIDAD:

Es la capacidad de un material de absorber líquidos o gases.

También es el tamaño y número de los poros de un filtro o de una membrana semipermeable.

2.3.4. CONCRETO ENDURECIDO:

El concreto se encuentra en este estado cuando propiamente comienza la formación del tejido filamentosos producto de la hidratación, o gel de cemento, que endurece la pasta y que su vez la capacita para aglutinar las partículas de los agregados, dándole resistencia mecánica a la masa del concreto.

2.3.5. CONCRETO FRESCO:

Se le llama así al concreto en estado plástico, cuando aún no ha sido iniciado su proceso de fraguado. El concreto fresco debe ser adecuado para la obra particular a la que se destine, en especial su docilidad que debe permitir recibirlo, transportarlo, colocarlo en los encofrados y terminarlo con los medios disponibles. De este modo el concreto llenará totalmente las formaletas, sin dejar oquedades o nidos de abeja y recubrirá totalmente las armaduras de refuerzo, tanto en pro de la resistencia estructural como para la pasivación del hierro lograda con la lechada de cemento, y quedará con la terminación prevista para la obra.

Durante estas actividades no debe producirse ninguna segregación de los materiales componentes, en especial el agua. Una vez terminada la colocación del concreto en los encofrados, debe ser homogéneo, compacto y uniforme.

2.3.6. CURADO:

Procedimiento para mantener en el concreto, los contenidos de humedad y temperatura en condiciones satisfactorias, durante un período definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas.

2.3.7. MEZCLADO:

Es la incorporación de los componentes del concreto hasta el grado en que las reacciones entre sí se completen; esta puede llevarse a cabo mediante medios manuales o mecánicos.

2.3.8. RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C):

La razón de la cantidad de agua, excluyendo sólo aquella absorbida por los agregados, a la cantidad de cemento en la mezcla de concreto o de mortero; establecida de preferencia como un decimal por peso.

2.3.9. TRABAJABILIDAD:

Es la propiedad que determina el esfuerzo necesario para manipular, una cantidad de mezcla fresca de concreto con la mínima pérdida de homogeneidad.

2.3.10. VACIO DE AIRE:

Es un espacio, en la pasta del cemento, mortero o concreto, lleno de aire; un vacío de aire atrapado mide más o menos 1 mm de ancho, y es de forma irregular; estos tienen un diámetro entre 10 y 1000 ppm y asemeja una esfera.

2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48, fabricaremos concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a más de 4000 msnm en la ciudad de Cerro de Pasco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable a más de 4000 msnm, entonces se incrementará la resistencia a la compresión.

Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable a más de 4000 msnm, entonces se incrementará el coeficiente de permeabilidad.

Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable a más de 4000 msnm, entonces se incrementará el contenido de vacíos en estado fresco y endurecido.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Fibra de polipropileno sika fiber force pp-48

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Fabricación del concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

2.5.3. VARIABLE INTERMITENTE

Altitud msnm (metros sobre nivel de mar)

2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.

OBJETIVO	VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES
"Determinar la dosificación adecuada para la fabricación de concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	VARIABLE INDEPENDIENTE: Dosificación de la Fibra de polipropileno sika fiber force pp-48	Dosis de la fibra (kg)	<ul style="list-style-type: none">- 2 – 9 kg.- Normas- Características físicas- Características químicas
	VARIABLE DEPENDIENTE: Fabricación del	-Resistencia a la compresión.	<ul style="list-style-type: none">- Kg/cm^2

a más de 4000 msnm utilizando fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 en la ciudad de Cerro de Pasco.”	concreto permeable $f'c=210$ kg/cm ² .	-Coeficiente de Permeabilidad. -Contenido de vacíos.	- Cm/s - %
	VARIABLE INTERVINIENTE: Altitud msnm (metros sobre nivel de mar).	Estado del tiempo.	- Temperatura

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue APLICADA: según Sánchez & Reyes, (1996, pág. 13), este tipo de investigación “Llamada también constructiva, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven”.

También a que las variables independientes influenciaron en la variable dependiente.

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación es CUANTITATIVO, puesto que el medio de prueba de hipótesis se basa en mediciones numéricas y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se considera el diseño de tipo Experimental, por considerar que las muestras serán sometidas a ensayos y pruebas para determinar la resistencia a la compresión, el coeficiente de permeabilidad y el contenido de vacíos del concreto permeable.

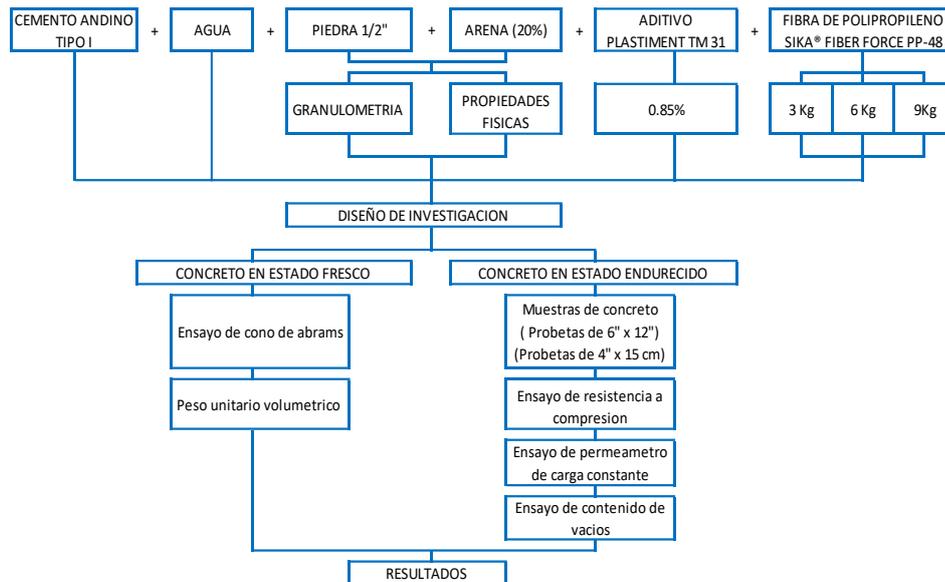


Gráfico 3: Diseño de Investigación.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población se conformó de especímenes de concreto permeable debido a que son las unidades de estudio; así mismo para la delimitación poblacional se consideró los siguientes criterios de inclusión y exclusión que son:

- Resistencia a compresión supuesto: 210 kg/cm²
- Fibras de polipropileno: Sika fiber force pp-48
- Aditivo: Plastiment tm 31
- Agregados: Cantera Cochamarca – Vicco.

3.4.2. MUESTRA

El estudio a un 100 % de manera intencional y por conveniencia contó con un total de 60 especímenes: 30 especímenes cilíndricos para los

ensayos a compresión de 6"x12", 15 especímenes de cilindros para los ensayos de contenido de vacíos (10cm x 15cm) y 15 especímenes cilíndricos para los ensayos de permeabilidad (10cmx15cm). (Muestreo no probabilístico, Mc Millan & Schumacher, 2001).

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. TÉCNICAS

Las principales técnicas que se utilizara en esta investigación serán:

- ✓ La observación directa e indirecta: Se registrará los esfuerzos de compresión y permeabilidad de las probetas.
- ✓ El análisis documental: Se realizará de forma analítica e interpretativa la información que está a nuestro alcance para extraer lo necesario.
- ✓ Se seguirá las técnicas indicadas en el ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y materiales), NTP (Normas Técnicas Peruanas) y el método ACI (American Concrete Institute).
 - Contenido de humedad para Agregados (ASTM C566).
 - Peso específico y absorción de Agregado fino (ASTM C128).
 - Peso específico y absorción de Agregado Grueso (ASTM C127).

- Peso unitario de los agregados (suelto y compactado): Peso específico y absorción de Agregado fino (ASTM C29).
- Análisis granulométrico para Agregado fino y grueso (ASTM C136).
- Diseño de mezcla de Concreto Permeable: Guía para la selección de proporciones para concretos con cero Slump (ACI 211.3R) y el procedimiento de diseño que brinda el Reporte en Concreto Permeable (ACI 522R-10).
- Densidad y contenido de vacíos de mezclas frescas de concreto permeable (ASTM C1688).
- Prueba de revenimiento o Slump (ASTM C143-00).
- Resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas: ASTM C-39
- Permeabilidad: ACI 522R-10.

3.5.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos y equipos que se usará en la investigación para la recolección de datos son:

- ✓ Equipo para esfuerzo de compresión de testigos.
- ✓ Permeámetro elaborado por el tesisistas de acuerdo a la norma ACI 522R-10.

- ✓ Balanza calibrada.
- ✓ Cuaderno de datos.
- ✓ Fichas técnicas de observación y control de laboratorio.
- ✓ Fichas de ensayos.
- ✓ Fichas de resúmenes textuales, comentarios bibliográficos, etc.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó equipos de laboratorio, programas de ingeniería, Hoja de cálculo de Microsoft office Excel, tomando en cuenta que los datos obtenidos son variables cuantitativas y cualitativas.

3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Para la investigación experimental (confección de especímenes, desarrollo del ensayo experimental y la recopilación de datos) se utilizaron las metodologías de ensayo: ACI 522 R (CONCRETO PERMEABLE) y ASTM C39 “método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

La validación y la confiabilidad de nuestra investigación se muestran mediante los resultados de las Propiedades físicas de los agregados, Diseño de mezcla, Resistencia a la compresión, coeficiente de

permeabilidad y el contenido de vacíos, obtenidos en el laboratorio de la Planta Concretera GOVIZAMIX, de los cuales se muestran en los Anexos.

3.9. ORIENTACION ETICA.

Todos los datos obtenidos en esta investigación mediante los ensayos de laboratorio, fueron realizados objetivamente y con la veracidad del caso, aplicando las normas y métodos correspondientes para dicha investigación, es decir, respetando las normas técnicas que rigen según sus parámetros en cada tipo de construcción.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

4.1.1. PROPIEDADES DE MATERIALES:

4.1.1.1. EXTRACCIÓN DEL AGREGADOS:

Para iniciar con los trabajos en laboratorio, se hizo la visita a la Cantera Cochamarca – Vicco que se ubica a una altitud de 4114 msnm, estos agregados provenientes del proceso de transformación de materiales naturales de buenas características y de mucha demanda en la región para su empleo en la fabricación de concreto. Luego se realizó el traslado de los agregados en bolsas y costales hacia el laboratorio.

Posteriormente se inició a realizar los ensayos normados para el material:

- Toma de muestras del agregado grueso (piedra chancada) y agregado fino (arena gruesa), mediante el método de cuarteo (ASTM D-75).
- Análisis granulométrico de los agregados para determinar: tamaño máximo, porcentaje de finos, módulo de fineza, huso granulométrico (ASTM C-136).

- Ensayo para determinar en contenido de humedad (ASTM C-566).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (ASTM C- 127).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (ASTM C-128).
- Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso (P.U.S) y fino (ASTM C-29).
- Ensayo para determinar el peso unitario compactado (P.U.C) del agregado grueso y fino (ASTM C-29).



Ilustración 4: Visita a la Cantera y extracción de agregados.

4.1.1.2. ENSAYO FÍSICO DE LOS AGREGADOS

4.1.1.2.1. ENSAYO FÍSICO DE LOS AGREGADOS:

Los ensayos físicos de los agregados se realizaron en el laboratorio de GOVIZAMIX; tomando en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP.

4.1.1.2.1.1. ANALISIS GRANULOMETRICO:

El análisis granulométrico de los agregados se realizó según el procedimiento del ensayo NTP 400.012 – Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

- **Agregado Grueso:**

Procedimiento:

- Realizar el secado de la muestra, aproximadamente 20 kg.
- Obtenemos una muestra representativa, después de realizar el cuarteo, la cual registramos el peso.
- Verter el material seco en la columna de tamices.
- Luego comenzamos a agitar la columna de tamices, retirarlos y colocar el árido retenido en bandejas.

- Procedemos a pesar los pesos retenidos en cada malla y fondo.
- Después procesamos los datos obteniendo así la Curva de gradación de las partículas.

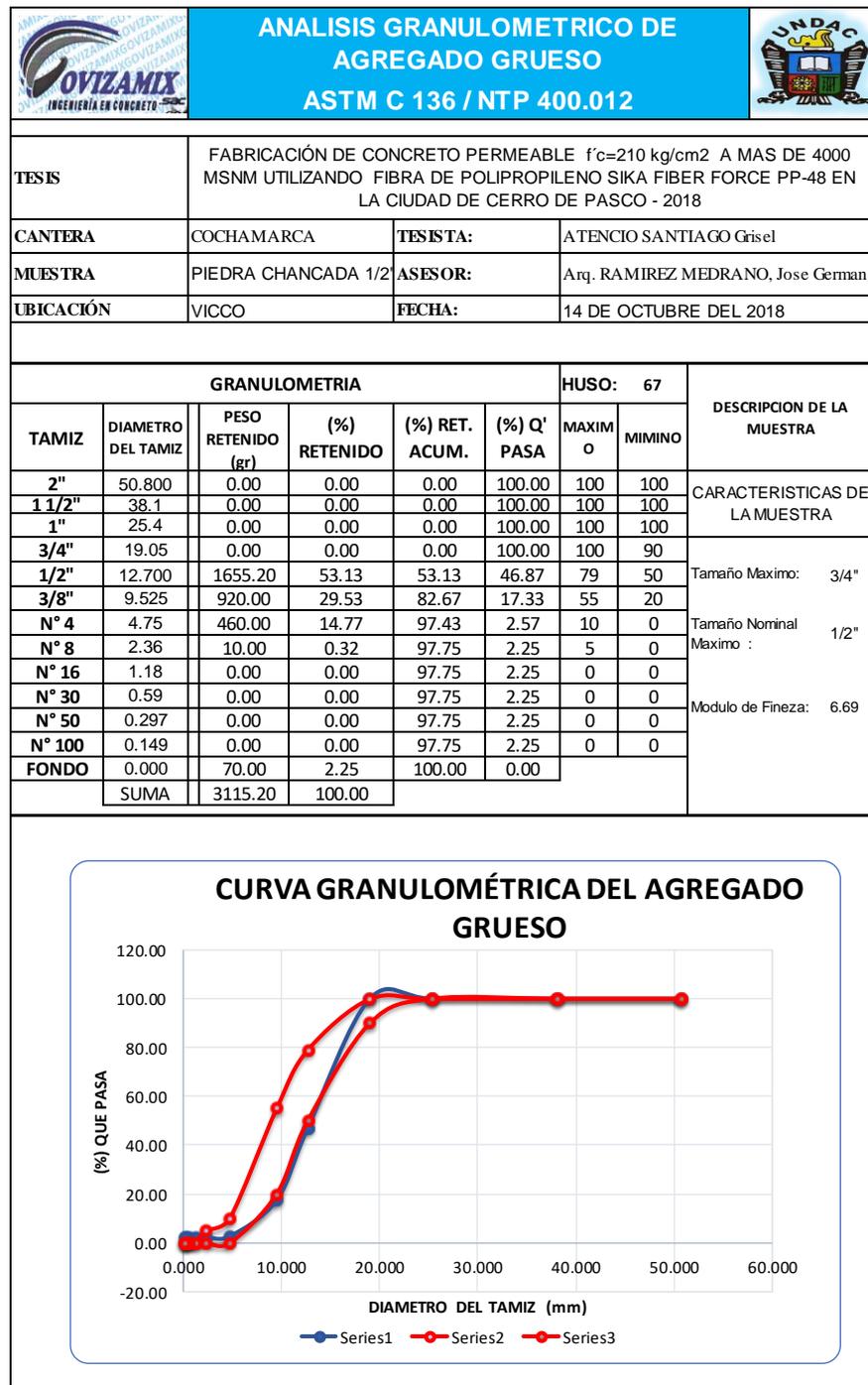


Gráfico 4: Granulometría del Agregado Grueso



Ilustración 5: Tamizado del agregado grueso.

Análisis:

La piedra chancada de 1/2" como Agregado Grueso se encuentra dentro de los márgenes permitidos por la norma, la cual tiene como Modulo de fineza 6.69.

La curva granulométrica del agregado grueso está cerca del límite inferior del HUSO GRANULOMÉTRICO N° 67 de la NORMA A.S.T.M. C 33.

- **Agregado Fino:**

Procedimiento:

- Realizar el secado de la muestra, aproximadamente 20 kg.
- Obtenemos una muestra representativa, después de realizar el cuarteo, la cual registramos el peso.
- Verter el material seco en la columna de tamices. La columna está formada por cierta cantidad de tamices ensamblados en orden decreciente de tamaños de abertura con el fondo y la tapa.
- Luego comenzamos a agitar la columna de tamices, retirarlos y colocar el árido retenido en bandejas.
- Luego procedemos a pesar los pesos retenidos en cada malla y fondo.
- Después procesamos los datos obteniendo así la Curva de gradación de las partículas.

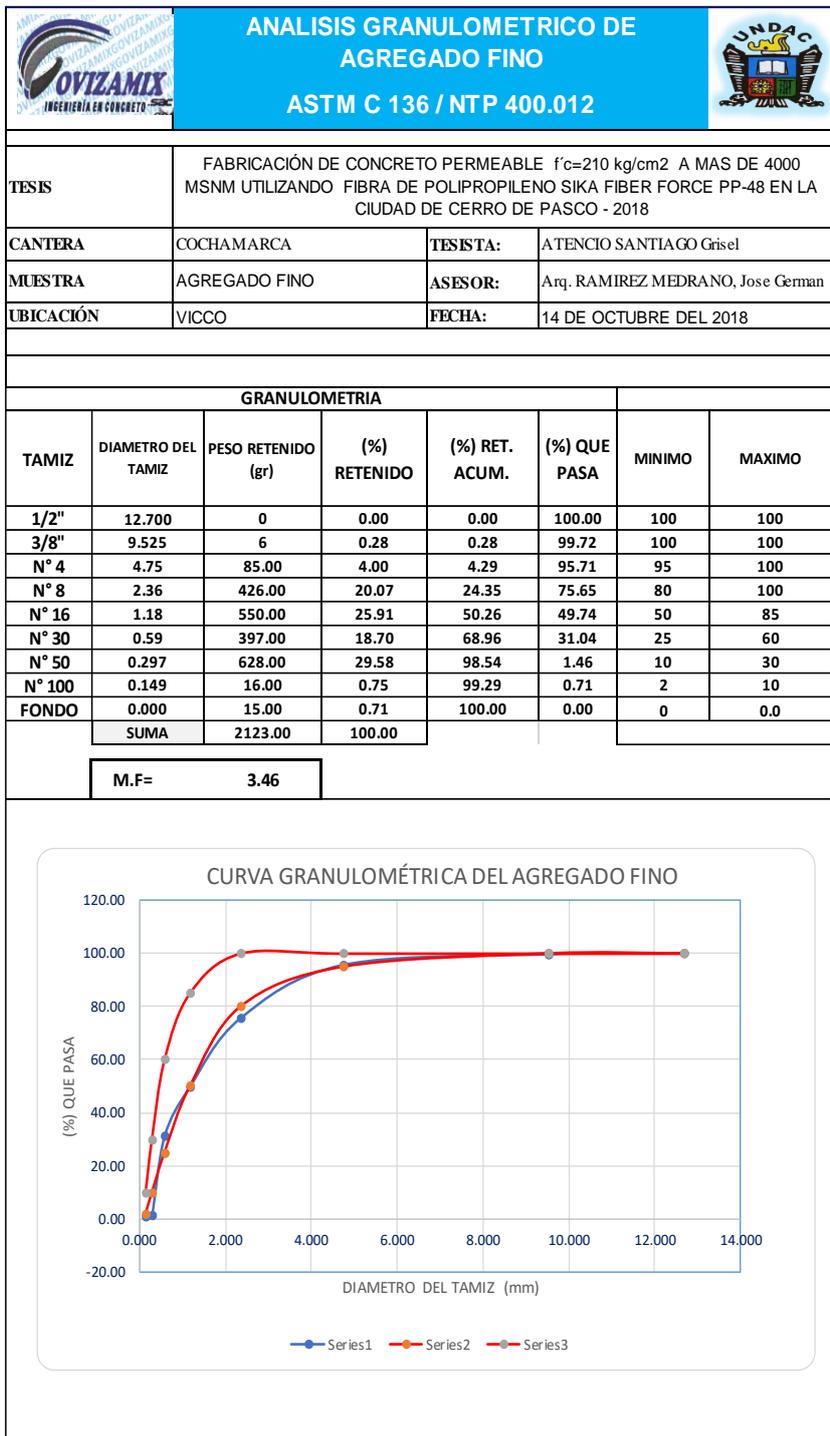


Gráfico 5: Granulometría del Agregado Fino.



