

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Determinación del aporte estructural de capa base granular
estabilizada con cemento portland tipo IP en obras viales**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Gustavo Pacheco Guzman

Asesor:

Mg. Gerardo William Pari Quispe

Juliaca, diciembre de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Gerardo William Pari Quispe, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**DETERMINACIÓN DEL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPA BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND TIPO IP EN OBRAS VIALES**” del autor **Gustavo Pacheco Guzman**, tiene un índice de similitud de 18% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 09 días del mes de abril del año 2026.



Mg. Gerardo William Pari Quispe
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 04 día(s) del mes de diciembre del año 2021, siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro Leonel Chahuares Paucor el (la) secretario(a): Msc Ecler Mamani Chambi
Cruz Calapuja y los demás miembros: Dr Néstor Callejando
Pari Quipa y el (la) asesor(a) Mg Gerardo William

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
Determinación del aporte estructural de capa base granular estabilizada con cemento portland tipo IP en obras vias

del(los) bachiller(es): a) Gustavo Pacheco Guzman
 b) _____
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de:
Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Gustavo Pacheco Guzman

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente(a)
[Firma]
 Asesor(a)
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Secretaria
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)
[Firma]
 Bachiller (c)

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	5
Abstract.....	6
1. Introducción.....	7
2. Metodología.....	9
2.1 Ámbito de estudio	9
2.2 Materiales y métodos	9
2.3 Diseño de Mezcla del Material Granular Estabilizado con Cemento Portland.....	11
3. Resultados y Discusión.....	13
3.1 Características de los materiales de cantera.	13
3.2 Resistencia a la compresión simple bloques suelo-cemento.....	20
3.3 Coeficiente estructural de base.....	21
3.3.1 Número estructural requerido	22
3.3.2 Número estructural propuesto	23
4. Conclusiones.....	25
Referencias bibliográficas.....	27
Anexos	29

Determinación del aporte estructural de capa base granular estabilizada con cemento portland tipo IP en obras viales

Determination of the structural contribution of granular base course stabilized with portland cement type IP in road works

Resumen

Las capas granulares de un pavimento son fundamentales para soportar las cargas transmitidas desde las capas superficiales hasta las capas inferiores. La baja calidad de los materiales utilizados en las capas granulares, se manifiesta cuando estos no cumplen con los parámetros normativos en cuanto a granulometría, plasticidad y resistencia; lo que afecta en su capacidad estructural y rendimiento. El objetivo del estudio fue determinar el coeficiente estructural de una capa base granular estabilizada con cemento Portland tipo IP, para mejorar su desempeño. La metodología incluyó estudios de campo, análisis de tráfico, estudio subrasante y canteras. Las muestras de las dos canteras se analizaron en laboratorio y, al no cumplir los requisitos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de manera individual, se combinaron en una proporción de 55% de la cantera 1 y 45% de la cantera 2, el material combinado fue estabilizado con cemento Portland en porcentajes de 3%, 4%, 5% y 6%. Los resultados mostraron que, utilizando la metodología AASHTO 93, los espesores del pavimento se redujeron de 50 cm para la base sin tratar, a 40 cm con 3% de cemento y a 35 cm con 4% y 5%. Finalmente, se concluyó que la adición de hasta un 4% de cemento permitió reducir el espesor del pavimento en 15 cm, lo que equivale a una disminución del 30% en el espesor total, sin comprometer la capacidad estructural del pavimento.

Palabras clave: Cemento portland, coeficiente estructural de capa, material granular estabilizado, espesor de pavimento.

Abstract

The granular layers of a pavement are fundamental for supporting the loads transmitted from the surface layers to the lower layers. The low quality of the materials used in these granular layers becomes apparent when they do not meet the regulatory parameters for particle size distribution, plasticity, and strength, which affects their structural capacity and performance. The objective of this study was to determine the structural coefficient of a granular base course stabilized with Type IP Portland cement to improve its performance. The methodology included field studies, traffic analysis, subgrade analysis, and quarry surveys. Samples from two quarries were analyzed in the laboratory, and since they did not individually meet the requirements of the Ministry of Transport and Communications (MTC), they were combined in a ratio of 55% from quarry 1 and 45% from quarry 2. The combined material was stabilized with Portland cement at percentages of 3%, 4%, 5%, and 6%. The results showed that, using the AASHTO 93 methodology, pavement thicknesses were reduced from 50 cm for the untreated base to 40 cm with 3% cement and to 35 cm with 4% and 5%. Finally, it was concluded that adding up to 4% cement allowed for a 15 cm reduction in pavement thickness, equivalent to a 30% decrease in total thickness, without compromising the pavement's structural capacity.

Keywords: Portland cement, layer structural coefficient, stabilized granular material, pavement thickness.

1. Introducción

En la actualidad el Perú se encuentra en un proceso de crecimiento urbano es por ello que en los últimos años el Estado a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), viene dando la importancia que se requiere a la construcción de carreteras; puesto que para contribuir el desarrollo socio-económico de un país es necesario que este posea una adecuada infraestructura vial. En el departamento de Puno la construcción de carreteras y la ampliación de las existentes son obras que se ejecutan frecuentemente, donde el suelo es uno de los materiales de construcción principal; es por ello que es de suma importancia evaluar la calidad de los mismos (Betancourt Rodríguez, 2017)

Por otro lado, el comportamiento de la estructura de un pavimento depende directamente de la calidad de los materiales empleados por lo cual son uno de los factores importantes en el diseño estructural de un pavimento (Zambrano Meza, 2019); en muchas ocasiones los materiales que forman parte de las bases o subbases de los pavimentos flexibles son de mala calidad e inapropiados, en ocasiones no cumplen con los parámetros exigidos por la norma, especialmente en cuanto a su composición granulométrica, plasticidad y resistencia.

