

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Hanco Ramos, Melissa Lindeys

ASESOR: Torres Ponce, Carlos Antonio

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71541018

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22407564

Grado/Título: Magister en gestión publica

Código ORCID: 0000-0001-9026-0647

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001- 7920-1304
2	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003- 2705-4300
3	Choquevilca Chinguel, Josue	Ingeniero civil	22486989	0000-0002- 1663-3262



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:30 horas del día **lunes 22 de abril de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--|--------------|
| ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA | - SECRETARIA |
| ❖ ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL | - VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0810-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO – 2022", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Melissa Lindeys HANCCO RAMOS, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobada* por *unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *1.5* y cualitativo de *bueno* (Art. 47).

Siendo las *15:40* horas del día 22 del mes de abril del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente


MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300
Secretaria


MG. ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL
DNI: 22486989
ORCID: 0000-0002-1663-3262
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Carlos Antonio TORRES PONCE, asesor del PA de Ingeniería Civil y designado mediante Resolución N° 392-2024-D-FI-UDH de la Bach. Melissa Lindeys HANCCO RAMOS de la investigación titulada “EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO – 2022”.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 21% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 24 de abril del 2024

TORRES PONCE, Carlos Antonio
DNI N° 22407564
Código Orcid N° 0001-9026-0647



“EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO – 2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	6 %	8 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	6 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %
3	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	vsip.info Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Mg. TORRES PONCE Carlos Antonio
DNI: 22407564
ORCID: 0001-9026-0647
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Adela y Felipe, quienes inculcaron en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y perseverancia.

A mis hermanas por su apoyo absoluto, durante cada etapa de mi vida.

A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios el Rey y Señor de mi vida, porque él es bueno y su gran amor perdura para siempre.

Al Dr. Carlos Antonio TORRES PONCE por disponer de su tiempo para el asesoramiento y encaminarme en los objetivos en esta investigación

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	20
2.2. BASES TEÓRICAS	20
2.2.1. FIRMES PERMEABLES	20
2.2.2. PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO POROSO	23

2.2.3. INFILTRÓMETRO CANTÁBRICO FIJO (ICF)	24
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	25
2.4. HIPÓTESIS	26
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	26
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	26
2.5. VARIABLES	26
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	26
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	26
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
CAPÍTULO III	28
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.1.1. ENFOQUE	28
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	28
3.1.3. DISEÑO	28
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	29
3.2.1. POBLACIÓN	29
3.2.2. MUESTRA	29
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	34
CAPÍTULO IV	35
RESULTADOS	35
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	35
4.1.1. DISEÑOS DE LOS CONCRETOS POROSOS	35
4.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS POROSOS	47
4.1.3. CURVAS IDF	49
4.1.4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE INFILTRACIÓN	53
4.1.5. RESULTADOS INFERENCIALES	56

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	73
4.2.1. CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECIFICA	73
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA	74
4.2.3. CONTRASTACIÓN DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECIFICA	74
4.2.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.....	75
CAPÍTULO V.....	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
5.1. DE LOS ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	27
Tabla 2 Etapas o fases de replicación de ICF	30
Tabla 3 Instrumentos de medición	33
Tabla 4 Análisis granulométrico del agregado grueso TMN: $\frac{3}{4}$ "	35
Tabla 5 Peso unitario suelto agregado grueso	36
Tabla 6 Peso unitario compactado agregado grueso.....	37
Tabla 7 Contenido de humedad Agregado Grueso TMN $\frac{3}{4}$ "	37
Tabla 8 Absorción del agregado grueso TMN $\frac{3}{4}$ "	37
Tabla 9 Ensayo de peso específico del agregado grueso- NTP 400.021	38
Tabla 10 Análisis de la granulométrico - agregado fino	38
Tabla 11 Peso unitario suelto agregado fino.....	39
Tabla 12 Peso unitario seco compacto del agregado fino - NTP 400.017 ...	39
Tabla 13 Ensayo de humedad del agregado grueso - NTP 339.185	40
Tabla 14 Ensayo de absorción del agregado fino - NTP 400.022.....	40
Tabla 15 Ensayo de peso específico del agregado fino.....	40
Tabla 16 Características de los componentes de la mezcla	41
Tabla 17 Ecuaciones para el diseño de mezcla.....	43
Tabla 18 Coeficiente b/b_0	44
Tabla 19 Volumen y masa de los componentes del diseño de mezcla N°1.	44
Tabla 20 Características de los componentes de la mezcla N°2	45
Tabla 21 Volumen y masa de los componentes del diseño de mezcla N°2.	46
Tabla 22 RC de ambos diseños de mezcla	47
Tabla 23 Datos de la estación Huánuco	49
Tabla 24 Datos de la distribución de Gumbel	50
Tabla 25 Datos IDF.....	51
Tabla 26 C_{IR} de la Probeta N°1 sin colmatación	53
Tabla 27 C_{IR} de la Probeta N°1 con colmatación	53
Tabla 28 C_{IR} de la Probeta N°2 sin colmatación	54
Tabla 29 C_{IR} de la Probeta N°2 con colmatación.....	54
Tabla 30 Estadísticos descriptivos	57
Tabla 31 Prueba de normalidad.....	57
Tabla 32 Prueba de Mann-Whitney	58

Tabla 33 Estadísticos descriptivos R_R	58
Tabla 34 Prueba de normalidad.....	58
Tabla 35 prueba t de Student para R_R	59
Tabla 36 Estadísticos descriptivos C_{IR} vs Pendiente	59
Tabla 37 Prueba de normalidad C_{IR} VS Pendiente	60
Tabla 38 prueba Kruskal Wallis (Pendiente)	60
Tabla 39 Análisis de varianza	61
Tabla 40 Análisis de coeficientes.....	61
Tabla 41 Análisis de varianza	63
Tabla 42 Análisis de coeficientes.....	63
Tabla 43 Análisis de varianza	65
Tabla 44 Análisis de coeficientes.....	65
Tabla 45 Análisis de varianza	67
Tabla 46 Análisis de coeficientes.....	67
Tabla 47 Estadísticos descriptivos R_R vs Pendiente	69
Tabla 48 Prueba de normalidad.....	69
Tabla 49 prueba ANOVA para un solo factor (Pendiente)	70
Tabla 50 Prueba Pos Hoc de Tukey	70
Tabla 51 Estadísticos descriptivos de C_{IR} vs escenario de colmatación	71
Tabla 52 Prueba de normalidad C_{IR} vs escenario de colmatación.....	71
Tabla 53 Prueba de Mann-Whitney C_{IR} vs escenario de colmatación	72
Tabla 54 Estadísticos descriptivos de R_R vs escenario de colmatación.....	72
Tabla 55 Prueba de normalidad R_R vs escenario de colmatación	72
Tabla 56 Prueba de Mann-Whitney R_R vs escenario de colmatación	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección de firme permeable	22
Figura 2 Componentes del infiltrómetro Cantábrico Fijo (ICF)	25
Figura 3 Modelo analítico del diseño experimental	28
Figura 4 Grafico de granulometría	36
Figura 5 Gráfico de granulometría AF.....	41
Figura 6 Graficas para el análisis del % de vacíos	42
Figura 7 Construcción de probetas diseño N° 1 (Sin AF)	45
Figura 8 Construcción de probetas diseño N° 2 (Con AF)	47
Figura 9 RC de ambos diseños de mezcla a diferentes edades	48
Figura 10 Porcentaje de RC en función a la RC de diseño.....	48
Figura 11 Curvas IDF.....	52
Figura 12 Infiltración y escorrentía vs distancia y pendiente.....	55
Figura 13 Tasa de infiltración de las probetas	56
Figura 14 Gráfica de superficie CIR vs RSL, SS P1 sin Colmatar	62
Figura 15 Gráfica de contorno CIR vs RSL, SS P1 sin Colmatar.....	62
Figura 16 Gráfica de superficie CIR vs RSL, SS P1 Colmatado	64
Figura 17 Gráfica de contorno CIR vs RSL, SS P1 Colmatado	64
Figura 18 Gráfica de superficie CIR vs RSL, SS P2 sin Colmatar	66
Figura 19 Gráfica de contorno CIR vs RSL, SS P2 sin Colmatar.....	66
Figura 20 Gráfica de superficie CIR vs RSL, SS P2 Colmatado	68
Figura 21 Gráfica de contorno CIR vs RSL, SS P2 Colmatado	68

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022. Para ello en primer lugar se elaboró probetas de concreto permeable basados en dos diseño de mezcla con porcentajes de 0 y 20% de agregado fino (AF), luego estas probetas formaron parte de un firme permeable que consideraba una sub base y malla permeable, para realizar las pruebas de infiltración se construyó una réplica del infiltrómetro cantábrico Fijo (ICF), que considero la simulación de la escorrentía superficial y lluvia con intensidades de lluvia iguales a 78.33 mm/h equivalente a 0.3 l/min y con una duración de 10 minutos y una periodo de retorno de 50 años. Este infiltrómetro permitió también evaluar el efecto de la pendiente y la distancia de infiltración en la tasa de infiltración y escorrentía. Los resultados muestran que las condiciones como colmatación y la pendiente (p valor = 0.00 menor que la significancia de 0.05) tienen efecto en la tasa de infiltración y escorrentía, de manera que a medida que aumenta la pendiente aumenta la escorrentía residual y disminuye la tasa de infiltración, asimismo en cuanto a resistencia se evidencio que la resistencia a la compresión es mayor en probetas con AF. Por lo expuesto se concluye que los firmes permeables tienen potencial como sistemas de drenaje urbano sostenible (SDUS), sin embargo, se deben realizar estudios más exhaustivos y en campo para validar la información proporcionado en este estudio.

Palabras clave: infiltrómetro Cantábrico fijo, firme permeable, concreto poroso, escorrentía superficial, tasa de infiltración

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of operating conditions on the infiltration capacity of permeable pavements produced with materials from the Yanag quarry, Huánuco - 2022. For this purpose, first, permeable concrete specimens were prepared based on two mix designs with percentages of 0 and 20% of fine aggregate (FA), then these specimens were part of a permeable pavement that considered a sub base and permeable mesh. To perform the infiltration tests, a replica of the Cantabrian Fixed Infiltrometer (ICF) was built, which considered the simulation of surface runoff and rainfall with rainfall intensities equal to 78.33 mm/h equivalent to 0.3l/min and with a duration of 10 minutes and a return period of 50 years. This infiltration meter also made it possible to evaluate the effect of slope and infiltration distance on infiltration and runoff rates. The results show that conditions such as clogging and slope (p value = 0.00 less than the significance of 0.05) have an effect on the infiltration and runoff rate, so that as the slope increases the residual runoff increases and the infiltration rate decreases, also in terms of strength it was found that the compressive strength is higher in test tubes with PA. Therefore, it is concluded that permeable pavements have potential as sustainable urban drainage systems (SDUS); however, more exhaustive and field studies should be carried out to validate the information provided in this study.

Keywords: fixed Cantabrian infiltration meter, permeable pavement, porous concrete, surface runoff, infiltration rate.

INTRODUCCIÓN

La impermeabilización progresiva de zonas urbanas, debido al elevado crecimiento demográfico, y la falta de una gestión hídrica adecuada ha contribuido a la generación de escorrentía producto de precipitaciones intensas, generando inundaciones en muchas ciudades importantes del mundo. En la ciudad de Huánuco la situación no es diferente pues, esta ciudad está sometida a periodos largos de precipitación intensa y en donde diversas zonas han sufrido del colapso de su sistema de alcantarillado; provocando inundaciones y daños a la infraestructura local. En los últimos años los sistemas de drenaje urbano han cobrado importancia debido a sus beneficios en la regulación hídrica, favoreciendo en gran medida a reducir las inundaciones, muchos de estos sistemas están conformados por concretos permeables o disposiciones de concreto impermeable con juntas permeables, de base o súbase para la infiltración o de distintos arreglos que le confieren aplicabilidad diversa. Para la adecuada aplicación de este tipo de estructuras se deben considerar las condiciones de funcionamiento como la pendiente y el estado de colmatación de firme permeable, es por ello que esta investigación busca determinar el efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022, con el fin de evaluar su aplicabilidad en la mitigación de inundaciones de la ciudad de Huánuco.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según Castro (2013), desde el ciclo pasado la esfera global ha sufrido una creciente migración de la población de zonas rurales hacia las urbanas, trayendo como efecto el crecimiento poblacional en las ciudades y el incremento de la impermeabilidad de su superficie; alterando seriamente los sistemas de drenaje de origen natural. Asociado a esta impermeabilización se encuentra la contaminación del agua de lluvia como esorrentía, poniendo en riesgo el ecosistema acuático de aguas superficiales debido a la liberación de contaminantes producto de la recepción de aguas negras o grises en los sistemas de alcantarillado (Wang y Heng, 2018).

América del Sur es víctima constante de los fenómenos del Niño y Niña, los cuales se han visto intensificados en las últimas décadas, debido probablemente al cambio climático. El impacto ocasionado por estos fenómenos en cada región del continente es diverso y la forma en como los gobiernos gestionan los riesgos ocasionados también es diversa, sin embargo, de todas las actividades realizadas para gestión hídrica la menos atendida es la del drenaje superficial y subsuperficial (Fernández y Buss, 2016).

En la ciudad de Huánuco se tiene una precipitación media anual de 388mm (Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología [SENAHMI], 2024) la cual se caracteriza por tener 03 fases periódicas: la de intensidad alta se presenta entre los meses de octubre a marzo, la intensidad media de abril a setiembre y la baja, en los meses de mayo a agosto (Salazar, 2018), estas condiciones promueven una gran cantidad de acumulación de agua en las zonas urbanas de la ciudad, sin embargo, la capacidad de infiltración de las estructuras existentes ha generado problemas de inundaciones en diferentes sectores de la misma. Una solución eficaz para mejorar la eficiencia del drenaje en los centros urbanos es el uso a gran escala de sistemas de drenaje

urbano sostenibles (SDUS). Los SDUS son un control de fuente de escorrentía de aguas pluviales mediante el uso de infiltración y almacenamiento in situ para reducir la descarga de escorrentía y también reduce significativamente la descarga de contaminantes de escorrentía (Antunes et al., 2020).

Los firmes permeables forman parte de un sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS). Están constituidos por capas que facilitan el paso del agua en toda su estructura interna, desde lo superficial hasta la explanada, y todo ello presenta una capacidad portante para resistir el tráfico de demanda (Rodríguez, 2008). Sin embargo, para garantizar la sostenibilidad y aplicación de estas estructuras es necesario conocer la capacidad de absorción del agua (infiltración) y de escorrentía superficial en condiciones reales de operación ya sea a escala laboratorio o en campo. Para ello se realizan ensayos de permeabilidad saturados e insaturados de baja carga constante, con el fin de caracterizar en detalle el rendimiento de infiltración de materiales del firme durante eventos de tormenta y predecir su comportamiento de infiltración en el tiempo (Andrés et al., 2018). Para medir esta capacidad de infiltración insitu o en laboratorio se han utilizado muchos dispositivos distintos, en este estudio se desarrolló del Infiltrómetro Cantábrico Fijo (ICF) que permite evaluar la incidencia de la inclinación del firme y las situaciones de taponamiento o colmatación en la capacidad de infiltración de la estructura permeable compuesta de concreto poroso (Rodríguez et al., 2005)

Por toda la problemática expuesta líneas arriba, se propuso determinar el efecto de las condiciones de funcionamiento de la capacidad de infiltración de firmes permeables elaborados con materiales de la cantera de Yanag en la ciudad de Huánuco-2022.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

P1: ¿De qué manera el tipo de pavimento permeable influye en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022?

P2: ¿De qué manera la pendiente de la superficie influye en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022?

P3: ¿De qué manera el estado de colmatación del pavimento permeable influye en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O1: Determinar la influencia que tiene el pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

O2: Determinar la influencia que tienen la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial del firme permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

O3: Determinar la influencia que tiene el estado de colmatación del pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación busca contribuir en determinar la influencia que tiene el pavimento permeable fabricado con materiales de cantera de Yanag, Huánuco-2022, en la tasa de infiltración.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El firme permeable producido con material de Yanag, permitirá aportar como antecedente para los futuros estudios de la misma línea de investigación, también fomentará la empleabilidad para pavimentos en parques, zonas de estacionamiento, calles, etc., al existir estudios que respaldan las ventajas de drenaje pluviales en zonas urbanas.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El presente estudio de la determinación de la capacidad y tasa de infiltración del firme permeable elaborado con la cantera de Yanag, se regirá acorde a las normativas y reglamentos para la fabricación del concreto, y para contrastar la hipótesis que se propusieron ser usaran los métodos estadísticos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se pudieron encontrar a lo largo de todo el desarrollo de estudio, son los siguientes:

- La evaluación de los parámetros del firme permeable solo se realizará en un momento dado, más no hasta que se produzca el proceso de colmatación ya que este efecto podría durar años, y requiere de un monitoreo constante.
- La observación y medición de esta investigación solo es a escala de laboratorio, más no en un entorno real, por la cuestión económica, ya que replicarlo y poner en uso para estudiar los efectos, requiere de muestras de superficies más extensas.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de esta investigación es viable por las razones que se enumeran a continuación:

- Se dispone con los conocimientos sólidos que permitirán seguir con todo el proceso de investigación de manera sistemática.
- Se cuenta con las instalaciones y la asesoría constante de parte de la Universidad de Huánuco
- Se dispone de la economía para solventar los gastos de: fabricación del firme permeable, laboratorio y viáticos asociados a la presente investigación.
- En todo el proceso de investigación se mantendrá los criterios éticos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cabezón Jiménez, (2020), en su trabajo final de grado titulado “estudio de la capacidad de infiltración de pavimentos permeables”, tuvo como objetivo validar una técnica de campo que permita ensayar la capacidad de infiltración en diversos tipos de superficies y a lo largo del tiempo, cuantificando y caracterizando los problemas de colmatación para así poder establecer recomendaciones precisas de mantenimiento. Para ello se propuso como metodología de ensayo el infiltrómetro cantábrico portátil mejorado, esta mejora implica conocer el caudal que salían de los goteros que simulaban la precipitación mejorar el control de fugas. Los resultados demostraron que la capacidad de infiltración se relaciona con la colmatación del concreto poroso, y esta colmatación está relacionada con la zona en donde se realiza la mediación en el concreto, esto debido a diferencias en la colmatación por zonas. Se concluye de este modo que los firmes permeables a base de concreto poroso o permeable son ideales para la infiltración del agua, siempre y cuando cuenten con un mantenimiento adecuado y su uso se limite a una carga ligera.

Navez, et al, (2020); en su estudio titulado “Desarrollo y calibración de un nuevo simulador de lluvia basado en goteros para estudios de lavado de sedimentos a gran escala”, destaca la importancia de los simuladores de lluvia en los ensayos de drenaje urbano o firmes permeables. Por lo que tuvo como objetivo desarrollar un nuevo simulador de lluvia que considere variables como la intensidad de la lluvia, tamaño de las gotas, uniformidad espacial de las gotas. Para ello se implementó una malla entre los goteros y la superficie que permitiera una alta uniformidad espacial de lluvia y una distribución realista del

tamaño y velocidades de las gotas. Se realizó un proceso de calibración y validación con datos reales de lluvia. Los resultados demuestran que al considerar el control de parámetros de lluvia se puede mejorar las simulaciones y ensayos para la infiltración de en pavimentos y formes permeables, incluso en cualquier tipo de superficie. Asimismo, se evidencio que el simulador logro una uniformidad impresionante para tres intensidades de lluvia diferentes, 30, 50 y 80 mm/h, cubriendo una gran superficie de unos 36 m².

Sañudo (2014), en su tesis doctoral denominado: “Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerados porosos para el control en origen de inundaciones”, tiene como objetivo el estudio detallado de la infiltración del agua de lluvia a través de los firmes permeables. Concluyendo, que la pendiente de la superficie permeable es significativamente alta en relación con las tasas de infiltración, y que el decaimiento de dicha tasa es de 65% en caso de adoquines para pendientes superiores de 3%; y del 10 al 15% es el decaimiento para pendientes de 7 a 8% en caso de los aglomerados poroso. La pendiente de las superficies permeables influye más significativamente que la colmatación en la generación de escorrentía superficial, esto en todos los tipos de superficie del aglomerado poroso.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Ascon y Burga (2022), en su trabajo de grado titulado “Pavimentos permeables como alternativa para la atenuación de impactos meteorológicos en el entorno urbano de la ciudad de Trujillo, 2022”; tuvo como objetivo analizar la influencia de los pavimentos permeables en la atenuación de los impactos meteorológicos de la referida ciudad. Para ello en primer lugar se determinó las características mecánicas e hidráulicas del concreto poroso, según la NTP y Norma ACI; para luego establecer el diseño estructural del pavimento rígido permeable y determinar cómo este concreto puede mitigar impactos meteorológicos de la ciudad de Trujillo. Se observo que, de los tres tipos de diseños, el

diseño con mayor porcentaje de vacíos obtuvo la mayor resistencia, llegando en promedio a 315 Kg/cm², superando el mínimo requerido de 280 Kg/cm² del manual de Suelos y Pavimentos del MTC. Por otro lado, en cuanto a la permeabilidad se reportó que a medida que para los diseño con mayor contenido de vacíos disminuía la permeabilidad de 119.84 hasta 15.99 mm/m. Se observó también la aplicación de pavimentos permeables en la ciudad de Trujillo permite drenar completamente intensidades de lluvia de 8.40 mm/h. con una duración de 24 horas y un periodo de retorno de 30 años, sin embargo, solo se recomienda trabajar con el tercer diseño pues este cumple con las especificaciones de resistencia estipuladas en la norma.