Ilustración 6: Tamizado del agregado fino.

Análisis:

La arena como agregado fino se encuentra dentro de los márgenes permitidos por la norma, la cual tiene como Modulo de fineza 3.46.

4.1.1.2.1.2. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO:

Para determinar el peso unitario suelto y peso unitario compactado de los agregados se realizó según el procedimiento del ensayo ASTM C 029 - NTP 400.017.

Ecuación 5: Peso unitario.

$$\text{Peso Unitario} = \frac{W}{V} (\text{Kg/m}^3)$$

Donde:

W= Peso neto del agregado

V= Volumen del recipiente

- **Peso Unitario Suelto del agregado:**

Es el peso unitario que se define al llenar el recipiente en una sola capa sin ninguna presión.

Procedimiento para el agregado fino:

- Se procede a pesar el recipiente cilíndrico.
- Se pone el agregado fino en una bandeja, para luego colocarla en el molde cilíndrico.
- Luego sobre el recipiente se agrega el agregado fino, hasta que esté totalmente lleno.
- Posteriormente con la varilla de acero se procede a quitar con mucho cuidado el exceso de agregado fino para que quede a nivel del recipiente.
- Finalmente se procede a pesar el recipiente cilíndrico con la muestra.

Procedimiento para el agregado grueso:

- Se procede a pesar el recipiente cilíndrico.
- Se realiza los mismos pasos consecutivos del análisis del agregado fino.

Los resultados de los pesos unitarios sueltos de los agregados finos y grueso se muestran en los ANEXOS, pero a continuación se muestra un cuadro de resumen.

Tabla 11: Peso Unitario Suelto de A.F y A.G.

DESCRIPCION	A. FINO	A. GRUESO
PESO UNITARIO SUELTO	1517.98 Kg/m ³ .	1441.98 Kg/m ³ .

Fuente: Elaboración Propia

Análisis:

Los valores de los ensayos del peso unitario suelto del agregado fino es 1517.98 kg/m³ y del agregado grueso es 1441.98 kg/m³, y se encuentran conforme a los procedimientos según la norma.

• Peso Unitario Compactado del agregado:

Es el peso unitario que se obtiene cuando se ejerce presión (compactado) al llenar el recipiente en tres capas.

Equipo utilizado:

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados.

Procedimiento para el agregado fino:

- Se procede a pesar el recipiente cilíndrico.
- Se pone el agregado fino en una bandeja, para luego colocarla en el molde cilíndrico.
- Luego se introduce el agregado fino al molde hasta $1/3$ de su capacidad. Seguidamente con una varilla de acero de $\varnothing 5/8$ " procedemos a golpear 25 veces en forma helicoidal.
- Luego se sigue agregando el agregado fino hasta los $2/3$ " de su capacidad. Y también se procede a compactar con la varilla los 25 golpes en forma helicoidal.
- Luego se agrega el agregado fino hasta llenar el recipiente incluso un poco más. Y se procede al compactado del mismo con 25 golpes en forma helicoidal.
- Posteriormente con la varilla de acero se procede a quitar con mucho cuidado el

exceso de agregado fino para que quede a nivel del recipiente.

- Finalmente se procede a pesar el recipiente cilíndrico con la muestra.

Procedimiento para el agregado grueso:

- Se procede a pesar el recipiente cilíndrico.
- Se realiza los mismos pasos consecutivos del análisis del agregado fino.

Los resultados de los pesos unitarios sueltos de los agregados finos y grueso se muestran en los ANEXOS, pero a continuación se muestra un cuadro de resumen.

Tabla 12: Peso Unitario Compactado de A.F y A.G.

DESCRIPCION	A. FINO	A. GRUESO
PESO UNITARIO COMPACTADO	1662.02 Kg/m ³ .	1588.95 Kg/m ³ .

Fuente: Elaboración Propia

Análisis:

Los valores de los ensayos del peso unitario compactado del agregado fino es 1662.02 kg/m³ y del agregado grueso es 1588.95 kg/m³, y se encuentran conforme a los procedimientos según la norma.

4.1.1.2.1.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO:

Para determinar el Peso Específico y Absorción del agregado grueso se realizó según el procedimiento de ensayo ASTM C 127.

Equipo utilizado:

- Horno
- Recipientes
- Balanza
- Probeta graduada

Procedimiento para el agregado fino:

- Empezamos este ensayo seleccionando el material por lo cual se procede a cuartear la muestra.
- Recogemos una muestra representativa.
- Luego se deja la muestra en agua por 24 +- 4 horas.
- Después se seca las partículas con telas hasta eliminar el agua superficial.
- Una vez seca la muestra se pesa para obtener el peso superficialmente seco.

- Se calibra la balanza para hallar el peso sumergido.
- Luego colocamos la muestra en el interior de la canastilla para determinar el peso sumergido.
- Sacamos el material de la canastilla.
- Se realiza el secado de la muestra para obtener el peso seco.

Los resultados de los pesos específicos y porcentajes de absorción del agregado grueso se muestran en los ANEXOS, pero a continuación se muestra en un cuadro resumen.

Tabla 13: Peso Unitario Compactado de A.F y A.G.

DESCRIPCION	A. GRUESO
PESO ESPECIFICO	2.59 gr/cm ³ .
ABSORCION	1.32%

Fuente: Elaboración Propia

Análisis:

El peso específico del agregado grueso es 2.59 gr/cm³, lo cual indica que aportara una buena resistencia al concreto endurecido. La absorción del agregado grueso es 1.32 %.

4.1.1.2.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

Para determinar el Peso Específico y Absorción del agregado fino se realizó según el procedimiento de ensayo ASTM C 128.

Equipo utilizado:

- Balanza
- Picnómetro
- Molde cónico (cono de absorción)
- Varilla para apisonado metálica
- Bandejas
- Equipo que proporcione calor a una intensidad moderada.

Procedimiento:

- Empezamos el ensayo seleccionando una muestra representativa mediante el cuarteo.
- Después se cubre la muestra completamente con agua y se deja sumergido por un tiempo de 24 +/- 4 horas.
- Después de 24 horas se decanta cuidadosamente el agua evitando la

perdida de finos, luego se extiende la muestra sobre una bandeja.

- Luego se realiza el secado superficialmente de la muestra.
- Se realiza la prueba superficial húmeda del agregado, la cual consiste en sujetar el molde de cono en una superficie lisa, colocar la porción del espécimen en el molde por sobre llenado y acumule el material adicional sobre la parte superior del cono, luego ligeramente apisonar el agregado fino dentro del molde con 25 caídas del apisonador.
- Retirar el molde verticalmente, si el agregado retiene la forma del molde quiere decir que todavía existe humedad superficial, en cambio cuando el agregado fino se disgregue levemente se obtiene la condición saturada superficialmente seca.
- Llenar agua en el picnómetro parcialmente.
- Introducir 500 gramos del agregado en estado saturado superficialmente seco en el picnómetro, luego llenar con agua hasta el 90 % de su capacidad.

- Manualmente role o invierta el picnómetro para eliminar las burbujas de aire.
- Luego se procede a pesar la muestra + agua + picnómetro.
- Después se extrae el material, asegurándose que no quede nada en el tubo de ensayo.
- Secar a masa constante la muestra del agregado fino y determinar el peso de la masa del agregado seco.
- Determine la masa del picnómetro lleno hasta la capacidad de calibración con agua.

Los resultados de los pesos específicos y porcentajes de absorción del agregado fino se muestran en los ANEXOS, pero a continuación se muestra en un cuadro resumen.

Tabla 14: Peso Específico y Absorción A.F.

DESCRIPCION	A. FINO
PESO ESPECIFICO	2.45 gr/cm ³ .
ABSORCION	2.20%

Fuente: Elaboración Propia

Análisis:

El peso específico del agregado fino es 2.45 gr/cm^3 , lo cual indica que aportara una buena resistencia al concreto endurecido. La absorción del agregado fino es 2.20 %.

4.1.1.2.1.5. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.

Para determinar el contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso se realizó según el procedimiento de ensayo ASTM C566.

Equipo utilizado:

- Balanza con precisión a 0.1%.
- Recipientes o taras
- Horno a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Equipo que proporcione calor a una intensidad moderada.

Procedimiento:

- Se toma una muestra representativa del material libre de impurezas y se pone un recipiente, para luego llevarlo a secarlo al horno a una temperatura uniforme de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

- Se retira del horno y se deja enfriar por espacio de una hora y media, para luego pesarla.
- Luego se procede a realizar el cálculo del contenido de humedad, restando el peso del material natural menos el peso del material secado al horno, todo dividido entre peso seco al horno y multiplicado por 100.

Ecuación 6: Contenido de humedad.

$$\text{Humedad} = \frac{W_s - W_N}{W_N} \times 100$$

Donde:

Ws=Peso del agregado secado al horno.

WN=Peso natural del agregado.

Los resultados de los contenidos de humedad de los agregados finos y agregados gruesos se muestran en los ANEXOS, pero a continuación se muestra un cuadro resumen.

Tabla 15: Contenido de humedad del A.F. y A.G.

DESCRIPCION	A. FINO	A. GRUESO
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.23%	0.595%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16: Resumen de los ensayos realizados.

AGREGADOS			
CARACTERISTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico	2.45	2.59	gr/cm3
Peso Especifico Saturada con Superficie Seca	2.51	2.63	gr/cm3
Peso Unitario Suelto Seco	1517.98	1441.98	kg/m3
Peso Unitario Compactado Seco	1662.02	1588.95	kg/m3
Contenido de Humedad	6.23	0.595	%
Absorcion	2.2	1.32	%
Modulo de Finura	3.46	6.69	-
Tamaño Maximo Nominal	-	1/2"	Pulg

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.3. CEMENTO

El cemento utilizado para los ensayos fue el CEMENTO ANDINO TIPO I (bolsa de 3 pliegos), posee las siguientes características:

- Un peso específico de 3.15
- Tiene alto calor de hidratación

4.1.1.4. AGUA.

El agua es uno de los componentes en la elaboración del concreto, pues la presencia de ella reacciona químicamente permitiendo la formación de gel. El agua no presenta inconveniente alguno para la elaboración del concreto ya que se usó el agua potable apta para el consumo humano.

4.1.1.5. ADITIVO PLASTIMENT:

Plastiment TM-31 es un aditivo para concretos que puede ser empleado como plastificante.

Plastiment TM-31 no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

- Especialmente para concreto convencional.
- En concretos bombeados, porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Se usa para hacer entregas de concreto a sitios distantes de la planta de concreto premezclado.
- Para elementos con alta cuantía de acero de refuerzo.
- Para encofrados dificultosos por su forma.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Facilita los vaciados en encofrados difíciles.
- Aumento de las resistencias mecánicas en todas sus edades.
- Mayor adherencia a las armaduras.

- Permite reducir agua de la mezcla, para lograr concretos fluidos. (Dependiendo de la dosis y el tipo de cemento)
- Incrementa considerablemente la durabilidad del concreto.
- Proporciona una gran trabajabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejas.
- No mancha el concreto.

Tabla 17: Información del Producto - PLASTIMENT.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO	
Empaques	- Cilindro x 200 L - Dispenser x 1000 L
Apariencia / Color	Líquido pardo oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico
Densidad	1,17 kg/L ± 0,01
INFORMACIÓN DE APLICACIÓN	
Dosificación Recomendada	Entre 0,4 % - 1,0 % del peso del cemento

4.1.1.6. FIBRA DE POLIPROPILENO – SIKA FIBER FORCE PP-48.

Es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (concreto lanzado), altamente

orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía, además de disminuir y/o eliminar considerablemente el índice de grieta por contracción plástica mediante la prueba del anillo (ACI-544.2R). Sika Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico.

Tabla 18: Datos del producto - Sika Fiber Force PP-48.

PRESENTACIÓN	Cajas de 5 kg.
ALMACENAMIENTO	5 años en su empaque original, almacenadas bajo techo, en un lugar fresco y seco
DATOS TÉCNICOS	<p>Longitud: 48 mm</p> <p>Gravedad específica: 0.92</p> <p>Ancho: 1.2855 mm*</p> <p>Espesor: 0.3325 mm*</p> <p>Resistencia a la tracción: 550 Mpa mín.</p> <p>Resistencia a los álcalis: Excelente</p> <p>Color: Natural</p> <p>Conductividad eléctrica: Baja</p> <p>Humedad: 0%</p> <p>Fibras por kg: 32,000*</p> <p>Punto de fusión: 440°C</p>
<small>**VALORES TÍPICOS</small>	
DOSIFICACIÓN	De 2 a 10 kg/m ³ , dependiendo de los requerimientos de cada proyecto.
MODO DE EMPLEO	<p>Las Fibras SikaFiber® Force PP-48 se pueden añadir antes, durante o después de la dosificación del concreto. Cuando las fibras son el primer componente que se añade un lote de prueba deberá ser observado para determinar si se obtiene una mezcla homogénea. Dispositivos como cintas transportadoras y dosificadores se pueden utilizar para añadir fibras a la tolva mezcladora y/o camión revolvedor. Después de añadir las fibras, el concreto se debe mezclar durante un tiempo suficiente (75 rotaciones a una velocidad de mezclado completo) para asegurar una distribución uniforme de las fibras en todo el concreto. El uso de reductores de agua de medio o alto rango puede dar una ventaja adicional. Las fibras SikaFiber® Force PP-48 se pueden bombear, lanzar o colocar a tiro directo utilizando equipos convencionales.</p> <p>Las técnicas y equipos de acabado convencionales pueden ser usadas con las fibras SikaFiber® Force PP-48. En algunos casos un proceso de floteo adicional es aconsejable, disminuyendo el ángulo del flotador, lo que ayudará a minimizar la exposición de las fibras en la superficie.</p>
PRECAUCIONES	La dosificación óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.
MEDIDAS DE SEGURIDAD	Se recomienda el uso de guantes y lentes de seguridad para la manipulación de las fibras SikaFiber® Force PP-48 .

4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. MÉTODO DE DISEÑO UTILIZADO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ASUMIDAS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS DEL CONCRETO

Para el diseño del concreto después de haber concluido los ensayos para determinar todas las características físicas de los materiales, se procede al diseño de mezcla. Independientemente que las características finales del concreto que se indican en las especificaciones técnicas o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de mezcla.

Para obtener el diseño de mezcla de nuestro concreto no convencional, se tuvo en cuenta la Guía para la Selección de Proporciones para Concretos con Cero Slump (Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete, ACI 2113R (1988) y el procedimiento de diseño que brinda el Reporte en Concreto Permeable (Report on Pervious Concrete, ACI 522R-10 (2010), en la cual brinda el método de diseño, consideraciones y tablas empíricas necesarias para el proporcionamiento de materiales.

4.2.1.1. CRITERIOS DE DISEÑO:

a) % de Agregado Fino Incluido: Se consideró el 20% del total del agregado.

b) Nivel de compactación: Se consideró Ligeramente Compactado, debido a que este nivel de compactación permite contener un mayor contenido de pasta en la mezcla.

4.2.1.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA:

a) Filtración que el Concreto Permeable requiere:

Del estudio Hidrológico realizado anteriormente para la ciudad de Cerro de Pasco para pavimentos permeables, para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 60 minutos, se estima una Intensidad de Lluvia de 19.96 mm/h.

Obteniéndose una intensidad de lluvia de diseño de 199.60 mm/h, considerando el factor de rendimiento ante la colmatación del pavimento permeable.

b) Porcentaje de Vacíos:

De la figura se obtiene el porcentaje de vacíos en función a la filtración requerida que es 199.6 mm/h para el concreto permeable.

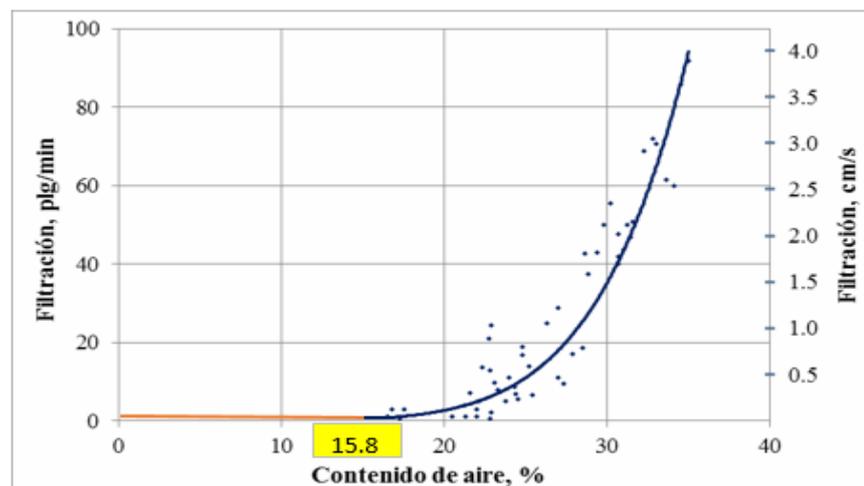


Gráfico 6: Contenido de vacíos vs Filtración requerida

(Adaptado de: ACI 522R-10, 2010).

Descripción	Valor	Unidad
% de vacíos	15.8	%

Fuente: Elaboración Propia.

i) Relación Agua - Cemento (a/c):

De acuerdo al ACI 522R-10 y ACI 211.3R-02 recomiendan utilizar una relación de agua/cemento en el intervalo de 0.26 a 0.45, esto asegura que la pasta recubra por completo todos los agregados.

Para el diseño de mezcla del concreto permeable para pavimentos se fijó en 0.35 para el diseño de mezcla I concreto patrón sin aditivo, pero para el diseño de mezcla II, III, IV y V donde se incorporó el aditivo Plastiment se tiene una relación agua/cemento de 0.33.

j) Verificación de la resistencia a la compresión de diseño.

Luego de haber determinado el porcentaje de vacíos, se puede suponer la resistencia a compresión de acuerdo a la siguiente gráfica.

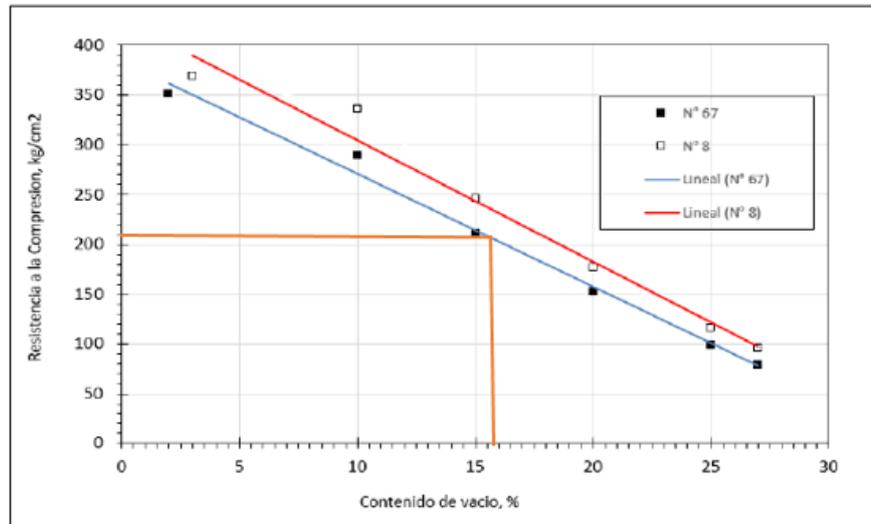


Gráfico 7: Resistencia a la compresión Vs Contenido de vacíos.

Descripción	Valor	Unidad
F'c supuesto	210	kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico podemos observar los valores de resistencia a la compresión desarrollados a los 28 días por testigos de concreto permeable.