Estos problemas planteados se han venido mitigando con la utilización de diversas metodologías, que principalmente se orientan hacia el mejoramiento o estabilización de los suelos para obtener resistencias más elevadas en la que los materiales granulares son tratados con otro material de construcción donde se puede adicionar algún material convencional o sustituir por otro material (Liu et al., 2019) a fin de que el suelo pueda resistir las altas tensiones producidas por el tráfico. Cabe mencionar que la cantidad y tipo de estabilizante a emplear estará en función al tipo de suelo que se quiere tratar (Bada, 2016).

En la actualidad se viene impulsando muchas tecnologías de estabilización de suelos (Sánchez Cotte et al., 2019), (Surita Gil et al., 2023), (Rivera, 2016), (Shojaei Baghini et al., 2013), han estudiado la mejora de materiales granulares con emulsión asfáltica catiónica y

cemento portland para subbases y bases de pavimentos. El cemento portland resulta ser una opción atractiva como aglutinante, en parte debido a su eficacia para mejorar la resistencia del suelo, su costo relativamente bajo y su fácil disponibilidad (Ifediniru & Ekeocha, 2022); la estabilización de capas granulares con cemento portland mejora propiedades como: plasticidad, resistencia mecánica y, resistencia a las condiciones climatológicas (Luis et al., 2011). La adición del cemento al suelo le proporciona una rigidez sensible, por lo que la base funciona ya como una losa, distribuyendo las cargas de tráfico sobre una superficie mayor; además el material resulta inalterable por los agentes ecológicos (Rocci, 1964). Al estabilizar los suelos con cemento no sólo garantizará que el pavimento cumpla con su periodo de diseño, sino también que dicho pavimento cuente con capas de mayor capacidad de soporte por ende reduzca sus espesores y como consecuencia de ello, reduzca su costo al momento de su ejecución.

El objetivo de la investigación es demostrar el incremento de la resistencia a la compresión y el CBR que experimenta un material granular con adición de cemento portland tipo IP en diferentes porcentajes; se tiene también como objetivo mostrar la influencia que tiene este incremento de resistencia en los valores de los coeficientes estructurales de capa y en el comportamiento de la estructura del pavimento; se muestran en este trabajo los resultados de laboratorio obtenidos de los materiales de cantera los cuales no satisfacen las exigencias para la construcción de bases a pesar que se realizó la combinación de ambas canteras de la zona de estudio; al adicionar a estos materiales con cemento portland tipo IP permitió que las propiedades mejoren y puedan alcanzar las exigencias; logrando así proponer la construcción de capas de rodadura más delgadas y con altas resistencias a los esfuerzos producidos por los vehículos.

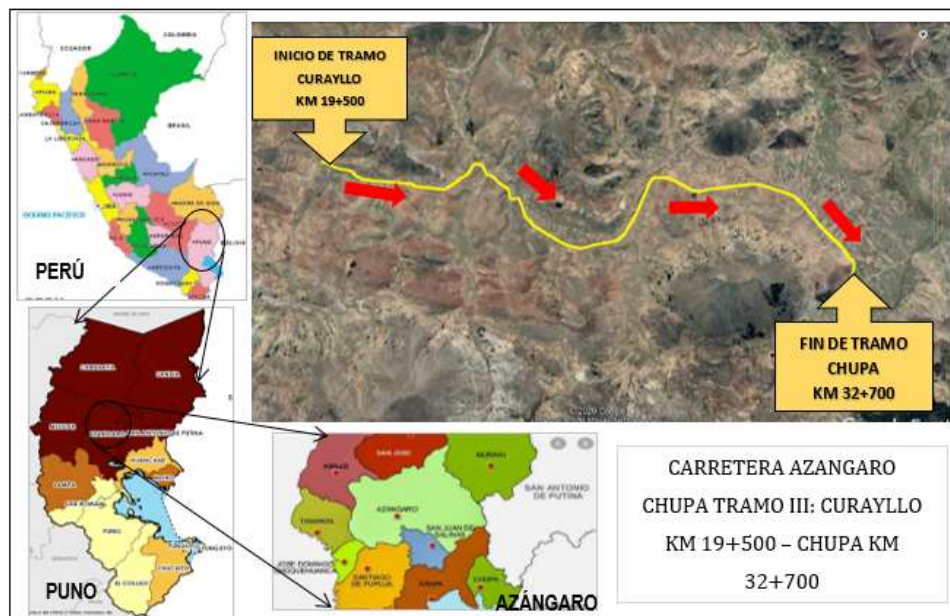
2. Metodología

2.1 Ámbito de estudio

El tramo en estudio está ubicado entre los distritos de San Juan de Salinas y Chupa, dando inicio en el desvío de la comunidad de Curayllo km 19+500 y finalizando en el desvío del distrito de Chupa km 32+700, ubicadas entre las coordenadas 8336915 N 385743 E altitud 3976msnm y 8329578 N 394861 E altitud 3814 msnm respectivamente.