El autor Gómez y Monca (2020), investiga en la tesis: “Determinación de parámetros hidráulicos en pavimentos permeables de adoquines entrelazados de concreto. caso de aplicación: centro histórico de la ciudad de Arequipa”, el cual tuvo como objetivo relacionar y cuantificar la pendiente de la superficie del pavimento con la capacidad de infiltración del pavimento permeable, Concluyéndose que del 2% a 3% de pendientes superficiales (SP) incrementan en 10% la tasa de infiltración a comparación de un pavimento convencional. Ahora, con SP mayor a 5% la tasa de infiltración disminuye en un 80%, incrementándose la escorrentía en la superficie.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

No existe antecedentes locales, sobre la temática en cuestión.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FIRMES PERMEABLES

Rodríguez (2008) define son estructuras compuestas por capas que permiten el acceso libre del flujo de agua, en conjunto tienen una capacidad portante suficiente para soportar el tráfico de demanda. De forma complementaria Fernández (2016) añade que el agua de paso

ayuda a contar con un almacenamiento temporal, o hacia la evacuación a un sistema de drenajes.

Cabe hacer mención que el pavimento es el conjunto de capas superiores que comprende la superficie y la base, también están constituidas por las capas que son inferiores que se encuentran sobre la explanada (Sañudo, 2014).

➤ **Funciones**

Las firmes tienen funciones específicas que cumplir según Sañudo (2014), estos son:

- Tener la capacidad de reducir las intensas escorrentías superficiales
- Poder reducir los contaminantes en la escorrentía por medio de procedimiento de filtrado
- Debe aportar funcionalidad para el tránsito de personas, animales como vehículos.
- Hay una aplicación de los firmes permeables desde el enfoque paisajístico.

➤ **Estructura**

La conformación de un firme permeable, lo constituye la interconexión de un conjunto de capas.

Pavimento permeable. Está formado por las capas de superficie permeable y base, para captar las aguas superficiales hasta las partes bajas; otra es que otorga un acabado estético, y la transferencia de carga.

Base: Es la capa que está formado normalmente por agregados de 4 a 6mm, su utilidad radica en la absorción de las cargas y la transferencia hacia las zonas de la sub base y demás.

Sub-base: Este podría estar en contacto directo con el terreno natural y este puede filtrar el agua acopiada por la capa permeable, permitiendo la recarga de la capa freática. Su composición comúnmente es de árido o plástico con porosidades de 30 al 40%, con volumen de espaciamientos al 90%.

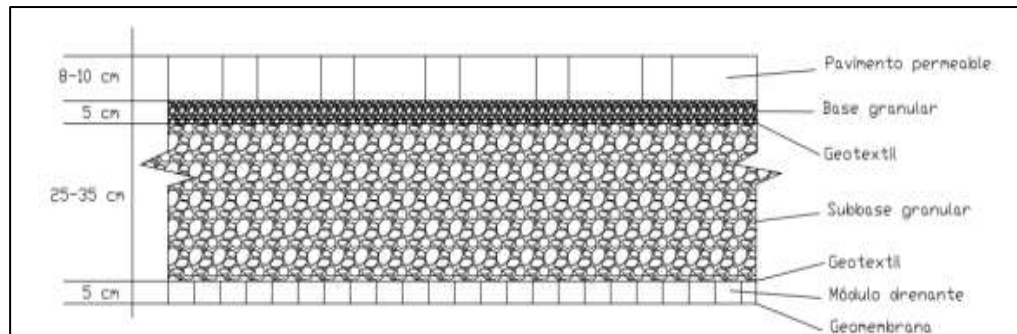
Explanda: Es la superficie en donde se apoyará el firme permeable, y el grado de su calidad determinará el diseño en función a resistencia de cargas.

Existe algunos elementos adicionales que ayudan a poder adquirir aplicaciones particulares, como:

Geosintético: Está formado por un geotextil entre la base y sub base que actúa como filtrante del agua y de los sedimentos, así también depura los contaminantes del agua que se infiltra por las capas.

Figura 1

Sección de firme permeable



Nota: Tomado de Rodríguez (2008)

➤ Clasificación

Los criterios de agrupación de los firmes permeables que más se utilizan es el que corresponde al pavimento y el destino final del agua que se infiltra. Según Pratt (2003) los pavimentos se clasifican en:

- Superficies porosas. Cuando la infiltración se desarrolla en toda la extensión de contacto con el agua, aquí se encuentran:
- Suelos al aire libre, como o si materiales granulares

- Grava o césped que cuentan con geosintéticos como medio de protección.
- Adoquines o baldosas con porosidad
- Aglomerados porosos como el hormigón o asfalto poroso.

Superficie permeable. Permiten que la infiltración se desarrolle a través de los huecos y ranuras. La clasificación que propone Rodríguez (2008), une los criterios del tipo de superficie permeable con el destino final del agua, como sigue:

Según el pavimento permeable.

❖ Pavimentos permeables discontinuos.

- Césped o grava con refuerzos.
- Adoquines con ranuras.

❖ Pavimentos permeables continuos.

- Mezcla bituminosa porosa.
- Hormigón poroso.

• Según el destino final del agua.

- ❖ Infiltración.
- ❖ Almacenamiento.
- ❖ Drenaje diferido.

2.2.2. PAVIMENTO PERMEABLE DE CONCRETO POROSO

Según el ACI 522R-10 (2010) el concreto poroso presenta slump cero, conformado por la mezcla de cemento portland, agregado grueso, escaso agregado fino, aditivos y agua. Esto generará un material con poros que oscilan de 2 a 8 mm. La cantidad de vacíos debe de estar entre el rango 15 a 35%, el $f'c$ entre 2.8 a 28MPa y la capacidad que se cuenta para la filtración varia de 81 a 730 L/min/pies².

2.2.3. INFILTRÓMETRO CANTÁBRICO FIJO (ICF)

Fue diseñado por Davis et al. (2002), su trabajo consiste en modelar la escorrentía superficial por efectos de precipitaciones a una intensidad específica.

Bastidor con inclinación regulable. Principal de los elementos de apoyo de la estructura del dispositivo de laboratorio, viene a ser el soporte de la estructura del pavimento. Su apoyo será para lograr la modelación de distintas pendientes superficiales.

Soporte superior. Es una estructura metálica posicionada a 50cm sobre la superficie porosa, esta será de soporte al simulador de la precipitación.

Marco de la probeta. Contendrá las 03 capas que constituyen la estructura del pavimento, aquí es donde podría efectuarse algunas modificaciones al ICF.

Estructura de metacrilato periférica. Permite acopiar las gotas de lluvia rebotadas, mitigando de esta manera la disminución del caudal.

Simulador de lluvia directa. Esto ayuda a simular distintas intensidades de lluvia que caen sobre la superficie permeable. Esto está conformado por 05 líneas de goteros, con 75 goteros por cada línea.

Simulador de escorrentía superficial. Para lograr el objetivo se empleará un tubo perforado de 20mm de diámetro, adjunto a la superficie permeable sobre una rampa impermeable.

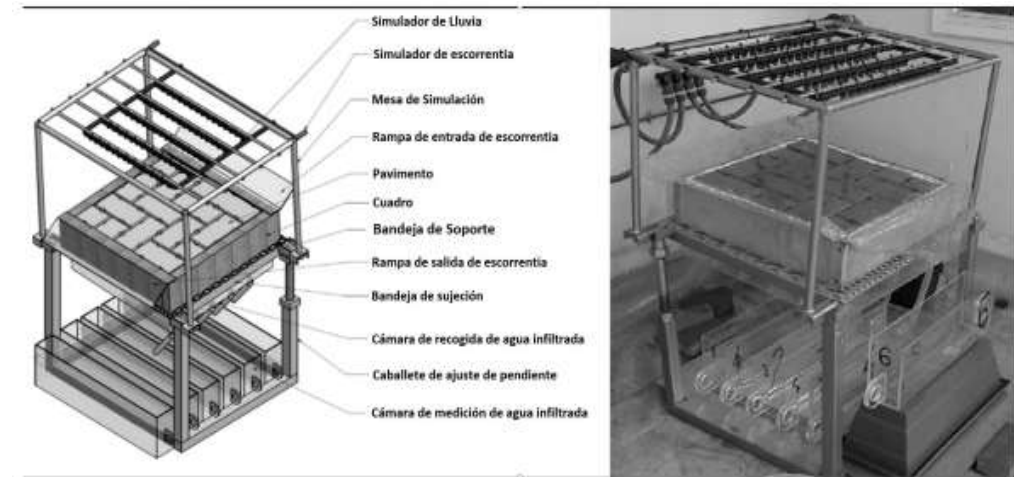
Caudalímetros de control. Su función es controlar los caudales simulados de la lluvia y de escorrentía. El rango de estos dispositivos estará entre 2 a 40 l/h.

Cámaras de recogida del agua del ensayo. A lo largo del ICF se cuentan con 07 cámaras, de las cuales 05 cámaras receptionan el agua infiltrada entre las capas del elemento permeable, otra cámara la

recepción del escurrimiento superficial, y finalmente la otra para la recogida del flujo sub-superficial.

Figura 2

Componentes del infiltrómetro Cantábrico Fijo (ICF)



Nota: Adaptado Castro et al, (2013)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Firme permeable. Son estructuras constituidas por capas que permiten el recorrido del agua a través de su cuerpo, y en su conjunto ofrecen la capacidad suficiente para poder resistir el tráfico de demanda (Rodríguez, 2008).

Hormigón poroso. Presentan contenido de huecos del 15 al 25%. Y el espesor de la capa superficial del pavimento poroso es de 8 a 10cm. (Moretti et al, 2019).

Geotextil. Esta capa sirve de filtro, evitando que los finos puedan atravesar entre los agregados gruesos, en su proceso de instalación se recomienda un traslape de 30 cm como mínimo (Castro, 2011).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las condiciones de funcionamiento tienen efecto en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

H1: Existe influencia del tipo de pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

H2: Existe influencia de la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

H3: Existe influencia del estado de colmatación del pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Capacidad de Infiltración: Capacidad que tiene un firme permeable de infiltrar el agua proveniente de las precipitaciones y escorrentía de zonas impermeables (Sañudo, 2014).

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Condiciones de funcionamiento: Condiciones asociadas a la topografía del terreno, a la colmatación o saturación que producen los sedimentos y al tipo de pavimento permeable (Sañudo Fontaneda, 2014).

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Condiciones de funcionamiento	Condiciones asociadas a la topografía del terreno, a la colmatación o saturación que producen los sedimentos y a la tipología de pavimento permeable (Sañudo, 2014).	Las condiciones de funcionamiento pueden ser determinadas por la inclinación del terreno, el estado de colmatación del pavimento poroso y el tipo de pavimento permeable (concreto poroso y asfalto poroso)	Estructura	Tipo de pavimento permeable	Concreto poroso sin finos Concreto poroso con finos	Categoría nominal
				Pendiente de superficie	0%	Categoría ordinal
					3%	
					5%	
					7%	
Capacidad de infiltración	Capacidad que tiene un firme permeable de infiltrar el agua proveniente de las precipitaciones y escorrentía de zonas impermeables (Sañudo, 2014)	La tasa de infiltración viene a ser el porcentaje de las aguas infiltradas de la acumulación en cada cámara respecto a la cantidad total que se usó en el ensayo; y la escorrentía viene a ser el porcentaje de agua que permaneció en la superficie.	Escenario de colmatación	Estado de colmatación	10%	Categoría
					Colmatado	
					Sin colmatar	
Capacidad de infiltración			Infiltración	Tasa de infiltración	%	Numérica continua
			Escorrentía superficial	Escorrentía residual	%	Numérica continua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Según Hernández-Sampieri, (2018); nos encontramos en estudio de enfoque cuantitativo, debido a que el tratamiento de los datos obtenidos será cuantificada y tratada estadísticamente.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

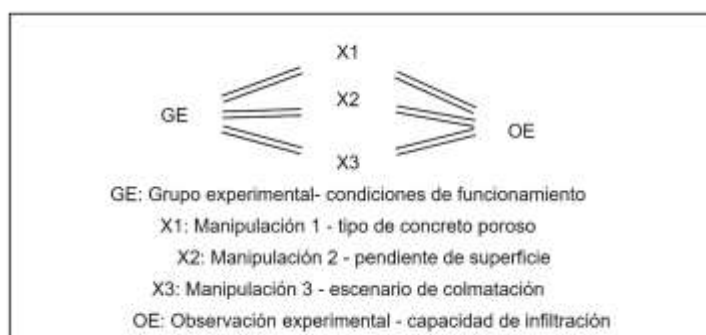
El estudio es de nivel aplicativo debido a que busca contribuir a la solución de un problema, en este caso lo que se busca es la solución a las inundaciones provocadas por la precipitación en la ciudad de Huánuco, mediante la aplicación de un firme permeable de concreto poroso, evaluando a la vez sus condiciones de funcionamiento (Hernández-Sampieri, 2018).

3.1.3. DISEÑO

El diseño de nuestra investigación es experimental, porque existe intervención del investigador sobre los niveles de los factores que se establecen en la variable independiente con el fin de determinar su efecto en la variable dependiente, a continuación, se establece el modelo analítico para la presente investigación.

Figura 3

Modelo analítico del diseño experimental



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población está conformada por 2 firmes permeables (se considera firmes a la base y bloque de hormigón o concreto poroso) que se producirán a nivel laboratorio para los experimentos en el ICF.

3.2.2. MUESTRA

La muestra es un recurso cuando la población es grande o infinita, cuando es inaccesible o cuando es desconocida; sin embargo, en este caso se puede acceder a la población que son 2 probetas, por lo que la muestra es igual a la población de estudio.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica para la recolección de los datos se basa en la observación porque a través de los instrumentos empleados se observará el valor de los resultados que se obtienen de las mediciones de la tasa de infiltración y de la escorrentía residual.

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento que se usara para poder medir las variables dependientes o de respuesta (tasa de infiltración y escorrentía residual) es el que se muestra en el anexo 3 (instrumento de ejecución), así mismo el equipo utilizado es el infiltrómetro Cantábrico Fijo (ICF) el cual fue validado por Sañudo, (2014). En este estudio se replicó dicho equipo y su elaboración consistió en las siguientes fases, según el siguiente cuadro.

Tabla 2

Etapas o fases de replicación de ICF

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
Elaboración de Soporte o Estructura	Esta estructura sirvió como base para la probeta, parte baja, con reguladores de pendientes y donde se ubicaban los sumideros que permitía el paso de la infiltración hacia cavidades. En la parte alta de esta estructura se ubicaron 5 hileras de goteros o aspersores, así como de 2 caudalímetros para la simulación de lluvia y escorrentía.	
Elaboración del simulador de lluvia	Los simuladores de lluvia fueron implementados con tuberías de polipropileno, y con goteros regulables para riego, con un caudal máximo de 70l/h. se establecieron 5 hileras con 15 goteros cada hilera, tal cual lo establece el ICF de Sañudo, (2014).	
Elaboración de la probeta o contenedor del firme permeables	Esta probeta de madera con dimensiones de 50*50 de área y de 20 cm de alto. Sirvió como soporte para el firme permeable, asimismo esta probeta tuvo canaletas que redirigían el agua hacia dentro de la probeta y orientaban la escorrentía superficial al	

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
	contenedor de escorrentía residual.	
Sumidero de infiltración y cavidades para la tasa de infiltración y escorrentía residual	Esta estructura de acrílico permite guiar la infiltración hacia cavidades para recolectar el agua infiltrada y la escorrentía residual. Ambas estructuras se dividieron cada 10 cm para determinar el efecto de la distancia de infiltración en la tasa de infiltración.	
Incorporación de caudalímetros	En esta etapa se instalaron dos caudalímetros uno para regular la intensidad de lluvia, y la escorrentía superficial, con un rango de 0.3 l/min hasta 5 l/min.	
Incorporación de mallas par el firme permeable	Se incorporo una malla tipo Rachel, con el fin de permitir la permeabilidad del agua infiltrada en el concreto y la base.	

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
Incorporación del agregado grueso como base del firme permeable	En esta etapa se incorporó piedra chancada de 5' como base del firme permeable, antes de colocar el concreto permeable se puso a nivel esta base para evitar fallas en la medición de la tasa de infiltración.	
Incorporación y sello de la probeta de concreto permeable	En esta etapa se incorporó el bloque de concreto poroso encima de base de agregado grueso, de forma tal que quede nivelada y ranuras de los bordes sean impermeabilizadas, para que no se incurra en errores al momento de la medición de la tasa de infiltración.	

Por otro lado, se utilizaron instrumentos complementarios para medir los siguientes parámetros.

Tabla 3*Instrumentos de medición*

Parámetros	Instrumento de medida	Descripción	Fotografía
Resistencia a la compresión	Prensa hidráulica	Prensa hidráulica que somete a carga las probetas cilíndricas hasta su rompimiento	
Pesos	Balanza	Balanza con precisión de 0.1 gramos.	
Caudal	Caudalímetro	Caudalímetro en l/min con regulador de flujo, trabaja en un rango de 0.3 a 4 litros por minuto.	
Nivel	Nivelador	Instrumento que se utiliza para determinar la horizontalidad o verticalidad de un elemento	

Parámetros	Instrumento de medida	Descripción	Fotografía
Velocidad de infiltración / Escorrentía residual	Infiltrómetro cantábrico fijo (ICF)	Infiltrómetro basado en el diseño de Sañudo, (2014); permite la medición de la tasa de infiltración y escorrentía, este instrumento permite la simulación de lluvia y escorrentía superficial.	

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se emplearán modelos estadísticos de regresión lineal con el objetivo de llevar a cabo un análisis en profundidad sobre el comportamiento de la infiltración en función de la distancia y la pendiente. Por otro lado, para establecer el efecto de variables como tipo de pavimento (con AF y son AF); sobre la tasa de infiltración y la escorrentía residual se hizo uso de la prueba no paramétrica Mann de Whitney y la paramétrica T de Student, respectivamente. Por otro lado, para determinar el efecto de la pendiente sobre la tasa de infiltración se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, y el efecto de la pendiente sobre la escorrentía residual con el análisis estadístico paramétrico ANOVA unifactorial.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En los siguientes apartados se muestran cómo se procesaron los datos para el diseño de los dos tipos de concretos permeables, que formaron parte del firme permeable, de la generación de las curvas de intensidad frecuencia de donde se tomó la precipitación representativa de la estación Huánuco y de las pruebas de permeabilidad en un permeámetro de carga variable.

4.1.1. DISEÑOS DE LOS CONCRETOS POROSOS

Para establecer el diseño de mezcla de cada tipo de probeta con y sin agregado fino en primer lugar se realizó el análisis de los tipos de agregados a utilizarse en la mezcla.

Análisis granulométrico

Agregado grueso: el agregado utilizado para el diseño de mezcla tuvo un diámetro de $\frac{3}{4}$ ". En la Tabla 4 y Figura 4, se presentan los resultados el análisis granulométrico de los agregados.