Según la figura precedente para un contenido de vacíos de 15.8 %, obtenemos una resistencia a la compresión referencial de 210 kg/cm².

k) Cálculo de agua (Vol. de pasta = Vol. de Cemento + Vol. de agua)

Considerando el nivel de compactación y el porcentaje de vacíos, se obtiene el porcentaje de pasta en volumen de acuerdo al siguiente gráfico:

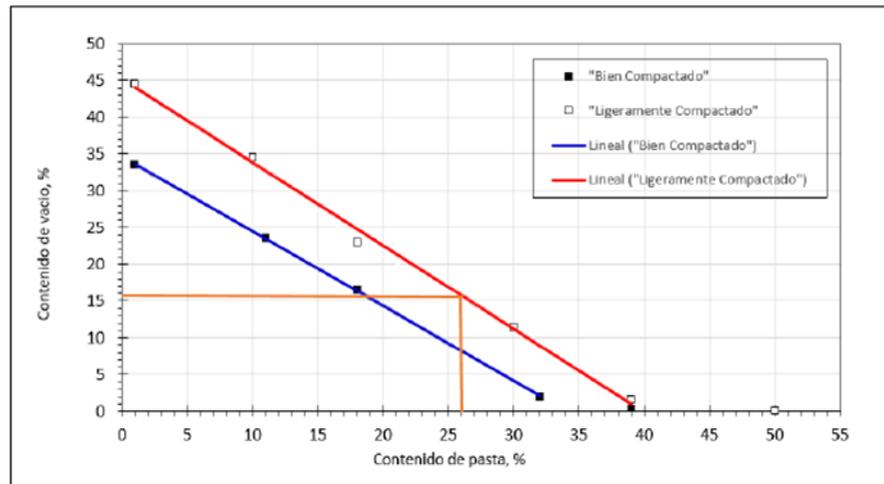


Gráfico 8: Contenido de pasta vs Contenido de Vacíos

(Adaptado de: ACI 522E-10, 2010)

I) Cálculo de Volúmenes Absolutos y proporcionamiento de los materiales:

Después de la determinación del contenido de cemento, agregados, agua, aditivo y fibras de polipropileno que se presentan en el Anexo 3, se determinan los Volúmenes Absolutos y las proporciones de los materiales por cada Diseño de Mezcla, las cuales son:

- **DISEÑO DE MEZCLA I – CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP).**

Para este diseño se utilizaron los criterios de diseños ACI 2113R y ACI 522R-10, con relación agua/cemento = 0.35, de los cuales se tiene lo siguiente:

Tabla 19: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla I

	Cantidades	Unidades
Cemento	388.04	kg/m ³
Agua de diseño	135.81	lt/m ³
Agregado grueso=	1366.50	kg/m ³
Agregado fino=	135.72	kg/m ³

Tabla 20: Valores de Diseño corregido por Humedad –Diseño de Mezcla I

	Cantidades	Unidades
Cemento	388.04	kg/m ³
Agua efectiva	140.25	lt/m ³
Agregado grueso	1374.63	kg/m ³
Agregado fino	144.17	kg/m ³

Tabla 21: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto - MEZCLA I.

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.372	kg
Agregado grueso	3.543	kg
Agua efectiva	15.36	lt/bol

- **DISEÑO DE MEZCLA II– CONCRETO PERMEABLE (CP) + Aditivo (PLASTIMENT).**

Para este diseño se utilizaron los criterios de diseños ACI 2113R y ACI 522R-10, con relación agua/cemento = 0.33, por la incorporación del aditivo Plastiment, de los cuales se tiene lo siguiente:

Tabla 22: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla II

	Cantidades	Unidades
Cemento	400.02	kg/m ³
Agua de diseño	132.01	lt/m ³
Agregado grueso	1366.50	kg/m ³
Agregado fino	128.60	kg/m ³
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m ³

Tabla 23: Valores de Diseño corregido por Humedad –
Diseño de Mezcla II

	Cantidades	Unidades
Cemento	400.02	kg/m ³
Agua efectiva	136.73	lt/m ³
Agregado grueso	1374.63	kg/m ³
Agregado fino	136.61	kg/m ³
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m ³

Tabla 24: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto
– MEZCLA II

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.342	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.53	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol

- **DISEÑO DE MEZCLA III– CONCRETO PERMEABLE (CP) + Aditivo (PLASTIMENT) + 3KG FIBRA DE POLIPROPILENO (SIKA FIBER FORCE PP48)**

Para este diseño se utilizaron los criterios de diseños ACI 2113R y ACI 522R-10, con relación agua/cemento = 0.33, por la incorporación del aditivo Plastiment, como también

3kg de Fibra de Polipropileno Sika Fiber Force PP 48, de los cuales se tiene lo siguiente:

Tabla 25: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla III

	Cantidades	Unidad
Cemento	400.02	kg/m3
Agua de diseño	132.01	lt/m3
Agregado grueso	1366.50	kg/m3
Agregado fino	120.61	kg/m3
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m3
SIKA® FIBER FORCE PP-48	3.00	kg/m3

Tabla 26: Valores de Diseño corregido por Humedad – Diseño de Mezcla III.

	Cantidades	Unidad
Cemento	400.02	kg/m3
Agua efectiva	137.05	lt/m3
Agregado grueso	1374.63	kg/m3
Agregado fino	128.12	kg/m3
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m3
SIKA® FIBER FORCE PP-48	3.00	kg/m3

Tabla 27: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto – MEZCLA III

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.320	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.56	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol
Sika® Fiber Force PP-48	0.32	kg/bol

- **DISEÑO DE MEZCLA IV– CONCRETO PERMEABLE (CP) + Aditivo (PLASTIMENT) + 6KG FIBRA DE POLIPROPILENO (SIKA FIBER FORCE PP48)**

Para este diseño se utilizaron los criterios de diseños ACI 2113R y ACI 522R-10, con relación agua/cemento = 0.33, por la incorporación del aditivo Plastiment, como también 6kg de Fibra de Polipropileno Sika Fiber Force PP 48, de los cuales se tiene lo siguiente:

Tabla 28: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla IV.

	Cantidades	Unidades
Cemento	400.02	kg/m3
Agua de diseño	132.01	lt/m3
Agregado grueso	1366.50	kg/m3
Agregado fino	112.62	kg/m3
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m3
SIKA® FIBER FORCE PP-48	6.00	kg/m3

Tabla 29: Valores de Diseño corregido por Humedad –
Diseño de Mezcla IV.

	Cantidad	Unidades
Cemento	400.02	kg/m3
Agua efectiva	137.38	lt/m3
Agregado grueso	1374.63	kg/m3
Agregado fino	119.64	kg/m3
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m3
SIKA® FIBER FORCE PP-48	6.00	kg/m3

Tabla 30: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto

– MEZCLA IV

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.299	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.60	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol
Sika® Fiber Force PP-48	0.64	kg/bol

- **DISEÑO DE MEZCLA V– CONCRETO PERMEABLE (CP)
+ Aditivo (PLASTIMENT) + 9 KG FIBRA DE
POLIPROPILENO (SIKA FIBER FORCE PP48)**

Para este diseño se utilizaron los criterios de diseños ACI 2113R y ACI 522R-10, con relación agua/cemento = 0.33, por la incorporación del aditivo Plastiment, como también 9 kg de Fibra de Polipropileno Sika Fiber Force PP 48, de los cuales se tiene lo siguiente:

Tabla 31: Peso secos de materiales – Diseño de Mezcla V

	Cantidad	Unidades
Cemento	400.02	kg/m3
Agua de diseño	132.01	lt/m3
Agregado grueso	1366.50	kg/m3
Agregado fino	104.63	kg/m3
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m3
SIKA® FIBER FORCE PP-48	9.00	kg/m3

Tabla 32: Valores de Diseño corregido por Humedad –
Diseño de Mezcla V

	Cantidad	Unidades
Cemento	400.02	kg/m ³
Agua efectiva	137.70	lt/m ³
Agregado grueso	1374.63	kg/m ³
Agregado fino	111.15	kg/m ³
Plastiment Tm - 31	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48	9.00	kg/m ³

Tabla 33: Proporciones de Diseño de Mezcla del Concreto
– MEZCLA V

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.278	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.63	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol
Sika® Fiber Force PP-48	0.96	kg/bol

4.2.1.3. ELABORACION Y CURADO DE PROBETAS.

La mezcla fue realizada en el laboratorio de la Empresa GOVIZAMIX, de acuerdo a la norma NTP 339.033 similar a la del concreto convencional, utilizando mezcladora eléctrica de eje horizontal tipo trompo de 3 p³ de capacidad, se consideró por tanda una mezcla para 6 probetas cilíndricas, incrementando a la dosificación un 15% de desperdicio.

- **Mezclado del Concreto Permeable:**

Después de haber obtenido el diseño de mezcla del concreto permeable se procedió a mezclar en el trompo electrónico:



Ilustración 7: Proporción de materiales para diseño de mezcla.



Ilustración 8: Procedimiento de mezclado del concreto permeable

Antes del vaciado a los moldes, se realizó ensayos en estado fresco del concreto permeable ACI 522R-10 (2010) “Reporte en el concreto permeable”) con la finalidad de controlar el contenido de vacíos de diseño y la trabajabilidad de la mezcla

de concreto, que son parámetros principales de control (Anexos).

- **Elaboración de Especímenes de Concreto Permeable:**

Una vez obtenido la trabajabilidad requerida mediante el cono invertido y obtenido el porcentaje de vacíos mediante el peso unitario en estado fresco, procedemos a la elaboración de especímenes cilíndricos de acuerdo a las normas NTP 339.033 y ASTM C 31. A los moldes cilíndricos de 6" de diámetro x 12" mm de altura, se ajustaron, limpiaron y cubrieron con Petróleo (desmoldante).



Ilustración 9: Elaboración de especímenes de concreto permeable

- **Curado de los especímenes de Concreto Permeable:**

El curado se realizó cubriendo las probetas con plásticos por 1 día, según las recomendaciones del ACI 522R, luego se

realizó en una tina metálica a una temperatura constante de 23 °C controlado por un termostato, en el laboratorio de la Planta concretera GOVIZAMIX. El procedimiento de curado de probetas cilíndricas se realizó de acuerdo a las normas NTP 339.033 y ASTM C 31, la cual el propósito de este proceso es maximizar la hidratación del cemento.



Ilustración 10: Curado y protección del concreto permeable.



Ilustración 11: Curado en agua del concreto permeable.

4.2.1.4. ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

4.2.1.4.1. ENSAYO DE TEMPERATURA:

La Norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de la mezcla de concreto en estado fresco.

El horario de mezclado del concreto permeable fue de 10:00 a.m. – 3:00 p.m.

Tabla 34: Temperatura del concreto permeable

MEZCLA	TEMPERATURA DEL CONCRETO
MEZCLA I - CP	10.1°
MEZCLA II - CP+A	9.9°
MEZCLA III - CP +A + FP (3KG)	9.7°
MEZCLA IV- CP +A + FP (6KG)	10.2°
MEZCLA V- CP +A + FP (9KG)	9.9°

Fuente: Elaboración propia.

Análisis:

Las temperaturas del concreto se encuentra dentro de lo recomendado que es máximo 13°C, además la temperatura del ambiente promedio es de 13°C.

4.2.1.4.2. ENSAYO DE REVENIMIENTO:

Se realizó según la norma ASTM C143/C143M, en base a este método se humedece, el molde, la plancha, las herramientas a utilizar; enseguida se ubica la plancha metálica en una superficie plana colocando el molde en el centro y sujetando con los pies firmemente, luego se procede

a llenar el molde con la mezcla del concreto permeable en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente, después se procede a enrasar con la varilla dejando nivelada, así mismo removiendo el material excedente que se encuentra en su alrededor, finalmente se quita el molde en dirección vertical, colocando inmediatamente el molde al lado de la muestra para medir la parte superior del molde con el centro desplazado de la superficie de la muestra.



Ilustración 12: Procedimiento de ensayo del slump.

4.2.1.4.3. ENSAYO DE PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE

VACIO:

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C1688, 2010.

Equipo Utilizado:

- Pisón o martillo (2.5 Kg)

- Balanza

- Recipiente (Briqueta)

Descripción del Proceso:

Se coloca el concreto permeable en la briqueta en tres capas iguales usando un badilejo. - Luego se compacta con el martillo (Proctor estándar) 20 veces por cada capa a una altura de 12" para cada capa, distribuyendo uniformemente los golpes en toda la superficie. - Finalmente se enrasa con una varilla desde el centro hacia fuera de manera que la superficie quede nivelada y se pesa en la balanza electrónica.



Ilustración 13: Ensayo de Peso Unitario.

Ecuación para el Cálculo de Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos en Estado Fresco:

Ecuación 7: Peso Unitario del Concreto.

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Ecuación 8: Porcentaje de vacíos.

$$U = \frac{T - D}{T} * 100\%$$

Donde:

D: Peso unitario del concreto (Kg/m³)

T: Densidad teórica del concreto calculada al aire libre (Kg/m³)

U: Porcentaje de vacíos en estado fresco del concreto permeable, incluyendo el aire atrapado dentro de la pasta.

Ms: Masa total de todos los materiales de la mezcla (Kg)

Mc: Masa llena con concreto (Kg)

Mm: Masa de la briqueta (Kg)

Tabla 35: Resultados de Peso Unitario en Estado Fresco

	PESO UNITARIO	UNIDAD
MEZCLA I	1980.25	kg/m ³
MEZCLA II	1992.59	kg/m ³
MEZCLA III	2000.62	kg/m ³
MEZCLA IV	2003.09	kg/m ³
MEZCLA V	2005.62	kg/m ³

Tabla 36: Resultados de contenido de vacíos en estado fresco

	CONTENIDO DE VACIOS	UNIDAD
MEZCLA I	18.55	%
MEZCLA II	18.21	%
MEZCLA III	17.68	%
MEZCLA IV	17.37	%
MEZCLA V	17.05	%

4.2.1.5. ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

4.2.1.5.1. ENSAYO DEL CONTENIDO DE VACÍO:

Se realizó este ensayo con la finalidad de determinar la densidad del concreto permeable en estado endurecido y a la vez determinar el porcentaje de vacíos, se calculó el volumen de las probetas (incluyendo el volumen de vacíos) y el volumen de los sólidos.

Para poder determinar el volumen de los sólidos, se determinó el volumen de cada testigo mediante mediciones realizadas, y mediante el concepto de desplazamiento o

volumen desalojado de la mecánica de fluidos, se pudo deducir el volumen de los sólidos sumergidos, este procedimiento fue elegido por la irregularidad de los mismos.

Equipo Utilizado:

- Comba
- Vernier
- Balanza
- Probetas

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO –

Se trituran los testigos de concreto permeable endurecido, en tamaños accesibles las probetas. - Se obtiene la condición Saturado Superficialmente Seca en el material triturado, de manera similar a la metodología empleada para los agregados gruesos.

- Se llenan las probetas con agua a un volumen inicial definido, y se introducen los sólidos.
- Se registran las medidas de volúmenes finales

Ecuación Porcentaje de Vacíos en Estado Endurecido:

Ecuación 9: porcentaje de Vacíos en Estado Endurecido.

$$U_e = \frac{M_{se}}{V_{se}} \times 100\%$$

Ecuación 10: Volumen de Sólidos de Testigos.

$$V_{se} = V_f - V_i$$

Donde:

Ue: Porcentaje de vacíos en estado endurecido del concreto permeable (%)

Mse: Masa de los sólidos del testigo (Kg)

Vse: Volumen de los sólidos del testigo (Kg)

Vf: Medida de volumen final en la probeta (m³)

Vi: Medida del volumen inicial en la probeta (m³)

La metodología de pesos sumergidos puede ser aplicada solo con muestras endurecidas y es la alternativa más confiable de determinar el porcentaje de vacíos en su estado final, también debemos considerar que en la investigación se realizó el ensayo con las muestras superficialmente secas para evitar el error que pudiera ocasionar los vacíos de los agregados en especial los que tienen un porcentaje absorción alto (agregados poroso).

Tabla 37: Resultados de Contenido de Vacíos en estado endurecido.

	CONTENIDO DE VACIOS EN ESTADO ENDURECIDO	UNIDAD
MEZCLA I	17.93	%
MEZCLA II	17.36	%
MEZCLA III	16.72	%
MEZCLA IV	16.68	%
MEZCLA V	16.63	%

4.2.1.5.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION:

Los ensayos de compresión del concreto se efectúan para determinar la calidad general del concreto, el cual fue realizado de acuerdo a la norma NTP 339.034 y ASTM C39. Es importante mencionar que se realizó pruebas para obtener el mejor método de rotura de briquetas, de estas pruebas se observó que la superficie de asiento al no ser uniforme debido a la naturaleza de nuestro concreto, por lo que se buscó métodos alternativos, como el tarrajeo de la superficie con mortero, por lo que se determinó que era la mejor metodología para realizar el ensayo de compresión simple porque solucionó el problema de fallas locales

Al igual que el concreto convencional esta propiedad en el concreto permeable no debe ser relacionada exclusivamente con la calidad del concreto, más bien debe ser vista como una de las diversas propiedades que el concreto permeable endurecido requiere para ser durable. La resistencia a compresión del concreto poroso no es una propiedad definida

al igual que el concreto convencional como pudiera suponerse debido a varios factores y condiciones cambiantes que intervienen en su determinación. Debido a que en la actualidad se viene trabajando métodos de prueba para este ensayo (ACI 522), en el presente trabajo de investigación se tomó como referencia trabajos anteriores tanto como para la elaboración de especímenes como para el ensayo a compresión donde detallamos a continuación.

El procedimiento es el siguiente:

1. Colocamos el espécimen en la prensa hidráulica y aplicamos la carga a velocidad constante, registrando las lecturas para las cargas dadas en el tablero de la máquina y para la deformación dada en el deflector adherido a la prensa.
2. La resistencia a la compresión del espécimen, debe estar cercana a la que se esperaba alcanzar y se obtiene dividiendo la carga de rotura (Kg.) entre la sección transversal del espécimen (cm^2).
3. La deformación unitaria se encuentra dividiendo la deformación total entre la altura del espécimen.



Ilustración 14: Medición de las probetas



Ilustración 15: Determinación del ensayo a la compresión simple.

Se determina el desarrollo de resistencia que presenta el diseño de mezcla óptimo, expresando la resistencia a las edades de 7 y 14 días respecto a la resistencia a la edad de 28 días, en porcentaje.

Expresión de resultados:

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 11: Resistencia a la rotura a la compresión.

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

Dónde:

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión (kg/cm²)

P : La carga máxima de rotura (kg)

D: Es el diámetro promedio de la probeta cilíndrica (cm).

Se presentan las resistencias de las probetas ensayadas:

Tabla 38: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA I

MEZCLA I	Resistencia Obtenida a los 7 días $f'c$ (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida a los 28 días $f'c$ (Kg/cm ²)
CP -01	112.2	189.2
CP -02	115.0	187.7
$f'c$ promedio (Kg/cm ²)	113.6	188.5

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA II

MEZCLA II	Resistencia Obtenida a los 7 días f_c (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida a los 28 días f_c (Kg/cm ²)
CP -01	122.9	199.3
CP -02	120.6	198.6
f_c promedio (Kg/cm ²)	121.7	199.0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 40: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA III.

MEZCLA III	Resistencia Obtenida a los 7 días f_c (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida a los 28 días f_c (Kg/cm ²)
CP -01	133.9	216.0
CP -02	132.7	221.6
f_c promedio (Kg/cm ²)	133.3	218.8

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 41: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA IV.

MEZCLA IV	Resistencia Obtenida a los 7 días f_c (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida a los 28 días f_c (Kg/cm ²)
CP -01	129.4	212.7
CP -02	127.9	215.0
f_c promedio (Kg/cm ²)	128.6	213.9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42: Resultados Resistencia a la Compresión - MEZCLA V.

MEZCLA V	Resistencia Obtenida a los 7 días f_c (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida a los 28 días f_c (Kg/cm ²)
CP -01	127.9	208.9
CP -02	125.6	207.1
f_c promedio (Kg/cm ²)	126.8	208.0

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.5.3. ENSAYO DE PERMEABILIDAD.

Es uno de los ensayos más importantes, porque permite conocer el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable que lo caracteriza como tal, de las cuales se fabricaron probetas de 10cm x15 cm, para determinar dicho ensayo de permeabilidad.

Para determinar la permeabilidad del concreto permeable, existen dos métodos. Uno se encuentra descrito en la Norma ASTM C 1701 "Método Estándar para Prueba de Infiltración en el Concreto Permeable" y la otra prueba es la recomendación que se encuentra en el reporte del ACI 522R-10.

Para nuestro caso, seguiremos la recomendación que se encuentra en el reporte del ACI 522R-10, en el cual se utiliza un permeámetro de carga variable, en donde se ensaya probetas de 100mm de diámetro por 150mm de altura.

En cuanto al cálculo del coeficiente permeabilidad, fue realizado utilizando la ley de Darcy.

Equipo utilizado

- Equipo de permeabilidad

Descripción del proceso

a) Una vez elaborado el permeámetro, la permeabilidad del concreto permeable fue medida por una sencilla caída de

cabeza en el permeámetro como muestra la figura (ACI 522R-10). Usando este enfoque, la muestra se impermeabiliza debido a que la tubería se ajusta perfectamente al diámetro del espécimen, esto con la finalidad de evitar el flujo de agua a lo largo de los lados de la muestra.

b) Posteriormente se añade agua en el cilindro graduado para llenar la celda de la muestra y la tubería de drenaje. La muestra se acondiciona previamente al permitir que el agua drene hacia afuera a través de la tubería hasta que el nivel en el cilindro graduado sea el mismo que la parte superior de la tubería de drenaje. Al realizar lo mencionado se reduce al mínimo el aire atrapado en la muestra y se asegura de que el espécimen este completamente saturado. Con la válvula cerrada, el cilindro graduado se llena con agua. Luego se abre la válvula y se registra el tiempo en segundos “t” que se requiere para que el agua caiga de una cabeza inicial h_1 a una cabeza final h_2 .