Figura 1

Ubicación de la Zona de Estudio



2.2 Materiales y métodos

Dentro del tramo en estudio se tiene 02 canteras de suelos granulares las que fueron utilizadas para la conformación de bases y subbase del pavimento. Según el Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción sección 403 Bases granulares hace mención que los materiales granulares utilizados para la conformación de bases son obtenidos de forma natural, las cuales deben cumplir los parámetros establecidos por la

normativa. “Un aspecto importante a la hora de seleccionar materiales para su uso en carreteras es procurar que estos procedan de zonas cercanas a la obra ya que, dado el gran volumen que suele emplearse, una distancia de transporte relativamente grande puede disparar notablemente su precio” (Bañon Blazquez & Bevia Garccia, 2010)

Para llevar adelante el presente estudio y lograr los objetivos, se ha realizado los estudios en campo dentro de ello se tienen: Estudios de tráfico, exploración y muestreo de los materiales de la subrasante y de cantera. Del estudio de tráfico se ha obtenido como resultado un IMDa = 111 veh./día. Con la información recopilada de campo, se realizó los trabajos en laboratorio; en esta etapa se hicieron ensayos a los materiales obtenidos de la subrasante y a los materiales obtenidos de las dos canteras. Estos resultados fueron analizados para verificar si se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa del MTC, en este caso los materiales de las dos canteras de manera independiente no cumplen las condiciones, motivos por los que se realizó la combinación de ambos. Una vez ya obtenida el material requerido conforme a la normativa se realizó en laboratorio la estabilización con cemento portland tipo IP con diferentes dosificaciones, se determinó el CBR y se elaboró bloques de suelo cemento con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión; puesto que éste es un valor que se requiere para conocer el número estructural de bases estabilizadas con cemento. Finalmente se han realizado trabajos en gabinete, en esta etapa se efectuó el cálculo del coeficiente estructural.

Para el estudio de la subrasante se ha realizado 15 puntos de exploración mediante la técnica de pozos a cielo abierto; se observó la presencia de arenas arcillosas y arcillas de baja plasticidad de clasificación SUCS (SC y CL) y AASHTO (A-4 y A-6). De acuerdo a las características de los suelos se deduce que el tramo en estudio es casi homogéneo, por tal motivo se ha realizado un total de 06 ensayos de CBR; el valor de CBR más crítico obtenido

es de 7.89% el cual clasifica como S3: subrasante regular obteniéndose un módulo resiliente $(M_R) = 9583.41$ psi

(De La Torre Illesca, 2018) menciona que “la finalidad de evaluar canteras es definir las zonas más pertinentes para la explotación de materiales considerando que estas sirvan para la construcción de las capas del pavimento”. Se realizó el estudio de 02 canteras, la cantera 01 está ubicada en la progresiva 21+900 al lado derecho de la vía y la cantera 02 está ubicada en la progresiva 24+300 al lado izquierdo de la vía; de ambos materiales se realizaron los siguientes ensayos: Análisis granulométrico por tamizado, Proctor modificado, CBR, abrasión, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena, y porcentaje de caras fracturadas.

2.3 Diseño de Mezcla del Material Granular Estabilizado con Cemento Portland.

Una vez seleccionados los materiales de cantera a utilizar para la conformación de la base del pavimento se procedió con la estabilización con cemento portland IP para evaluar la resistencia a la compresión de suelo – cemento se elaboró probetas con diferentes dosificaciones; de acuerdo a las sugerencias del MTC y el ACI para suelos granulares de clasificación SUCS GW-GM y clasificación AASHTO A-1-a (0) el porcentaje de adición de cemento es de 3 a 5%; por lo tanto en laboratorio se ha trabajado con 3%, 4% y 5% de cemento portland tipo IP marca Wari. La elaboración de las probetas se realizó conforme a la norma (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1999) y (Mas & Kirschbaum, 2011)

Una vez secada la muestra combinada de las canteras se ha tamizado por la malla de $\frac{3}{4}$ ”, el material retenido fue reemplazado por una cantidad igual en peso de material que pasa la malla $\frac{3}{4}$ ” y retiene la malla N°4. Luego se ha remojado el material que pasa la malla $\frac{3}{4}$ ” y retiene la malla N°4 por un tiempo de 24 horas y se secó superficialmente. En seguida se ha pesado las cantidades diseñadas de suelo que pasa la malla N°4 y de suelo comprendido entre las mallas $\frac{3}{4}$ ” y N°4, así mismo se pesó la cantidad diseñada de cemento y agua. Las cantidades

diseñadas suelo y agua fueron obtenidos del ensayo de próctor modificado.

Figura 2

Preparación de materiales para la elaboración de probetas



Se procedió con la mezcla de los materiales, suelo, menos el material retenido en la malla N°4 hasta que se logró una distribución uniforme. Luego se agregó el agua hasta lograr una mezcla uniforme. Por último, se agregó el material grueso secado superficialmente y se mezcló hasta que se distribuyó uniformemente dentro de la pasta. Finalmente, se empezó a compactar y con la ayuda del extractor se obtuvo la probeta suelo-cemento.

Figura 3

Extracción y curado de probetas suelo-cemento



El curado de las probetas suelo-cemento se ha realizado por un tiempo de 7 días, se hizo un curado hermético con bolsas. Luego del periodo de curado las probetas suelo-cemento fueron sometidos a compresión, el ensayo se realizó lo más pronto posible, manteniendo húmedo los especímenes. Se tomó el registró de carga total a la falla de las probetas estabilizadas con 3%, 4% y 5% de cemento y finalmente se obtuvo la resistencia a la compresión de las probetas suelo – cemento las que fueron parámetros decisivos para el diseño del pavimento y la determinación del coeficiente de aporte estructural.

Figura 4

Resistencia a la compresión



3. Resultados y Discusión

3.1 Características de los materiales de cantera.

En la siguiente tabla se muestra la distribución del tamaño de partículas de las canteras 01 y 02, cuyos resultados fueron obtenidos en laboratorio del ensayo de análisis granulométrico por tamizado de acuerdo a la norma (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). Así mismo se muestra los parámetros establecidos por la normativa MTC Especificaciones técnicas generales para construcción - Sección 403 Bases granulares; donde nos indica que para las zonas con altitud iguales o mayores a 3.000 msnm. se deberá seleccionar la gradación “A.

