




Influence of clay on the material from the Edgar, Guitarrero and Chonta quarries, according to the quality requirements for afirmados

Ghyram Geordan Alarcón Bueno, Br.¹ , Rosa Carolina Villavicencio Acuña, Br.² , Lizbeth Milagros Merma Gallardo, Mg.³ 

^{1,3}Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00015441@upn.pe, lizbeth.merma@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. N00037664@upn.pe

Summary – The objective of this research was to evaluate the quality of the granular material from the Edgar, Guitarrero and Chonta quarries, according to the EG-2013 Highway Manual, adding clay in percentages of 5%, 10% and 15%, for use in roads in the city of Cajamarca, since clay has cohesive properties that bind particles. The laboratory tests carried out were: Moisture Content, Granulometric Analysis, Atterberg Limits, Modified Proctor, California Support Ratio, Los Angeles Abrasion and, Flat and Elongated Particles. As main results we have that the granulometric band that most resembles the aggregates is A-1, the Liquid Limit varies from 17.8% to 28.1%, the Plastic Index varies from 4.03% to 11.24% (except for the river aggregate without and with the addition of 5% clay), the California Support Ratio of the hill aggregates decreases from 83.14% to 19.60%, and the river aggregate from 50.54% to 11.02%; Finally, the abrasion percentage of the aggregates does not exceed the maximum 50%. From the results we conclude that the addition of clay does not improve the quality of the granular materials. It should be noted that the river aggregate does not have a Plastic Index.

Keywords: Affirmed, Clay, Atterberg Limits, Compaction, CBR, Los Angeles Abrasion.

Influencia de la arcilla en el material de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, según los requisitos de calidad para afirmados

Ghyram Geordan Alarcón Bueno, Br.¹, Rosa Carolina Villavicencio Acuña, Br.², Lizbeth Milagros Merma Gallardo, Mg.³

^{1,3}Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00015441@upn.pe, lizbeth.merma@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. N00037664@upn.pe

Resumen– La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, según el Manual de Carreteras EG-2013, adicionando arcilla en porcentajes de 5%, 10% y 15%, para su utilización en carreteras afirmadas en la ciudad de Cajamarca, ya que la arcilla tiene propiedades cohesivas que aglutinan las partículas. Los ensayos de laboratorio realizados fueron: Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, Relación de Soporte de California, Abrasión Los Ángeles y, Partículas Planas y Alargadas. Como principales resultados se obtuvo que la franja granulométrica que más se asemeja a los agregados es la A-1, el Límite Líquido varía desde 17.8% hasta 28.1%, el Índice Plástico varía desde 4.03% hasta 11.24% (a excepción del agregado de río sin y con adición de 5% de arcilla), la Relación de Soporte de California de los agregados de cerro disminuye desde 83.14% hasta 19.60%, y el agregado de río desde 50.54% hasta 11.02%; finalmente, el porcentaje de abrasión de los agregados no supera el 50% máximo. De los resultados se concluye que la adición de arcilla no mejora la calidad de los materiales granulares. Cabe resaltar que el agregado de río no presenta Índice Plástico.

Palabras clave: Afirmados, Arcilla, Límites de Atterberg, Compactación, CBR, Abrasión Los Ángeles.

I. INTRODUCCIÓN

El presente artículo nace de la tesis “Calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, según el manual de carreteras EG-2013, adicionando arcilla en porcentajes de 5%, 10% y 15%, Cajamarca 2022“, con el propósito de corroborar si la arcilla (en porcentajes mínimos) también disminuye o al contrario, aumenta la calidad de los materiales de las canteras en estudio para su utilización en vías afirmadas en la ciudad de Cajamarca, esto debido a las propiedades plásticas de la arcilla, de tal manera que pueda funcionar como material aglutinante y mejorar la capacidad portante de los mismos. [1]

El principal problema de las vías afirmadas es que en su ejecución se emplean materiales de dudosa calidad, que no cumplen con los requisitos de calidad establecidos por normas, afectando al comportamiento estructural y generando deterioros como pérdida de grava, ondulaciones, pérdida de la pendiente transversal, entre otros. [2]

La problemática de la infraestructura vial en el Perú se debe a una deficiencia en la calidad de las vías, ya que las autoridades no brindan atención e interés al ámbito. Al no construirse redes viales de calidad, se generan problemas de comunicación y transporte, entre ciudades y comunidades de la nación. La problemática mencionada, es un hecho que reduce las oportunidades de crecimiento a nivel nacional. [3]

TABLA 1
Longitud de Infraestructura Vial, según jerarquía y superficie de rodadura (km) – 2019