Tabla 4

Análisis granulométrico del agregado grueso TMN: $\frac{3}{4}$ "

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Peso retenido	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
4"	101.6	0	0	0	100
3 $\frac{1}{2}$ "	88.9	0	0	0	100
3"	76.2	0	0	0	100
2 $\frac{1}{2}$ "	63.5	0	0	0	100
2"	50.8	0	0	0	100
1 $\frac{1}{2}$ "	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
$\frac{3}{4}$ "	19.05	24.00	0.63	0.63	99.37
$\frac{1}{2}$ "	12.7	1155.00	30.39	31.02	68.98
3/8"	9.53	1552.00	40.83	71.85	28.15
Nº4	4.76	824.00	21.68	93.53	6.47
Nº8	2.36	92.00	2.42	95.95	4.05
Nº16	1.18	6.00	0.16	96.11	3.89
Nº30	0.59	4.00	0.11	96.21	3.79

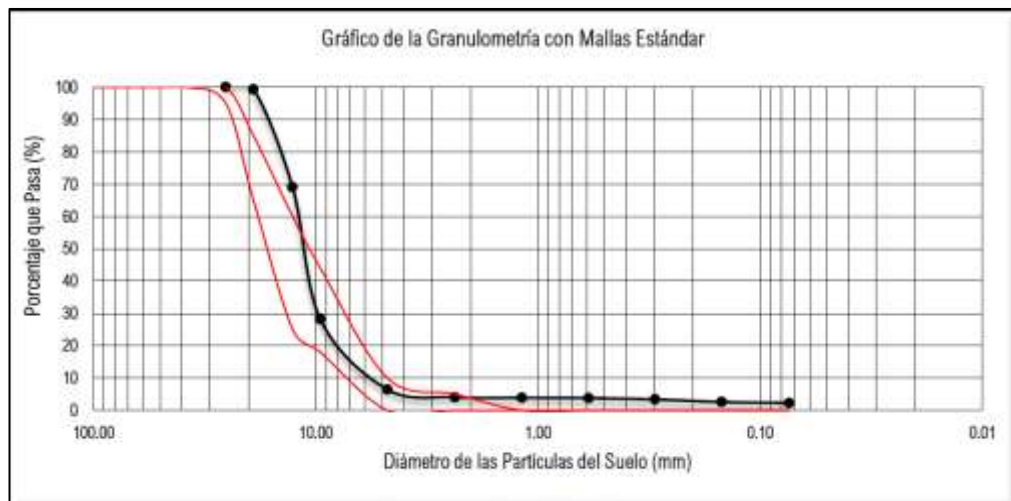
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Peso retenido	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)
N°50	0.3	16.00	0.42	96.63	3.37
N°100	0.15	30.00	0.79	97.42	2.58
N°200	0.07	12.00	0.32	97.74	2.26
CAZOLETA	0		2.26	100.00	0.00

TOTAL 3801.00

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Figura 4

Grafico de granulometría



Luego en las siguientes tablas se muestran las propiedades del agregado del TMN $\frac{3}{4}$ ", tales como peso unitario suelto de AG, peso unitario compactado, contenido de humedad, % de absorción y peso específico

Tabla 5

Peso unitario suelto agregado grueso

Muestra		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr	5220.0	5170.0	5185.0	5180.0
Peso del recipiente	gr.	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm ³	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr	4047	4020	4035	4030
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1439.47	1421.79	1427.09	1425.32

Peso Unitario Seco Suelto del agregado grueso = 1428.42 kg/m³

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Tabla 6*Peso unitario compactado agregado grueso*

Muestra		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr	5850.0	5810.0	5790.0	5780.0
Peso del recipiente	gr	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm ³	2827.0	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr	4700	4660	4640	4630
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1662.29	1648.14	1641.07	1637.53
Peso Unitario Seco Compacto del agregado grueso = 1647.26 kg/m³					

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio**Tabla 7***Contenido de humedad Agregado Grueso TMN 3/4"*

Muestra		M - 1	M - 2
Peso húmedo + recipiente	gr.	109.3	126.3
Peso seco + recipiente	gr.	109.2	126.1
Peso del recipiente	gr.	63.0	76.0
Peso del Agua	gr.	0.18	0.18
Peso de los sólidos	gr.	46.15	50.1
Humedad	%	0.39%	0.36%
Humedad del agregado grueso = 0.37%			

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio**Tabla 8***Absorción del agregado grueso TMN ¾"*

Muestra		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso húmedo + recipiente	gr.	203.7	224.0	284.3	267.6
Peso seco + recipiente	gr.	202.1	222.1	281.8	264.9
Peso del recipiente	gr.	57.4	58.4	56.8	55.8
Peso del Agua	gr.	1.6	1.9	2.5	2.7
Peso de los sólidos	gr.	144.7	163.7	225.00	209.1
Absorción	%	1.11%	1.16%	1.11%	1.29%
Absorción del agregado grueso = 1.17%					

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Tabla 9*Ensayo de peso específico del agregado grueso- NTP 400.021*

Muestra	Unidad	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso de Matraz + Agregado	gr	416.0	406.0	436.0	424.0
Peso de Matraz + Agregado + Agua	gr	788.0	777.0	808.0	798.0
Peso de Matraz	gr	79.0	79.0	79.0	79.0
Volumen de Matraz	cm ³	500	500	500	500
Peso Específico del agua	cm ³	1.0	1.0	1.0	1.0
Peso del Agregado	gr	337.0	327.0	357.0	345.0
Peso del Agua	gr	372.0	371.0	372.0	374.0
Volumen del agua	cm ³	372.0	371.0	372.0	374.0
Volumen del Agregado	cm ³	128.0	129.0	128.0	126.0
Peso Especifico	gr/cm ³	2.63	2.53	2.79	2.74

Peso Específico del agregado grueso = 2.67 gr/cm³*Nota: Resultados de granulometría de laboratorio*

Agregado fino: el tipo de agregado fino utilizado fue arena gruesa, la cual fue sometido al análisis granulométrico. Dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10*Análisis de la granulométrico - agregado fino*

TAMIZ N°	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Retenido (%)	Retenido acum (%)	Pasa (%)
4"	101.6	0	0	0	100
3 ½"	88.90	0	0	0	100
3"	76.2	0	0	0	100
2 ½"	63.5	0	0	0	100
2"	50.8	0	0	0	100
1 ½"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
¾"	19.05	0	0	0	100
½"	12.7	0	0	0	100
¾"	19.05	0	0	0	100
½"	12.7	0	0	0	100
3/8"	9.53	0	0	0	100
N°4	4.76	40.00	2.75	2.75	97.25
N°8	2.36	511.00	35.19	37.95	62.05
N°16	1.18	343.00	23.62	61.57	38.45
N°30	0.59	189.00	13.02	74.59	25.41
N°50	0.3	214.00	14.74	89.33	10.67
N°100	0.15	103.00	7.09	96.42	3.58

TAMIZ N°	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Retenido (%)	Retenido acum (%)	Pasa (%)
N°200	0.07	35.00	2.41	98.83	1.17
Cazoleta	0	17.00	1.17	100.00	100.00
TOTAL			1452.00		

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Asimismo en las siguientes tablas se muestran los valores de los parámetros del agregado fino, tales como peso unitario suelto, peso unitario compactado, contenido de humedad, porcentaje de absorción y peso específico.

Tabla 11

Peso unitario suelto agregado fino

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr.	5240.0	5220.0	5180.0	5270.0
Peso del recipiente	gr.	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm ³	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr.	4090	4070	4030	4120
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1446.54	1439.47	1425.32	1457.15
Peso unitario Seco Suelto del Agregado Fino = 1442.12 kg/m³					

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Tabla 12

Peso unitario seco compacto del agregado fino - NTP 400.017

Muestra		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr	6140.0	6090.0	6100.0	6110.0
Peso del recipiente	gr	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm ³	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr	4990	4940	4950	4960
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1764.85	1747.17	1750.71	1754.24
Peso Unitario Seco Compacto del agregado fino = 1754.24 kg/m³					

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Tabla 13*Ensayo de humedad del agregado grueso - NTP 339.185*

Muestra		M - 1	M - 2
Peso húmedo + recipiente	gr.	123.0	124.0
Peso seco + recipiente	gr.	120.0	121.0
Peso del recipiente	gr.	56.0	58.0
Peso del Agua	gr.	3.0	3.0
Peso de los sólidos	gr.	64.0	63.0
Humedad	%	4.69%	4.76%
Humedad del agregado grueso = 4.72%			

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio**Tabla 14***Ensayo de absorción del agregado fino - NTP 400.022*

Muestra		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso húmedo + recipiente	gr	174.4	179.5	172.2	170.2
Peso seco + recipiente	gr	171.6	176.5	169.7	167.5
Peso del recipiente	gr	58.8	56.1	58.7	54.2
Peso del Agua	gr	2.8	2.9	2.5	2.7
Peso de los sólidos	gr	112.8	120.5	111.0	113.3
Absorción	%	2.48%	2.41%	2.25%	2.38%
Absorción del agregado fino = 2.38%					

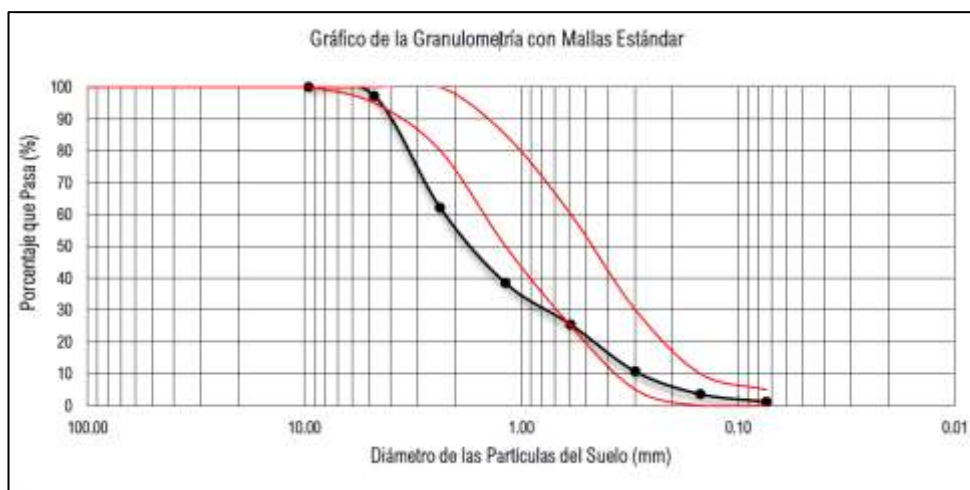
Nota: Resultados de laboratorio**Tabla 15***Ensayo de peso específico del agregado fino*

Muestra		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso de Matraz + Agregado	gr	336.0	364.0	371.0	381.0
Peso de Matraz + Agregado + Agua	gr	727.0	751.0	766.0	772.0
Peso de Matraz	gr	79.0	79.0	79.0	79.0
Volumen de Matraz	cm3	500	500	500	500
Peso Específico del agua	cm3	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso del Agregado	gr	257.00	285.00	292.00	302.00
Peso del Agua	gr	391.00	387.00	395.00	391.00
Volumen del agua	cm3	391.00	387.00	395.00	391.00
Volumen del Agregado	cm3	109.00	113.00	105.00	109.00
Peso Específico	gr/cm3	2.36	2.52	2.78	2.77
Peso específico del agregado grueso= 2.23 gr/cm³					

Nota: Resultados de granulometría de laboratorio

Figura 5

Gráfico de granulometría AF



Una vez obtenidos los datos del análisis granulométrico y ensayos para determinar las propiedades físicas del AG y AF, se procedió a establecer el diseño de mezcla teórico haciéndose uso de la metodología ACI 522R.

Diseño Teórico de la Mezcla

A continuación, se establecen los procedimientos para el cálculo en cantidad de los componentes de la mezcla de concreto permeable a usarse en el firme permeable, asimismo estos cálculos se basan en los resultados obtenidos del análisis granulométrico del AG y AF.

A. Diseño de Mezcla N°1

El primer diseño de mezcla consistió en un concreto sin AF, solo usando AG, para realizar el diseño en la siguiente tabla se consideran los valores de los parámetros de los componentes de la mezcla que son AG, cemento y agua, así como el aditivo.

Tabla 16

Características de los componentes de la mezcla

Componente	Parámetro	Unidad	Valor
AG	Tamaño	Pulgadas	3/4"
	peso específico	kg/m ³	2670
	peso unitario	kg/m ³	1647.26
	compactado		

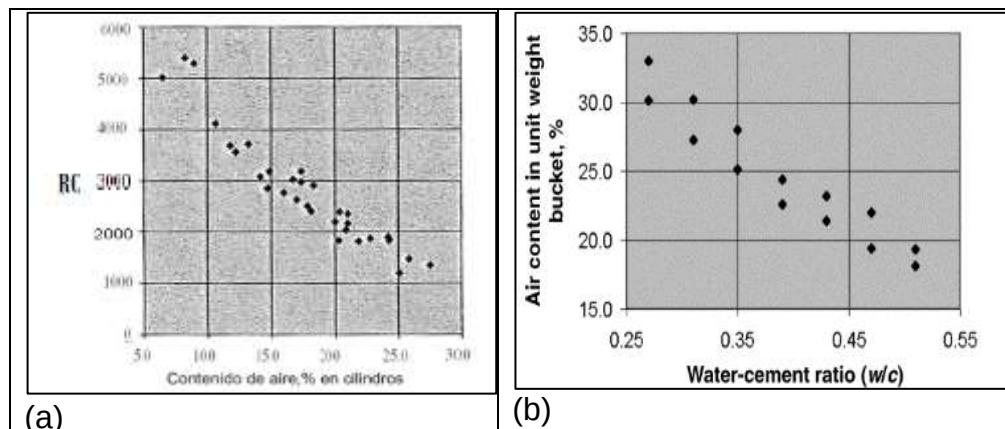
Componente		Parámetro	Unidad	Valor
		Absorción	%	1.17
		Humedad	%	0.37
Cemento	Marca SOL, TIPO I	Densidad	kg/m ³	3150
Agua de Grifo		Densidad	kg/m ³	1000

Nota. Datos de la ficha técnica del cemento

Según la norma ACI 522r, la resistencia a la compresión de diseño es de 210 Kg/cm² (3000 PSI). Por lo que en función as esta resistencia se establece el porcentaje de vacío. De la siguiente figura se puede establecer que requiere un porcentaje de vacío comprendido entre el 15 al 2% y con una relación de agua y cemento de entre 0.4 y 0.5, por lo que se elige % de vacíos igual a 17% y una relación w/c igual a 0.4, para llegar a la RC cercana a la requerida.

Figura 6

Graficas para el análisis del % de vacíos



Nota: (a) relación entre la Resistencia a la compresión y el porcentaje de vacíos de un concreto poroso; (b): Relación entre el porcentaje de vacíos y la relación de agua/cemento requerida en un concreto poroso. Fuente: "ACI 522, Reporte de Concreto Permeable" ACI 522R-06. Capítulo 4.

Luego de establecer los principales requisitos para el diseño de mezcla del concreto poroso, se determinan en volumen y cantidad los materiales necesarios por metro cubico de mezcla, para ello se hace uso de las siguientes ecuaciones:

Tabla 17

Ecuaciones para el diseño de mezcla

Ecuación	N°
$V_P = V_C + V_A$	(1)
$V_P = \frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Densidad del agua}}$	(2)
$W = \left(\frac{W}{C}\right) \times C$	(3)
$V_P = \frac{C}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{\left(\frac{W}{C}\right) \times C}{\text{Densidad del agua}}$	(4)
$V_P = 1 - (V_{AG} + \% \text{ vacios} + \% \text{ aditivos})$	(5)
$M_{AG} = PUCS \times \frac{b}{b_0} \times (1 + \% \text{ absorción})$	(6)
$V_{Activo} = \frac{0.005c}{1150}$	(7)

Donde: V_P : volumen de la pasta, V_C : volumen del cemento, V_A : volumen del agua, W : masa del agua. C : masa de cemento, V_{AG} : volumen del agregado grueso, M_{AG} : masa del agregado grueso, $PUCS$: peso unitario seco compactado b/b_0 : coeficiente de corrección.

Del cuadro anterior se puede observar que el volumen de la pasta es la suma del volumen del cemento y agua (ec. 1), el volumen es igual a la masa sobre densidad (ec 2), la masa del agua es igual a la relación agua cemento multiplicada por la masa del cemento (ec 3), en función a estas ecuaciones se establece una nueva ecuación (ec. 4). Así mismo para empezar el análisis se hace uso de la ecuación 5, donde el punto crítico es determinar el volumen del agregado grueso (V_{AG}), a través de su masa (M_{AG}), por lo que se hizo uso de la ecuación 6.

De la ec. 6 el factor principal es determinar el coeficiente de corrección b/b_0 (Tabla 18), según ACI 211.3, (2002), la definición b/b_0 , es resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/m^3 .

Tabla 18*Coeficiente b/b_0*

Porcentaje agregado fino (%)	b/b ₀	
	ASTM C 33 Tamaño N° 8	ASTM C 33 Tamaño N°67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Nota: ACI 211.3, Reporte de Concreto Permeable ACI 211.3 R-02. Apéndice 6

Del cuadro anterior se elige como coeficiente b/b_0 a 0.99, debido a que esta mezcla no contiene AF (0%), luego reemplazando en todas las ecuaciones de la Tabla 17, se obtiene los las siguientes cantidades de cada componente de la mezcla, según el siguiente cuadro.

Tabla 19*Volumen y masa de los componentes del diseño de mezcla N°1*

Componentes	Volumen requerido 1m ³	Volumen probeta cilíndrica (vol: 0.0016 m ³)	Masa requerida a probeta cilíndrica (Kg)	Masa requerida probeta paralelepípedo (vol: 0.025m ³)	Masa real utilizada (kg)*
Cemento	0.093	0.0001	0.470	7.346	8.814
Agua	0.118	0.0002	0.188	2.938	3.527
AG	0.618	0.0010	1.629	25.447	30.537
Vacío	0.171	0.0003	-	-	0
Aditivo	-	2.04x10 ⁻⁶	0.002	0.037	0.044

Nota: (*): se adiciono un 20% a la masa requerida, como factor de pérdidas y asegurar un sobrante antes de un faltante de cada componente

A continuación, en la siguiente figura se muestra como evidencia la construcción de primer diseño de mezcla en ambos tipos de probetas (cilíndricas de 0.0016 m³ y paralelepípedos de 0.025 m³ de volumen).

Figura 7

Construcción de probetas diseño N° 1 (Sin AF)



(a) Probeta paralelepípedo



(b) Probetas cilíndrica

B. Diseño de Mezcla N°2

Para el diseño de mezcla N°2, el cual tuvo un 20% de contenido de AF, se tuvieron en cuenta los datos de granulometría del AG y AF, los datos de las fichas técnicas del cemento comercial y el aditivo, así como la densidad del agua de grifo utilizada, ver Tabla 20.

Tabla 20

Características de los componentes de la mezcla N°2

Componente		Parámetro	Unidad	Valor
AG		Tamaño	Pulgadas	3/4"
		peso específico	kg/m ³	2670
		peso unitario compactado	kg/m ³	1647.26
		Absorción	%	1.17
		Humedad	%	0.37
AF		peso específico	kg/m ³	2610
		peso unitario compactado	kg/m ³	1754.24
		Absorción	%	2.38
		Humedad	%	4.72
Cemento	Marca	Densidad	kg/m ³	3150
SOL, TIPO I				
Agua de Grifo		Densidad	kg/m ³	1000

Componente	Parámetro	Unidad	Valor
Aditivo	Masa	Kg	0.5C
	Densidad	Kg/l	1.15

Nota. Datos de la ficha técnica del cemento. C: masa de cemento utilizada en la mezcla

Para este segundo diseño también se utiliza una RC proyectada igual a 210 Kg/cm² (3000 PSI), por lo tanto, se establece al igual que el diseño anterior, un porcentaje de vacío igual al 17% y una relación agua cemento (w/c) igual a 0.4, según Figura 6. Luego se modifica la ecuación 5 de la Tabla por la siguiente ecuación.

$$V_p = 1 - (V_{AG} + V_{AF} + \% \text{ vacios} + \% \text{ aditivos}) \dots (8)$$

En la ecuación anterior se tuvo que determinar el valor de VAG, para ello se reemplazaron los datos de la ecuación 6, donde se hizo uso del coeficiente b/b₀, donde según la Tabla 18, este coeficiente posee un valor de 0.85 debido al contenido de AF en la mezcla igual al 20%.

Reemplazando en las ecuaciones se obtiene los resultados de volúmenes y masa de los componentes del segundo diseño de mezcla tal y como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 21

Volumen y masa de los componentes del diseño de mezcla N°2

Componentes	Volumen requerido 1m ³	Masa requerida probeta cilíndrica (Kg) (vol: 0.0016 m ³)	Masa requerida probeta paralelepípedo (vol: 0.025m ³)	Masa real utilizada (kg)*
Cemento	0.130	0.654	10.222	12.267
Agua	0.164	0.262	4.089	4.907
AG	0.426	1.820	28.431	34.117
AF	0.109	0.455	7.108	8.529
Aditivo	0.002	0.003	0.052	0.061
Vacío	0.17	0.654	10.222	12.267

Nota: (*): se adiciona un 20% a la masa requerida, como factor de pérdidas y asegurar un sobrante antes de un faltante de cada componente

A continuación, en la siguiente figura se muestra como evidencia la ejecución de los diseños de mezcla en ambos tipos de probetas (cilíndricas de 0.0016 m³ y paralelepípedos de 0.025 m³ de volumen).

Figura 8

Construcción de probetas diseño N° 2 (Con AF)



(a) Probeta paralelepípedo



(b) Probeta cilíndrica

4.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS POROSOS

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de ambos diseños de mezcla a diferentes edades de curado.

Tabla 22

RC de ambos diseños de mezcla

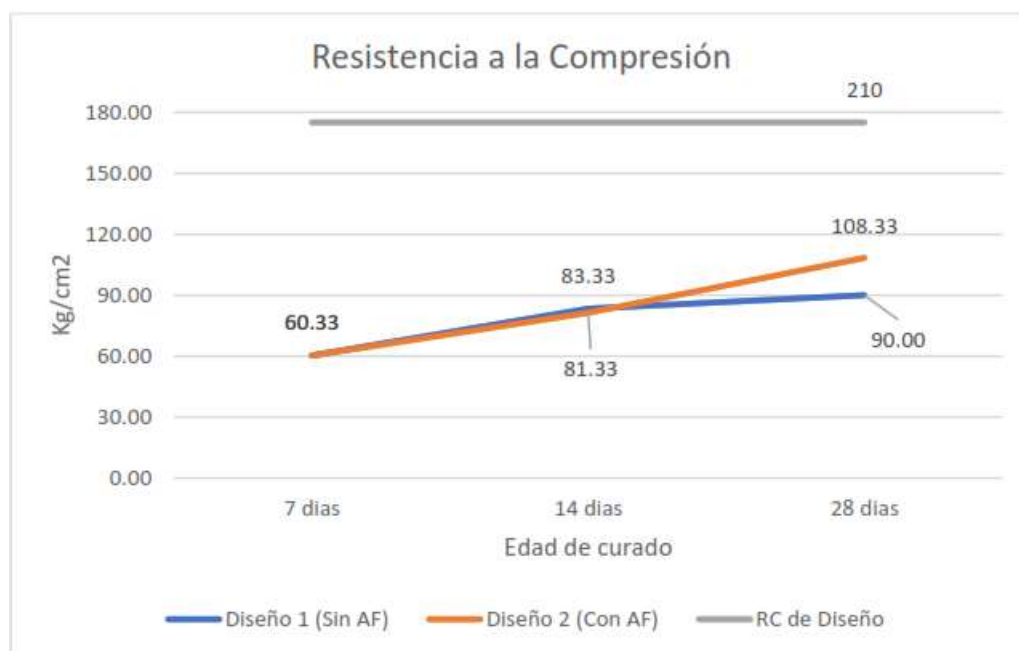
Diseño de mezcla 1 sin AF (0% de AF)					
Edad	R1 (Kg/cm ²)	R2 (Kg/cm ²)	R3 (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)	Desviación estándar
7 días	60	62	59	60.33	1.5
14 días	82	89	79	83.33	5.1
28 días	89	89	92	90.00	1.7
Diseño de mezcla 2 con AF (20% de AF)					
Edad	R1 (Kg/cm ²)	R2 (Kg/cm ²)	R3 (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)	Desviación estándar
7 días	60	59	62	60.33	1.5
14 días	82	78	84	81.33	3.1
28 días	111	107	107	108.33	2.3

Nota: Resultados de compresión de laboratorio. Ver Anexo 11: Informe de laboratorio

Se puede observar de la tabla que el promedio de RC al finalizar la etapa de curado (28 días) no alcanza el nivel requerido según diseño (210 Kg/cm^2), ver Figura 9, llegando solo al 51% (sin AF) y 62% (con AF) la resistencia de diseño, ver Figura 10. Asimismo, se puede comprobar que al adicionar AF a la mezcla esta mejora su RC.