Tabla 1

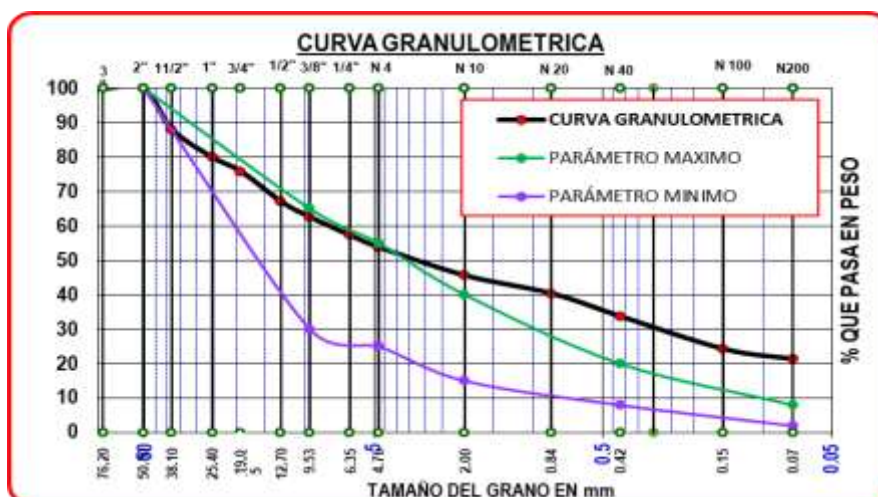
Características granulométricas de las canteras 01 y 02

TAMIZ	GRADACIÓN A normativa	CANTERA 01	CANTERA 02
50 mm (2")	100	100	100
25 mm (1")	---	79.91	100
9.5 mm (3/8")	30-65	62.56	58.98
4.75mm (N°4)	25-55	53.77	36.83
2.0 mm (N°10)	15-40	45.55	19.93
425 um (N°40)	8-20	33.68	4.60
75 um (N°200)	2-8	21.25	0.30

Como se muestra en la tabla 1 y figura 4 la cantera 01 no cumple con los parámetros granulométricos establecidos por la norma en las mallas N°10, N°40 y N°200 los porcentajes que pasa son superiores.

Figura 5

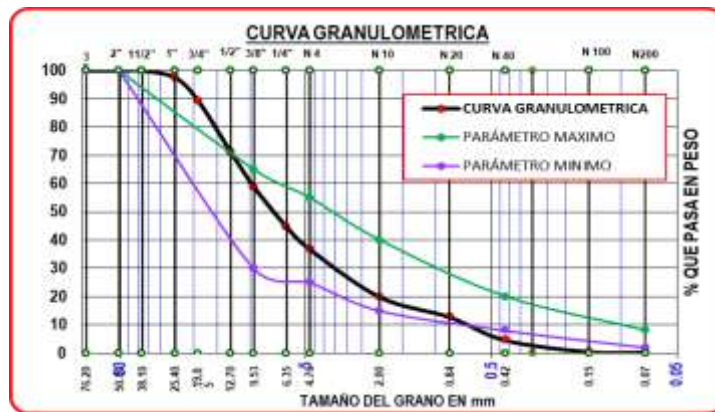
Curva granulométrica de la cantera 1.



La cantera 02 – figura 5 no cumple con los parámetros granulométricos establecidos por la norma en las mallas N°40 y N°200 los porcentajes que pasa están por debajo de los parámetros establecidos y en las mallas de 1” y ¾ sobrepasan; puesto que se trata de suelos transportados.

Figura 6

Curva granulométrica de la cantera 2.



Así mismo se determinó las propiedades físicas y mecánicas de los materiales gruesos y finos de ambas canteras las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.


Propiedades de los suelos de la cantera 01

Propiedades de los Suelos	Resultado	
% Grava	46.23%	
% Arena	32.52%	
% Finos	21.25%	
Coefficiente de uniformidad	NP	
Coefficiente de curvatura	NP	
Clasificación SUCS	GC	
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	
Límite Líquido	28.78%	
Límite Plástico	17.08%	
Índice de plasticidad	11.71%	
Máxima densidad seca	2.073 gr/cm ³	
Óptimo contenido de humedad	10.15%	
CBR al 100%	33.20%	
CBR al 95%	18.20%	

De los ensayos realizados, la cantera 1 presenta un índice de plasticidad de 11.71%, lo cual está fuera de los parámetros recomendados para la conformación de bases, lo que sugiere un contenido considerable de arcillas. El CBR obtenido es de 33.20%, un valor significativamente inferior al 80% exigido por la norma, lo que indica que el suelo tiene una baja capacidad para resistir las cargas aplicadas.

Tabla 3

Propiedades de los suelos de la cantera 02

Propiedades de los Suelos	Resultado	
% Grava	63.17%	
% Arena	36.53%	
% Finos	0.30%	
Coefficiente de uniformidad	14.05	
Coefficiente de curvatura	1.95	
Clasificación SUCS	GW	
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)	
Límite Líquido	NP	
Límite Plástico	NP	
Índice de plasticidad	NP	
Máxima densidad seca	1.716 gr/cm ³	
Óptimo contenido de humedad	9.12%	
CBR al 100%	30.35%	
CBR al 95%	20.80%	

Los ensayos realizados en la cantera 2 muestran que el material no presenta plasticidad, lo que refleja la ausencia de arcillas y una cohesión reducida. Esta característica afecta la adherencia entre partículas, lo que puede comprometer la capacidad de compactación del material. El valor de CBR obtenido fue de 30.35%, muy por debajo del 80% requerido por la norma, lo que indica que el suelo tiene una capacidad limitada para soportar las cargas aplicadas.

En la tabla siguiente se observa que las propiedades de ambas canteras no se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa.