SUPERFICIE DE RODADURA	SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS						TOTAL	
	Nacional	Departamental	Vecinal					
TOTAL	28,866.5	16.5%	32,199.0	18.4%	113,933.1	65.1%	174,998.5	100%
1. Red vial actual	27,060.9	16.1%	27,505.6	16.3%	113,792.7	67.6%	168,359.2	96.2%
Pavimentada	21,649.0	80.0%	3,623.1	13.0%	1,906.2	2.0%	27,178.3	16.0%
No Pavimentada	5,411.9	20.0%	23,882.5	87.0%	111,886.6	98.0%	141,180.9	84.0%
2. Proyectada	1,805.5	26.5%	4,693.4	71.3%	140.4	2.1%	6,639.32	3.8%

Nota: Datos obtenidos del INEI

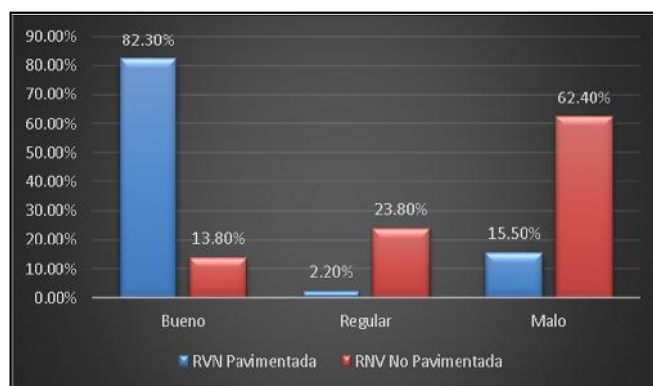


Figura 1. Estado de la Red Vial Nacional (RVN) Pavimentada y No Pavimentada

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Se observa entonces que existe un gran déficit en cuanto a la calidad del estado de la superficie de rodadura de la RVN No Pavimentada, denotando la falta de interés de las autoridades respectivas y el uso de materiales granulares no aptos.

La problemática en la red vial de Cajamarca, es que la región presenta poca injerencia en la fiscalización e intervención en los trabajos de mejoramiento y reconstrucción de las vías, ya que han sido concesionadas por el Estado y el Gobierno Central. [4]

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos que constituyen insumos fundamentales en la construcción de infraestructura civil y vial. Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad origina serios problemas ambientales. Dichos materiales granulares se producen de la fragmentación de rocas. [5]

Tabla 2
Clasificación del material granular en función de su tamaño

Tipos	Británico	AASHTO	ASTM	SUCS
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Grava	60 – 2	75 – 2	> 2	75 – 4.75
Arena	2 – 0.06	2 – 0.05	2 – 0.075	4.75 – 0.075
Limo	0.06 – 0.02	0.05 – 0.002	0.075 – 0.005	< 0.075 Finos
Arcilla	< 0.002	< 0.002	< 0.005	

Las arcillas son fuente de problemas de inestabilidad de obras de infraestructura y propiedades como forma laminar, suaves al tacto, baja permeabilidad, se secan lentamente pegándose a los dedos, entre otros. Además, la arcilla es un material que cuando se mezcla con cierta proporción de agua, se convierte en una pasta plástica. [6]

El afirmado es una capa de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. El material granular que ha de ser empleado en carreteras afirmadas debe cumplir con los siguientes requisitos: [7]

Tabla 3
Clasificación del material para afirmado en función a su granulometría

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA					
	A – 1	A – 2	C	D	E	F
(2")	100	-	-	-	-	-
(1 ½")	100	-	-	-	-	-
(1")	90-100	100	100	100	100	100
(¾")	65-100	80-100	-	-	-	-
(3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100	-	-

(N°04)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
(N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
(N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
(N°200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Tabla 4
Requisitos de calidad para emplear el material granular en vías afirmadas

REQUISITOS	RANGO DE VALORES
Límite Líquido	35% máximo
Índice Plástico	4-9%
CBR (1)	40% mínimo
Abrasión Los Ángeles	50% máximo

Nota: (1) – Referido al 100% de la Ds Máx. y una Penetración de carga de 0.1'' (2.5mm)

La Tabla 4 y Tabla 5 se basan en la Tabla 301-01 y los requisitos de calidad de la Sección 301 - Afirmados del Manual de Carreteras EG-2013 respectivamente.