Figura 9

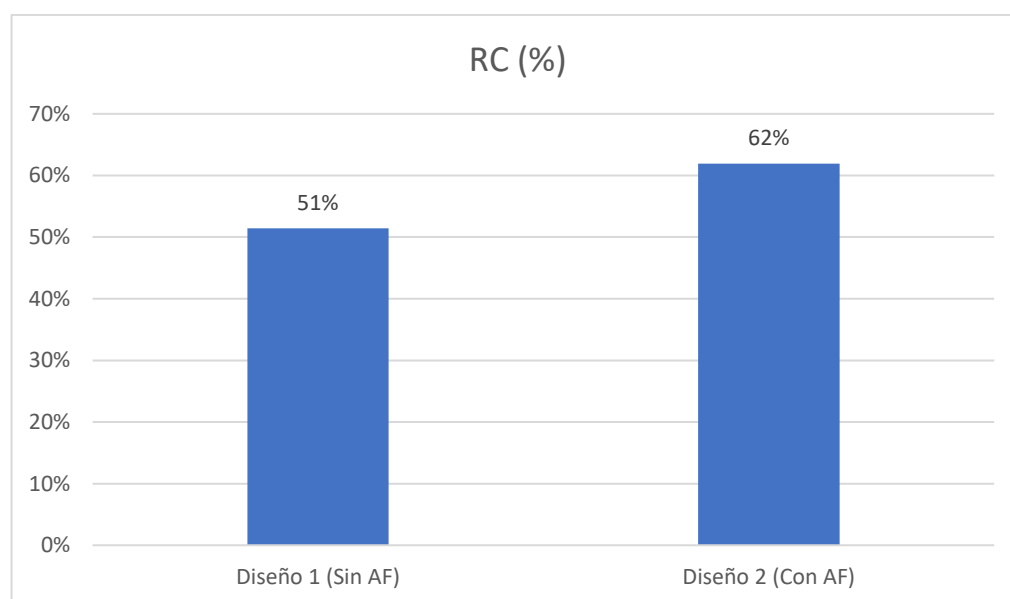
RC de ambos diseños de mezcla a diferentes edades



Nota: Resultados de compresión de laboratorio. Ver Anexo 11: Informe de laboratorio

Figura 10

Porcentaje de RC en función a la RC de diseño



Nota: Resultados de compresión de laboratorio. Ver Anexo 11: Informe de laboratorio

4.1.3. CURVAS IDF

Los datos utilizados para el desarrollo de las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia) fueron precipitaciones diarias, durante un periodo de 26 años (1991 hasta el 2016) provenientes de la estación meteorológica Huánuco, ver Tabla 23.

Tabla 23

Datos de la estación Huánuco

Nombre de la estación	Estación Huánuco
Departamento	Huánuco
Provincia	Huánuco
Distrito	Amarilis
Tipo de Estación	Convencional - Meteorológica
Código	109003

Nota: datos tomados de SHENAMI: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Los datos de la curva IDF fueron utilizados para la simulación de la lluvia y escorrentía superficial, sin embargo, para la construcción de estas curvas se requiere de precipitaciones por cada periodo de retorno. Para determinar estas precipitaciones se hizo uso de la distribución de Gumbel, que requirió como datos de entrada las precipitaciones máximas anuales. Los resultados de la distribución de Gumbel se muestran en la siguiente tabla, y fueron determinados usando las siguientes ecuaciones.

$$F(x) = e^{-e^{-b}}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S_x} \text{ onde}$$

$$b = \alpha(x - u)$$

$$u = x - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Donde:

e=base de los logaritmos neperianos

x=media aritmética de la muestra

S_x = desviación típica de la muestra

σ_y , μ_y = desviación típica y media de una serie de valores y_i que dependen únicamente de los números de datos

La muestra estuvo conformada por las precipitaciones máximas de los 26 datos establecidos (desde 1991 hasta 2016), ver Anexo 9.

Tabla 24

Datos de la distribución de Gumbel

TR	α	u	F(X)	b	X
2	0.075	37.625	0.5	0.37	42.49
5	0.0753	37.625	0.8	1.50	57.53
10	0.0753	37.625	0.9	2.25	67.49
25	0.0753	37.625	0.96	3.20	80.07
50	0.0753	37.625	0.98	3.90	89.41
100	0.0753	37.625	0.99	4.60	98.68
500	0.0753	37.625	0.998	6.21	120.09

Tabla 25

Datos IDF

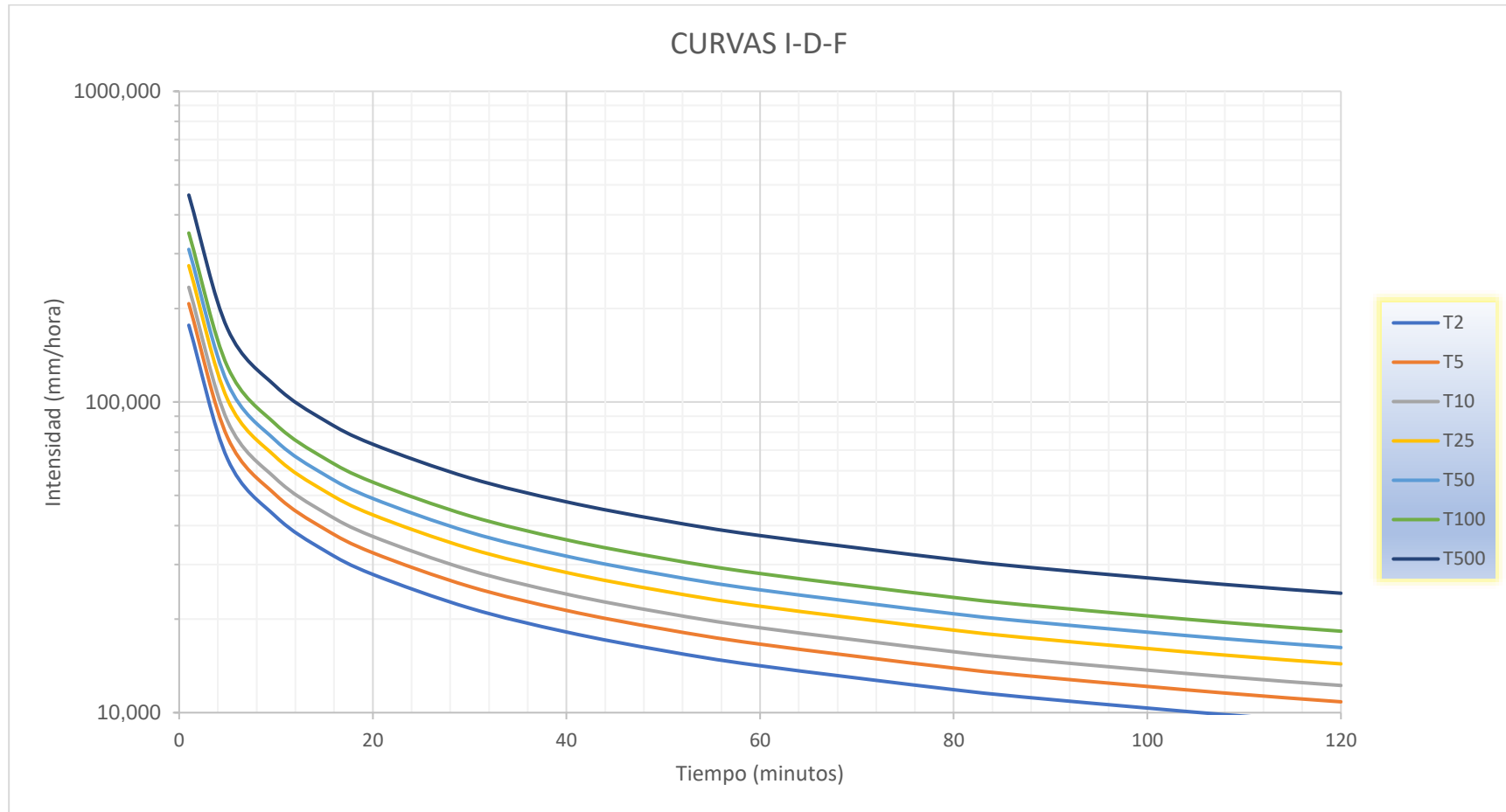
T	Duración en minutos												
	1	5	10	15	20	30	40	50	60	80	90	117	120
2	179.83	66.69	43.50	33.88	28.37	22.10	18.51	16.13	14.42	12.07	11.23	9.55	9.40
5	212.61	78.84	51.43	40.05	33.55	26.13	21.88	19.07	17.04	14.27	13.27	11.29	11.12
10	241.31	89.48	58.37	45.46	38.07	29.66	24.84	21.64	19.34	16.20	15.07	12.82	12.62
25	285.29	105.79	69.01	53.75	45.01	35.06	29.36	25.59	22.87	19.15	17.81	15.15	14.92
50	323.81	120.07	78.33	61.00	51.09	39.79	33.33	29.04	25.96	21.74	20.22	17.20	16.93
100	367.53	136.29	88.90	69.24	57.99	45.17	37.83	32.97	29.46	24.67	22.95	19.52	19.22
500	493.18	182.88	119.29	92.91	77.82	60.61	50.76	44.24	39.53	33.11	30.79	26.19	25.79

Intensidad (mm/hora)

Estos datos fueron representados gráficamente en las curvas IDF, según la siguiente figura. Por otro lado, la intensidad representativa para simular la lluvia y escorrentía superficial en el infiltrómetro cantábrico fijo, desarrollado en este estudio es igual a 78.33 mm/h, con una duración de 10 minutos y una frecuencia de 50 años.

Figura 11

Curvas IDF



4.1.4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Para las pruebas de infiltración se utilizó infiltrómetro cantábrico fijo (ICF), este instrumento fue construido para este estudio replicando el infiltrómetro construido y diseñado por Sañudo (2014), con este equipo se pudo determinar la tasa de infiltración (C_{IR}) y la escorrentía residual (R_R) en función de la distancia de infiltración (R_{SL}) y la inclinación de la probeta (S_s). Cabe resaltar que el infiltrómetro, que simulaba la lluvia y la escorrentía superficial utilizó un flujo de 78.33 mm/hora, equivalente a 0.33 litros/minutos, este flujo fue determinado en los análisis de intensidad – duración y frecuencia de la sección anterior. Los resultados de las pruebas con el infiltrómetro se presentan en las siguientes Tablas.

Tabla 26

C_{IR} de la Probeta N°1 sin colmatación

Distancia (R_{SL}) / Pendiente (S_s)	0%	3%	5%	7%	10%
1 (10 cm)	0.190	0.140	0.049	0.013	0.001
2 (20 cm)	0.253	0.237	0.169	0.091	0.039
3 (30 cm)	0.181	0.159	0.145	0.138	0.054
4 (40 cm)	0.181	0.119	0.135	0.128	0.063
5 (50 cm)	0.188	0.335	0.434	0.462	0.602
Es correntia residual (R_R)	0.006	0.010	0.068	0.169	0.241

Tabla 27

C_{IR} de la Probeta N°1 con colmatación

Distancia (R_{SL}) / Pendiente (S_s)	0%	3%	5%	7%	10%
1 (10 cm)	0.220	0.093	0.065	0.052	0.031
2 (20 cm)	0.357	0.361	0.199	0.115	0.058
3 (30 cm)	0.188	0.150	0.180	0.135	0.106
4 (40 cm)	0.105	0.112	0.074	0.068	0.064
5 (50 cm)	0.128	0.260	0.396	0.434	0.503
Es correntia residual (R_R)	0.002	0.024	0.085	0.197	0.239

Tabla 28*C_{IR} de la Probeta N°2 sin colmatación*

Distancia (R_{SL}) / Pendiente (S_s)	0%	3%	5%	7%	10%
1 (10 cm)	0.227	0.017	0.049	0.042	0.036
2 (20 cm)	0.493	0.159	0.090	0.025	0.018
3 (30 cm)	0.234	0.261	0.157	0.005	0.006
4 (40 cm)	0.005	0.116	0.181	0.142	0.030
5 (50 cm)	0.036	0.362	0.510	0.691	0.605
Es correntia residual (R_R)	0.004	0.085	0.013	0.094	0.306

Tabla 29*C_{IR} de la Probeta N°2 con colmatación*

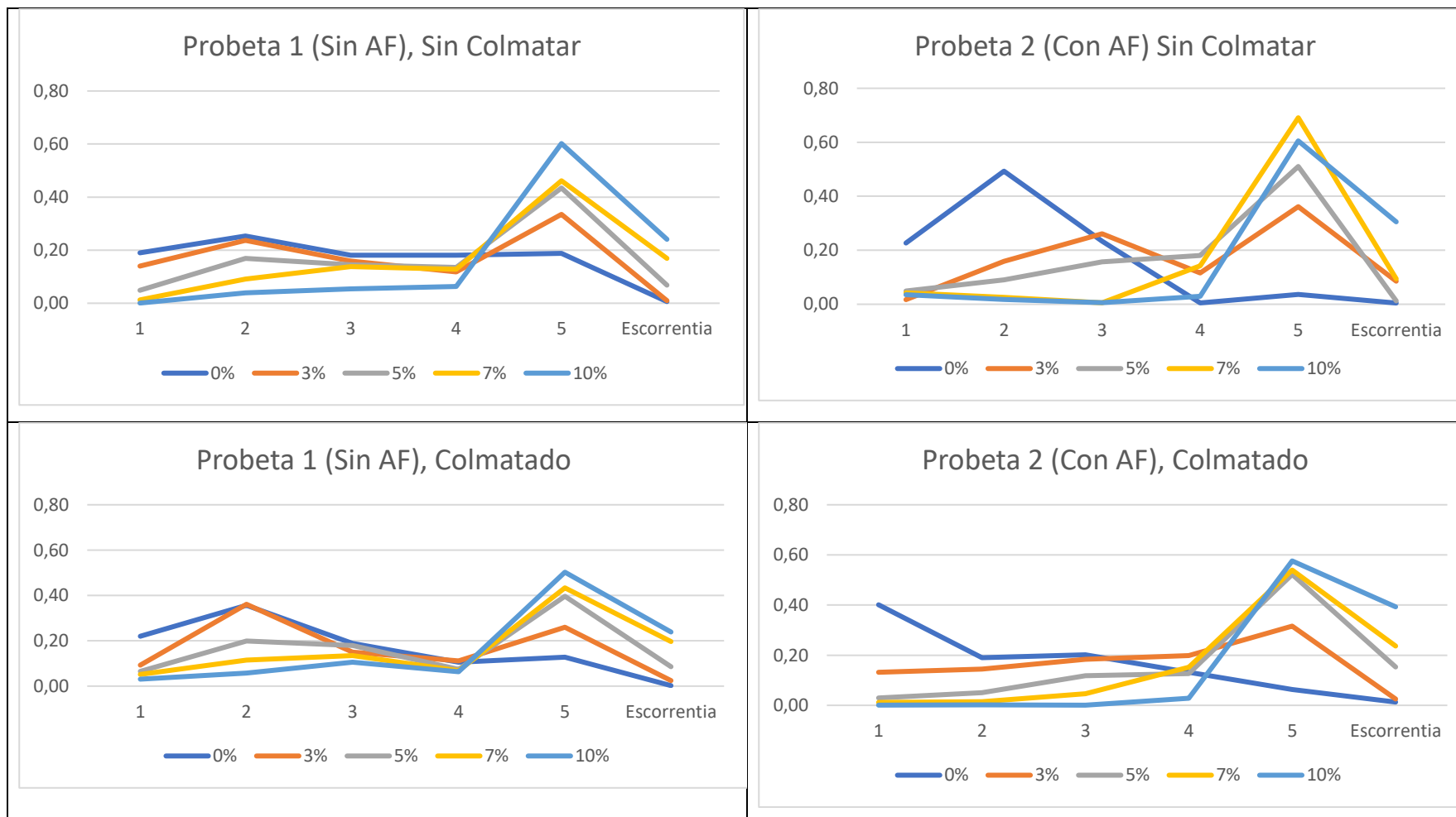
Distancia (R_{SL}) / Pendiente (S_s)	0%	3%	5%	7%	10%
1 (10 cm)	0.401	0.132	0.029	0.012	0.001
2 (20 cm)	0.190	0.145	0.051	0.015	0.001
3 (30 cm)	0.201	0.183	0.118	0.046	0.001
4 (40 cm)	0.132	0.198	0.127	0.151	0.028
5 (50 cm)	0.063	0.316	0.522	0.540	0.576
Es correntia residual (R_R)	0.013	0.025	0.153	0.237	0.393

Estos datos se graficaron en la siguiente Figura, en donde se puede observar lo siguiente:

Con respecto a los escenarios de colmatación, es decir cuando los poros se encuentran parcialmente tapados u obstruidos por sedimento, la escorrentía residual aumenta levemente para ambos tipos de probetas (con y sin AF), asimismo también se puede observar que en los escenarios de colmatación la tasa de infiltración disminuye a medida que aumenta la distancia de infiltración, esto podría deberse a que el agua no pudo infiltrarse fácilmente por la menor cantidad de poros disponibles, aumentando de esta forma la escorrentía superficial y por ende la escorrentía residual. Por otro lado, se evidencia también que a medida que aumenta la pendiente de la probeta analizada, aumenta la escorrentía residual. Para determinar diferencia significativas y efectos de la pendiente, distancia de infiltración, escenario de colmatación y tipo de probeta (con y sin AF) en la tasa de infiltración se realiza un análisis inferencial, tal y como se muestra en la siguiente sección.

Figura 12

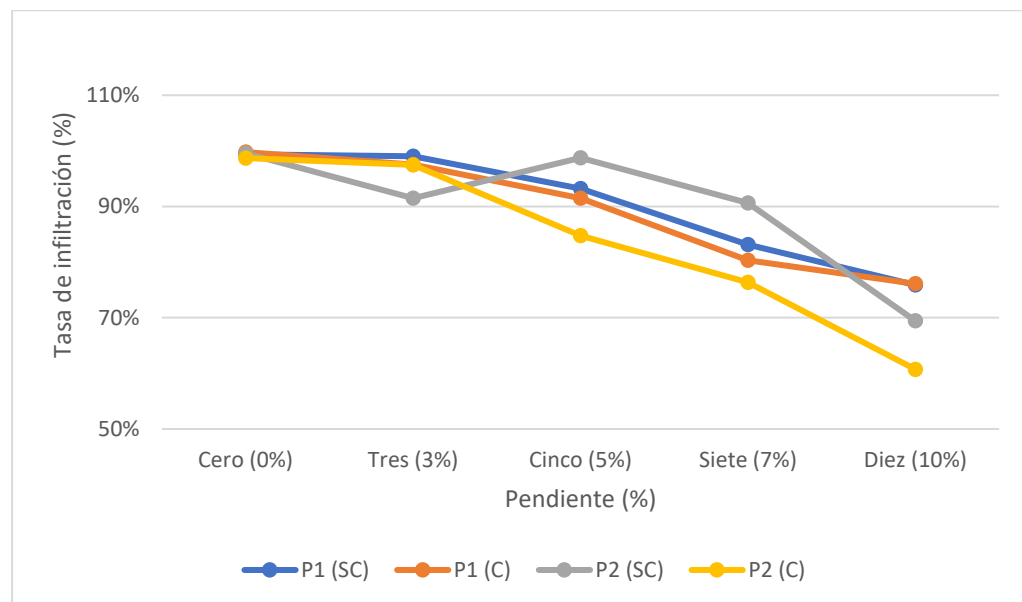
Infiltración y escorrentía vs distancia y pendiente



De la figura anterior se puede inferir lo siguiente: La progresiva deposición de sedimentos provoca la obturación de algunas zonas del pavimento, lo cual queda reflejado en la mayor lentitud en filtrar el volumen de precipitación de un episodio, como por ejemplo en la zona 1, 2 y 3, donde observa disminución de la tasa de infiltración. Esta heterogeneidad de las tasas en las diferentes secciones (10, 20, 30, 40 y 50 cm), podría contribuir a mantener el rendimiento de adoquines por algún tiempo.

Figura 13

Tasa de infiltración de las probetas



De la figura anterior se pudo observar que a medida que aumenta la pendiente disminuye la tasa de infiltración y aumenta la escorrentía residual, lo cual implicaría un mayor aumento en las inundaciones debido a la baja capacidad de infiltración del firme.

4.1.5. RESULTADOS INFERENCIALES

- **Resultados del primer objetivo**

Para determinar la influencia o efecto que tiene el tipo de pavimento permeable (con y sin AF) en la tasa de infiltración y la escorrentía residual, se estableció un análisis por separado, de la siguiente forma:

Análisis de la influencia del tipo de probeta en la C_{IR}

Parea realizar este análisis en primer lugar se determinó los estadísticos descriptivos (ver Tabla 30) y la distribución de los datos de cada grupo (con y sin AF), (ver Tabla 31), con ayuda de la prueba estadística Kolmogorov Smirnov, debido a que procesaron más de 50 datos.