El coeficiente de permeabilidad del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.14 a 1.22 cm/s. Los resultados obtenidos para todos los grupos de prueba se encuentran dentro del rango anteriormente descrito, por lo cual, se puede afirmar que todas las muestras de concreto permeable ensayadas cumplen con los requerimientos de permeabilidad.

Tabla 43: Resultados coeficiente de permeabilidad.

	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	UNIDAD
MEZCLA I	0.492	cm/s
MEZCLA II	0.475	cm/s
MEZCLA III	0.397	cm/s
MEZCLA IV	0.388	cm/s
MEZCLA V	0.379	cm/s

Análisis:

- La permeabilidad del concreto permeable de la MEZCLA I cuyo coeficiente de permeabilidad es 0.492 cm/s y de la MEZCLA II es 0.475 cm/s, no varía considerablemente lo que conlleva a ser descrito como los más poroso, debido a la capacidad de filtración de agua a través de su estructura.

- La permeabilidad del concreto permeable de la MEZCLA III, MEZCLA IV y MEZCLA V cuyo coeficiente de permeabilidad son 0.397 cm/s, 0.388 cm/s y 0.379 cm/s respectivamente, pudiéndose observar que la incorporación de Tiras no varía considerablemente en la Permeabilidad del concreto permeable, pero se observa que cuanto más incrementas la fibra de polipropileno el coeficiente de permeabilidad tiene a disminuir.

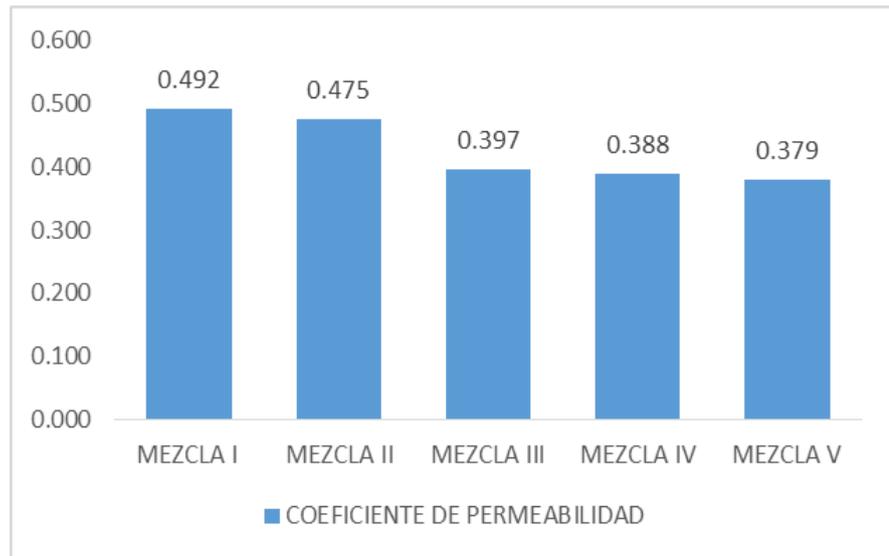


Gráfico 9: Diagrama comparativo del Coeficiente de Permeabilidad.



Ilustración 16: Ensayo de permeabilidad.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS:

4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48, fabricaremos concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a más de 4000 msnm en la ciudad de Cerro de Pasco.

4.3.2. PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

Haciendo uso de la dosificación de Cemento Andino Tipo I, Agregado Fino, Agregado Grueso (Tamaño máx. Nominal $\varnothing 1/2''$) de la cantera Cochamarca, agua, aditivo (plastiment) y fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 (3kg), en la proporción 1:0.32: 3.436 / 14.56 – 0.3613 : 0.32 It/bls, se ha logrado un diseño de mezcla de concreto permeable de resistencias a la compresión de 218.81 kg/cm^2 , con porcentaje de vacíos promedio de 16.72% y coeficiente de permeabilidad 0.397 cm/seg , es decir que el óptimo diseño de mezcla es la MEZCLA III – (CP + A + FP (3kg)).

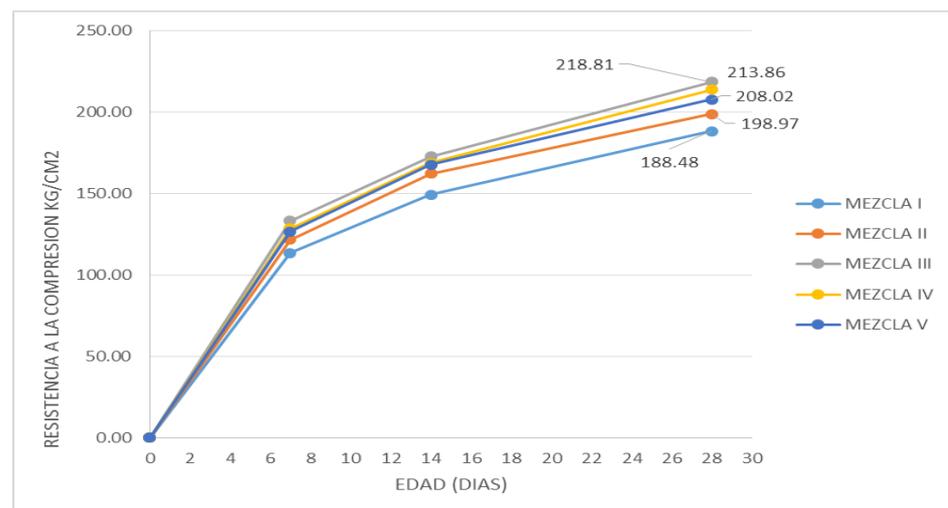


Gráfico 10: Variación de la Resistencia a la Compresión de todos los Diseños de Mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión que muestra en el Gráfico 10 se observa, que la resistencia a compresión se incrementa a medida que se añadió 3kg de Fibra de polipropileno Sika Fiber Force PP-48, pero si se incrementa más fibras de polipropileno la resistencia a la compresión tiende a disminuir, en consecuencia se evidencia que la adición de 3kg de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla del concreto permeable es el que proporciona las mejores cualidades con fibras de polipropileno.

4.3.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- ✓ Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable a más de 4000 msnm, entonces se incrementará la resistencia a la compresión.

Decisión:

La cantidad de fibras de polipropileno sika fiber force pp-48 adicionadas al concreto SI INFLUYEN, en la resistencia del concreto.

- ✓ Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable a más de 4000 msnm, entonces se incrementará el coeficiente de permeabilidad.

Decisión:

Al utilizar las fibras de polipropileno sika fiber force pp-48, NO se incrementa el coeficiente de permeabilidad, es decir que tiende a disminuir.

- ✓ Si utilizamos fibra de polipropileno sika fiber force pp-48 para la fabricación de concreto permeable a más de 4000 msnm, entonces se incrementará el contenido de vacíos en estado fresco y endurecido.

Decisión:

Al utilizar las fibras de polipropileno sika fiber force pp-48, NO se incrementa el contenido de vacíos, es decir que tiende a disminuir.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados de la resistencia a compresión según McCain & Dewoolkar (2010); Mrakovčić et al., (2014), mencionan que se encuentra en un rango de 2.8 a 28.0 MPa; por lo tanto los resultados de la presente investigación que se encuentran entre 188.5 a 218.8 kg/cm² confirma dicha posición.

En cuanto a los resultados de permeabilidad de este estudio se encuentra entre 0.379 a 0.492 cm/s, que también confirma la posición del ACI 522R (2010) que menciona que la permeabilidad se encuentra entre 0.14 a 1.22 cm/s.

Los resultados del contenido de vacío de la presente investigación se encuentra de 16.63 a 17.93 % el cual confirma la posición de Bertolotti & Henrique (2014); Huang et al. (2010); Rafique Bhutta et al. (2012) quienes señalan que el contenido de vacío se encuentra entre 15 a 25 %

CONCLUSIONES

Concluida nuestra investigación “FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018”, concluyo con lo siguiente:

1. En la ciudad de Cerro de Pasco, actualmente no existe ningún tipo de investigación relacionado al estudio del concreto permeable, por lo que la presente tesis, servirá como antecedente a los estudios posteriores, a fin de recabar mayor información que involucre su ejecución.
2. Se diseñó una mezcla de concreto permeable MEZCLA III – CP +A+FP (3kg) en la proporción 1:0.32: 3.436 / 14.56 – 0.3613: 0.32 lt/bls, cuya resistencia a la compresión a los 28 días es de 21.45 MPa (218.8 kg/cm²), por tanto, se concluyó que dicho diseño cumplió con las resistencias mecánicas mínimas de 210 kg/cm² en resistencia a compresión.
3. La adición de fibras de polipropileno Sika Fiber Force PP-48 en el diseño de mezcla del concreto permeable con $f'c = 210$ kg/cm² mejora la propiedad de resistencia a la compresión cuando se incrementa 3kg en un 14.4 % en cuanto al concreto patrón, en cambio sí adicionan 6 kg y 9kg de la fibra de polipropileno la resistencia a compresión tiende a disminuir en un 2.4 % y 5.1% en cuanto al Diseño de Mezcla III óptimo. Mientras que las propiedades del contenido de vacío y permeabilidad

presentan tendencias a la reducción a medida que se incrementa la cantidad de fibras de polipropileno.

4. El peso unitario del diseño de MEZCLA III – CP +A+FP (3kg), se encuentra al límite de los parámetros esperados, que definen a un concreto permeable según las normas vigentes del ACI 211.3R - 02 y ACI 522R-10, obteniéndose como resultado 2000.62 kg/m^3 .
5. La permeabilidad promedio obtenidos de la MEZCLA III es de 0.397 cm/seg , encontrándose también dentro de los parámetros establecidos por el ACI 211.3R-02 (0.20 y 0.54 cm/seg). Por tanto, según dichas características el concreto diseñado puede considerarse apto para ser usado en pavimentos.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación, recomiendo lo siguiente:

1. Realizar los estudios de los materiales del concreto, así determinar las propiedades físicas, y realizar un adecuado diseño de mezcla.
2. Para el diseño de mezclas se recomienda utilizar los métodos propuestos en el ACI 211.3R – 02 “Guía para el proporcionamiento del concreto de cero Slump”, y el ACI 522R-10 “Reporte en Concreto Permeable”
3. Se recomienda usar aditivos en diseño del concreto permeable puesto que es una buena opción para dar una mejor trabajabilidad.
4. Se recomienda realizar el diseño de la estructura de pavimento, utilizando el concreto permeable mejorado con fibras de polipropileno y verificar su comportamiento.
5. Se recomienda utilizar agregado grueso canto rodado en el diseño de mezcla del concreto permeable para compararlo con la utilización de agregado de piedra chancada utilizado en este estudio.
6. En cuanto al tiempo de mezclado se recomienda aproximadamente de entre cuatro minutos a seis minutos, porque se trabaja con relaciones de agua/cemento muy bajas.
7. Se recomienda estudiar el empleo de otros materiales añadidos en el diseño de mezcla del concreto permeable.

BIBLIOGRAFIA

ACI 211.3R. 2002. Guide to Selecting Concrete proportioning without slump.

(2010).ACI522R-10. *Report on Pervious Concrete*.

(2006).ACI522R-6. *Pervious Concrete*. American Concrete Institute.

A., P. T. (2016). Influencia de la fibra de acero y microsílíce en la resistencia a flexión del concreto ecológico $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ para pavimentos rígidos. *Tesis Profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Peru.

Aguiluz R., M. G. (2013). Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramuaca y La Pedrera, de la Zona oriental de El Salvador. *Tesis Profesional*. Universidad de el Salvador, El Salvador.

Aquino Cusquisibán, R. (s.f.). *Diseño y aplicación de concreto ecológico con fibras de polipropileno para pavimentos rígidos*. Universidad Nacional de Cajamarca , Cajamarca.

Calderon Colca, Y. V., Charca Chura, J. A., & Yanqui Murillo, C. (2013). Investigación en concreto Poroso. *Investigacion*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa., Arequipa.

Carrillo, M. I. (2014). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. *Guía de Laboratorio*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Peru.

- Cusquisiban, A. (2015). Diseño y aplicación de concreto ecológico con fibras de polipropileno para pavimentos rígidos. *Tesis Profesional*. Universidad Nacional de Cajamarca., Cajamarca, Peru.
- Flores, C. &. (2015). Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos $f'c=175$ kg/cm² en la ciudad de Puno. *Tesis Profesional*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- López Fernández, A., & Casas, P. (2014). Diseño y caracterización mecánica del concreto permeable empleando diferentes aditivos. *Tesis Profesional*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Mexico.
- (2009). Pervious Concrete. *Guideline to Mixture Proportioning*. National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA).
- Soncco, Q., & Cutipa, T. (2017). Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable $f'c= 210$ kg/cm². *Tesis Profesional*. Universidad Peruana Union, Juliaca.
- Velez., L. M. (2010). *Permeabilidad y Porosidad del Concreto*. Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín - Colombia.

ANEXOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO



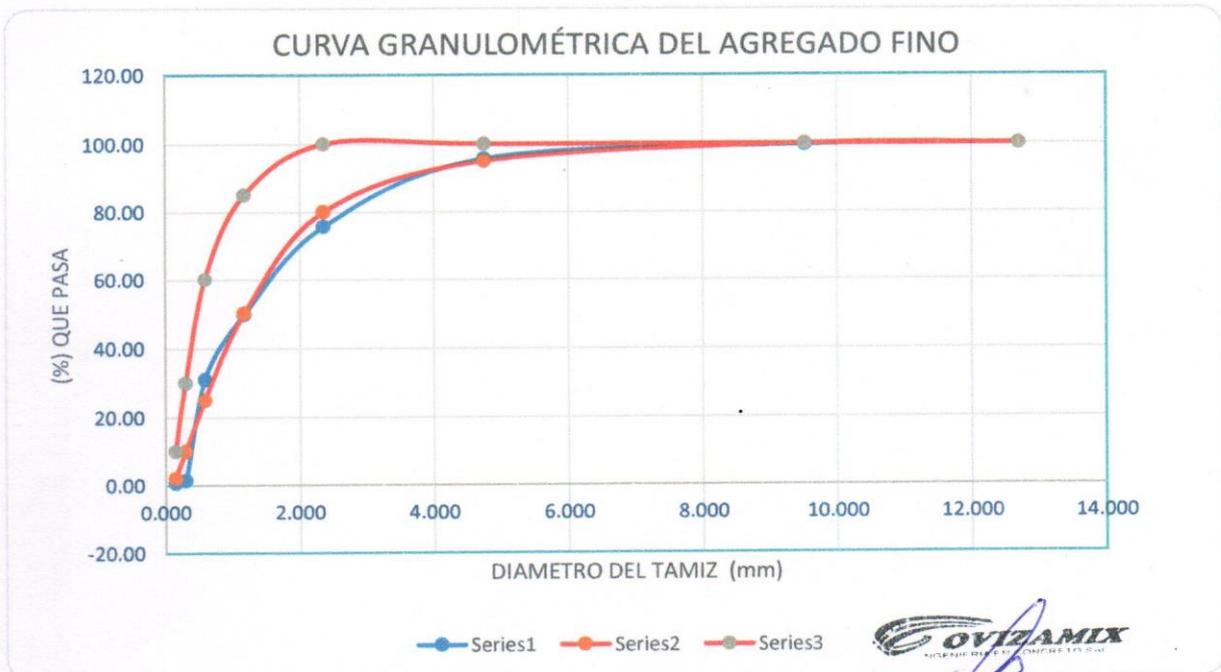
ASTM C 136 / NTP 400.012

TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	AGREGADO FINO	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	14 DE OCTUBRE DEL 2018

GRANULOMETRIA

TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MINIMO	MAXIMO
1/2"	12.700	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.525	6	0.28	0.28	99.72	100	100
N° 4	4.75	85.00	4.00	4.29	95.71	95	100
N° 8	2.36	426.00	20.07	24.35	75.65	80	100
N° 16	1.18	550.00	25.91	50.26	49.74	50	85
N° 30	0.59	397.00	18.70	68.96	31.04	25	60
N° 50	0.297	628.00	29.58	98.54	1.46	10	30
N° 100	0.149	16.00	0.75	99.29	0.71	2	10
FONDO	0.000	15.00	0.71	100.00	0.00	0	0.0
	SUMA	2123.00	100.00				

M.F= 3.46

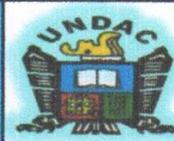


PEGGY NESTOR VALERO HINOJOSA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



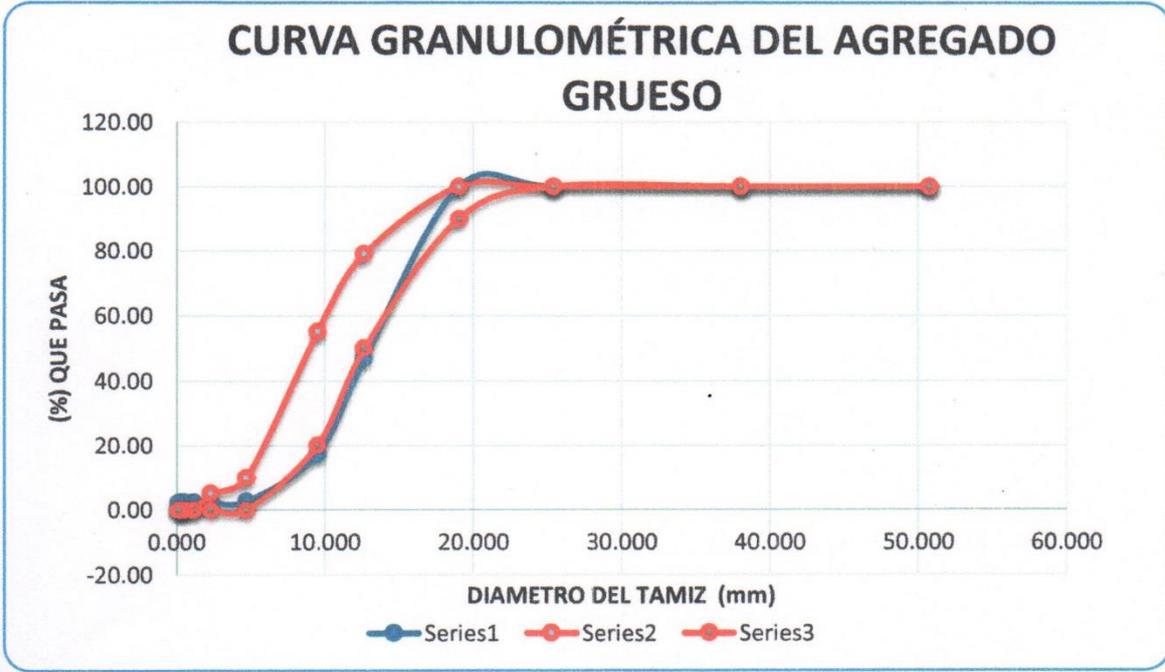
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO

ASTM C 136 / NTP 400.012



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	PIEDRA CHANCADA 1/2"	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	14 DE OCTUBRE DEL 2018

GRANULOMETRIA						HUSO: 67		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MAXIMO	MIMINO	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	100	90	Tamaño Maximo: 3/4"
1/2"	12.700	1655.20	53.13	53.13	46.87	79	50	Tamaño Nominal Maximo: 1/2"
3/8"	9.525	920.00	29.53	82.67	17.33	55	20	Modulo de Fineza: 6.69
N° 4	4.75	460.00	14.77	97.43	2.57	10	0	
N° 8	2.36	10.00	0.32	97.75	2.25	5	0	
N° 16	1.18	0.00	0.00	97.75	2.25	0	0	
N° 30	0.59	0.00	0.00	97.75	2.25	0	0	
N° 50	0.297	0.00	0.00	97.75	2.25	0	0	
N° 100	0.149	0.00	0.00	97.75	2.25	0	0	
FONDO	0.000	70.00	2.25	100.00	0.00			
SUMA		3115.20	100.00					



PEGGY HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 181922



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM C 566 / NTP 339.185



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	AGREGADO FINO Y PIEDRA CHANCADA 1/2"	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	12 DE OCTUBRE DEL 2018