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales granulares a tener en cuenta para vías afirmadas son: a) Contenido de humedad (relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas), b) Granulometría (se refiere a las proporciones relativas en que se encuentran las diferentes partículas minerales del suelo - grava, arena, limo y arcilla-, expresadas en base al peso seco del suelo - en porcentaje-, después de la destrucción de los agregados), c) Plasticidad (propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse), d) Compactación (implica un reordenamiento de las partículas sólidas y como consecuencia la densidad aparente del suelo aumenta), e) La Relación de Soporte de California – CBR- (índice de resistencia del terreno, se aplica para la evaluación de la capacidad de soporte de suelos de subrasante, de los materiales de sub bases, bases granulares y afirmado de un pavimento, y f) Abrasión Los Ángeles (este ensayo determina la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles). [8] [9]

La pregunta de la investigación fue: ¿Cómo influye la adición de arcilla, en la calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, para su utilización en Carreteras Afirmadas en la ciudad de Cajamarca?

El objetivo general de la investigación fue: Evaluar la calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, según el Manual de Carreteras EG-2013, adicionando arcilla en porcentajes de 5%, 10% y 15%, para su utilización en carreteras afirmadas en la ciudad de Cajamarca.

Los objetivos específicos fueron a) Determinar las propiedades físico – mecánicas de material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, b) Comparar la calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, adicionando arcilla en porcentajes de 5%, 10% y 15%, en función a los requisitos de calidad según el Manual de Carreteras EG-2013 y, c) Verificar si es permisible el uso de material granular mezclado con arcilla en distintos porcentajes, 5% 10% y 15%, en afirmados y, brindar recomendaciones en base a los estudios realizados.

En relación con el problema de investigación y el objetivo general, se tuvo como hipótesis general que: La calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, según el Manual de Carreteras EG-2013, adicionando arcilla en porcentajes de 5%, 10% y 15%, para su utilización en carreteras afirmadas, mejora un 10%, 20% y 30% respectivamente.

II. METODOLOGÍA

El diseño que se aplicó fue Experimental, ya que se manipularon las variables de estudio; es decir, se realizaron alteraciones de dos variables al mismo tiempo, en un ambiente vigilado a base de protocolos que se deben cumplir para que los datos sean confiables.

Para esta investigación la población estuvo conformada por todo el peso del material granular (kg) de las canteras en estudio. Además, fue determinada la muestra con un muestreo no probabilístico por conveniencia, teniendo como muestra a 250kg por cantera.

En cuanto a las técnicas de recolección de datos, se ha empleado la observación simple tomando los datos de los instrumentos y/o equipos de medición y control. Luego, el análisis de contenido, trasladando los resultados numéricos obtenidos a los protocolos procesándolos. Finalmente, la revisión documental, porque se contrastaron los resultados numéricos obtenidos con los requisitos de calidad de la Tabla 4.

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, se emplearon los Formatos de los Protocolos del Laboratorio Mecánica de Suelos de la UPN.

TABLA 5
Cantidad de ensayos realizados

Ensayos	Norma Técnica	Muestras totales
C. Humedad	MTC E-108 -- NTP 339.127	12
Granulometría	MTC E-204 -- NTP 400.012	12
Límites de Atterberg	MTC E-110/111 -- NTP 339.130	60
Proctor Modificado	MTC E-115 -- NTP 339.141	12
CBR en Laboratorio	MTC E-132 -- NTP 339.145	12

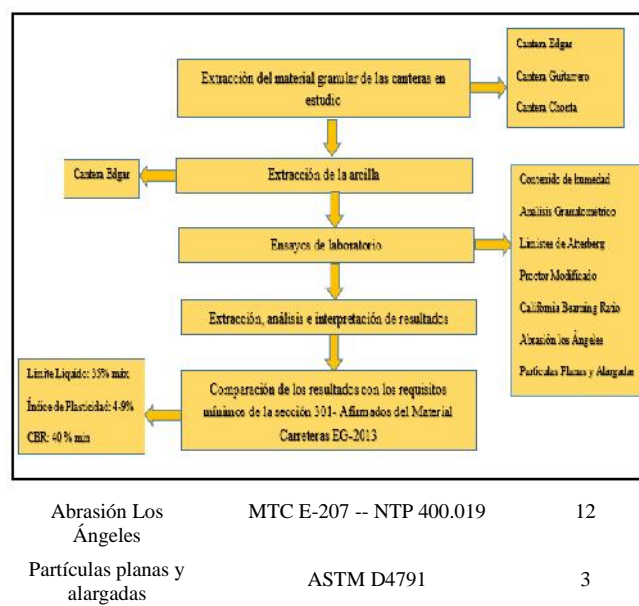


Figura 2. Esquema del Procedimiento de la investigación

En cuanto al análisis y presentación de la información, se aplicaron procedimientos automatizados. Para ello, se tuvo que emplear el Software Microsoft Excel. Es decir, los datos obtenidos de los equipos fueron trasladados a los Protocolos de Laboratorio para procesarlos en el Software, obteniendo los resultados finales, tanto los que se calculan mediante operaciones como los que se calculan en base a gráficos y/o curvas.