Tabla 30

Estadísticos descriptivos

Grupos		Media	SD	95%	
				Límite inferior	Límite superior
Tasa de Infiltración (C_{IR})	Sin AF	0.1792	0.1376	0.1401	0.2183
	con AF	0.1735	0.1866	0.1205	0.2265

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

De la tabla anterior se puede observar que las medias se encuentran muy cercanas, no distan demasiado, lo que podría sugerir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Tabla 31

Prueba de normalidad

Probeta		Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	P valor
Tasa de Infiltración (C_{IR})	Sin AF	0.189	50	0.00
	con AF	0.181	50	0.00

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede inferir que los datos no se comportan ni forman una distribución normal (p valor en ambos grupos menor a 0.05), por lo que para analizar diferencias se utilizó una prueba estadística no paramétrica, en este caso la prueba de Mann-Whitney es una alternativa no paramétrica a la prueba t de Student para la comparación de medias, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 32*Prueba de Mann-Whitney*

Test	P valor
Para muestras independientes	0.21

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

Según la prueba de Mann-Whitney, no existe diferencias significativas entre las medias de los dos tipos de probetas, debido a que su p valor es mayor a 0.05.

Análisis de la influencia del tipo de probeta en la R_R

Al igual que la sección anterior se determinó los estadísticos descriptivos (ver Tabla 33) y la distribución de los datos según grupo, (ver Tabla 34), con ayuda de la prueba estadística Shapiro wilk, ya que los datos fueron menores a 50 datos.

Tabla 33*Estadísticos descriptivos R_R*

Grupos		Media	SD	95%	
				Límite inferior	Límite superior
Escorrentía residual (R_R)	Sin AF	0.1014	0.0981	0.0339	0.1743
	con AF	0.1323	0.1373	0.0341	0.2305

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

De la tabla anterior se puede observar que las medias si distan entre sí y aún más su variabilidad, lo que podría probablemente deberse al tipo de probeta, esta cuestión se resolvió con los siguientes análisis.

Tabla 34*Prueba de normalidad*

Probeta		Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	P valor
Tasa de Infiltración (C_{IR})	Sin AF	0.855	10	0.066
	con AF	0.868	10	0.094

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede inferir que los grupos de datos tienen una distribución normal, es decir una distribución tendiente a ser simétrica, debido a que ambos p valores de ambos grupos es mayor a 0.05, por lo que para determinar si existen diferencias significativas se hizo uso de la prueba estadística T de student para muestras independientes, ver la siguiente tabla:

Tabla 35

prueba t de student para R_R

t	gl	Diferencia de medias	P valor
-0.528	18	-0.28	0.604

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede inferir que no existe diferencias significativas entre la escorrentía superficial según en función al tipo de probeta utilizado, esto debido a un p valor mayor a 0.05 (5%).

- **Resultados del segundo objetivo**

Análisis de la influencia de la pendiente de la probeta en la C_{IR}

Para determinar la influencia de la pendiente en la tasa de infiltración se realiza un análisis inferencial, estableciendo en primero lugar los estadísticos descriptivos y evaluando la distribución de datos en cada grupo.

Tabla 36

Estadísticos descriptivos C_{IR} vs Pendiente

Grupos		Media	SD	95%	
				Límite inferior	Límite superior
Tasa de infiltración (C_{IR})	0%	0.1987	0.1170	0.1439	0.2534
	3%	0.1928	0.0960	0.1478	0.2377
	5%	0.1840	0.1546	0.1117	0.2563
	7%	0.1653	0.1994	0.0719	0.2586
	10%	0.1412	0.2232	0.0367	0.2456

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

Tabla 37*Prueba de normalidad C_{IR} VS Pendiente*

Probeta		Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	P valor
Tasa de Infiltración (C_{IR})	0%	0.926	20	0.132
	3%	0.933	20	0.176
	5%	0.801	20	0.001
	7%	0.744	20	0.000
	10%	0.611	20	0.000

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede observar que solo las tasas de infiltración de pendientes 0 y 3%, tienen distribución normal (p valor mayor a 0.05), mientras que el resto de C_{IR} de pendientes 5, 7 y 10% solo poseen distribución asimétrica (p valor menor a 0.05). Por lo que para establecer diferencias se utilizara la prueba no paramétrica Kruskal Wallis.

Tabla 38*prueba Kruskal Wallis (Pendiente)*

	Estadístico	gl	p valor
Entre grupos	14.782	4	0.005

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede inferir que, si existe diferencias significativas de tasa de infiltración (C_{IR}) según pendiente. Luego para establecer un mejor análisis, se realizan pruebas de regresión lineal múltiple para establecer como la pendiente con la distancia de infiltración afectan la Tasa de infiltración y la escorrentía residual, cabe resaltar que se analizan estos efectos considerando variables como escenarios de colmatación.

Análisis de regresión para la Probeta 1 sin Colmatar

En el siguiente cuadro se muestra un análisis de varianza con el fin de definir la significancia del este análisis, donde se puede observar que

la distancia es el termino significativo en la tasa de infiltración a diferencia de la pendiente.

Tabla 39

Analisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0.199489	0.099744	7.22	0.004
Pendiente	1	0.007675	0.007675	0.56	0.464
Distancia	1	0.191814	0.191814	13.89	0.001
Error	22	0.303855	0.013812		
Total	24	0.503344			

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Luego se establece los coeficientes del modelo de regresión, según el siguiente análisis:

Tabla 40

Analisis de coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0.0202	0.065	0.31	0.759
Pendiente	-0.00514	0.0069	-0.75	0.464
Distancia	0.00619	0.00166	3.73	0.001

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

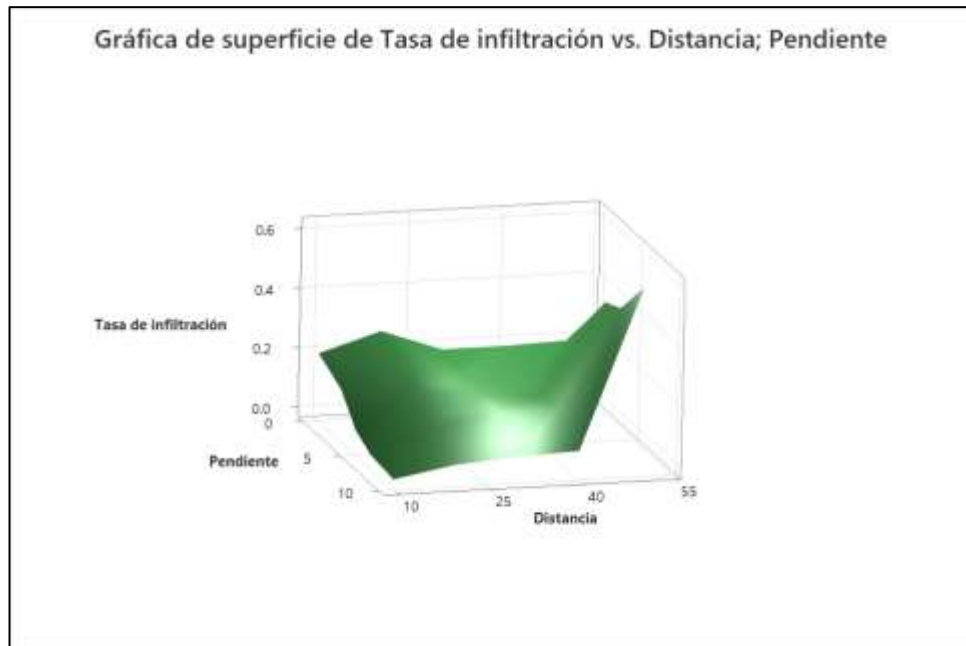
Se puede observar que la pendiente reduce la tasa de infiltración, pero no de manera significativa, sin embargo, la distancia de infiltración tiene un efecto considerable aumentando la tasa de infiltración, así mismo en función a los valores de los coeficientes de cada termino se establece el siguiente modelo:

$$Tasa\ de\ infiltración = 0.0202 - 0.00514Pendiente + 0.00619Distancia$$

Los resultados mencionados anteriormente se establecen gráficamente en la gráfica de superficie y grafico de contornos.

Figura 14

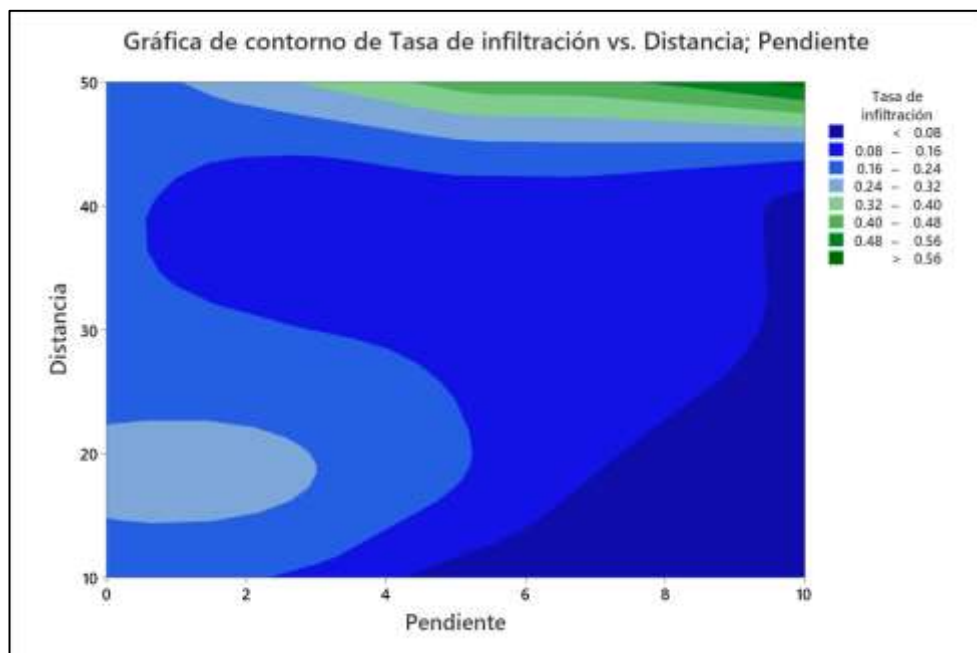
Gráfica de superficie C_{IR} vs R_{SL} , $S_S P1$ sin Colmatar



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Figura 15

Gráfica de contorno C_{IR} vs R_{SL} , $S_S P1$ sin Colmatar



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Gráficamente en ambas figuras se observa que la distancia posee mayor influencia en la tasa de infiltración, es respaldado por el p valor de la distancia menor a 0.05.

Análisis de regresión para la Probeta 1 Colmatado

En el siguiente cuadro se muestra un análisis de varianza con el fin de establecer la significancia del modelo, donde se puede observar que la distancia sigue siendo el termino más significativo en la tasa de infiltración de la superficie colmatada de la primera probeta.

Tabla 41

Analisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0.076805	0.038403	2.43	0.112
Pendiente	1	0.008054	0.008054	0.51	0.483
Distancia	1	0.068751	0.068751	4.35	0.049
Error	22	0.348008	0.015819		
Total	24	0.424813			

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Luego se establece los coeficientes del modelo de regresión, según el siguiente análisis:

Tabla 42

Analisis de coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0.0932	0.0696	1.34	0.194
Pendiente	-0.00527	0.00739	-0.71	0.483
Distancia	0.00371	0.00178	2.08	0.049

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

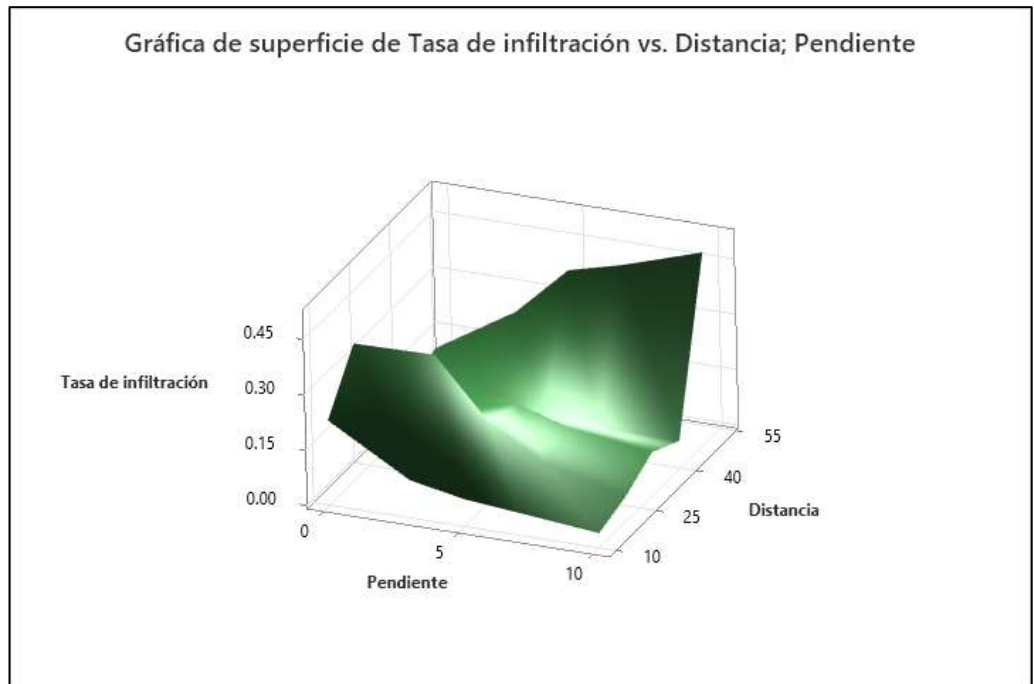
Se puede observar que la pendiente reduce la tasa de infiltración, pero no de manera significativa, debido a un p valor mayor a 0.05, sin embargo, la distancia de infiltración tiene un efecto considerable aumentando la tasa de infiltración, p valor menor a 0.05, así mismo en función a los valores de los coeficientes de cada termino se establece el siguiente modelo:

$$Tasa\ de\ infiltración = 0.0932 - 0.00527Pendiente + 0.00371Distancia$$

Los resultados mencionados anteriormente se establecen gráficamente en la gráfica de superficie y grafico de contornos.

Figura 16

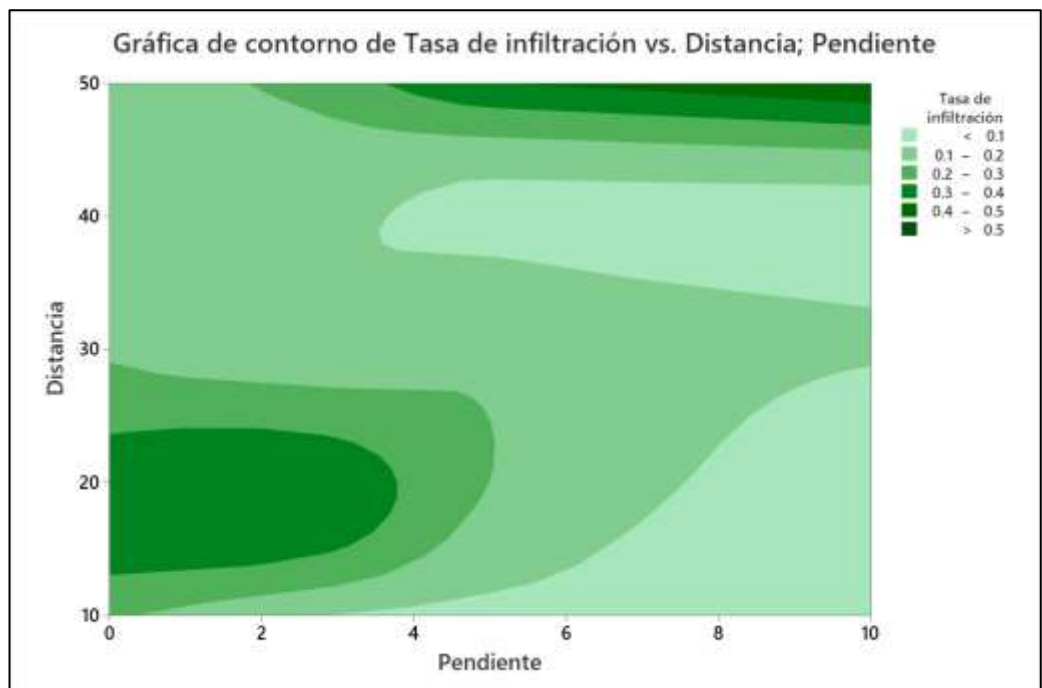
Gráfica de superficie C_{IR} vs R_{SL} , S_S P1 Colmatado



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Figura 17

Gráfica de contorno C_{IR} vs R_{SL} , S_S P1 Colmatado



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Gráficamente en ambas figuras se observa que la distancia posee mayor influencia en la tasa de infiltración, es respaldado por el p valor de la distancia menor a 0.05.

Análisis de regresión para la Probeta 2 Sin Colmatar

En el siguiente tabla se muestra un análisis de varianza con el fin de establecer la significancia del modelo lineal, donde se puede observar que la distancia sigue siendo el termino más significativo en la tasa de infiltración de la superficie sin colmatar de la segunda probeta.

Tabla 43

Analisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0.23	0.12	3.45	0.05
Pendiente	1	0.01	0.01	0.24	0.63
Distancia	1	0.22	0.22	6.66	0.02
Error	22	0.74	0.03		
Total	24	0.98			

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Luego se establece los coeficientes del modelo de regresión, según el siguiente análisis:

Tabla 44

Analisis de coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0.005	0.102	0.05	0.962
Pendiente	-0.0053	0.0108	-0.49	0.631
Distancia	0.00671	0.0026	2.58	0.017

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

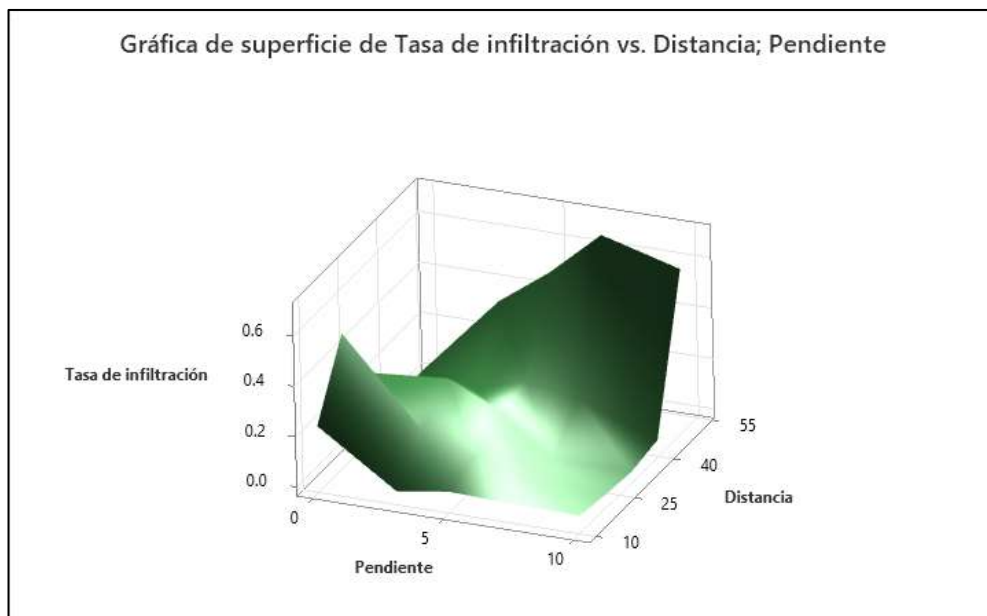
Se puede observar que la pendiente reduce 0.0053 veces la tasa de infiltración, pero no de manera significativa, debido a un p valor mayor a 0.05, sin embargo, la distancia de infiltración tiene un efecto considerable aumentando 0.00671 veces la tasa de infiltración, p valor menor a 0.05, así mismo en función a los valores de los coeficientes de cada termino se establece el siguiente modelo:

$$Tasa\ de\ infiltración = 0.005 - 0.0053Pendiente + 0.00671Distancia$$

Los resultados mencionados anteriormente se establecen gráficamente en la gráfica de superficie y grafico de contornos.

Figura 18

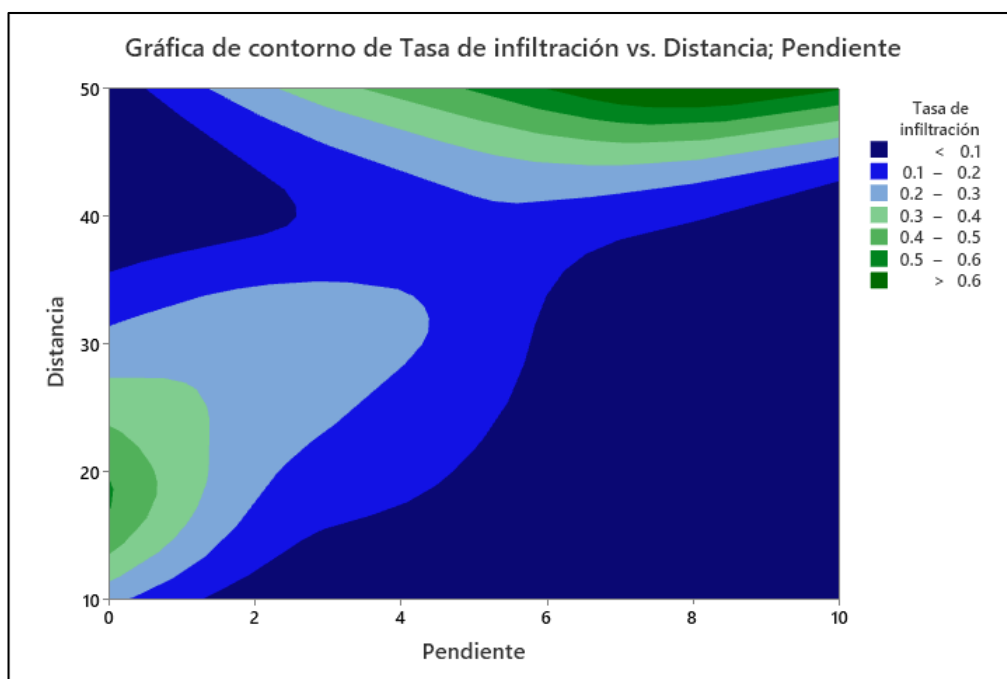
Gráfica de superficie C_{IR} vs R_{SL} , S_S P2 sin Colmatar



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Figura 19

Gráfica de contorno C_{IR} vs R_{SL} , S_S P2 sin Colmatar



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Gráficamente en ambas figuras se observa que la distancia posee mayor influencia en la tasa de infiltración, es respaldado por el p valor de la distancia menor a 0.05.