Tabla 4

Cbr de canteras 01 y 02

PROPIEDADES DE LOS SUELOS	REQUERIMIENTO NORMA	CANTERA 1	CANTERA 2
CBR (base granular para tráfico EE < 10 ⁶)	80% min	33.20%	30.35%
Índice de plasticidad	2% min	11.71%	NP
Limite liquido	---	28.78%	NP
Limite plástico	---	17.08%	NP

En función al análisis de los resultados obtenidos se optó por realizar la combinación de ambas canteras a través de pruebas de laboratorio con diferentes dosificaciones o porcentajes de las canteras 01 y 02, tomándose en cuenta principalmente la distribución granulométrica de estos. Como resultado, la mejor combinación está compuesto por un 55% de la cantera 01 y 45% de la cantera 02.

Figura 7

Curva granulométrica de la cantera 2.

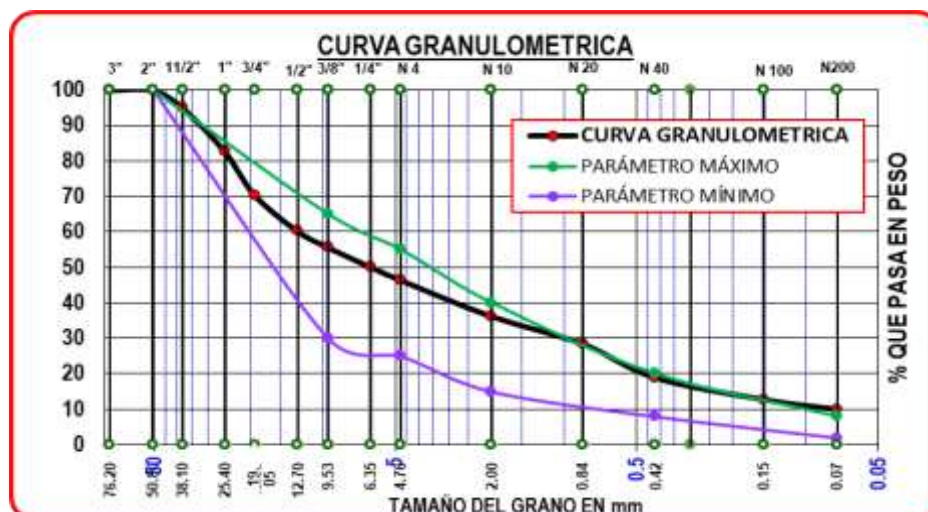


Tabla 5

Características granulométricas de la combinación de canteras

TAMIZ	GRADACIÓN A	MATERIAL COMBINADO (55% cantera 01 + 45% cantera 02)
50 mm (2")	100	100
25 mm (1")	---	82.70
9.5 mm (3/8")	30-65	55.70
4.75mm (N°4)	25-55	46.50
2.0 mm (N°10)	15-40	36.30
425 um (N°40)	8-20	19.00
75 um (N°200)	2-8	10.00

Figura 8

Curva granulométrica de la combinación de canteras.

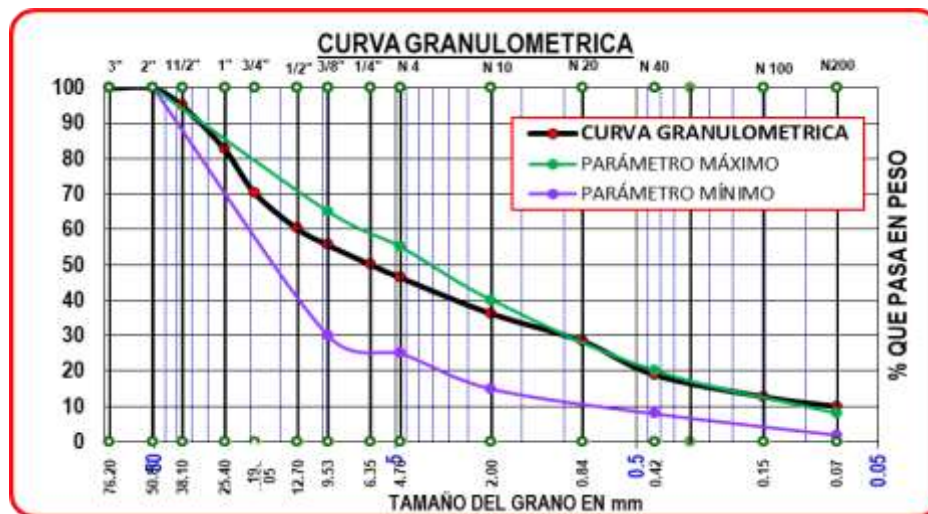



Tabla 6*Características granulométricas de la combinación de canteras*

Propiedades de los Suelos	Resultado	
% Grava	53.51%	
% Arena	36.44%	
% Finos	10.05%	
Coefficiente de uniformidad	171.78	
Coefficiente de curvatura	1.22	
Clasificación SUCS	GW-GC	
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)	
Límite Líquido	17.25%	
Límite Plástico	16.09%	
Índice de plasticidad	1.15%	
Equivalente de arena	39.21%	
Abrasión Los Ángeles	33.89%	
Máxima densidad seca	2.24 gr/cm ³	
OCH	6.57%	
CBR al 100%	68.15%	

Al combinar los materiales de ambas canteras, se observa una mejora significativa en las propiedades físicas y mecánicas, acercándose a los parámetros establecidos por la normativa (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - Sección 403 Bases Granulares, 2013). El material resultante es una grava bien graduada con arcilla, con un índice de plasticidad de 1.15%, lo que indica una baja presencia de finos y mayor granularidad. Aunque la capacidad de soporte CBR mejoró significativamente, alcanzando un 68.15%, este valor sigue siendo inferior al requerimiento mínimo, lo que sugiere que el material tiene una capacidad limitada para soportar las cargas de tráfico, lo que podría ocasionar deformaciones en el pavimento. Por otro lado, la distribución granulométrica, el equivalente de arena de 39.21% y la abrasión Los Ángeles de 33.89% cumplen con los requerimientos establecidos.