AGREGADO FINO

N° de Muestra		1	2	3
Peso de tara	(gr)	100	100	100
Peso de tara + muestra humeda	(gr)	477.5	491.5	506
Peso de tara + muestra seca	(gr)	449.5	462.5	476.5
Contenido de humedad	(%)	6.23	6.27	6.19

Contenido de Humedad Promedio= 6.230 %

AGREGADO GRUESO

N° de Muestra		1	2	3
Peso de tara	(gr)	100	100	100
Peso de tara + muestra humeda	(gr)	568.5	438.5	355.5
Peso de tara + muestra seca	(gr)	565.5	435.5	353.5
Contenido de humedad	(%)	0.53	0.69	0.57

Contenido de Humedad Promedio= 0.595 %



PEGGY NESE PERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.T.P. 181922



PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C 128



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	AGREGADO FINO	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	18 DE OCTUBRE DEL 2018

ITEM	MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
1	Peso del material superf. Seco (aire)	gr	500.00	500.00	500.00	500.00
2	Peso de la fiola +agua	gr	635.00	681.20	624.90	647.03
3	Peso de la fiola + agua + material	gr	1135.00	1181.20	1124.90	1147.03
4	Peso de la fiola + agua + material superf. seca	gr	936.80	983.50	922.50	947.60
5	Peso del material seco en horno	gr	489.50	489.80	488.40	489.23
6	Peso Especifico de masa	gr/cc	2.470	2.477	2.413	2.45
7	Peso Especifico de Masa Superficialmente Seco	gr/cc	2.523	2.529	2.470	2.51
8	Peso Especifico Aparente	gr/cc	2.608	2.612	2.560	2.59
9	% de Absorcion	%	2.145	2.082	2.375	2.20

PESO ESPECIFICO DE MASA = 2.45 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA= 2.51 gr/cm³

ABSORCION = 2.20 %



PEGGY NESTALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. G.T.P. 181922



PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 127



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	PIEDRA CHANCADA 1/2"	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	19 DE OCTUBRE DEL 2018

ITEM	MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
1	Peso del material superf. Seco (aire)	gr	4453.30	4464.00	4446.00	4454.43
2	Peso del material superf. Seco (agua)	cm3	2760.40	2766.00	2754.00	2760.13
3	Peso del material seco en horno	gr	4399.50	4404.00	4386.00	4396.50
4	Peso Especifico de masa	gr/cm3	2.599	2.594	2.592	2.59
5	Peso Especifico de Masa Superficialmente Seco	gr/cm3	2.631	2.629	2.628	2.63
6	Peso Especifico Aparente	gr/cm3	2.68	2.69	2.69	2.69
7	% de Absorcion	%	1.22	1.36	1.37	1.32

PESO ESPECIFICO DE MASA = 2.59 gr/cm3

PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA = 2.63 gr/cm3

ABSORCION = 1.32 %



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.T.P. 181922



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

ASTM C 029 / NTP 400.017



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	AGREGADO FINO	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	14 DE OCTUBRE DEL 2018

PESO UNITARIO SUELTO

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
Masa de la muestra + el recipiente.	gr	20032.00	20016.00	20019.00	20022.33
Peso del recipiente	gr	6740.00	6740.00	6740.00	6740.00
Peso de la muestra	gr	13292.00	13276.00	13279.00	13282.33
Volumen del recipiente	cm ³	8750.00	8750.00	8750.00	8750.00
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.52	1.52	1.52	1.52
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1519.09	1517.26	1517.60	1517.98

PESO UNITARIO COMPACTO = 1517.98 Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTO

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
Masa de la muestra + el recipiente.	gr	21287.00	21242.00	21319.00	21282.67
Peso del recipiente	gr	6740.00	6740.00	6740.00	6740.00
Peso de la muestra	gr	14547.00	14502.00	14579.00	14542.67
Volumen del recipiente	cm ³	8750.00	8750.00	8750.00	8750.00
PESO UNITARIO COMPACTO	gr/cm ³	1.66	1.66	1.67	1.66
PESO UNITARIO COMPACTO	kg/m ³	1662.51	1657.37	1666.17	1662.02

PESO UNITARIO COMPACTO = 1662.02 Kg/m³



PEGGY NESE VALERO RINOS ROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

ASTM C 029 / NTP 400.017



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
CANTERA	COCHAMARCA	TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel
MUESTRA	PIEDRA CHANCADA 1/2"	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
UBICACIÓN	VICCO	FECHA:	15 DE OCTUBRE DEL 2018

PESO UNITARIO SUELTO

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
Masa de la muestra + el recipiente.	gr	19359.00	19309.00	19404.00	19357.33
Peso del recipiente	gr	6740.00	6740.00	6740.00	6740.00
Peso de la muestra	gr	12619.00	12569.00	12664.00	12617.33
Volumen del recipiente	cm ³	8750.00	8750.00	8750.00	8750.00
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.44	1.44	1.45	1.44
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1442.17	1436.46	1447.31	1441.98

PESO UNITARIO COMPACTO = 1441.98 Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTO

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
Masa de la muestra + el recipiente.	gr	20635.00	20644.00	20651.00	20643.33
Peso del recipiente	gr	6740.00	6740.00	6740.00	6740.00
Peso de la muestra	gr	13895.00	13904.00	13911.00	13903.33
Volumen del recipiente	cm ³	8750.00	8750.00	8750.00	8750.00
PESO UNITARIO COMPACTO	gr/cm ³	1.59	1.59	1.59	1.59
PESO UNITARIO COMPACTO	kg/m ³	1588.00	1589.03	1589.83	1588.95

PESO UNITARIO COMPACTO = 1588.95 Kg/m³



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® Plastiment® TM-31

ADITIVO PLASTIFICANTE PARA CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Plastiment TM®-31 es un aditivo para concretos que puede ser empleado como plastificante. Plastiment® TM-31 no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

- Especialmente para concreto convencional.
- En concretos bombeados, porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Se usa para hacer entregas de concreto a sitios distantes de la planta de concreto premezclado.
- Para elementos con alta cuantía de acero de refuerzo.
- Para encofrados dificultosos por su forma.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Facilita los vaciados en encofrados difíciles.
- Aumento de las resistencias mecánicas en todas sus edades.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite reducir agua de la mezcla, para lograr concretos fluidos. (dependiendo de la dosis y el tipo de cemento)
- Incrementa considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto
- Proporciona una gran trabajabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.
- No mancha el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

Como plastificante cumple con la Norma ASTM C-494, tipo D.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cilindro x 200 L ▪ Dispenser x 1000 L
Apariencia / Color	Líquido pardo oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico
Densidad	1,17 kg/L ± 0,01

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	Entre 0,4 % - 1,0 % del peso del cemento
---------------------------------	--

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Debe incorporarse junto con el agua de amasado y mezclarse el tiempo suficiente para lograr uniformizar la mezcla de concreto.

Importante

- Para concretos fluidos se debe tener una buena granulometría y se debe garantizar suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido.
- En caso de deficiencia de finos se debe incorporar aire en forma controlada con el SikaAer.
- En dosis superiores a la especificadas, puede ocasionar en el concreto un retardo exagerado y/o un incremento del aire atrapado en la mezcla.

Este producto se puede combinar con otros productos Sika® como: SikaAer®, Sika® Pump, Sika® CNI, SikaFume®, entre otros.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.





SikaFiber® Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

Sika® Fiber Force PP-48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (concreto lanzado), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía, además de disminuir y/o eliminar considerablemente el índice de grieta por contracción plástica mediante la prueba del anillo (ACI-544.2R). **Sika® Fiber Force PP-48** está específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

USOS

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Elementos colados con cimbra deslizante o telescópica.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Concreto lanzado vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.

-
- No afecta notoriamente el revenimiento de la mezcla como otras fibras multifilamento.
 - Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
 - Reduce o elimina el índice de grieta por contracción plástica (ACI-544.2R)
 - Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
 - Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
 - Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
 - Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
 - No se corroe con las aguas agresivas.
 - Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.
 - Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes:
 - ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.
 - ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.
 - ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.
 - ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.
 - ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.
 - ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)
 - JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.
 - EFNARC panel cuadrado-2005
 - ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.
 - ACI 506 Guía para Shotcrete.
 - EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.

NORMAS

- ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra.
- JSCE-S14.
- EN-14889-2 como clase II.

DATOS DE PRODUCTO

Hoja Técnica de Producto
SikaFiber® Force PP-48
081116, 01
Identificación No 460696

Sika Mexicana



PRESENTACIÓN	Cajas de 5 kg.	
ALMACENAMIENTO	5 años en su empaque original, almacenadas bajo techo, en un lugar fresco y seco	
DATOS TÉCNICOS	Longitud:	48 mm
	Gravedad específica:	0.92
	Ancho:	1.2855 mm*
	Espesor:	0.3325 mm*
	Resistencia a la tracción:	550 Mpa mín.
	Resistencia a los álcalis:	Excelente
	Color:	Natural
	Conductividad eléctrica:	Baja
	Humedad:	0%
	Fibras por kg:	32,000*
	Punto de fusión:	440°C

*VALORES TÍPICOS

DOSIFICACIÓN

De 2 a 10 kg/m³, dependiendo de los requerimientos de cada proyecto.

MODO DE EMPLEO

Las Fibras **SikaFiber® Force PP-48** se pueden añadir antes, durante o después de la dosificación del concreto. Cuando las fibras son el primer componente que se añade un lote de prueba deberá ser observado para determinar si se obtiene una mezcla homogénea. Dispositivos como cintas transportadoras y dosificadores se pueden utilizar para añadir fibras a la tolva mezcladora y/o camión revolvedor. Después de añadir las fibras, el concreto se debe mezclar durante un tiempo suficiente (75 rotaciones a una velocidad de mezclado completo) para asegurar una distribución uniforme de las fibras en todo el concreto. El uso de reductores de agua de medio o alto rango puede dar una ventaja adicional. Las fibras **SikaFiber® Force PP-48** se pueden bombear, lanzar o colocar a tiro directo utilizando equipos convencionales.

Las técnicas y equipos de acabado convencionales pueden ser usadas con las fibras **SikaFiber® Force PP-48**. En algunos casos un proceso de floteo adicional es aconsejable, disminuyendo el ángulo del flotador, lo que ayudará a minimizar la exposición de las fibras en la superficie.

PRECAUCIONES

La dosificación óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se recomienda el uso de guantes y lentes de seguridad para la manipulación de las fibras **SikaFiber® Force PP-48**.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Las Hojas Técnicas de Productos son actualizadas periódicamente, para asegurar que tenga la versión actualizada visite nuestra página www.sika.com.mx.

NOTAS LEGALES

Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y al(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto en www.sika.com.mx. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Para dudas o aclaraciones:

Sika responde
01 800 123 SIK
7 4 5 2
soporte.tecnico@mx.sika.com
www.sika.com.mx



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'_c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA I: CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP)

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES :

AGREGADOS			
CARACTERISTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico	2.45	2.59	gr/cm ³
Peso Especifico Saturada con Superficie Seca	2.51	2.63	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	1517.98	1441.98	kg/m ³
Peso Unitario Compactado Seco	1662.02	1588.95	kg/m ³
Contenido de Humedad	6.23	0.595	%
Absorcion	2.2	1.32	%
Modulo de Finura	3.46	6.69	-
Tamaño Maximo Nominal	-	1/2	Pulg

CEMENTO		
ANDINO TIPO I	3150	kg/m ³

AGUA		
AGUA	1000	kg/m ³

CRITERIOS DE DISEÑO:

% de agregado fino incluido:	20%
Nivel de compactacion	Ligeramente compactado

PASO 1: DETERMINACION DE LA INFILTRACION REQUERIDA

Descripcion	Valor	Unidad
Intensidad de lluvia	19.96	mm/h
Intensidad de lluvia	199.6	mm/h



PEGGY NESEI VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



PEGGY NESEI VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



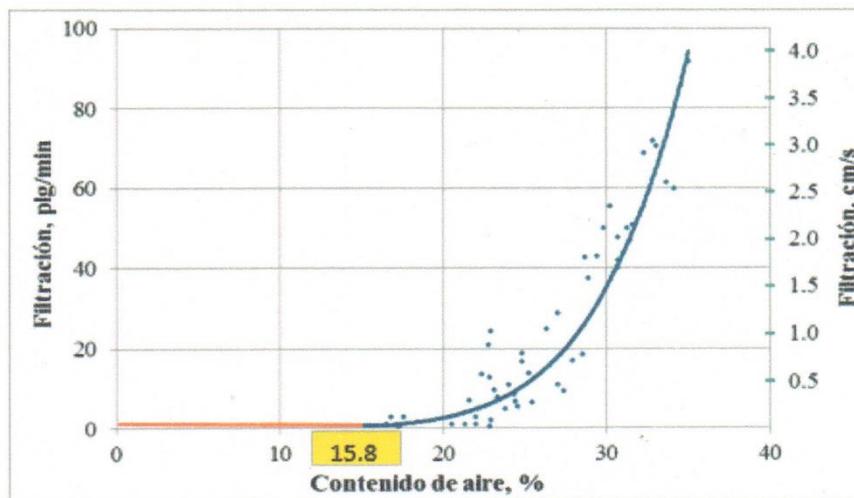
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm2.	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

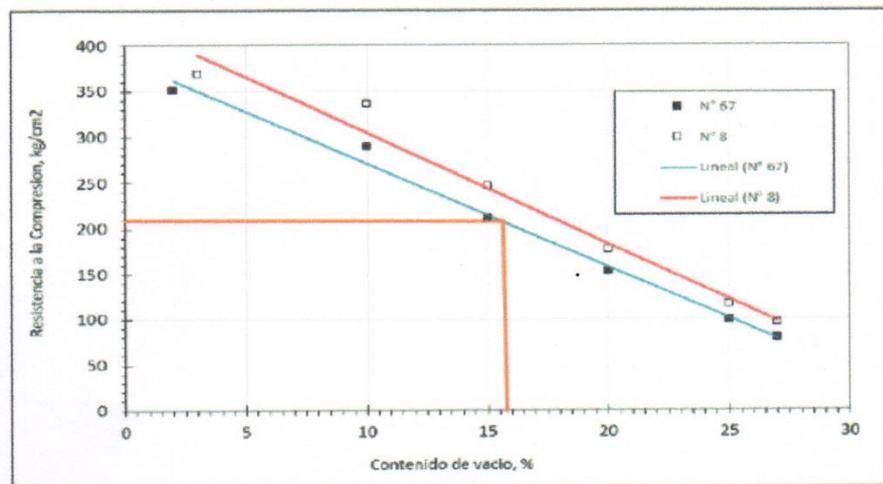
MEZCLA I: CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP)

PASO 2: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE VACIOS



Descripción	Valor	Unidad
% de vacios	15.8	%

PASO 3: SUPOSICION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION



Descripción	Valor	Unidad
F'c supuesto	210	kg/cm2



PEGGY NESEI VALERIO MINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



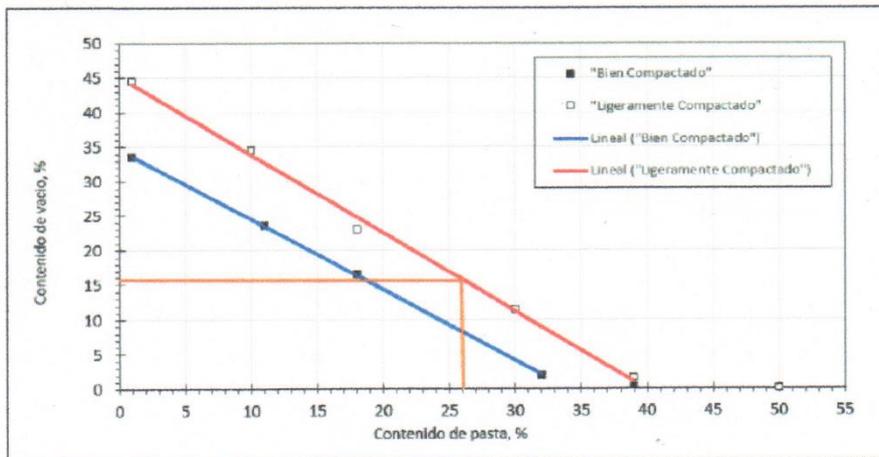
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA I: CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP)

PASO 4: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE LA PASTA



Descripcion	Valor	Unidad
% de pasta	25.9	%

PASO 5: ELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

Descripcion	Valor	
a/c	0.35	

PASO 6: DETERMINACION CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA

1) CEMENTO :

$$\text{Volumen de pasta} = \text{Volumen de cemento} + \text{Volumen de agua}$$

$$\text{Volumen de pasta} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso del cemento}} + \frac{\text{Agua}}{\text{Peso del agua}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen de pasta} &= 0.259 \\ \text{Cemento} &= 388.04 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Peso del cemento} &= 3150 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Peso del agua} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agua} &= 0.35 \text{ Cemento} \end{aligned}$$

Cemento =	388.04	kg/m³
------------------	---------------	-------------------------



PEGGY NEBEL VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'_c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA I: CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP)

2) AGUA:

$$\text{Agua de diseño} = \frac{a}{c} * \text{Cemento}$$

$$\text{Agua de diseño} = 135.81 \text{ Lt}$$

$$a/c = 0.35$$

$$\text{Cemento} = 388.04 \text{ kg/m}^3$$

Agua de diseño =	135.81	Lt
------------------	--------	----

PASO 7: DETERMINACION AGREGADO GRUESO Y FINO

1) AGREGADO GRUESO :

% Agregado Fino	b/bo	
	N° 8	N°67
	3/8"	3/4"
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente : Norma ACI 211.3R-02, Apendice 6 , tabla A6.1.

$$\text{Peso Agregado Grueso} = \frac{b}{bo} * \text{Peso unitario seco compactado Agregado Grueso}$$

$$\text{Peso Agr. Grueso} = 1366.50 \text{ kg/m}^3$$

$$b/bo = 0.86$$

$$\text{Peso unitario seco compactado Agr. Grueso} = 1588.95 \text{ kg/m}^3$$

Peso Agr. Grueso=	1366.50	kg/m ³
-------------------	---------	-------------------



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA I: CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP)

2) AGREGADO FINO :

METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Volumen abs. De cemento =	0.1232	m3
Volumen abs. De vacios =	0.158	m3
Volumen abs. De agua =	0.1358	m3
Volumen abs. De agregado grueso=	0.5276	m3
Sumatoria de volúmenes absolutos =	0.9446	m3
Volumen abs. De agregado fino=	0.0554	m3

Peso Agregado Fino= *Volumen absoluto de agr. fino * (Peso agr. fino)*

Peso del agr. Fino seco=	135.718	kg/m ³
--------------------------	---------	-------------------

PASO 8: PESOS SECOS DE LOS MATERIALES

Materiales de diseño:

Cemento =	388.04	kg/m ³
Agua de diseño =	135.81	lt/m ³
Agregado grueso=	1366.50	kg/m ³
Agregado fino=	135.72	kg/m ³
Total=	2026.07	kg/m ³

PASO 9: CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento=	388.04	kg/m ³
Agua efectiva=	140.25	lt/m ³
Agregado grueso=	1374.63	kg/m ³
Agregado fino=	144.17	kg/m ³
Total=	2047.09	kg/m ³



PEGGY NESSALTERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA I: CONCRETO PERMEABLE PATRON (CP)

PASO 10: PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO:

$$\frac{388.04}{388.04} : \frac{144.17}{388.04} : \frac{1374.63}{388.04} / \frac{140.25}{388.04} \times 42.5$$

$$1 : 0.372 : 3.543 / 15.36 \text{ It/bolsa}$$

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.372	kg
Agregado grueso	3.543	kg
Agua efectiva	15.36	It/bol



PEGGY NESEL VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grise	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA II - CP + A

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES :

AGREGADOS			
CARACTERISTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico	2.45	2.59	gr/cm ³
Peso Especifico Saturada con Superficie Seca	2.51	2.63	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	1517.98	1441.98	kg/m ³
Peso Unitario Compactado Seco	1662.02	1588.95	kg/m ³
Contenido de Humedad	6.23	0.595	%
Absorcion	2.2	1.32	%
Modulo de Finura	3.46	6.69	-
Tamaño Maximo Nominal	-	1/2	Pulg

CEMENTO		
ANDINO TIPO I	3150	kg/m ³

AGUA		
AGUA	1000	kg/m ³

ADITIVO - PLASTIMENT TM -31		
PLASTIMENT TM - 31	1.17	kg/L
PLASTIMENT TM - 31	1170	kg/m ³
PLASTIMENT TM - 31 (0.4% -1%)	0.85	%

CRITERIOS DE DISEÑO:

% de agregado fino incluido:	20%
Nivel de compactacion	Ligeramente compactado

PASO 1: DETERMINACION DE LA INFILTRACION REQUERIDA

Descripcion	Valor	Unidad
Intensidad de lluvia	19.96	mm/h
Intensidad de lluvia	199.6	mm/h



PEGGY NESSA TALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



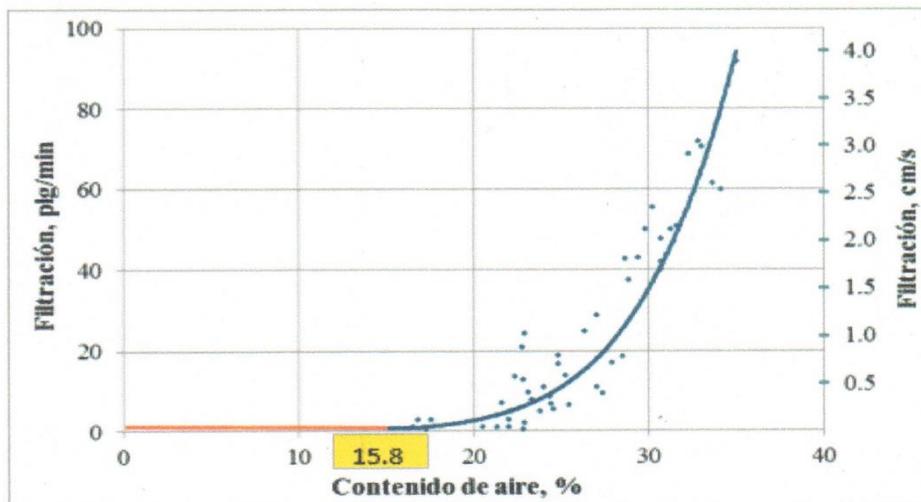
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grise	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

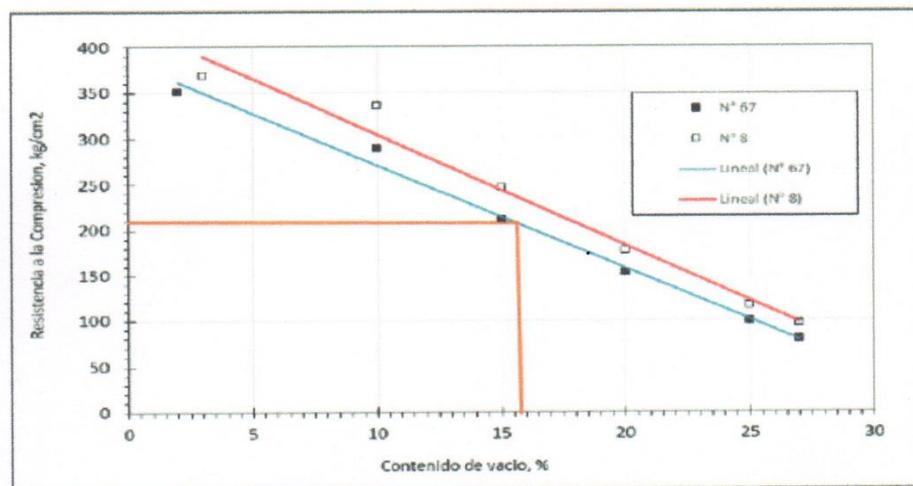
MEZCLA II - CP + A

PASO 2: OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE VACIOS



Descripción	Valor	Unidad
% de vacios	15.8	%

PASO 3: SUPOSICIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION



Descripción	Valor	Unidad
F'c supuesto	210	kg/cm ²



PEGGY NESS VALERIO MINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



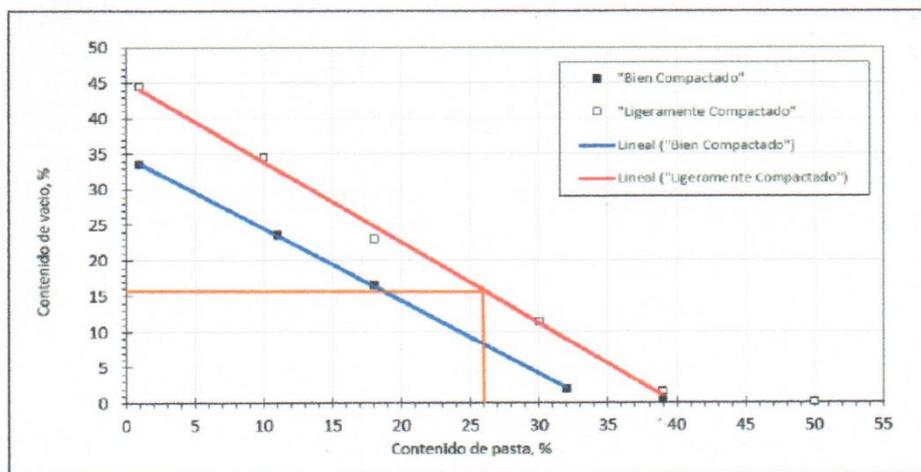
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grise	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA II - CP + A

PASO 4: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE LA PASTA



Descripción	Valor	Unidad
% de pasta	25.9	%

PASO 5: ELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

Descripción	Valor	
a/c	0.33	

PASO 6: DETERMINACION CONTENIDO DE CEMENTO , AGUA Y ADITIVO

1) CEMENTO :

$$\text{Volumen de pasta} = \text{Volumen de cemento} + \text{Volumen de agua}$$

$$\text{Volumen de pasta} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso del cemento}} + \frac{\text{Agua}}{\text{Peso del agua}}$$

Volumen de pasta = 0.259
 Cemento = 400.02 kg/m³
 Peso del cemento = 3150 kg/m³
 Peso del agua = 1000 kg/m³
 Agua = 0.33 Cemento

Cemento =	400.02	kg/m³
-----------	---------------	-------------------------

PEGGY NEEL VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grise	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm2.	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA II - CP + A

2) AGUA:

$$\text{Agua de diseño} = \frac{a}{c} * \text{Cemento}$$

$$\text{Agua de diseño} = 132.01 \text{ Lt}$$

$$a/c = 0.33$$

$$\text{Cemento} = 400.02 \text{ kg/m}^3$$

Agua de diseño =	132.01	Lt
-------------------------	---------------	-----------

3) ADITIVO PLASTIMENT TM - 31 : (0.85%)

$$\text{Plastiment TM -31} = 0.85\% \text{ (PESO DEL CEMENTO)}$$

Plastiment TM -31	3.40	Lt/m3
--------------------------	-------------	--------------

PASO 7: DETERMINACION AGREGADO GRUESO Y FINO

1) AGREGADO GRUESO :

% Agregado Fino	b/bo	
	N° 8	N°67
	3/8"	3/4"
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente : Norma ACI 211.3R-02, Apendice 6 , tabla A6.1.

$$\text{Peso Agregado Grueso} = \frac{b}{bo} * \text{Peso unitario seco compactado Agregado Grueso}$$

$$\text{Peso Agr. Grueso} = 1366.50 \text{ kg/m}^3$$

$$b/bo = 0.86$$

$$\text{Peso unitario seco compactado Agr. Grueso} = 1588.95 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agr. Grueso} =$$

Peso Agr. Grueso=	1366.50	kg/m3
--------------------------	----------------	--------------



PEGGY NEZVALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 161922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grise	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO:	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA II - CP + A

2) AGREGADO FINO :

METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Volumen abs. De cemento =	0.1270 m3
Volumen abs. De vacios =	0.158 m3
Volumen abs. De agua =	0.1320 m3
Volumen abs. De ad. Plastificante =	0.0029 m3
Volumen abs. De agregado grueso=	0.5276 m3
Sumatoria de volúmenes absolutos =	0.9475 m3

Volumen abs. De agregado fino= 0.0525 m3

Peso Agregado Fino= *Volumen absoluto de agr. fino * (Peso agr. fino)*

Peso del agr. Fino seco=	128.598 kg/m3
--------------------------	---------------

PASO 8: PESOS SECOS DE LOS MATERIALES

Materiales de diseño:

Cemento =	400.02 kg/m3
Agua de diseño =	132.01 lt/m3
Agregado grueso=	1366.50 kg/m3
Agregado fino=	128.60 kg/m3
Plastiment Tm - 31=	3.40 lt/m3
Total=	2030.53 kg/m3



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grise	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA II - CP + A

PASO 9: CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento=	400.02	kg/m ³
Agua efectiva=	136.73	lt/m ³
Agregado grueso=	1374.63	kg/m ³
Agregado fino=	136.61	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
Total=	2051.39	kg/m³

PASO 10: PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO:

$$\frac{400.02}{400.02} : \frac{136.61}{400.02} : \frac{1374.63}{400.02} / \frac{136.73}{400.02} \quad \frac{\text{Aditivo}}{400.02} = \frac{3.40}{400.02}$$

$$\mathbf{1 : 0.342 : 3.436 / 14.53 \quad 0.36}$$

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.342	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.53	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol

PEGGY NESTOR VALERIO WINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA III - CP + A + FP (3kg)

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES :

AGREGADOS			
CARACTERISTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico	2.45	2.59	gr/cm ³
Peso Especifico Saturada con Superficie Seca	2.51	2.63	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	1517.98	1441.98	kg/m ³
Peso Unitario Compactado Seco	1662.02	1588.95	kg/m ³
Contenido de Humedad	6.23	0.595	%
Absorcion	2.2	1.32	%
Modulo de Finura	3.46	6.69	-
Tamaño Maximo Nominal	-	1/2	Pulg

CEMENTO		
ANDINO TIPO I	3150	kg/m ³

AGUA		
AGUA	1000	kg/m ³

ADITIVO - PLASTIMENT TM -31		
PLASTIMENT TM - 31	1.17	kg/L
PLASTIMENT TM - 31	1170	kg/m ³
PLASTIMENT TM - 31 (0.4% -1%)	0.85	%

FIBRAS - SIKA® FIBER FORCE PP-48		
SIKA® FIBER FORCE PP-48	0.92	kg/lt
SIKA® FIBER FORCE PP-48	920	kg/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48	2 -9	kg/m ³

CRITERIOS DE DISEÑO:

% de agregado fino incluido:	20%
Nivel de compactacion	Ligeramente compactado

PASO 1: DETERMINACION DE LA INFILTRACION REQUERIDA

Descripcion	Valor	Unidad
Intensidad de lluvia	19.96	mm/h
Intensidad de lluvia	199.6	mm/h



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



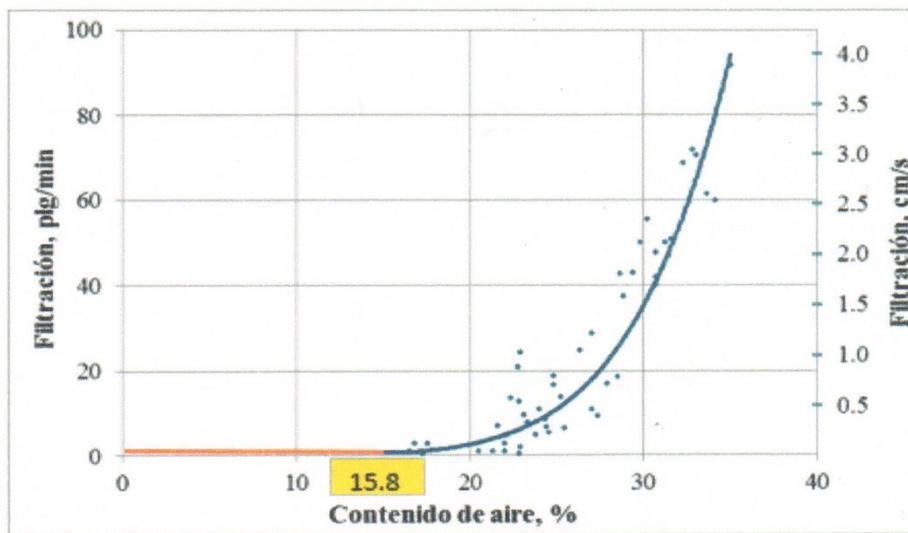
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

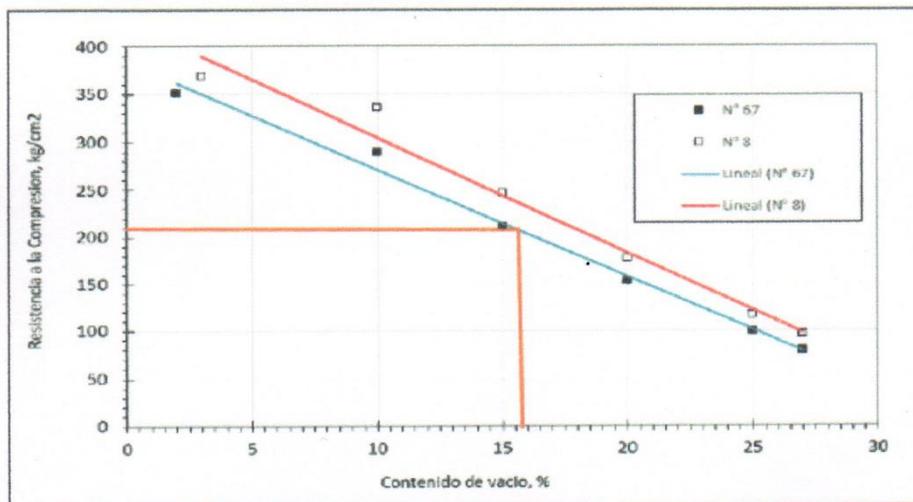
MEZCLA III - CP + A + FP (3kg)

PASO 2: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE VACIOS



Descripción	Valor	Unidad
% de vacios	15.8	%

PASO 3: SUPOSICION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION



Descripción	Valor	Unidad
F'c supuesto	210	kg/cm ²

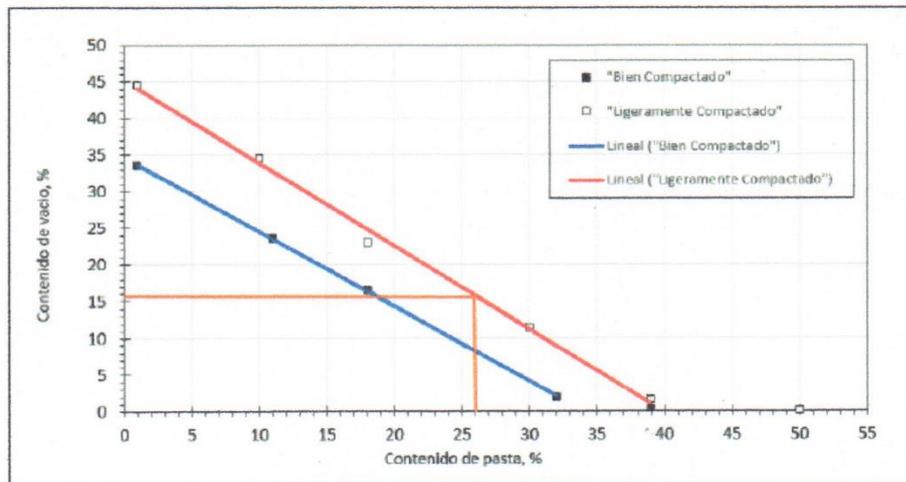


PEGGY NEVEI VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922

TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA III - CP + A + FP (3kg)

PASO 4: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE LA PASTA



Descripción	Valor	Unidad
% de pasta	25.9	%

PASO 5: ELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

Descripción	Valor	
a/c	0.33	

PASO 6: DETERMINACION CONTENIDO DE CEMENTO , AGUA, ADITIVO Y FIBRA DE POLIPROPILENO

1) CEMENTO :

$$\text{Volumen de pasta} = \text{Volumen de cemento} + \text{Volumen de agua}$$

$$\text{Volumen de pasta} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso del cemento}} + \frac{\text{Agua}}{\text{Peso del agua}}$$

Volumen de pasta = 0.259
 Cemento = 400.02 kg/m³
 Peso del cemento = 3150 kg/m³
 Peso del agua = 1000 kg/m³
 Agua = 0.33 Cemento

Cemento =	400.02	kg/m³
------------------	---------------	-------------------------



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm2.	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA III - CP + A + FP (3kg)

2) AGUA:

$$\text{Agua de diseño} = \frac{a}{c} * \text{Cemento}$$

$$\text{Agua de diseño} = 132.01 \text{ Lt}$$

$$a/c = 0.33$$

$$\text{Cemento} = 400.02 \text{ kg/m}^3$$

Agua de diseño =	132.01	Lt
-------------------------	---------------	-----------

3) ADITIVO PLASTIMENT TM - 31 : (0.85%)

$$\text{Plastiment TM -31} = 0.85\% \text{ (PESO DEL CEMENTO)}$$

Plastiment TM -31	3.40	Lt
--------------------------	-------------	-----------

4) FIBRAS :

$$\text{SIKA}^\circ \text{ FIBER FORCE PP-48} = 3 \text{ Kg}$$

SIKA[®] FIBER FORCE PP-48=	3.00	Kg
--	-------------	-----------

PASO 7: DETERMINACION AGREGADO GRUESO Y FINO

1) AGREGADO GRUESO :

% Agregado Fino	b/bo	
	N° 8	N° 67
	3/8"	3/4"
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente : Norma ACI 211.3R-02, Apéndice 6 , tabla A6.1.



PEGGY NEZA VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA III - CP + A + FP (3kg)

$$\text{Peso Agregado Grueso} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso unitario seco compactado Agregado Grueso}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso Agr. Grueso} &= 1366.50 \text{ kg/m}^3 \\ b/b_0 &= 0.86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso unitario seco compactado} &= 1589 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agr. Grueso} &= \end{aligned}$$

Peso Agr. Grueso=	1366.50	kg/m³
--------------------------	----------------	-------------------------

2) AGREGADO FINO :

METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Volumen abs. De cemento =	0.1270 m ³
Volumen abs. De vacios =	0.158 m ³
Volumen abs. De agua =	0.1320 m ³
Volumen abs. De ad. Plastificante =	0.0029 m ³
Volumen abs. De Fibras =	0.0033 m ³
Volumen abs. De agregado grueso=	<u>0.5276 m³</u>
Sumatoria de volúmenes absolutos	= 0.9508 m ³
Volumen abs. De agregado fino=	0.0492 m ³

$$\text{Peso Agregado Fino} = \text{Volumen absoluto de agr. fino} * (\text{Peso agr. fino})$$

Peso del agr. Fino seco=	120.61	kg/m³
---------------------------------	---------------	-------------------------



PEGGY NEBEL VALERIO HINOJOSA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA III - CP + A + FP (3kg)

PASO 8: PESOS SECOS DE LOS MATERIALES

Materiales de diseño:

Cemento =	400.02	kg/m ³
Agua de diseño =	132.01	lt/m ³
Agregado grueso=	1366.50	kg/m ³
Agregado fino=	120.61	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48 =	3.00	kg/m ³
Total=	2025.54	kg/m³

PASO 9: CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento=	400.02	kg/m ³
Agua efectiva=	137.05	lt/m ³
Agregado grueso=	1374.63	kg/m ³
Agregado fino=	128.12	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48 =	3.00	kg/m ³
Total=	2046.23	kg/m³

PASO 10: PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO:

					Aditivo	F.P.
$\frac{400.02}{400.02}$	:	$\frac{128.12}{400.02}$	:	$\frac{1374.63}{400.02}$	/	$\frac{137.05}{400.02}$
					$\frac{3.40}{400.02}$	$\frac{3.00}{400.02}$
1	:	0.320	:	3.436	/	14.56
					0.3613	0.32

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.320	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.56	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol
Sika® Fiber Force PP-48	0.32	kg/bol



PEGGY NIEVES BARRERO NINGSTROZA
 INGENIERA CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA IV - CP + A + FP (6kg)

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES :

AGREGADOS			
CARACTERISTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico	2.45	2.59	gr/cm ³
Peso Especifico Saturada con Superficie Seca	2.51	2.63	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	1517.98	1441.98	kg/m ³
Peso Unitario Compactado Seco	1662.02	1588.95	kg/m ³
Contenido de Humedad	6.23	0.595	%
Absorcion	2.2	1.32	%
Modulo de Finura	3.46	6.69	-
Tamaño Maximo Nominal	-	1/2	Pulg

CEMENTO		
ANDINO TIPO I	3150	kg/m ³

AGUA		
AGUA	1000	kg/m ³

ADITIVO - PLASTIMENT TM -31		
PLASTIMENT TM - 31	1.17	kg/L
PLASTIMENT TM - 31	1170	kg/m ³
PLASTIMENT TM - 31 (0.4% -1%)	0.85	%