Análisis de regresión para la Probeta 2 Colmatada

En el siguiente tabla se muestra un análisis de varianza con el fin de establecer la significancia del modelo lineal, donde se puede observar que la distancia sigue siendo el termino más significativo en la tasa de infiltración de la superficie colmatada de la segunda probeta.

Tabla 45

Analisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0.21	0.11	4.56	0.02
Pendiente	1	0.02	0.02	0.80	0.38
Distancia	1	0.19	0.19	8.33	0.01
Error	22	0.51	0.02		
Total	24	0.73			

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Luego se establece los coeficientes del modelo de regresión, según el siguiente análisis:

Tabla 46

Analisis de coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0.020	0.08	0.24	0.81
Pendiente	-0.008	0.01	-0.89	0.38
Distancia	0.006	0.00	2.89	0.01

Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

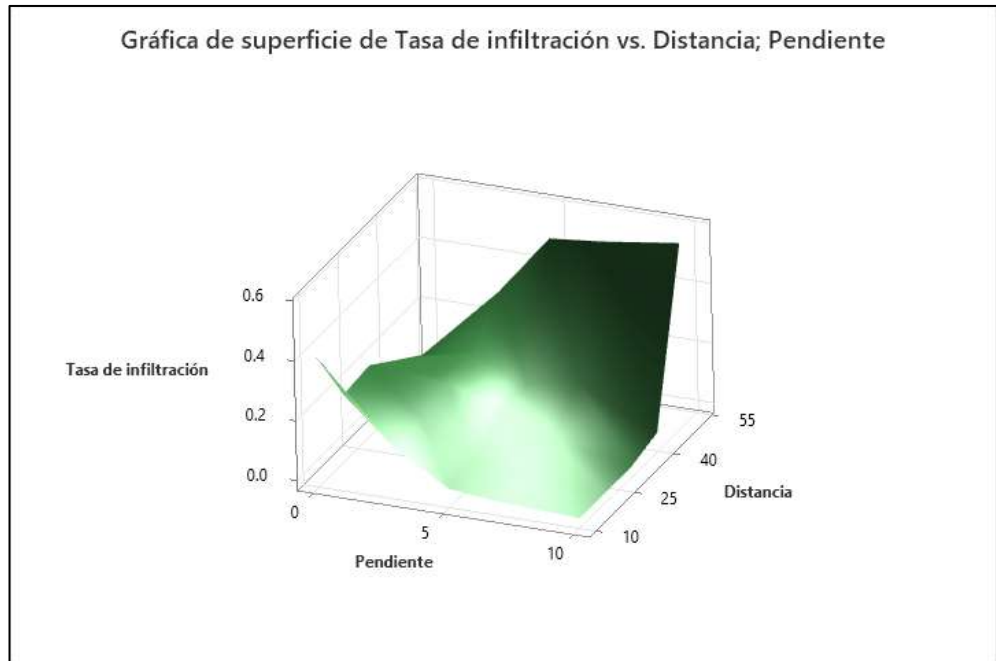
Se puede observar que la pendiente reduce 0.008 veces la tasa de infiltración, pero no de manera significativa, debido a un p valor mayor a 0.05, sin embargo, la distancia de infiltración tiene un efecto considerable aumentando 0.006 veces la tasa de infiltración, p valor menor a 0.05, así mismo en función a los valores de los coeficientes de cada termino se establece el siguiente modelo:

$$Tasa\ de\ infiltración = 0.020 - 0.008Pendiente + 0.006Distancia$$

Los resultados mencionados anteriormente se establecen gráficamente en la gráfica de superficie y grafico de contornos.

Figura 20

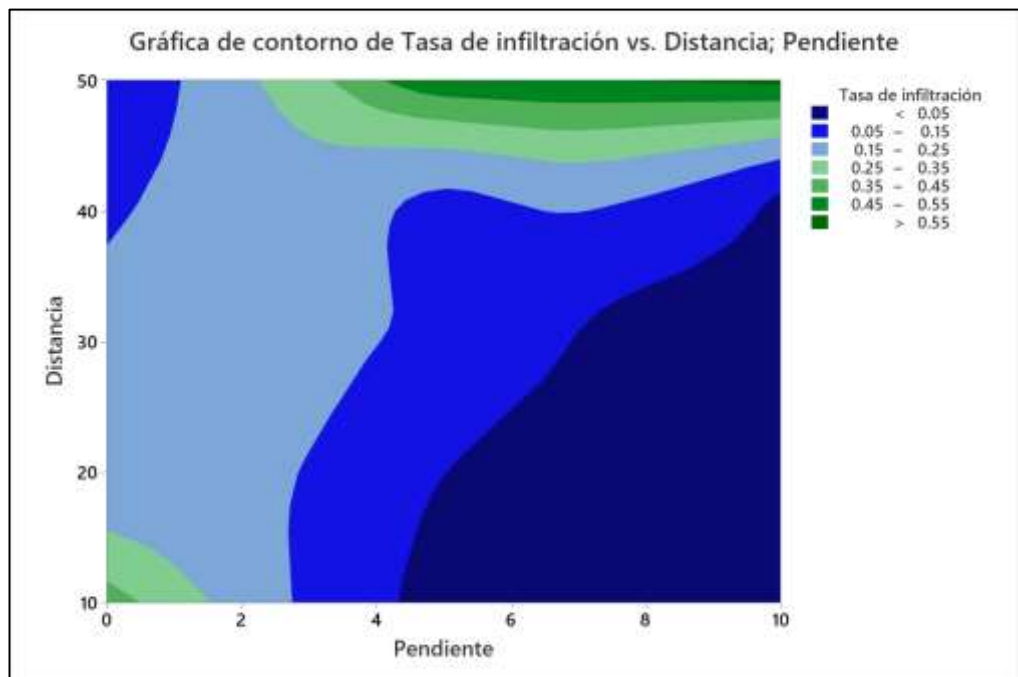
Gráfica de superficie C_{IR} vs R_{SL} , S_S P2 Colmatado



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Figura 21

Gráfica de contorno C_{IR} vs R_{SL} , S_S P2 Colmatado



Nota: Datos procesados en el software Minitab 2019

Gráficamente en ambas figuras se observa que la distancia posee mayor influencia en la tasa de infiltración, es respaldado por el p valor de la distancia menor a 0.05.

Análisis de la influencia de la pendiente de la probeta en la R_R

En esta sección se buscó determinar la influencia que tiene la pendiente en escorrentía residual

Tabla 47

Estadísticos descriptivos R_R vs Pendiente

Grupos		Media	SD	95%	
				Límite inferior	Límite superior
Escorrentía residual (R_R)	0%	0.0063	0.0048	-0.0014	0.0139
	3%	0.0360	0.0334	-0.0171	0.0891
	5%	0.0798	0.0577	-0.0121	0.1716
	7%	0.1743	0.0603	0.0782	0.2703
	10%	0.2948	0.0725	0.1794	0.4101

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

Tabla 48

Prueba de normalidad

Probeta		Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	P valor
Escorrentía residual (R_R)	0%	0.271	4	0.462
	3%	0.379	4	0.102
	5%	0.214	4	0.915
	7%	0.215	4	0.842
	10%	0.271	4	0.269

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede observar que los datos de escorrentía residual de en cada pendiente cumplen con la distribución normal, debido a que sus p valores son mayores a 0.05, debido a ello se utiliza una prueba estadística paramétrica para determinar diferencias significativas en cada grupo, específicamente ANOVA de un solo factor.

Tabla 49

prueba ANOVA para un solo factor (Pendiente)

	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	p valor
Entre grupos	0.220	4	0.055	20.605	0.000

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede inferir que, si existe diferencias significativas de escorrentía residual según pendiente, por ello en la siguiente tabla se realiza una prueba Pos Hoc, con el fin de determinar cuáles grupos son los diferentes, ver Tabla 50.

Tabla 50

Prueba Pos Hoc de Tukey

(I) Pendiente		Diferencia de medias (I-J)	DS	p valor	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
0%	3%	-0.030	0.037	0.922	-0.143	0.083
	5%	-0.074	0.037	0.308	-0.186	0.039
	7%	-0.168*	0.037	0.003	-0.281	-0.055
	10%	-0.289*	0.037	0.000	-0.401	-0.176
3%	0%	0.030	0.037	0.922	-0.083	0.143
	5%	-0.044	0.037	0.753	-0.157	0.069
	7%	-0.138*	0.037	0.013	-0.251	-0.025
	10%	-0.259*	0.037	0.000	-0.372	-0.146
5%	0%	0.074	0.037	0.308	-0.039	0.186
	3%	0.044	0.037	0.753	-0.069	0.157
	7%	-0.095	0.037	0.124	-0.207	0.018
	10%	-0.215*	0.037	0.000	-0.328	-0.102
7%	0%	0.168*	0.037	0.003	0.055	0.281
	3%	0.138*	0.037	0.013	0.025	0.251
	5%	0.095	0.037	0.124	-0.018	0.207
	10%	-0.121*	0.037	0.034	-0.233	-0.008
10%	0%	0.289*	0.037	0.000	0.176	0.401
	3%	0.259*	0.037	0.000	0.146	0.372
	5%	0.215*	0.037	0.000	0.102	0.328
	7%	0.121*	0.037	0.034	0.008	0.233

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

De la tabla anterior se desprende que la escorrentía residual a una pendiente igual a 10% es mayor a la R_R con pendiente 0,3,5 y 7%; asimismo la R_R de pendiente 7 es mayor a la de 0 y 3%. Por lo que se puede concluir que la R_R sigue el siguiente orden $10\% > 7\%, 5\% > 3\%, 0\%$.

- **Resultados del tercer objetivo**

Análisis de la influencia del escenario de colmatación en la C_{IR}

Con el fin de determinar la influencia que tiene el estado de colmatación del pavimento permeable en la tasa de infiltración de firmes permeables, se realizó el siguiente análisis:

Tabla 51

Estadísticos descriptivos de C_{IR} vs escenario de colmatación

Grupos		Media	SD	95%	
				Límite inferior	Límite superior
Tasa de Infiltración (C_{IR})	Sin colmatar	0.1801	0.1737	0.1307	0.2249
	Colmatado	0.1727	0.1534	0.1291	0.2163

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

Luego de establecer los estadísticos descriptivos de la tabla anterior, se procedió a determinar la distribución de los datos de cada grupo con el fin de escoger el análisis adecuado para establecer diferencias:

Tabla 52

Prueba de normalidad C_{IR} vs escenario de colmatación

Probeta		Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	P valor
Tasa de Infiltración (C_{IR})	Sin colmatar	0.197	50	0.00
	Colmatado	0.187	50	0.00

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede observar que los datos de tasa de infiltración en cada grupo (colmatado y sin colmatar), no cumplen con la distribución normal (p valor menor a 0.05). por ello se elige el la prueba estadística Mann-Whitney es una alternativa no paramétrica a la prueba

t de Student para la comparación de medias, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 53

Prueba de Mann-Whitney C_{IR} vs escenario de colmatación

Test	P valor
Para muestras independientes	0.967

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

Según la prueba de Mann-Whitney, no existe diferencias significativas entre las tasas de infiltración en ambos escenarios de colmatación (colmatado y sin colmatar), debido a que su p valor es mayor a 0.05.

Análisis de la influencia del escenario de colmatación en la R_R

Con el fin de determinar la influencia que tiene el estado de colmatación del pavimento permeable en la escorrentía superficial o residual de firmes permeables, se realizó el siguiente análisis:

Tabla 54

Estadísticos descriptivos de R_R vs escenario de colmatación

Grupos		Media	SD	95%	
				Límite inferior	Límite superior
Escorrentía residual (R_R)	Sin colmatar	0.099	0.102	0.0706	0.1286
	Colmatado	0.136	0.124	0.1015	0.1721

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26. SD: Desviación estándar

Luego de establecer los estadísticos descriptivos de la tabla anterior, se procedió a determinar la distribución de los datos de cada grupo con el fin de escoger el análisis adecuado para establecer diferencias:

Tabla 55

Prueba de normalidad R_R vs escenario de colmatación

Probeta		Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	P valor
Escorrentía residual (R_R)	Sin colmatar	0.222	50	0.00
	Colmatado	0.216	50	0.00

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

De la tabla anterior se puede observar que los datos de la escorrentía superficial en cada grupo (colmatado y sin colmatar), no cumplen con la distribución normal (p valor menor a 0.05). por ello se elige la prueba estadística Mann-Whitney es una alternativa no paramétrica a la prueba t de Student para la comparación de medias, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 56

Prueba de Mann-Whitney R_R vs escenario de colmatación

Test	P valor
Para muestras independientes	0.167

Nota. Datos obtenidos en el software estadístico SPSS versión 26

Según la prueba de Mann-Whitney, no existe diferencias significativas entre las escorrentías residuales en ambos escenarios de colmatación (colmatado y sin colmatar), debido a que su p valor es mayor a 0.05.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.

4.2.1. CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECIFICA

H_{1A} : Existe influencia del tipo de pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

H_{1O} : No existe influencia del tipo de pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

Según los resultados de la Tabla 32, con un p valor mayor a 0.05, igual a 0.21 se establece que no existe diferencias significativas entre la tasa de infiltración de ambos tipos de probetas, asimismo según la Tabla 35, se establece con un p valor mayor a 0.05 ($T=-0.0528$ y un p valor = 0.604); que no existen diferencias significativas de escorrentía residual entre los dos tipos de probetas (con y sin AF), por lo tanto, y por lo expuesto se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba la hipótesis nula de que “no existe influencia del tipo de pavimento permeable en la tasa

de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022”.

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA

H_{2A}: Existe influencia de la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

H₂₀: No existe influencia de la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022

Según la Tabla 38, con un p valor de 0.005, menor a la significancia de 0.05, se puede establecer que la pendiente si tiene efecto o influencia en la tasa de infiltración, del mismo modo según la Tabla 49, con un p valor igual a 0.000, menor que 0.05, se infiere que la pendiente también afecta la escorrentía residual de los concretos permeables ensayados en el ICF, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que “existe influencia de la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022”

4.2.3. CONTRASTACIÓN DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECIFICA

H_{3A}: Existe influencia del estado de colmatación del pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

H₃₀: No existe influencia del estado de colmatación del pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

Según la Tabla 53, con un p valor de 0.976, mayor a la significancia de 0.05, se puede establecer que el escenario de colmatación no tiene

efecto o influencia en la tasa de infiltración, del mismo modo según la Tabla 56, con un p valor igual a 0.167, mayor a la significancia establecida de 0.05, se infiere que el escenario de colmatación tampoco influye en la escorrentía residual; por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula de que “No existe influencia del estado de colmatación del pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022”.

4.2.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

H_A: Las condiciones de funcionamiento tienen efecto en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

H₀: Las condiciones de funcionamiento NO tienen efecto en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.

Según los resultados las condiciones de funcionamiento como la pendiente (p valor = 0.005), la distancia de infiltración (p valor 0.01), tienen influencia en la capacidad de infiltración de los firmes permeables.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. DE LOS ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

El diseño del tipo de infiltrómetro utilizado en este estudio, se basa en casi su totalidad en el infiltrómetro diseñado y construido por Sañudo (2014), este instrumento incluye al análisis la escorrentía superficial aledaña (de zonas superiores), permitiendo así la simulación de lluvia y escorrentía simultánea, fenómenos que se dan a la vez en un escenario real. El infiltrómetro cantábrico fijo (ICF) permite una simulación exacta de la precipitación mediante el uso de caudalímetros, a diferencia de otros infiltrómetros donde solo se utilizaron goteros regulables con caudales fijos (Infiltrómetro cantábrico portátil) y donde el caudal total u objetivo depende del número de goteros disponible en el simulador de lluvia (Cabezón Jiménez, 2020). La importancia de la simulación precisa de lluvia radica en que la precipitación influye en por ejemplo el desprendimiento de partículas en las zonas permeables, por lo que el control de los parámetros de simulación de caudales de la lluvia (intensidad, uniformidad y energía cinética) juega un papel vital en este tipo de ensayos de infiltración (Navez, et al 2020), otro factor a tener en cuenta es que las gotas de los goteros generalmente son de un diámetro mayor a las lluvias reales, lo que originaría escenarios poco realistas. El ICF como se mencionó anteriormente logra superar estas limitaciones.

En cuanto a los resultados de infiltración, se demostró que la colmatación es un problema que afecta la capacidad de infiltración de los firmes permeables elaborados a base de concreto poroso, estos resultados concuerdan con lo concluido por Cabezón Jiménez, (2020), que refiere que los firmes permeables son poco viables al ser usadas en zonas de arrastre superficial y de grandes cargas de sedimentos, debido a su colmatación. La disposición de sedimentos (colmatación) provoca la obstrucción de algunas zonas de pavimento, reduciendo la tasa de infiltración en estas zonas, resultados similares se registraron en el estudio realizado por Hernández – Crespo

(2017), donde se evidencio un mayor lentitud en filtrar el volumen de precipitación de un episodio.

Por otro lado, se comprobó que la pendiente juega un papel importante en la tasa de infiltración, generando variaciones en esta última, estos resultados también se reportan en el estudio nacional de Gomez flores (2020), en donde utilizo adoquines impermeables con juntas para su permeabilidad y demostró el efecto que tiene el aumento de la pendiente en la eficiencia de infiltración. Nuestros resultados repostaron que la pendiente afecta la tasa de infiltración, observando que en todos los ensayos a medida que aumentaba la pendiente la tasa disminuía, llegando a disminuir hasta un 40% con una pendiente de 10%; resultados similares fueron obtenidos por Gómez y Monca (2020), donde a partir de una pendiente mayor al 10% se perdía hasta el 80% de la tasa de infiltración, convirtiéndose en escorrentía, esta diferencia podría estar sustentada en el arreglo realizado por este autor (lozas impermeables con arreglos o juntas permeables).

En cuanto a las RC, se observó que la máxima resistencia a la compresión lograda con la adición de AF tuvo un valor de 108.33 Kg/cm², a diferencia de Ascon y Burga (2022), para quienes según su diseño un mayor porcentaje de vacíos dotaba de una mayor resistencia a la compresión al concreto, llegando a valores de hasta 315 Kg/cm², sin embargo, los resultados de permeabilidad demuestran lo contrario.

CONCLUSIONES

Se concluye que para evaluar las tasa de infiltración, y las inundaciones (escorrentía residual) en firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022, se tiene que tener en cuenta las condiciones a las que se encuentra la superficie porosa como pendiente (p valor = 0.005), distancia de infiltración (p valor 0.01), grado de colmatación pues estas condiciones limitan y varían la funcionalidad del firme.

Se concluye que el tipo de pavimento permeable, es decir con y sin AF, no influyen significativamente en la variación de la capacidad de infiltración (p valor igual a 0.21) y de la escorrentía residual (p valor = 0.604), esto podría ser explicado debido a que a pesar de que el agregado fino reduce la porosidad del concreto permeable, otros factores como la colmatación, la estructura del firme y demás también tienen un efecto en la tasa de infiltración.

Se concluye que la pendiente si tiene efecto significativo en la tasa de infiltración (p valor igual a 0.005) y escorrentía residual (p valor igual a 0.000), de manera que al aumentar la pendiente se genera mayor escorrentía residual y varia la tasa de infiltración, disminuyéndola.

Se concluye que el escenario de colmatación (pavimento permeable colmatado y sin colmatar), no afecta los valores de la tasa de infiltración o escorrentía superficial en el firme permeable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda establecer ensayos de calibración que consideren la uniformidad de la lluvia que proporciona los goteros o aspersores, con los resultados obtenidos de estos ensayos pueden realizarse un mapa de distribución de lluvias para diferentes intensidades. Asimismo, se recomienda también aumentar las duraciones de las lluvias con el fin de aumentar la data y su posible efecto en la escorrentía.

Se recomienda ensayar con diferentes tipos de firmes permeables hecho a base de materiales porosos diversos, con el fin de aumentar el alcance de aplicabilidad del instrumento, previas calibraciones en cada caso.

Se recomienda la aplicación de este tipo de estructuras en la ciudad de Huánuco debido a que permiten la captación e infiltración del agua de lluvia con el fin de mitigar los riesgos de inundación (que es materia de investigación en la presente tesina), depuración y ascenso de la calidad del agua pluvial y de la escorrentía superficial embebida a través de todas las capas del pavimento permeable mediante la disminución de las sustancias contaminantes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andres-Valeri, V., Juli-Gandara, L., Jato-Espino, D., & Rodriguez-Hernandez, J. (2018). Characterization of the infiltration capacity of porous concrete pavements with low constant head permeability tests. *Water*, 10(4), 480. <https://doi.org/10.3390/w10040480>
- Antunes, L. N., Sydney, C., Ghisi, E., Phoenix, V. R., Thives, L. P., White, C., & Garcia, E. S. H. (2020). Reduction of environmental impacts due to using permeable pavements to harvest stormwater. *Water*, 12(10), 2840. <https://doi.org/10.3390/w12102840>
- Ascon Orbegoso, R. E. y Burga Angulo, J. W. (2023). *Pavimentos permeables como alternativa para la atenuación de impactos meteorológicos en el entorno urbano de la ciudad de Trujillo, 2022* [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33318>
- Cabezón Jiménez (2020, 1 octubre). *Estudio de la capacidad de infiltración de pavimentos permeables*. UCrea Repositorio abierto de la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/19628>
- Castro Espinosa, M. (2011). *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano* [Trabajo de grado]. Repositorio Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7483>
- Castro Espinoza, M. L. (2013). *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano* [Trabajo de grado]. Repositorio Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7483>
- Davies, J., Pratt, C., & Scott, M. (2002). Laboratory study of permeable pavement systems to support hydraulic modeling. *En Global Solutions for Urban Drainage* (págs. 1-9). [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40644\(2002\)34](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40644(2002)34)
- Fernández Illescas, C. y Buss, S. (2016). *Ocurrencia y gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe: Factores claves y experiencia adquirida (Nota Técnica N° IDB -TN - 954)*. Banco Interamericano de Desarrollo.