Tabla 7*Características granulométricas de la combinación de canteras*

PROPIEDADES DE LOS SUELOS	REQUERIMIENTO NORMA	MATERIAL COMBINADO (55% cantera 01 + 45% cantera 02)
CBR (base granular para tráfico EE < 10 ⁶)	80% min	68.15%
Índice de plasticidad	2% min	1.15%
Limite liquido	---	17.25%
Limite plástico	---	16.09%
Equivalente de arena	35% min	39.21%
Abrasión los Ángeles	40% máx	33.89%

3.2 Resistencia a la compresión simple bloques suelo-cemento

El diseño del suelo (material combinado de ambas canteras) se ha estabilizado con cemento portland con diferentes porcentajes de adición de cemento portland tipo IP con 3%, 4% y 5%; para la evaluación de su resistencia a la compresión; se realizó probetas de suelo – cemento en función a la normativa MTC E 1101. Cabe señalar que se ha realizado 5 probetas para cada dosificación obteniéndose un total de 15 probetas.

Así mismo se determinó la resistencia a la compresión de suelo natural a una edad de 7 días de 5 probetas para poder verificar el incremento de su resistencia al adicionar el cemento portland tipo IP.

Figura 9

Valores de la Resistencia a la compresión promedio de probetas

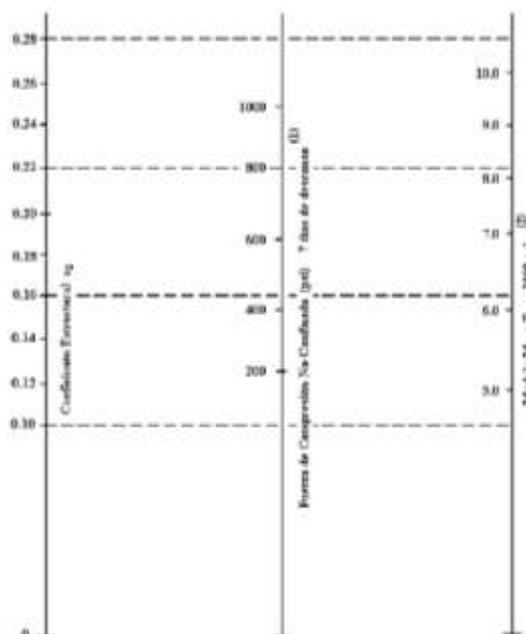


3.3 Coeficiente estructural de base

El coeficiente estructural de base tratada con cemento a_{2b} esta en función de la resistencia a la compresión simple del suelo-cemento, donde los resultados obtenidos de laboratorio fueron empleados en los monogramas o ábacos sugeridos por la Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento 1993.

Figura 10

Relación entre el coeficiente de capa de bases tratadas con cemento y la resistencia a la compresión no confinada.



El coeficiente de capa estabilizado con 3% de cemento es de 0.187, con 4% de cemento es de 0.216 y con 5% de cemento es de 0.236. Se observa que el coeficiente de capa estabilizado con cemento a2b incrementa significativamente en función al porcentaje de adición del estabilizante cemento portland.

Tabla 8

Coeficiente estructural de capa

Porcentaje de estabilizante	Resistencia a la compresión (psi)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Coeficiente de capa estabilizado a2b
Cemento 3%	597.20	42.00	0.187
Cemento 4%	775.20	54.50	0.216
Cemento 5%	907.30	63.60	0.236
Cemento 6%	925.94	65.10	0.238

3.3.1 Número estructural requerido

Se efectuó el cálculo del número estructural requerido para el tramo en estudio, a través de la ecuación del AASHTO 93; cada variable de diseño fue determinada de acuerdo a los valores sugeridos en el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”.

Tabla 9

Cálculo del SN_{REQ}

VARIABLE	VALOR	DESCRIPCIÓN
t =	20 años	Periodo de diseño en años (t):
W_{18} =	3.04E+05	Numero de Ejes Equivalentes
R =	75%	Confiabilidad
Z_R =	-0.674	Desviación estándar normal

$S_o =$	0.45	Desviación estándar combinada
$P_i =$	3.80	Índice de serviciabilidad inicial
$P_t =$	2.00	Índice de serviciabilidad final
$\Delta PSI =$	1.80	Variación de la serviciabilidad
$M_r =$	9078.36	Módulo de resiliencia de la subrasante
$SN_{REQ} =$	2.38	Número estructural requerido

3.3.2 Número estructural propuesto

El manual de Carretera Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) indica que “se obtiene un numero estructural (SN) el cual representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, es decir de la capa de rodadura, base y subbase (D_2, D_3) mediante el uso de los coeficientes estructurales a_1, a_2, a_3 ”.

Adicionalmente a lo mencionado para el cálculo del número estructural también se requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares, este aspecto se considera con la finalidad de tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento. “El coeficiente de drenaje usado es de 1.00 para la base y 0.95 para la subbase, debido a que se estima que la primera posea una calidad de drenaje buena y la segunda una calidad de drenaje regular”(Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, 2014)

Para el presente estudio el numero estructural de la capa de rodadura $SN_1=0$ por ser un micropavimento la cual no brinda aporte estructural; se determinó del Número Estructural Propuesto SN_2 y SN_3 de la base y subbase el cual es materia de estudio. En la siguiente tabla se muestra los números estructurales propuestos para el suelo integral $SN=2.46$, para bases estabilizadas con adición de cemento con 3% el $SN=2.525$, con 4% el $SN=2.382$ y para el 5% de adición el $SN=2.54$. Los espesores totales propuestos base más subbase para el suelo integral

es de $e_{total} = 50$ cm, para bases estabilizadas con adición de 3% cemento $e_{total} = 40$ cm, con 4% y 5% de adición $e_{total} = 35$ cm.