FIBRAS - SIKA® FIBER FORCE PP-48		
SIKA® FIBER FORCE PP-48	0.92	kg/lt
SIKA® FIBER FORCE PP-48	920	kg/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48	2 -9	kg/m ³

CRITERIOS DE DISEÑO:

% de agregado fino incluido:	20%
Nivel de compactacion	Ligeramente compactado

PASO 1: DETERMINACION DE LA INFILTRACION REQUERIDA

Descripcion	Valor	Unidad
Intensidad de lluvia	19.96	mm/h
Intensidad de lluvia	199.6	mm/h



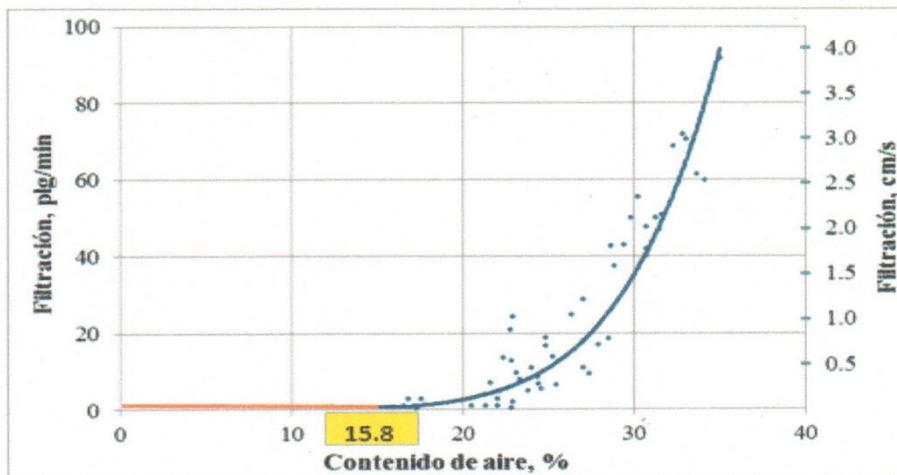
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

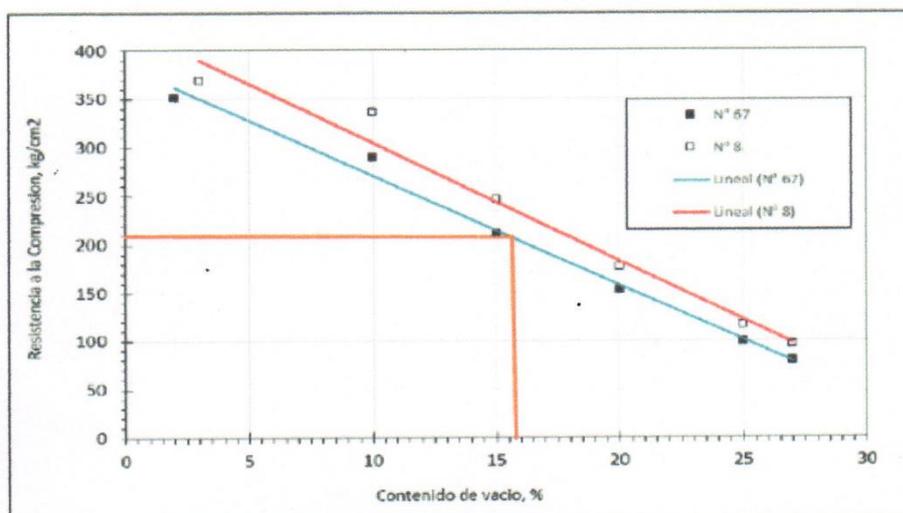
MEZCLA IV - CP + A + FP (6kg)

PASO 2: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE VACIOS



Descripción	Valor	Unidad
% de vacios	15.8	%

PASO 3: SUPOSICION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION



Descripción	Valor	Unidad
F'c supuesto	210	kg/cm ²



PEGGY NESEI VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



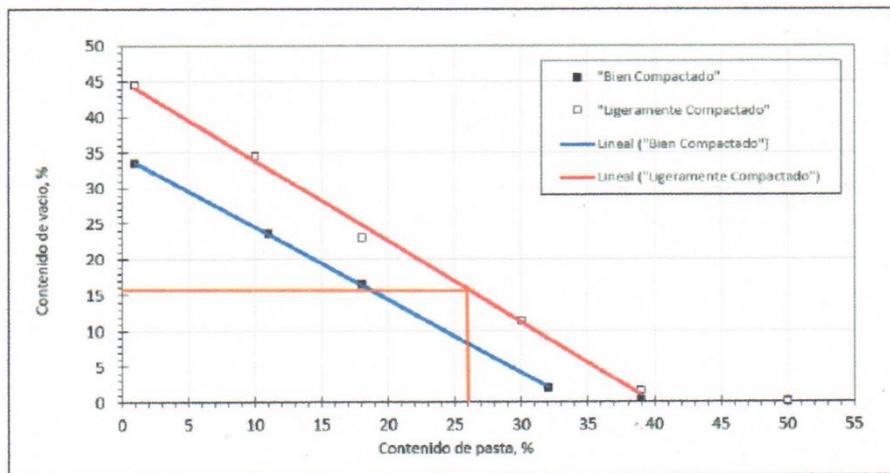
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA IV - CP + A + FP (6kg)

PASO 4: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE LA PASTA



Descripcion	Valor	Unidad
% de pasta	25.9	%

PASO 5: ELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

Descripcion	Valor	
a/c	0.33	

PASO 6: DETERMINACION CONTENIDO DE CEMENTO , AGUA , ADITIVO Y FIBRAS DE POLIPROPILENO.

1) CEMENTO :

$$\text{Volumen de pasta} = \text{Volumen de cemento} + \text{Volumen de agua}$$

$$\text{Volumen de pasta} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso del cemento}} + \frac{\text{Agua}}{\text{Peso del agua}}$$

Volumen de pasta = 0.259
 Cemento = 400.02 kg/m³
 Peso del cemento = 3150 kg/m³
 Peso del agua = 1000 kg/m³
 Agua = 0.33 Cemento

Cemento =	400.02	kg/m ³
-----------	--------	-------------------



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA IV - CP + A + FP (6kg)

2) AGUA:

$$\begin{aligned} \text{Agua de diseño} &= \frac{a}{c} * \text{Cemento} \\ \text{Agua de diseño} &= 132.01 \text{ Lt} \\ a/c &= 0.33 \\ \text{Cemento} &= 400.02 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Agua de diseño =	132.01	Lt
-------------------------	---------------	-----------

3) ADITIVO PLASTIMENT TM - 31 : (0.85%)

Plastiment TM -31 = 0.85% (PESO DEL CEMENTO)

Plastiment TM -31	3.40	Lt
--------------------------	-------------	-----------

4) FIBRAS :

SIKA® FIBER FORCE PP-48= 6 Kg

SIKA® FIBER FORCE PP-48=	6.00	Kg
---------------------------------	-------------	-----------

PASO 7: DETERMINACION AGREGADO GRUESO Y FINO

1) AGREGADO GRUESO :

% Agregado Fino	b/bo	
	N° 8	N°67
	3/8"	3/4"
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente : Norma ACI 211.3R-02, Apendice 6 , tabla A6.1.



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA IV - CP + A + FP (6kg)

Peso Agregado Grueso = $\frac{b}{b_0} \times$ *Peso unitario seco compactado Agregado Grueso*

$$\begin{aligned} \text{Peso Agr. Grueso} &= 1366.50 \text{ kg/m}^3 \\ b/b_0 &= 0.86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso unitario seco compactado Agr. Grueso} &= 1589 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Peso Agr. Grueso=	1366.50	kg/m ³
-------------------	---------	-------------------

2) AGREGADO FINO :

METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

$$\begin{aligned} \text{Volumen abs. De cemento} &= 0.1270 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen abs. De vacios} &= 0.158 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen abs. De agua} &= 0.1320 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen abs. De ad. Plastificante} &= 0.0029 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen abs. De Fibras} &= 0.0065 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen abs. De agregado grueso} = 0.5276 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Sumatoria de volúmenes absolutos} \\ &= 0.9540 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen abs. De agregado fino} = 0.0460 \text{ m}^3$$

Peso Agregado Fino = *Volumen absoluto de agr. fino * (Peso agr. fino)*

Peso del agr. Fino seco=	112.62	kg/m ³
--------------------------	--------	-------------------



PEGGY NESCE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA IV - CP + A + FP (6kg)

PASO 8: PESOS SECOS DE LOS MATERIALES

Materiales de diseño:

Cemento =	400.02	kg/m ³
Agua de diseño =	132.01	lt/m ³
Agregado grueso=	1366.50	kg/m ³
Agregado fino=	112.62	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48 =	6.00	kg/m ³
Total=	2020.55	kg/m³

PASO 9: CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento=	400.02	kg/m ³
Agua efectiva=	137.38	lt/m ³
Agregado grueso=	1374.63	kg/m ³
Agregado fino=	119.64	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48 =	6.00	kg/m ³
Total=	2041.06	kg/m³

PASO 10: PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO:

$\frac{400.02}{400.02}$	:	$\frac{119.64}{400.02}$	:	$\frac{1374.63}{400.02}$	/	$\frac{137.38}{400.02}$	:	$\frac{3.40}{400.02}$	:	$\frac{6.00}{400.02}$
1	:	0.299	:	3.436	/	14.60	:	0.361	:	0.6375

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.299	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.60	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol
Sika® Fiber Force PP-48	0.64	kg/bol



PEGGY NESELVALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA V - CP + A + FP (9kg)

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES :

AGREGADOS			
CARACTERISTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico	2.45	2.59	gr/cm ³
Peso Especifico Saturada con Superficie Seca	2.51	2.63	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	1517.98	1441.98	kg/m ³
Peso Unitario Compactado Seco	1662.02	1588.95	kg/m ³
Contenido de Humedad	6.23	0.595	%
Absorcion	2.2	1.32	%
Modulo de Finura	3.46	6.69	-
Tamaño Maximo Nominal	-	1/2"	Pulg

CEMENTO		
ANDINO TIPO I	3150	kg/m ³

AGUA		
AGUA	1000	kg/m ³

ADITIVO - PLASTIMENT TM -31		
PLASTIMENT TM - 31	1.17	kg/L
PLASTIMENT TM - 31	1170	kg/m ³
PLASTIMENT TM - 31 (0.4% -1%)	0.85	%

FIBRAS - SIKA® FIBER FORCE PP-48		
SIKA® FIBER FORCE PP-48	0.92	kg/lt
SIKA® FIBER FORCE PP-48	920	kg/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48	2 -9	kg/m ³

CRITERIOS DE DISEÑO:

% de agregado fino incluido:	20%
Nivel de compactacion	Ligeramente compactado

PASO 1: DETERMINACION DE LA INFILTRACION REQUERIDA

Descripcion	Valor	Unidad
Intensidad de lluvia	19.96	mm/h
Intensidad de lluvia	199.6	mm/h


PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



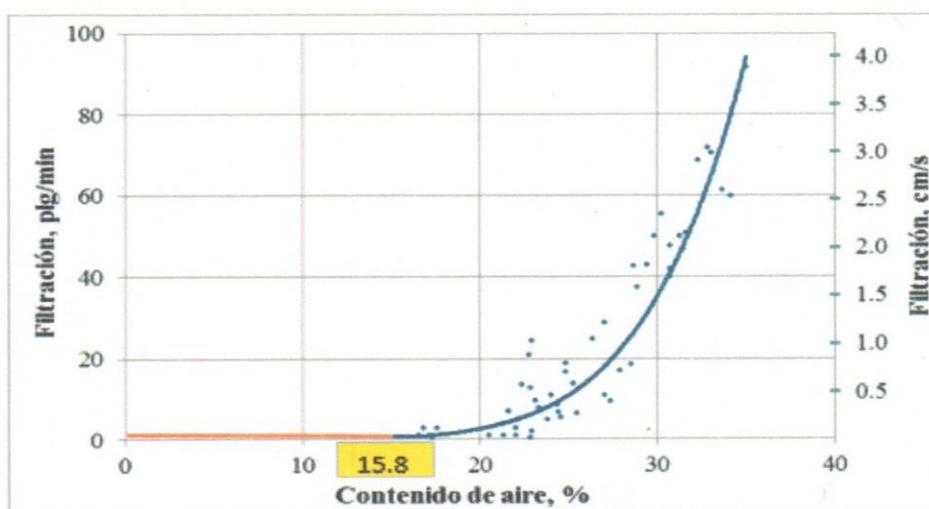
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

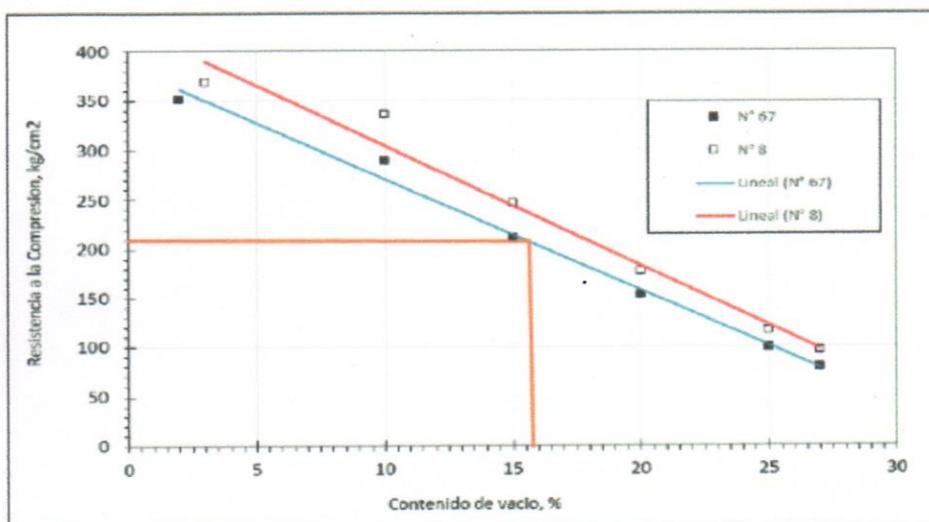
MEZCLA V - CP + A + FP (9kg)

PASO 2: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE VACIOS



Descripción	Valor	Unidad
% de vacios	15.8	%

PASO 3: SUPOSICION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION



Descripción	Valor	Unidad
F'c supuesto	210	kg/cm ²



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



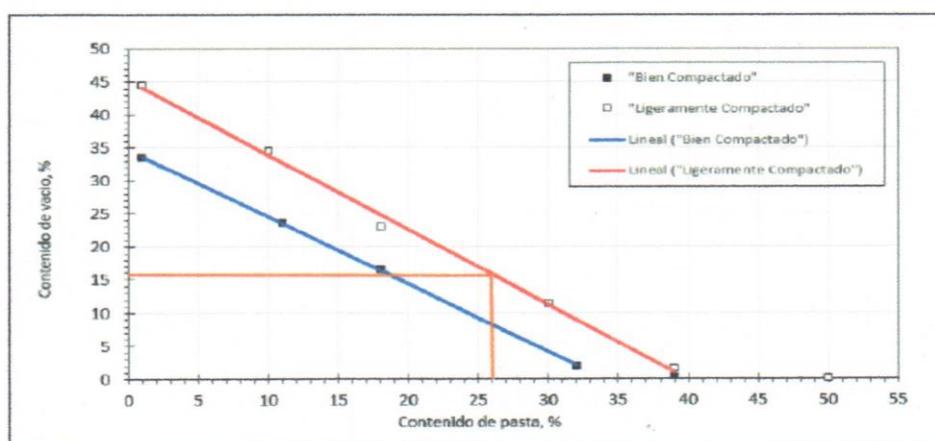
DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA V - CP + A + FP (9kg)

PASO 4: OBTENCION DEL PORCENTAJE DE LA PASTA



Descripción	Valor	Unidad
% de pasta	25.9	%

PASO 5: ELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO

Descripción	Valor	
a/c	0.33	

PASO 6: DETERMINACION CONTENIDO DE CEMENTO , AGUA , ADITIVO Y FIBRAS DE POLIPROPILENO.

1) CEMENTO :

$$\text{Volumen de pasta} = \text{Volumen de cemento} + \text{Volumen de agua}$$

$$\text{Volumen de pasta} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso del cemento}} + \frac{\text{Agua}}{\text{Peso del agua}}$$

Volumen de pasta = 0.259
 Cemento = 400.02 kg/m³
 Peso del cemento = 3150 kg/m³
 Peso del agua = 1000 kg/m³
 Agua = 0.33 Cemento

Cemento =	400.02	kg/m³
------------------	---------------	-------------------------



PEGGY NESEI VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm2.	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA V - CP + A + FP (9kg)

2) AGUA:

$$\text{Agua de diseño} = \frac{a}{c} * \text{Cemento}$$

$$\text{Agua de diseño} = 132.01 \text{ Lt}$$

$$a/c = 0.33$$

$$\text{Cemento} = 400.02 \text{ kg/m}^3$$

Agua de diseño =	132.01	Lt
------------------	--------	----

3) ADITIVO PLASTIMENT TM - 31 : (0.85%)

$$\text{Plastiment TM -31} = 0.85\% (\text{PESO DEL CEMENTO})$$

Plastiment TM -31	3.40	Lt
-------------------	------	----

4) FIBRAS :

$$\text{SIKA}^\circ \text{ FIBER FORCE PP-48} = 9 \text{ Kg}$$

SIKA [®] FIBER FORCE PP-48=	9.00	Kg
--------------------------------------	------	----

PASO 7: DETERMINACION AGREGADO GRUESO Y FINO

1) AGREGADO GRUESO :

% Agregado Fino	b/bo	
	N° 8	N°67
	3/8"	3/4"
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente : Norma ACI 211.3R-02, Apendice 6 , tabla A6.1.

$$\text{Peso Agregado Grueso} = \frac{b}{bo} \times \text{Peso unitario seco compactado Agregado Grueso}$$

$$\text{Peso Agr. Grueso} = 1366.50 \text{ kg/m}^3$$

$$b/bo = 0.86$$



PEGGY NESI VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA V - CP + A + FP (9kg)

Peso unitario seco compactado Agr. Grueso= 1588.95 kg/m³

Peso Agr. Grueso=	1366.50 kg/m ³
--------------------------	----------------------------------

2) AGREGADO FINO :

METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Volumen abs. De cemento =	0.1270	m ³
Volumen abs. De vacios =	0.158	m ³
Volumen abs. De agua =	0.1320	m ³
Volumen abs. De ad. Plastificante =	0.0029	m ³
Volumen abs. De Fibras =	0.0098	m ³
Volumen abs. De agregado grueso=	0.5276	m ³
Sumatoria de volúmenes absolutos =	0.9573	m ³
Volumen abs. De agregado fino=	0.0427	m ³

Peso Agregado Fino= *Volumen absoluto de agr. fino * (Peso agr. fino)*

Peso del agr. Fino seco=	104.63 kg/m ³
---------------------------------	---------------------------------

PASO 8: PESOS SECOS DE LOS MATERIALES

Materiales de diseño:

Cemento =	400.02	kg/m ³
Agua de diseño =	132.01	lt/m ³
Agregado grueso=	1366.50	kg/m ³
Agregado fino=	104.63	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48 =	9.00	kg/m ³
Total=	2015.56	kg/m ³



PEGGY NESET VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



DISEÑO DE MEZCLA ACI 221.3R, ACI 522R



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

MEZCLA V - CP + A + FP (9kg)

PASO 9: CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento=	400.02	kg/m ³
Agua efectiva=	137.70	lt/m ³
Agregado grueso=	1374.63	kg/m ³
Agregado fino=	111.15	kg/m ³
Plastiment Tm - 31=	3.40	lt/m ³
SIKA® FIBER FORCE PP-48 =	9.00	kg/m ³
Total=	2035.90	kg/m³

PASO 10: PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO:

$$\frac{400.02}{400.02} : \frac{111.15}{400.02} : \frac{1374.63}{400.02} / \frac{137.70}{400.02} \quad \frac{\text{Aditivo } 3.40}{400.02} \quad \frac{\text{FP } 9.00}{400.02}$$

$$\mathbf{1 : 0.278 \quad 3.436 / 14.63 \quad 0.36125 \quad 0.96}$$

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	1	kg
Agregado fino	0.278	kg
Agregado grueso	3.436	kg
Agua efectiva	14.63	lt/bol
Plastiment Tm - 31	0.36	lt/bol
Sika® Fiber Force PP-48	0.96	kg/bol