<https://publications.iadb.org/es/publicacion/15599/ocurrencia-y-gestion-de-inundaciones-en-america-latina-y-el-caribe-factores>

Hernández-Crespo, C.; Monerrisa M. M.; Andrés-Valerib, V C. y Andrés-Doménecha, I. (2017). Influencia del régimen pluviométrico en el lavado inicial de pavimentos permeables. *V Jornadas de Ingeniería del Agua*, A Coruña (España), 978-84. https://geama.org/jia2017/wp-content/uploads/ponencias/tema_M/m3.pdf

Hernandez-Sampieri, (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5
Pratt, C. (2003). *Application of geosynthetics in sustainable drainage systems. En Geosynthetics: Protecting the Environment: Proceedings of the 1st IGS UK Chapter National Geosynthetics Symposium held at The Nottingham Trent University on 17 June 2003* (págs. 121-135). Thomas Telford Publishing.

Moretti, L., Di Mascio, P., & Fusco, C. (2019). Porous concrete for pedestrian pavements. (M. D. Institute, Ed.) *Water*, 11(10), 2105. <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2105>

Naves, J., Anta, J., Suárez, J., & Puertas, J. (2020). Development and calibration of a new Drinker-Based Rainfall Simulator for Large-Scale Sediment Wash-Off Studies. *Water*, 12(1), 152. <https://doi.org/10.3390/w12010152>

Rodriguez Hernandez, J. (2008). *Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráfico ligero* [Tesis Doctoral]. Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/1112>

Rodriguez, J., Castro, D., Calzada, M. A., & Davies, J. W. (2005). Pervious pavement research in Spain: structural and hydraulic issues. In *Unknown Host Publication* <http://10icud.er.dtu.dk/Home>

Salazar Camacho, K. D. (2018). *Evaluación del sistema de drenaje pluvial y plan de mejora en la ciudad de Huánuco, 2018* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35483>

Sañudo Fontaneda, Luis (2014). *Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerados porosos para el control en origen de inundaciones*. [Tesis Doctoral]. Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/5053>

SENAMHI - Perú. (23 de enero del 2024). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional* <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

Wang, S., & Heng, W. (2018). Extending the rational method for assessing and developing sustainable urban drainage systems. *Water Research*, 144, 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.022>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Hanco Ramos, M. (2024). *Efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1053-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 25 de mayo de 2022.

Visto, el Oficio N° 616-2022-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022", presentado por el (la) Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1303-2021-D-FI-UDH, de fecha 14 de octubre de 2021, perteneciente a la Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Bladimir Jhon Abal García, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 616-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022" presentado por el (la) Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS**, integrado por los siguientes docentes: Dr. Francisco Villegas Quispe (Presidente), Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Secretario) y Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022" presentado por el (la) Bach **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhonny Montano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Norchú Campos Ríos

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduating - Interesado - Archivo.
BCH/IQML/jms.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0392-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de marzo de 2024

Visto, el Oficio N° 260-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 473111-0000001107, de la Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 473111-0000001107, presentado por el (la) Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 1303-2021-D-FI-UDH, de fecha 14 de octubre de 2021, en la cual se designa como Asesor de Tesis de la Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS** al Mg. Bladimir Jhon Abal Garcia, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 1303-2021-D-FI-UDH, de fecha 14 de octubre de 2021.

Artículo Segundo. - **DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis de la Bach. **Melissa Lindeys HANCCO RAMOS** al Dr. Carlos Antonio Torres Ponce, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhonel Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat y Reg.Acad. - Intervado - Archivo
BCR/EJM/100

ANEXO 3

INSTRUMENTO DE EJECUCIÓN DE PROYECTO

Tipo de probeta															
Estado de colmatación															
Estado de colmatación															
Pendiente	0%			3%			5%			7%			10%		
Recipiente	Peso (g)														
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1															
2															
3															
4															
5															
Escorrentía															
Suma															

Nota. E = ensayo

ANEXO 4

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor final	Tipo de variable
¿Cuál es el efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022? Problemas específicos P1: ¿De qué manera el tipo de pavimento permeable influye en la tasa de infiltración y escorrentía superficial del firme permeables producidos con	Determinar el efecto de las condiciones de funcionamiento en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022. Objetivos específicos O1: Determinar la influencia que tiene el pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de firmes permeables	Las condiciones de funcionamiento tienen efecto en la capacidad de infiltración de firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022. Hipótesis específicas H1: Existe influencia del tipo de pavimento permeable en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con	Condiciones de funcionamiento	Condiciones asociadas a la topografía del terreno, a la colmatación o saturación que producen los sedimentos y a la tipología de pavimento permeable (Sañudo, 2014).	Las condiciones de funcionamiento pueden ser determinadas por la inclinación del terreno, el estado de colmatación del pavimento poroso y el tipo de pavimento permeable (concreto poroso y asfalto poroso)	Estructura	Tipo de pavimento permeable	Concreto poroso sin finos	Categoría nominal
								Concreto poroso con finos	
							Pendiente de superficie	0%	Categoría ordinal
								3%	
								5%	
	7%								
	10%								
			Capacidad de infiltración	Capacidad que tiene un firme permeable de infiltrar el agua proveniente de las precipitaciones y escorrentía de zonas impermeables (Sañudo, 2014)	La tasa de infiltración viene a ser el porcentaje de las aguas infiltradas de la acumulación en cada cámara respecto a la cantidad total que se usó en el ensayo; y la escorrentía viene a ser el porcentaje de agua que permaneció en la superficie.	Infiltración	Tasa de infiltración (CIR)	%	Numérica continua
						Escorrentía superficial	Escorrentía residual (RR)	%	Numérica continua

materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022? P2: ¿De qué manera la pendiente de la superficie influye en la tasa de infiltración y escorrentía superficial del firme permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022?	producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022 O2: Determinar la influencia que tienen la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial del firme permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022.	materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022 H2: Existe influencia de la pendiente de la superficie en la tasa de infiltración y escorrentía superficial de los firmes permeables producidos con materiales de la cantera de Yanag, Huánuco – 2022
---	--	---

ANEXO 5

MAPA DE UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO



Zona
Este
Norte

18 L
362584.84 m E
8898506.01 m S

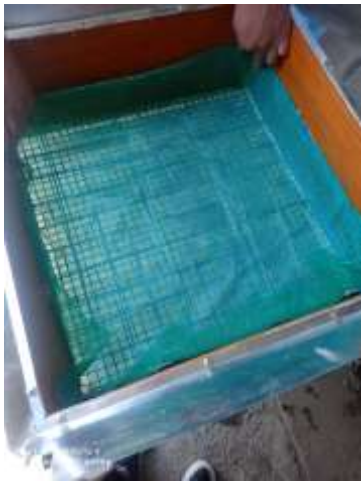
ANEXO 6

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
Mezcla de los componente del diseño de mezcla teórico para el concreto permeable	En esta etapa, luego del cálculo del diseño de mezcla, se realizo la mezcla en un tambor rotatorio, teniendo en cuenta una asignación del 20% adiciona.	
Elaboración de las probetas cilindras	Luego del mezclado se incorporó la mezcla en los moldes cilíndricos (0.0016 m³) para su posterior curado	
Elaboración de las probetas paralelepípedos	Luego del mezclado se incorporó la mezcla en los moldes paralelepípedo (0.025m³) para su posterior curado	

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
Medición de la resistencia a la compresión	Una vez curado las probetas cilíndricas, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en una prensa hidráulica según la norma NT339.034.	
Elaboración de Soporte o Estructura	Esta estructura sirvió como base para la probeta, parte baja, con reguladores de pendientes y donde se ubicaban los sumideros que permitía el paso de la infiltración hacia cavidades. En la parte alta de esta estructura se ubicaron 5 hileras de goteros o aspersores, así como de 2 caudalímetros para la simulación de lluvia y escorrentía.	
Elaboración del simulador de lluvia	Los simuladores de lluvia fueron implementados con tuberías de polipropileno, y con goteros regulables para riego, con un caudal máximo de 70l/h. se establecieron 5 hileras con 15 goteros cada hilera, tal cual lo establece el ICF de Sañudo, (2014).	

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
Elaboración de la probeta o contenedor del firme permeables	Esta probeta de madera con dimensiones de 50*50 de área y de 20 cm de alto. Sirvió como soporte para el firme permeable, asimismo esta probeta tuvo canaletas que redirigían el agua hacia dentro de la probeta y orientaban la escorrentía superficial al contenedor de escorrentía residual.	
Sumidero de infiltración y cavidades para la tasa de infiltración y escorrentía residual	Esta estructura de acrílico permite guiar la infiltración hacia cavidades para recolectar el agua infiltrada y la escorrentía residual. Ambas estructuras se dividieron cada 10 cm para determinar el efecto de la distancia de infiltración en la tasa de infiltración.	
Incorporación de caudalímetros	En esta etapa se instalaron dos caudalímetros uno para regular la intensidad de lluvia, y la escorrentía superficial, con un rango de 0.3 l/min hasta 5 l/min.	

Etapa o Fase	Descripción	Imagen
Incorporación de mallas por el firme permeable	Se incorporo una malla tipo Rachel, con el fin de permitir la permeabilidad del agua infiltrada en el concreto y la base.	
Incorporación del agregado grueso como base del firme permeable	En esta etapa se incorporó piedra chancada de 5' como base del firme permeable, antes de colocar el concreto permeable se puso a nivel esta base para evitar fallas en la medición de la tasa de infiltración.	
Incorporación y sello de la probeta de concreto permeable	En esta etapa se incorporó el bloque de concreto poroso encima de base de agregado grueso, de forma tal que quede nivelada y ranuras de los bordes sean impermeabilizadas, para que no se incurra en errores al momento de la medición de la tasa de infiltración.	

ANEXO 7

BASE DE DATOS

PROBETA N°1 (SIN AF)															
Peso (g)	Sin colmatar (Nuevo)														
	0%			3%			5%			7%			10%		
Recipiente	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	3204	1401	3105	1817	1837	1829	1260	508	389	316	172	76	9	21	5
2	4812	2844	2661	2920	3334	3068	2083	2710	2684	1587	1451	982	550	523	594
3	3491	1835	2089	2146	2040	2069	1893	2222	2313	2092	2020	1985	977	684	658
4	2390	2816	1690	1642	1502	1508	1996	2021	1964	1616	1807	2210	1045	878	801
5	4236	1412	2360	4278	4473	4403	6624	6251	6365	6866	6818	6682	8665	8660	8487
Escorrentia	62	32	147	100	141	146	868	959	1176	2531	2596	2319	3452	3560	3328
Total	18195	10340	12052	12903	13327	13023	14724	14671	14891	15008	14864	14254	14698	14326	13873
															

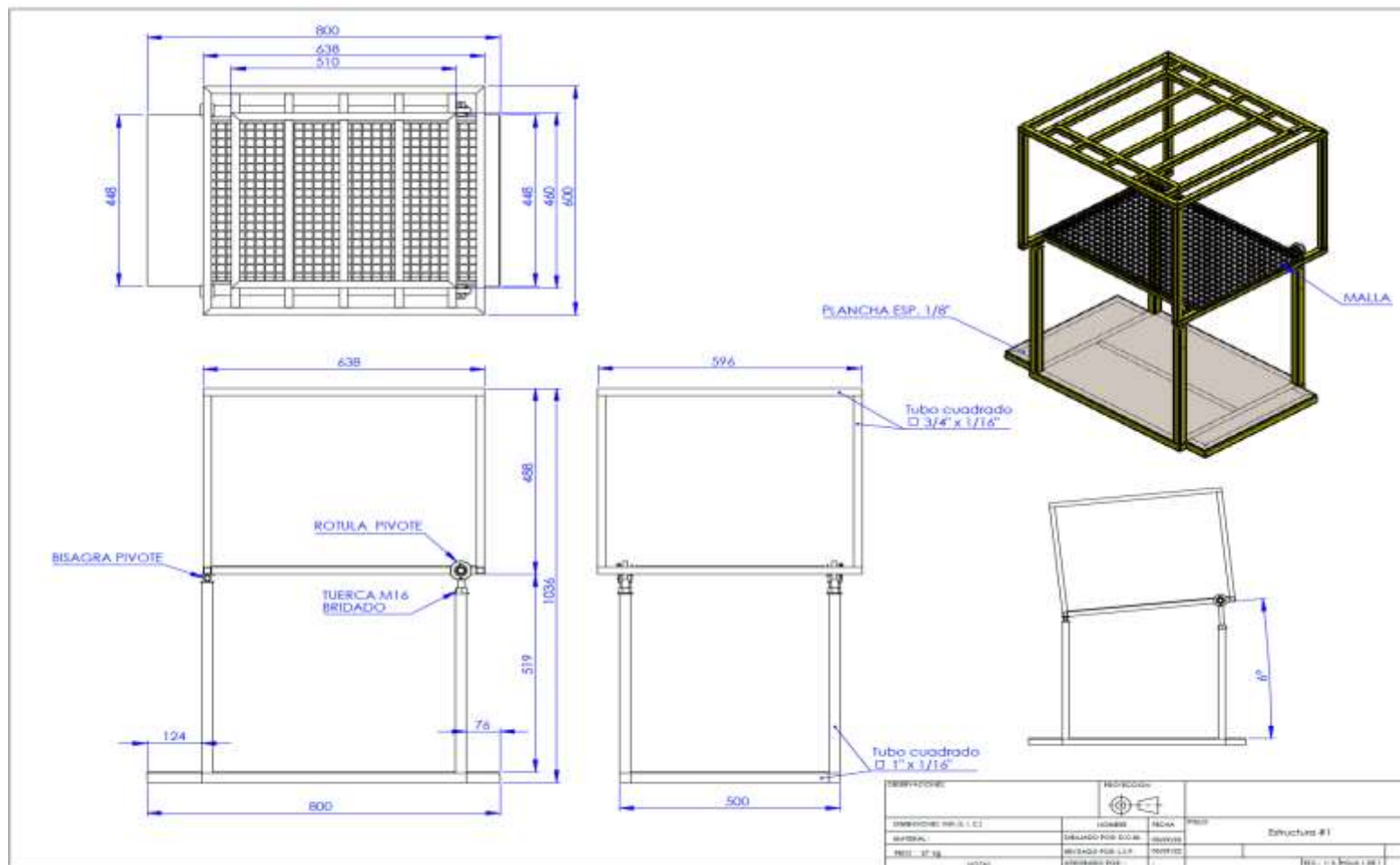
PROBETA N°1 (SIN AF)															
Peso (g)	COLMATADO														
	0%			3%			5%			7%			10%		
Recipiente	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	3430	3292	3222	1545	1567	1443	1109	1007	987	893	798	601	217	566	700
2	5305	5219	5558	5742	5973	5987	2874	3486	3127	1452	1800	1939	1088	769	869
3	3129	2828	2557	2478	2503	2361	2608	2990	2968	1942	2141	1988	1467	1835	1732
4	1874	1633	1267	1717	1887	1868	1467	1014	1073	776	1123	1204	1011	1001	1016
5	2052	1861	1861	3956	4315	4494	6776	5733	6401	5763	7001	6809	7676	7939	8225
Escorrentia	29	32	42	350	461	389	1154	1528	1378	2431	3112	3374	3406	4043	3910
TOTAL	15819	14865	14507	15788	16706	16542	15988	15758	15934	13257	15975	15915	14865	16153	16452
															

PROBETA N°2 (CON AF)															
Peso (g)	Sin colmatar (Nuevo)														
	0%			3%			5%			7%			10%		
Recipiente	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	2956	3325	3634	199	225	332	489	901	871	634	620	628	527	673	450
2	7436	7042	7044	2749	2229	2058	1002	1649	1470	401	370	353	245	395	206
3	3541	3412	3257	3658	3895	4008	2440	2507	2224	80	80	79	34	222	32
4	86	66	67	1287	1962	1866	2782	2807	2677	2217	2142	1979	551	456	351
5	479	609	502	5747	5194	5057	8134	7695	7489	8277	10154	10337	9067	10047	8824
Escorrentia	64	80	51	1135	1215	1425	272	194	109	1252	1311	1621	4253	4751	5081
Total	14562	14534	14555	14775	14720	14746	15119	15753	14840	12861	14677	14997	14677	16544	14944
															

PROBETA N°2 (CON AF)															
Peso (g)	COLMATADO														
	0%			3%			5%			7%			10%		
Recipiente	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	6061	6080	6125	2132	2047	2053	333	287	439	109	161	154	9	18	9
2	2698	3024	2930	2334	2298	2222	688	475	669	215	185	129	21	25	7
3	2903	3217	3045	3055	2863	2754	1375	1337	1502	503	796	378	11	13	0
4	2241	1910	1861	2993	3268	3118	1486	1459	1593	1764	1970	1734	703	247	104
5	1068	1007	788	4908	4925	5100	6466	5927	6279	6826	6346	6311	7428	6884	6938
Escorrentia	216	234	141	353	420	424	1824	1792	1838	3173	2747	2637	4421	4969	5075
Total	15187	15472	14890	15775	15821	15671	12172	11277	12320	12590	12205	11343	12593	12156	12133
															

ANEXO 8

PLANO DE CONSTRUCCIÓN DEL INFILTRÓMETRO



ANEXO 9

DATOS DE ENTRADA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL

Numero de datos	Año	Precipitación (mm)
1	1991	40.06
2	1992	34.65
3	1993	44.83
4	1994	38.65
5	1995	64.37
6	1996	36.85
7	1997	36.79
8	1998	43.49
9	1999	42.00
10	2000	66.87
11	2001	55.00
12	2002	29.30
13	2003	34.07
14	2004	30.04
15	2005	43.80
16	2006	45.42
17	2007	30.01
18	2008	26.21
19	2009	39.09
20	2010	54.17
21	2011	32.55
22	2012	92.36
23	2013	48.50
24	2014	61.66
25	2015	44.78
26	2016	45.91

ANEXO 10

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA GRANULOMETRÍA



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CONTACTO: 962359983 – ingeogamaingenieros@gmail.com

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES
PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO – 2022
UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO
SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS
CANTERA : YANAG
FECHA : ENERO DEL 2023



ESTUDIO DE CANTERA - YANAG


 Jeremy Gadriel Mariel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTACTO: 962359983 – ingeogamaingenieros@gmail.com

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO – 2022
UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO
SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS
CANTERA : YANAG
FECHA : ENERO DEL 2023



Proporciones por metro cúbico de concreto	
Resistencia	175kg/cm ²
Cemento	12.71 Bolsas
Agr. Fino	0.12 m ³
Agr. Grueso	1.00 m ³
Agua	223.43 Lt

Proporciones por Bolsa de Cemento	
Resistencia	175kg/cm ²
Cemento	1.00 Bolsas
Agr. Fino	0.33 p ³
Agr. Grueso	2.77 p ³
Agua	17.58 Lt

Observaciones: Dosificación sin porcentaje de desperdicio



Jherry Gadiel Martel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CONTACTO: 962359983 - ingeogamaingenieros@gmail.com

PROYECTO : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022
UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO
SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS
CANTERA : YANAG
FECHA : ENERO DEL 2023



ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.021

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso de Matraz + Agregado	gr.	416.0	406.0	436.0	424.0
Peso de Matraz + Agregado + Agua	gr.	788.0	777.0	808.0	798.0
Peso de Matraz	gr.	79.0	79.0	79.0	79.0
Volumen de Matraz	cm ³	500	500	500	500
Peso Especifico del agua	cm ³	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso del Agregado	gr.	337.00	327.00	357.00	345.00
Peso del Agua	gr.	372.00	371.00	372.00	374.00
Volumen del agua	cm ³	372.00	371.00	372.00	374.00
Volumen del Agregado	cm ³	128.00	129.00	128.00	126.00
Peso Especifico	gr./cm ³	2.63	2.53	2.79	2.74

Peso Especifico del agregado grueso = 2.67 gr/cm³

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.022

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso de Matraz + Agregado	gr.	336.0	364.0	371.0	381.0
Peso de Matraz + Agregado + Agua	gr.	727.0	751.0	766.0	772.0
Peso de Matraz	gr.	79.0	79.0	79.0	79.0
Volumen de Matraz	cm ³	500	500	500	500
Peso Especifico del agua	cm ³	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso del Agregado	gr.	257.00	285.00	292.00	302.00
Peso del Agua	gr.	391.00	387.00	395.00	391.00
Volumen del agua	cm ³	391.00	387.00	395.00	391.00
Volumen del Agregado	cm ³	109.00	113.00	105.00	109.00
Peso Especifico	gr./cm ³	2.36	2.52	2.78	2.77

Peso Especifico del agregado grueso = 2.61 gr/cm³


 Jeremy Gadel Marín Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTACTO: 962359983 - ingeogamaingenieros@gmail.com