La estabilización de base no se realizó con mayores porcentajes porque podemos observar que al adicionar un 4% y 5% de cemento los espesores finales son iguales, a pesar que el coeficiente de capa estabilizada a_2b para ambos son diferentes.

Tabla 10

Valores finales de espesores y numero estructural calculado.

CAPA	PARAMETR O DE DISEÑO	Suelo integral	Adición de 3%	Adició n de 4%	Adición de 5%
	a_2	0.051	0.074	0.085	0.093
CAPA 2	m_2	1.00	1.00	1.00	1.00
Base granular	D_2	35.00	25.00	20.0	20.00
	SN2	1.78	1.85	1.70	1.86
CAPA 3	a_3	0.048	0.048	0.048	0.048
Subbase	m_3	0.95	0.95	0.95	0.95
granular	D_3	15.00	15.00	15.00	15.00
	SN3	0.68	0.68	0.682	0.86
Σ espesores cm (e_{total})		50	40	35	35
SN calculado		2.46	2.53	2.38	2.54

Realizando el análisis de los diseños presentados, el estabilizante cemento portland hasta un porcentaje de 4 disminuye significativamente el espesor del pavimento. Cabe mencionar para todos los diseños se ha considerado una subbase de suelo combinado el cual presenta un CBR de 48.50% al 95% de su máxima densidad seca.

4. Conclusiones

Dentro de la zona de estudio se tuvo dos canteras se determinó las propiedades físicas y mecánicas; a partir de la granulometría se concluye que la cantera 1 es un suelo de clasificación GC, el índice de plasticidad es de 11.71% el CBR es de 18.20% al 95% de su máxima densidad seca y la cantera 2 es un suelo de clasificación GW, no presenta plasticidad, el CBR es de 20.80% al 95% de su máxima densidad seca; al realizar la evaluación conforme a la solicitud de la normativa MTC los materiales granulares de ambas canteras no se encuentra dentro de los parámetros establecidos; motivo por el cual se realizó la combinación de canteras 55% cantera01 y 45% cantera02 con el objetivo de obtener un material de mejores características y próximos a los parámetros establecidos. De este material combinado se ha obtenido un suelo de clasificación GW-GC, índice de plasticidad de 0.66%, capacidad de soporte CBR de 68.15%.

Se realizó la estabilización con cemento con porcentajes de adición de 3%, 4%, 5% y 6% al material combinado para mejorar sus propiedades. Para la dosificación de la estabilización con cemento portland nos apoyamos en el Manual de Carreteras “Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos” y también utilizamos el Manual de American Concrete Institute (ACI) para su verificación. El material estudiado es un suelo de clasificación GW-GM y A-1-a (0); de acuerdo a esta clasificación el porcentaje de estabilizante cemento portland corresponde del 3% a 5%, parámetros con los que se llevó adelante el presente estudio.

Se realizó 5 probetas del suelo granular combinado, así como también 5 probetas para cada combinación con adición de cemento en porcentajes de 3%, 4%, 5% y 6% las cuales fueron curadas por un tiempo de 7 días; en seguida se determinó la resistencia a la compresión, obteniéndose valores de resistencia de 22.5kg/cm² del suelo combinado, 41.81 kg/cm² con adición de 3% de cemento, 54.50 kg/cm² con adición de 4%, 63.60 kg/cm² con adición de 5% y 65.10 kg/cm² con adición de 6%.

Los valores de los coeficientes estructurales de capa del material granular estabilizado con cemento portland con 3%, 4%, 5% y 6% se ha determinado a partir del ensayo de la resistencia a la compresión, obteniéndose valores del coeficiente de capa a2b de 0.187, 0.216, 0.236 y 0.238 con adiciones de cemento de 3%, 4%, 5% y 6% respectivamente; de las cuales concluimos que los valores del coeficiente de capa a2b de los suelos estabilizados aumentan considerablemente y hasta duplican el valor del coeficiente estructural de suelos no tratados.

Para el diseño de espesores del pavimento el método empleado fue el de AASHTO 93, el número estructural requerido para el tramo en estudio es de $SN_{req} = 2.38$, se determinó el Número Estructural Propuesto SN2 y SN3 de la base estabilizada y subbase. Los números estructurales propuestos para el suelo integral es de $SN=2.46$, para bases estabilizadas con adición de cemento con 3% el $SN=2.525$, con 4% el $SN=2.382$ y para el 5% de adición el $SN=2.54$. Los espesores totales propuestos base más subbase para el suelo integral es de $e_{total}=50$ cm, para bases estabilizadas con adición de 3% cemento $e_{total}=40$ cm, con 4% y 5% de adición $e_{total}=35$ cm, se concluye que el estabilizante cemento portland hasta un porcentaje de 4 disminuye significativamente el espesor del pavimento. Así mismo cabe mencionar que la adición del estabilizante cemento portland con un 4% en materiales granulares para bases optimiza hasta 15cm respecto al material integral el cual representa hasta un 30%.