PEGGY NESI
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



PESO UNITARIO ASTM C1688 / NTP 339.046



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	PESO UNITARIO MEZCLA I			
	CONCRETO PATRON (CP)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#4)	M-2 (B#5)	M-3(B#6)	
Masa de concreto + masa de briqueta (Mc)	14.22	14.46	14.35	Kg
Masa de briqueta (Mm)	3.50	3.80	3.65	Kg
Volumen de briqueta (Vm)	0.0054	0.0054	0.0054	m ³
Peso unitario del concreto ($D=(Mc-Mm)/Vm$)	1985.19	1974.07	1981.48	Kg/m ³
Peso Unitario promedio del concreto (D)	1980.25			Kg/m³

RESULTADO	PESO UNITARIO MEZCLA II			
	CP+A			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#1)	M-2 (B#2)	M-3 (B#3)	
Masa de concreto + masa de briqueta (Mc)	16.96	14.62	16.95	Kg
Masa de briqueta (Mm)	6.20	3.85	6.20	Kg
Volumen de briqueta (Vm)	0.0054	0.0054	0.0054	m ³
Peso unitario del concreto ($D=(Mc-Mm)/Vm$)	1992.59	1994.44	1990.74	Kg/m ³
Peso Unitario promedio del concreto (D)	1992.59			Kg/m³

RESULTADO	PESO UNITARIO MEZCLA III			
	CP +A+ FP (3kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#16)	M-2 (B#1)	M-3 (B#3)	
Masa de concreto + masa de briqueta (Mc)	14.46	14.55	14.61	kg
Masa de briqueta (Mm)	3.65	3.75	3.80	kg
Volumen de briqueta (Vm)	0.0054	0.0054	0.0054	m ³
Peso unitario del concreto ($D=(Mc-Mm)/Vm$)	2000.93	1999.07	2001.85	Kg/m ³
Peso Unitario promedio del concreto (D)	2000.62			Kg/m³


 PEGGY NESTALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 18192Z



**PESO UNITARIO
ASTM C1688 / NTP 339.046**



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	PESO UNITARIO MEZCLA IV			
	CP+A+ FP (6kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#15)	M-2 (B#2)	M-3 (B#17)	
Masa de concreto + masa de briqueta (Mc)	19.72	14.36	14.07	kg
Masa de briqueta (Mm)	8.90	3.54	3.25	kg
Volumen de briqueta (Vm)	0.0054	0.0054	0.0054	m ³
Peso unitario del concreto (D=(Mc-Mm)/Vm)	2003.70	2002.78	2002.78	Kg/m ³
Peso Unitario promedio del concreto (D)	2003.09			Kg/m³

RESULTADO	PESO UNITARIO MEZCLA V			
	CP + A + FP (9kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#6)	M-2 (B#4)	M-3 (B#5)	
Masa de concreto + masa de briqueta (Mc)	14.04	17.03	16.98	kg
Masa de briqueta (Mm)	3.20	6.20	6.15	kg
Volumen de briqueta (Vm)	0.0054	0.0054	0.0054	m ³
Peso unitario del concreto (D=(Mc-Mm)/Vm)	2006.48	2004.81	2005.56	Kg/m ³
Peso Unitario promedio del concreto (D)	2005.62			Kg/m³




 PEGGY NESI GALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



CONTENIDO DE VACIO EN ESTADO FRESCO
ASTM C1688, NTP 339.046



TESIS FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018

TESISTA: ATENCIO SANTIAGO Grisel **ASESOR:** Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German

F' C SUPUESTO : 210kg/cm2. **FECHA:** OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	MEZCLA I			Unidad
	CONCRETO PATRON (CP)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1	M-2	M-3	
Masa total de todos los materiales de la mezcla (Ms)	2047.09	2047.09	2047.09	kg
Volumen absoluto de ingrediente (Vs)	0.842	0.842	0.842	m3
Densidad teorica del concreto (T) = Ms/Vs	2431.22	2431.22	2431.22	Kg/m3
Peso unitario del concreto (D)	1985.19	1974.07	1981.48	Kg/m3
Contenido de vacios (U)=(T-D)/T	18.35	18.80	18.50	%
Contenido de vacio promedio (U)	18.55			%

RESULTADO	MEZCLA II			Unidad
	CP+A			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1	M-2	M-3	
Masa total de todos los materiales de la mezcla (Ms)	2051.39	2051.39	2051.39	kg
Volumen absoluto de ingrediente (Vs)	0.842	0.842	0.842	m3
Densidad teorica del concreto (T) = Ms/Vs	2436.34	2436.34	2436.34	Kg/m3
Peso unitario del concreto (D)	1992.59	1994.44	1990.74	Kg/m3
Contenido de vacios (U)=(T-D)/T	18.21	18.14	18.29	%
Contenido de vacio promedio (U)	18.21			%

RESULTADO	MEZCLA III			Unidad
	CP +A+ FP(3kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1	M-2	M-3	
Masa total de todos los materiales de la mezcla (Ms)	2046.23	2046.23	2046.23	kg
Volumen absoluto de ingrediente (Vs)	0.842	0.842	0.842	m3
Densidad teorica del concreto (T) = Ms/Vs	2430.20	2430.20	2430.20	Kg/m3
Peso unitario del concreto (D)	2000.93	1999.07	2001.85	Kg/m3
Contenido de vacios (U)=(T-D)/T	17.66	17.74	17.63	%
Contenido de vacio promedio (U)	17.68			%



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 18192Z



**CONTENIDO DE VACIO EN ESTADO FRESCO
ASTM C1688, NTP 339.046**



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	MEZCLA IV			
	CP+A+ FP(6kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1	M-2	M-3	
Masa total de todos los materiales de la mezcla (Ms)	2041.06	2041.06	2041.06	kg
Volumen absoluto de ingrediente (Vs)	0.842	0.842	0.842	m ³
Densidad teorica del concreto (T) = Ms/Vs	2424.07	2424.07	2424.07	Kg/m ³
Peso unitario del concreto (D)	2003.70	2002.78	2002.78	Kg/m ³
Contenido de vacios (U)=(T-D)/T	17.34	17.38	17.38	%
Contenido de vacio promedio (U)	17.37			%

RESULTADO	MEZCLA V			
	CP + A + FP (9kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1	M-2	M-3	
Masa total de todos los materiales de la mezcla (Ms)	2035.90	2035.90	2035.90	kg
Volumen absoluto de ingrediente (Vs)	0.842	0.842	0.842	m ³
Densidad teorica del concreto (T) = Ms/Vs	2417.93	2417.93	2417.93	Kg/m ³
Peso unitario del concreto (D)	2006.48	2004.81	2005.56	Kg/m ³
Contenido de vacios (U)=(T-D)/T	17.02	17.09	17.05	%
Contenido de vacio promedio (U)	17.05			%



PEGGY NESTOR VALERO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



**CONTENIDO DE VACIO EN ESTADO ENDURECIDO
ASTM C1688, NTP 339.046**



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'C SUPUESTO :	210kg/cm2.	FECHA:	OCTUBRE 2018 - MARZO 2019

RESULTADO	MEZCLA I				Unidad
	CONCRETO PATRON (CP)				
	MUESTRA				
M-1	M-2	M-3			
DESCRIPCION					
Volumen Inicial (Vi)	4500.00	4500.00	4500.00		cm3
Volumen Final (Vf)	7031.80	7031.55	7040.40		cm3
Diametro superior de la briqueta	17.26	17.26	17.26		cm
Diametro inferior de la briqueta	17.00	17.00	17.00		cm
Promedio de diametro	17.13	17.13	17.13		cm
Altura de briqueta	13.40	13.40	13.40		cm
Vol. De la briqueta sin espacios vacios (Vc) = Vf-Vi	2531.80	2531.55	2540.40		cm3
Vol. De la briqueta con espacios vacios (Vt) = $((\pi \cdot D^2) \cdot h) / 4$	3088.23	3088.23	3088.23		cm3
% de vacios = $((Vt - Vc) \cdot 100) / Vt$	18.02	18.03	17.74		%
Contenido de vacio promedio (U)	17.93				%

RESULTADO	MEZCLA II				Unidad
	CP+A				
	MUESTRA				
M-1	M-2	M-3			
DESCRIPCION					
Volumen Inicial (Vi)	4500.00	4500.00	4500.00		cm3
Volumen Final (Vf)	7052.90	7051.10	7052.10		cm3
Diametro superior de la briqueta	17.26	17.26	17.26		cm
Diametro inferior de la briqueta	17.00	17.00	17.00		cm
Promedio de diametro	17.13	17.13	17.13		cm
Altura de briqueta	13.40	13.40	13.40		cm
Vol. De la briqueta sin espacios vacios (Vc) = Vf-Vi	2552.90	2551.10	2552.10		cm3
Vol. De la briqueta con espacios vacios (Vt) = $((\pi \cdot D^2) \cdot h) / 4$	3088.23	3088.23	3088.23		cm3
% de vacios = $((Vt - Vc) \cdot 100) / Vt$	17.33	17.39	17.36		%
Contenido de vacio promedio (U)	17.36				%


 PEGGY NESSE VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



CONTENIDO DE VACIO EN ESTADO ENDURECIDO ASTM C1688, NTP 339.046



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE 2018 - MARZO 2019

RESULTADO	MEZCLA III				Unidad
	CP +A+ FP(3kg)				
	DESCRIPCION	MUESTRA			
M-1		M-2	M-3		
Volumen Inicial (Vi)	4500.00	4500.00	4500.00	cm ³	
Volumen Final (Vf)	7069.00	7078.30	7068.50	cm ³	
Diametro superior de la briqueta	17.26	17.26	17.26	cm	
Diametro inferior de la briqueta	17.00	17.00	17.00	cm	
Promedio de diametro	17.13	17.13	17.13	cm	
Altura de briqueta	13.40	13.40	13.40	cm	
Vol. De la briqueta sin espacios vacios (Vc) = Vf-Vi	2569.00	2578.30	2568.50	cm ³	
Vol. De la briqueta con espacios vacios (Vt) = $((\pi * D^2) * h) / 4$	3088.23	3088.23	3088.23	cm ³	
% de vacios = $((Vt - Vc) * 100) / Vt$	16.81	16.51	16.83	%	
Contenido de vacio promedio (U)	16.72			%	

RESULTADO	MEZCLA IV				Unidad
	CP+A+ FP(6kg)				
	DESCRIPCION	MUESTRA			
M-1		M-2	M-3		
Volumen Inicial (Vi)	4500.00	4500.00	4500.00	cm ³	
Volumen Final (Vf)	7072.50	7073.00	7073.58	cm ³	
Diametro superior de la briqueta	17.26	17.26	17.26	cm	
Diametro inferior de la briqueta	17.00	17.00	17.00	cm	
Promedio de diametro	17.13	17.13	17.13	cm	
Altura de briqueta	13.40	13.40	13.40	cm	
Vol. De la briqueta sin espacios vacios (Vc) = Vf-Vi	2572.50	2573.00	2573.58	cm ³	
Vol. De la briqueta con espacios vacios (Vt) = $((\pi * D^2) * h) / 4$	3088.23	3088.23	3088.23	cm ³	
% de vacios = $((Vt - Vc) * 100) / Vt$	16.70	16.68	16.66	%	
Contenido de vacio promedio (U)	16.68			%	



PEGGY NIEVES VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



CONTENIDO DE VACIO EN ESTADO ENDURECIDO
ASTM C1688, NTP 339.046



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE 2018 - MARZO 2019

RESULTADO	MEZCLA V			
	CP + A + FP (9kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1	M-2	M-3	
Volumen Inicial (Vi)	4500.00	4500.00	4500.00	cm ³
Volumen Final (Vf)	7074.80	7074.50	7074.90	cm ³
Diametro superior de la briqueta	17.26	17.26	17.26	cm
Diametro inferior de la briqueta	17.00	17.00	17.00	cm
Promedio de diametro	17.13	17.13	17.13	cm
Altura de briqueta	13.40	13.40	13.40	cm
Vol. De la briqueta sin espacios vacios (Vc) = Vf-Vi	2574.80	2574.50	2574.90	cm ³
Vol. De la briqueta con espacios vacios (Vt) = $((\pi \cdot D^2) \cdot h) / 4$	3088.23	3088.23	3088.23	cm ³
% de vacios = $((Vt - Vc) \cdot 100) / Vt$	16.63	16.64	16.62	%
Contenido de vacio promedio (U)	16.63			%



PEGGY NESE VALERIO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 181922



COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD ACI 522R 10



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F' C SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	PERMEABILIDAD - MEZCLA I			
	CONCRETO PATRON (CP)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#16)	M-2 (B#17)	M-3 (B#18)	
Tiempo de demora en pasar de h1 a h2 (t)	104.35	102.33	104.67	s
Area de la muestra (a)	81.07	81.07	81.07	cm ²
Area de la tuberia de carga (A)	81.07	81.07	81.07	cm ²
Longitud de muestra (L)	15.00	15.00	15.00	cm
Altura de columna de agua nivel de referencia (h1)	30.00	30.00	30.00	cm
Altura de tuberia de salida, nivel de referencia(h2)	1.00	1.00	1.00	cm
Permeabilidad ($K = (L/t) * (a/A) * \ln(h1/h2)$)	0.489	0.499	0.487	cm/s
Coefficiente de permeabilidad promedio (K)	0.492			cm/s

RESULTADO	PERMEABILIDAD - MEZCLA II			
	CP+A			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#19)	M-2 (B#20)	M-3 (B#21)	
Tiempo de demora en pasar de h1 a h2 (t)	106.34	107.67	108.34	s
Area de la muestra (a)	81.073	81.073	81.073	cm ²
Area de la tuberia de carga (A)	81.073	81.073	81.073	cm ²
Longitud de muestra (L)	15.00.	15.00	15.00	cm
Altura de columna de agua nivel de referencia (h1)	30.00	30.00	30.00	cm
Altura de tuberia de salida, nivel de referencia(h2)	1.00	1.00	1.00	cm
Permeabilidad ($K = (L/t) * (a/A) * \ln(h1/h2)$)	0.480	0.474	0.471	cm/s
Coefficiente de permeabilidad promedio (K)	0.475			cm/s



PEGGY NESSET VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 181922



COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD ACI 522R 10



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	PERMEABILIDAD - MEZCLA III			
	CP +A+ FP(3kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#15)	M-2 (B#18)	M-3 (B#19)	
Tiempo de demora en pasar de h1 a h2 (t)	127.33	128.67	130.00	s
Area de la muestra (a)	81.073	81.073	81.073	cm ²
Area de la tubería de carga (A)	81.073	81.073	81.073	cm ²
Longitud de muestra (L)	15.00	15.00	15.00	cm
Altura de columna de agua nivel de referencia (h1)	30.00	30.00	30.00	cm
Altura de tubería de salida, nivel de referencia(h2)	1.00	1.00	1.00	cm
Permeabilidad ($K= (L/t)*(a/A)*Ln(h1/h2)$)	0.401	0.397	0.392	cm/s
Coefficiente de permeabilidad promedio (K)	0.397			cm/s

RESULTADO	PERMEABILIDAD - MEZCLA IV			
	CP+A+ FP(6kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#11)	M-2 (B#21)	M-3 (B#22)	
Tiempo de demora en pasar de h1 a h2 (t)	131.60	131.15	131.56	s
Area de la muestra (a)	81.07	81.07	81.07	cm ²
Area de la tubería de carga (A)	81.07	81.07	81.07	cm ²
Longitud de muestra (L)	15.00	15.00	15.00	cm
Altura de columna de agua nivel de referencia (h1)	30.00	30.00	30.00	cm
Altura de tubería de salida, nivel de referencia(h2)	1.00	1.00	1.00	cm
Permeabilidad ($K= (L/t)*(a/A)*Ln(h1/h2)$)	0.388	0.389	0.388	cm/s
Coefficiente de permeabilidad promedio (K)	0.388			cm/s

PEGGY NESEI VALERIO HINOSTROZA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.T.P. 181922



COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD ACI 522R 10



TESIS	FABRICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE $f'c=210$ kg/cm ² A MAS DE 4000 MSNM UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA® FIBER FORCE PP-48 EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO - 2018		
TESISTA:	ATENCIO SANTIAGO Grisel	ASESOR:	Arq. RAMIREZ MEDRANO, Jose German
F'c SUPUESTO :	210kg/cm ² .	FECHA:	OCTUBRE - MARZO

RESULTADO	PERMEABILIDAD - MEZCLA V			
	CP + A + FP (9kg)			
DESCRIPCION	MUESTRA			Unidad
	M-1 (B#10)	M-2 (B#14)	M-3 (B#20)	
Tiempo de demora en pasar de h1 a h2 (t)	134.67	134.33	134.67	s
Area de la muestra (a)	81.07	81.07	81.07	cm ²
Area de la tuberia de carga (A)	81.07	81.07	81.07	cm ²
Longitud de muestra (L)	15.00	15.00	15.00	cm
Altura de columna de agua nivel de referencia (h1)	30.00	30.00	30.00	cm
Altura de tuberia de salida, nivel de referencia(h2)	1.00	1.00	1.00	cm
Permeabilidad ($K= (L/t)*(a/A)*Ln(h1/h2)$)	0.379	0.380	0.379	cm/s
Coeficiente de permeabilidad promedio (K)	0.379			cm/s



PEGGY NEZA ALEJO HINOSTROZA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.P.R. 181922

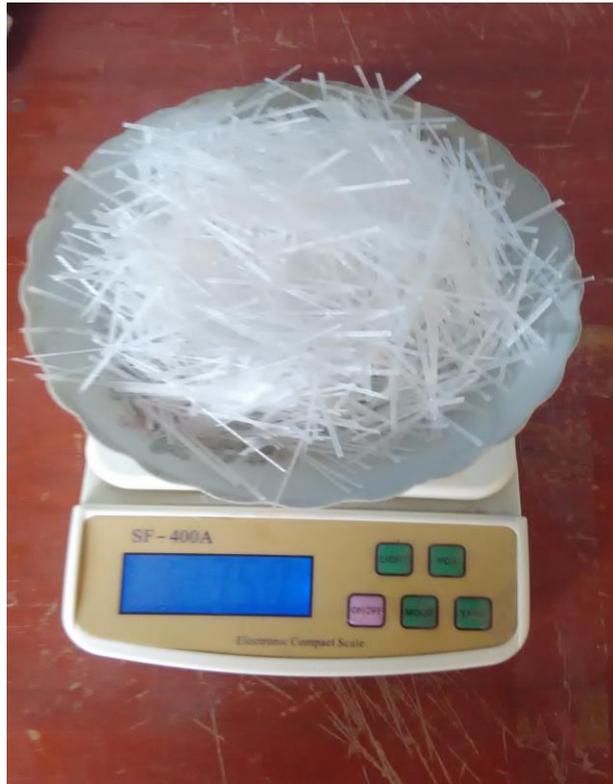
PANEL FOTOGRAFICO



En la vista, se observa la visita a la cantera Cochamarca para la obtención de Agregado Grueso y Agregado Fino para el trabajo de investigación.



En la vista, una vez diseñada la mezcla se procedió a pesar los materiales para la elaboración del concreto.



En la vista, peso de las fibras de polipropileno Sika Fiber Force PP-48, para la elaboración del concreto permeable.



En la vista, una vez diseñada la mezcla se procedió a dosificar los materiales en las cantidades correspondientes.



En la vista, colocación del material a la mezcladora.



En la vista, adición del aditivo PLASTIMNET a la mezcla.



En la vista , concreto permeable antes de la colocacion a las probetas.



En la vista, concreto permeable en estado endurecido.



En la vista, se presentan las probetas cilíndricas de 6"x12", listas para ser curadas en la poza.



En la vista, se desarrolla el ensayo de compresión axial de las probetas cilíndricas.



En la vista, se observa el respectivo curado que se realizo a las probetas de concreto permeable.



En la vista, se observa las probetas de 10 cm x 15 cm, para el ensayo de permeabilidad y contenido de vacíos.



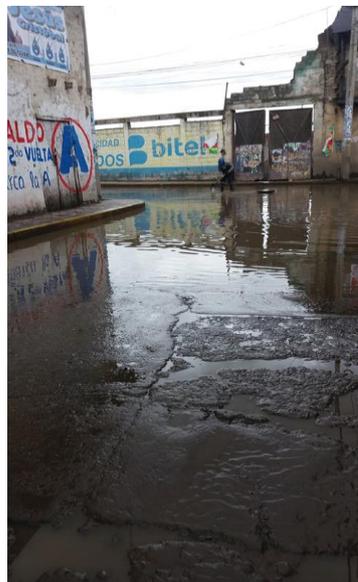
En la vista, equipo de permeabilidad.



En la vista, realizando el ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad.



En la vista, realizando el ensayo de Permeabilidad, con el respectivo control del tiempo (cronometro).



En la vista, inundacion de las calles en la ciudad de Cerro de Pasco.