PROYECTO : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO

SOLICITA : BACH, MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS

CANTERA : YANAG

FECHA : ENERO DEL 2023



PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.017

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr.	5220.0	5170.0	5185.0	5180.0
Peso del recipiente	gr.	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm3.	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr.	4070	4020	4035	4030
Peso unitario suelto seco	kg/m3.	1439.47	1421.79	1427.09	1425.32

Peso Unitario Seco Suelto del agregado grueso = 1428.42 kg/m3

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.017

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr.	5240.0	5220.0	5180.0	5270.0
Peso del recipiente	gr.	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm3.	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr.	4090	4070	4030	4120
Peso unitario suelto seco	kg/m3.	1446.54	1439.47	1425.32	1457.15

Peso Unitario Seco Suelto del agregado fino = 1442.12 kg/m3


 Jeremy Gadiel Marín Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CONTACTO: 962359983 - ingeogamaingenieros@gmail.com

PROYECTO : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022
UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO
SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS
CANTERA : YANAG
FECHA : ENERO DEL 2023



PESO UNITARIO SECO COMPACTO DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.017

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr.	5850.0	5810.0	5790.0	5780.0
Peso del recipiente	gr.	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm3.	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr.	4700	4660	4640	4630
Peso unitario suelto seco	kg/m3.	1662.29	1648.14	1641.07	1637.53

Peso Unitario Seco Compacto del agregado grueso = 1647.26 kg/m3

PESO UNITARIO SECO COMPACTO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.017

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado + recipiente	gr.	6140.0	6090.0	6100.0	6110.0
Peso del recipiente	gr.	1150.0	1150.0	1150.0	1150.0
Volumen de recipiente	cm3.	2827.4	2827.4	2827.4	2827.4
Peso del Agregado Fino	gr.	4990	4940	4950	4960
Peso unitario suelto seco	kg/m3.	1764.85	1747.17	1750.71	1754.24

Peso Unitario Seco Compacto del agregado fino = 1754.24 kg/m3



Jeremy Gadriel Muriel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 290464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CONTACTO: 962359983 - ingeogamaingenieros@gmail.com

PROYECTO : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022
UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO
SOLICITA : BACH, MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS
CANTERA : YANAG
FECHA : ENERO DEL 2023



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.021

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso húmedo + recipiente	gr.	203.7	224.0	284.3	267.6
Peso seco + recipiente	gr.	202.1	222.1	281.8	264.9
Peso del recipiente	gr.	57.4	58.4	56.8	55.8
Peso del Agua	gr.	1.60	1.90	2.50	2.70
Peso de los sólidos	gr.	144.70	163.70	225.00	209.10
Absorción	%	1.11%	1.16%	1.11%	1.29%

Absorción del agregado grueso = 1.17%

ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - NTP 400.022

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso húmedo + recipiente	gr.	174.4	179.5	172.2	170.2
Peso seco + recipiente	gr.	171.6	176.6	169.7	167.5
Peso del recipiente	gr.	58.8	56.1	58.7	54.2
Peso del Agua	gr.	2.80	2.90	2.50	2.70
Peso de los sólidos	gr.	112.80	120.50	111.00	113.30
Absorción	%	2.48%	2.41%	2.25%	2.38%

Absorción del agregado fino = 2.38%



Jhenny Gadel Martel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTACTO: 962359983 – ingeogamaingenieros@gmail.com

PROYECTO : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO – 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO

SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS

CANTERA : YANAG

FECHA : ENERO DEL 2023



ENSAYO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO - NTP 339.185

MUESTRA		M - 1	M - 2
Peso húmedo + recipiente	gr.	109.3	126.3
Peso seco + recipiente	gr.	109.2	126.1
Peso del recipiente	gr.	63.0	76.0
Peso del Agua	gr.	0.18	0.18
Peso de los sólidos	gr.	46.15	50.10
Humedad	%	0.39%	0.36%

Humedad del agregado grueso = 0.37%

ENSAYO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO - NTP 339.185

MUESTRA		M - 1	M - 2
Peso húmedo + recipiente	gr.	123.0	124.0
Peso seco + recipiente	gr.	120.0	121.0
Peso del recipiente	gr.	56.0	58.0
Peso del Agua	gr.	3.00	3.00
Peso de los sólidos	gr.	64.00	63.00
Humedad	%	4.69%	4.76%

Humedad del agregado fino = 4.72%


Jeremy Gadiel Martel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTACTO: 962359983 - ingeogamaingenieros@gmail.com

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO

SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS

CANTERA : YANAG

FECHA : ENERO DEL 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - NTP 400.012

TAMIZ N°	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)	Peso de la Muestra Húmeda	3942.80 gr
4"	101.60	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de la Muestra Seca	3942.00 gr
3 1/2"	88.90	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de la Muestra Seca Lavada	3856.00 gr
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de la Tara	141.00 gr
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	GRANULOMETRÍA	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	Cantidad de Grava	31.02 %
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	Cantidad de Arena	66.72 %
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	Cantidad de Limo-Arcilla	2.26 %
3/4"	19.05	24.00	0.63	0.63	99.37	LÍMITES DE ATTERBERG	
1/2"	12.70	1155.00	30.39	31.02	68.98	Límite líquido LL	NP
3/8"	9.53	1552.00	40.83	71.85	28.15	Límite plástico LP	NP
N° 4	4.76	824.00	21.68	93.53	6.47	Ind. de Plasticidad IP	NP
N° 8	2.36	92.00	2.42	95.95	4.05	Pasa tamiz N° 4 :	6.47
N° 16	1.18	6.00	0.16	96.11	3.89	Pasa tamiz N° 200:	2.26
N° 30	0.59	4.00	0.11	96.21	3.79	Módulo de Finesa	6.48
N° 50	0.30	16.00	0.42	96.63	3.37	Huso	# 57
N° 100	0.15	30.00	0.79	97.42	2.58	Tamaño Máximo Nomina	3/4"
N° 200	0.07	12.00	0.32	97.74	2.26		
CAZOLETA	0.00	86.00	2.26	100.00	0.00		
TOTAL		3801.00					




 Jhemy Gadel Martel Peña
 Ingeniero Civil
 Reg. CIP N° 299464

ESTUDIOS DE GEOTECNIA - Celular: 993338846. E-mail: jhemy0305@gmail.com



INGEGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTACTO: 962359983 - ingegamaingenieros@gmail.com

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO

SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS

CANTERA : YANAG

FECHA : ENERO DEL 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - NTP 400.012

TAMIZ N°	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Retenido (%)	Retenido acum. (%)	Pasa (%)	Peso de la Muestra Húmeda	1594.00 gr
4"	101.60	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de la Muestra Seca	1593.00 gr
3 1/2"	88.90	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de la Muestra Seca Lavada	1576.00 gr
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de la Tara	141.00 gr
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	GRANULOMETRÍA	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	Cantidad de Grava	0.00 %
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	Cantidad de Arena	98.83 %
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	Cantidad de Limo-Arcilla	1.17 %
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITES DE ATTERBERG	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite líquido LL	NP
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite plástico LP	NP
N° 4	4.76	40.00	2.75	2.75	97.25	Ind. de Plasticidad IP	NP
N° 8	2.36	511.00	35.19	37.95	62.05	Pasa tamiz N° 4 :	97.25
N° 16	1.18	343.00	23.62	61.57	38.43	Pasa tamiz N° 200:	1.17
N° 30	0.59	189.00	13.02	74.59	25.41	Módulo de Finesa	3.63
N° 50	0.30	214.00	14.74	89.33	10.67	Huso	Arena Gruesa
N° 100	0.15	103.00	7.09	96.42	3.58	Tamaño Máximo Nominal	-
N° 200	0.07	35.00	2.41	98.83	1.17		
CAZOLETA	0.00	17.00	1.17	100.00	0.00		
TOTAL		1452.00					



[Signature]
Jherry Gadel Marín Peña
 Ingeniero Civil
 Reg. CIP N° 290464
 Celular: 983338846 E-mail: jherry0305@gmail.com

ESTUDIOS DE GEOTECNIA



INGEOGAMA INGENIEROS E.I.R.L. - R. U. C. 20610335200

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTACTO: 962359983 - ingeogamaingenieros@gmail.com

PROYECTO : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA DE YANAG, HUÁNUCO - 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO, HUÁNUCO

SOLICITA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS

CANTERA : YANAG

FECHA : ENERO DEL 2023

DISEÑO DE MEZCLA - MÉTODO DEL ACI 522R-10

Resistencia Requerida $f'c$: 175 kg/cm² Slump : 3" a 4"

Tipo de Cemento: Portland Tipo I

Peso Esp. Cemento: 3.15 Tn/m³

Fuente de Agua: Agua Potable

Peso Esp. Agua: 1.00 Tn/m³

Agregado Grueso: Piedra Chancada

Agregado Fino : Arena Gruesa

Datos del Laboratorio	Und.	Agregado Grueso	Agregado Fino
Tamaño Máximo Nominal TMN		3/4"	-
Módulo de Fineza		6.48	3.63
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1428.42	1442.12
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1647.26	1754.24
Peso específico de masa	g/cc	2.67	2.61
Absorcion	%	1.17	2.38
Contenido de humedad	%	0.37	4.72

Resistencia promedio: 245 kg/cm²

Relación A/C: 0.40

Cantidad de Aire: 2.0%

Vol. Ag. Grueso: 0.86

Cálculo de Volúmenes Absolutos			
Materiales	Und.	Seco	Húmedo
Cemento	0.171 m ³	540.00 kg	540.00 kg
Agua	0.216 m ³	216.00 kg	216.00 kg
Aire	0.020 m ³	-	-
Agregado Grueso	0.530 m ³	1416.64 kg	1421.91 kg
Agregado Fino	0.063 m ³	163.60 kg	171.33 kg
Total	1.000 m ³	2336.24 kg	2349.24 kg

Aporte del agua	Und.	Absorción	Humedad
Agregado Grueso	Lt	16.53	5.27
Agregado Fino	Lt	3.90	7.73

Proporciones finales de diseño			
Cantidad de Materiales	Por m ³		Por bolsa
Cemento	540.00 kg	12.71 bolsas	1.00 bolsa
Agua	223.43 kg	223.43 Lt	17.58 Lt
Agregado Grueso	1421.91 kg	1.00 m ³	2.77 p ³
Agregado Fino	171.33 kg	0.12 m ³	0.33 p ³


Jimmy Gadiel Nariel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



ANEXO 11

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO - 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



CONCRETO PERMEABLE SIN AGREGADO FINO


 Jherry Gadel Marín Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

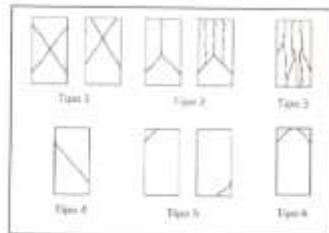
TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO - 2022
UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO
TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



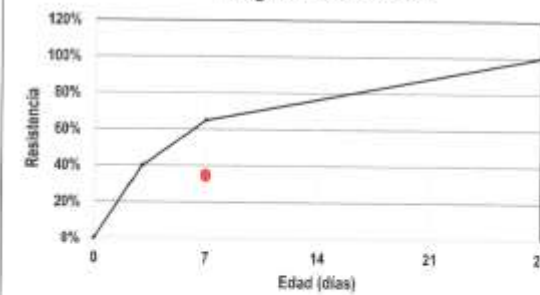
OBSERVACIONES: Muestra elaborada por el cliente con la supervisión del jefe la laboratorio

DATOS DE DISEÑO		f'c	FECHA MOLDE	FECHA ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	AREA	CARGA	ESFUERZO DE ROTURA	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA
CONCRETO PERMEABLE SIN AGREGADO FINO	1	175kg/cm ²	25/02/2023	04/03/2023	7 días	10.16cm	81.07cm ²	4850kg	60kg/cm ²	2	34.18%
	2	175kg/cm ²	25/02/2023	04/03/2023	7 días	10.16cm	81.07cm ²	5060kg	62kg/cm ²	2	35.66%
	3	175kg/cm ²	25/02/2023	04/03/2023	7 días	10.16cm	81.07cm ²	4766kg	59kg/cm ²	3	33.59%

TIPO DE FALLA



Fraguado del concreto.



Jhemy Gedel Martel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299484



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO – 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

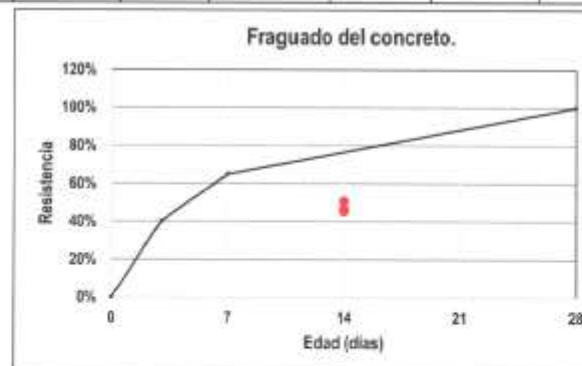
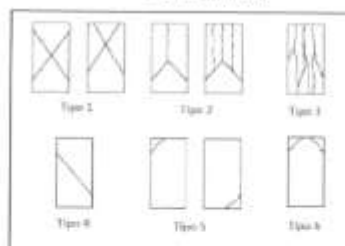
TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



OBSERVACIONES: Muestra elaborada por el cliente con la supervisión del jefe la laboratorio

DATOS DE DISEÑO		f'c	FECHA MOLDE	FECHA ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	AREA	CARGA	ESFUERZO DE ROTURA	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA
CONCRETO PERMEABLE SIN AGREGADO FINO	1	175kg/cm ²	25/02/2023	11/03/2023	14 días	10.16cm	81.07cm ²	6630kg	82kg/cm ²	3	46.73%
	2	175kg/cm ²	25/02/2023	11/03/2023	14 días	10.16cm	81.07cm ²	7210kg	89kg/cm ²	2	50.82%
	3	175kg/cm ²	25/02/2023	11/03/2023	14 días	10.16cm	81.07cm ²	6430kg	79kg/cm ²	3	45.32%

TIPO DE FALLA



Jeremy Gadiel Marín Peña
 Ingeniero Civil
 Reg. CIP N° 299464



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO – 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

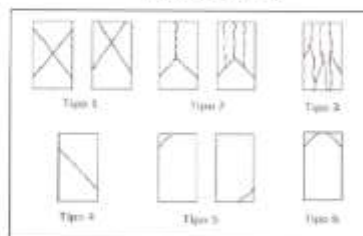
TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



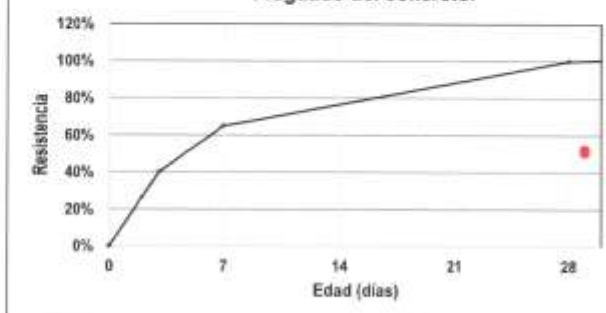
OBSERVACIONES: Muestra elaborada por el cliente con la supervisión del jefe la laboratorio

DATOS DE DISEÑO		f_c	FECHA MOLDE	FECHA ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	AREA	CARGA	ESFUERZO DE ROTURA	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA
CONCRETO PERMEABLE SIN AGREGADO FINO	1	175kg/cm ²	25/02/2023	26/03/2023	29días	10.16cm	81.07cm ²	7190kg	89kg/cm ²	3	50.68%
	2	175kg/cm ²	25/02/2023	26/03/2023	29días	10.16cm	81.07cm ²	7220kg	89kg/cm ²	3	50.89%
	3	175kg/cm ²	25/02/2023	26/03/2023	29días	10.16cm	81.07cm ²	7460kg	92kg/cm ²	2	52.58%

TIPO DE FALLA



Fraguado del concreto.




 Jherry Gadiel Martel Peña
 Ingeniero Civil
 Reg. CIP N° 299464





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO - 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO FINO


 **Jeremy Caciél Mariel Pofa**
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO – 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

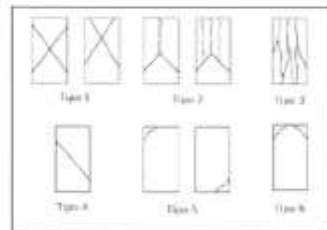
TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



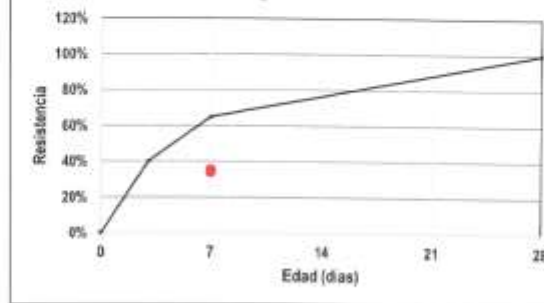
OBSERVACIONES: Muestra elaborada por el cliente con la supervisión del jefe la laboratorio

DATOS DE DISEÑO		f _c	FECHA MOLDE	FECHA ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	AREA	CARGA	ESFUERZO DE ROTURA	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA
CONCRETO PERMEABLE CON 20% DE AGREGADO FINO	1	175kg/cm ²	25/02/2023	04/03/2023	7 días	10.16cm	81.07cm ²	4850kg	60kg/cm ²	3	34.18%
	2	175kg/cm ²	25/02/2023	04/03/2023	7 días	10.16cm	81.07cm ²	4760kg	59kg/cm ²	3	33.55%
	3	175kg/cm ²	25/02/2023	04/03/2023	7 días	10.16cm	81.07cm ²	5060kg	62kg/cm ²	3	35.56%

TIPO DE FALLA



Fraguado del concreto.



Jherry Gadriel Nardel Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO – 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

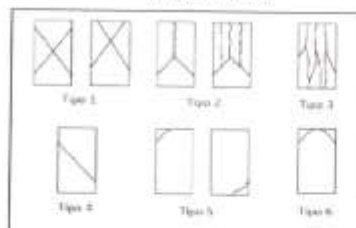
TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



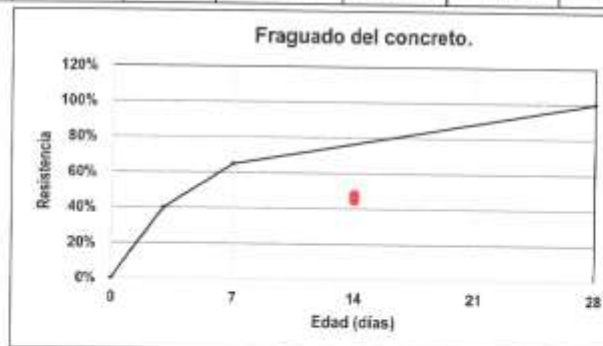
OBSERVACIONES: Muestra elaborada por el cliente con la supervisión del jefe la laboratorio

DATOS DE DISEÑO		f'c	FECHA MOLDE	FECHA ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	AREA	CARGA	ESFUERZO DE ROTURA	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA
CONCRETO PERMEABLE CON 20% DE AGREGADO FINO	1	175kg/cm2	25/02/2023	11/03/2023	14días	10.16cm	81.07cm2	6670kg	82kg/cm2	2	47.01%
	2	175kg/cm2	25/02/2023	11/03/2023	14días	10.16cm	81.07cm2	6300kg	78kg/cm2	3	44.40%
	3	175kg/cm2	25/02/2023	11/03/2023	14días	10.16cm	81.07cm2	6850kg	84kg/cm2	2	48.28%

TIPO DE FALLA



Fraguado del concreto.



Jherry Gadel Martel Peña
 Ingeniero Civil
 Reg. CIP N° 299464



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO - NTP 339.034

TESIS : EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE FIRMES PERMEABLES PRODUCIDOS CON MATERIALES DE LA CANTERA, YANAG, HUÁNUCO – 2022

UBICACIÓN : CANTERA YANAG, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

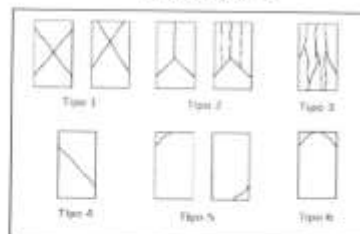
TESISTA : BACH. MELISSA LINDEYS HANCCO RAMOS



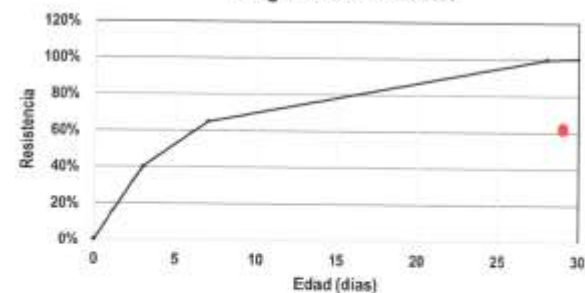
OBSERVACIONES: Muestra elaborada por el cliente con la supervisión del jefe la laboratorio

DATOS DE DISEÑO		f_c	FECHA MOLDE	FECHA ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	AREA	CARGA	ESFUERZO DE ROTURA	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA
CONCRETO PERMEABLE CON 20% DE AGREGADO FINO	1	175kg/cm ²	25/02/2023	26/03/2023	29días	10.16cm	81.07cm ²	8960kg	111kg/cm ²	3	63.15%
	2	175kg/cm ²	25/02/2023	26/03/2023	29días	10.16cm	81.07cm ²	8700kg	107kg/cm ²	3	61.32%
	3	175kg/cm ²	25/02/2023	26/03/2023	29días	10.16cm	81.07cm ²	8680kg	107kg/cm ²	2	61.18%

TIPO DE FALLA



Fraguado del concreto.



Jeremy Gadiel Marín Peña
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 299464