Referencias bibliográficas

- Bañon Blazquez & Bevia Garccia. (2010). *Manual de Carreteras 2do volumen*. pag 16-17.
- Betancourt Rodríguez, S. (2017). *Materiales para la construcción*. Universidad Central ``Marta Abreu`` de Las Villas.
<https://es.scribd.com/document/510644793/Betancourt-R-Sergio-2017-Materiales-Para-La-Construccion-Universidad-Central-Marta-Abreu-de-La-Villa-Noviembre-2017-Santa-Clara-Cuba>
- De La Torre Illesca, M. J. (2018). *Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento portland para el proyecto de conservación vial Puno–Tacna tramo Tarata–Capazo–Mazocruz*.
- Ifediniru, C., & Ekeocha, N. E. (2022). Performance of cement-stabilized weak subgrade for highway embankment construction in Southeast Nigeria. *International Journal of Geo-Engineering*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-021-00166-z>
- Liu, Y., Su, Y., Namdar, A., Zhou, G., She, Y., & Yang, Q. (2019). Utilization of cementitious material from residual rice husk ash and lime in stabilization of expansive soil. *Advances in Civil Engineering*, 2019.
<https://doi.org/10.1155/2019/5205276>
- Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, MTC (2014). www.mtc.gob.pe
- Mas, J. M., & Kirschbaum, C. (2011). Ensayos de resistencia a la compresión de bloques de suelo-cemento. *Informes de la Construcción*, 63(524), 43-48.
<https://doi.org/10.3989/ic.10.048>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (1999). *MTC E 1102: Relaciones Humedad–Densidad (Suelo Cemento)*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.

Rivera, J. J. (2016). *Capas de suelo-cemento-estabilizante químico para el mejoramiento de caminos rurales: Bases para su análisis*.

Rocci, S. (1964). Bases estabilizadas con cemento. *Informes de la Construcción*, 17.

Sánchez Cotte, E. H., Torres Chueco, G. M., & Esquivel Ramírez, R. E. (2019).

Desempeño de un material granular estabilizado con cemento cuando se aplica carga a compresión. *Tecnura*, 23(60), 59-71.

<https://doi.org/10.14483/22487638.14640>

Shojaei Baghini, M., Ismail, A., Kheradmand, B., Hesam Hafezi, M., & Alezzi

Almansob, R. (2013). The potentials of Portland cement and bitumen emulsion mixture on soil stabilization in road base construction. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 65(2), 67-72. <https://doi.org/10.11113/jt.v65.2193>

Surita Gil, L. E., Fernández Huamán, R. I., & Chahuares Paucar, L. (2023). Aporte estructural de capa base granular estabilizada con cemento Portland tipo I versus emulsión asfáltica catiónica para vías urbanas. *Gaceta Técnica*, 24(2), 4-22.

<https://doi.org/10.51372/gacetatecnica242.2>

Zambrano Meza, M. I., & Zambrano Meza, E. (2019). *Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles*.

Anexos

Anexo 1. Evidencia de Sumisión

International Journal of Geo-Engineering - Determination of the structural contribution...



International Journal of Geo-Engineering

Para: @ gustavo.pacheco



Mie 21/08/2024 6:04

Ref: Submission ID 594683f6-4817-4b62-8865-2c2a93611e5e

Dear Dr PACHECO GUZMAN,

Thank you for submitting your manuscript to International Journal of Geo-Engineering.

Your manuscript is now at our initial Technical Check stage, where we look for adherence to the journal's submission guidelines, including any relevant editorial and publishing policies. If there are any points that need to be addressed prior to progressing we will send you a detailed email. Otherwise, your manuscript will proceed into peer review.

You can check on the status of your submission at any time by using the link below and logging in with the account you created for this submission:

[https://submission.springernature.com/your-submissions?
utm_source=submissions&utm_medium=email&utm_campaign=confirmation-email&journal_id=40703](https://submission.springernature.com/your-submissions?utm_source=submissions&utm_medium=email&utm_campaign=confirmation-email&journal_id=40703)

Kind regards,

Editorial Assistant
International Journal of Geo-Engineering

Springer Nature offers an open access support service to make it easier for our authors to discover and apply for APC funding. For further information please visit <http://www.springernature.com/gp/open-research/funding>

Your submissions

Track your submissions

Determination of the structural contribution of granular base course stabilized with portland cement type IP in road works

Technical check in progress 21 Ago 24

Corresponding Author: GUSTAVO PACHECO GUZMAN
International Journal of Geo-Engineering
59468366-4817-4b63-9885-2c2a93611e5e | v.i.o

[View submission details](#)

If you have submitted any articles to us via any other submissions system, e.g. Editorial Manager or eJournalPress, please log in to, or use notification emails from that system for article tracking information. Still have a question? [Contact us](#)

Submission received

✔ Thank you for submitting to International Journal of Geo-Engineering

Your submission is now at our initial Technical Check stage. If there are any points that need to be addressed we will send you a detailed email. Otherwise, your submission will proceed into peer review.

You can check the status of your submission by using the link below. Please note it may take a couple of minutes for your submission to appear.

[Track submission progress](#)

nexo 2. Copia de Resolución de Sustentación



“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

RESOLUCIÓN N° 0925-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña, 19 de noviembre de 2024

VISTO:

El expediente del (de la) bachiller **Gustavo Pacheco Guzman** identificado(a) con código universitario N° 201122656, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado “Determinación del aporte estructural de capa base granular estabilizada con cemento portland tipo IP en obras viales”, presentado por el (la) bachiller **Gustavo Pacheco Guzman**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 19 de noviembre de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. Declarar expedito al (a la) bachiller **Gustavo Pacheco Guzman**, para que sustente la tesis en formato artículo titulada “Determinación del aporte estructural de capa base granular estabilizada con cemento portland tipo IP en obras viales”, conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 04 de diciembre, a las 11:00 horas, en el Auditorio Pedro Kalbermatter.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: Mtro. Leonel Chalmers Paucar
Secretario: MSc. Ecler Mamani Chambi
Asesor: Mg. Gerardo William Pari Quispe
Vocal: Dr. Nestor Alejandro Cruz Calapuja

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Intermedi
-Jurado (04)
-Secretaría General
-Archivo