Los resultados solo servirán para el análisis de calidad del material de las canteras en estudio para su utilización en Carreteras Afirmadas, por lo tanto, no se pueden generalizar los resultados para otras canteras o para emplear el material Bases y Subbases Granulares.

La investigación fue realizada bajo principios éticos y morales que nos inculcaron en la Universidad Privada del Norte, en donde prima la responsabilidad e integridad, como también el principio de justicia y no mal eficiencia, lo que brinda un carácter de veracidad único a la presente investigación, puesto que los datos han sido adquiridos insitu, sin tomar u plagiar resultados obtenidos por otros autores.

III. RESULTADOS

Para el contenido de humedad, se tuvo que analizar el material granular sin adición de arcilla, ya que dichos valores obtenidos sirvieron solo de referencia para el ensayo de Compactación en Laboratorio (Proctor Modificado).

TABLA 6
Contenido de humedad

CANtera	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)
Edgar	1.54
Guitarrero	2.46
Chonta	3.79

En cuanto al análisis granulométrico del agregado fino y grueso, se analizaron los porcentajes que pasan de las canteras en estudio y se contrastaron con los de las franjas granulométricas establecidas para vías afirmadas de la sección 301 dl Manual de Carreteras EG-2013, siendo la franja A-1 es la que abarca a la curva granulométrica de las canteras.

TABLA 7
Porcentajes que pasa de las canteras en estudio

Tamiz	Edgar % Que pasa	Guitarrero % Que pasa	Chonta % Que pasa	BANDA A-1
2"	100.000	100.000	100.000	100
1 1/2"	95.437	95.684	100.000	100
1"	89.320	88.848	96.519	90-100
3/4"	81.508	83.374	90.095	65-100
3/8"	62.764	58.740	62.720	45-80
Nº4	46.882	40.581	45.116	30-65
Nº10	34.583	28.201	28.335	22-52
Nº40	20.122	15.800	10.401	15-35
Nº200	1.112	1.517	0.790	5-20

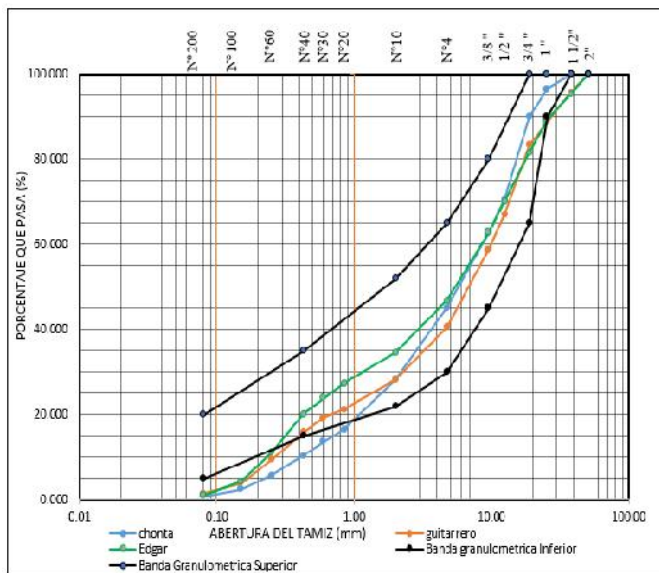


Figura 3. Curvas granulométricas de las canteras en estudio

Nota: Análisis granulométricos con respecto a la banda granulométrica A-1

TABLA 8
Resumen de resultados de las canteras

CANTERA												
	EDGAR				GUITARRERO				CHONTA			
Arcilla	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
LL (%)	21.00	23.20	24.80	26.10	17.80	19.20	20.20	21.60	23.10	24.80	26.30	28.10
Requisito	35% máx.											
Arcilla	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
IP (%)	4.30	6.27	8.52	11.24	4.41	6.65	8.00	10.28	NP	NP	2.46	5.08
Requisito	4.9%											
Arcilla	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
CBR 0.1"	83.14	47.99	37.17	19.60	71.41	58.27	41.48	19.76	50.54	35.49	22.00	11.02
Requisito	40% mínimo											
Arcilla	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
Abrasión	46.25				40.53				39.50			
Requisito	50% máx.											
Nota:	Sí cumple				No cumple							

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Al analizar los Límites de Atterberg y el Índice de Plasticidad, se observa en la Tabla 8 que el LL aumenta conforme la adición de arcilla, el LP por el contrario disminuye; y, por ende, el IP aumenta, teniendo esto concordancia ya que la arcilla al ponerse en contacto con determinada cantidad de agua se vuelve una masa plástica, demostrando que la arcilla aumenta la plasticidad de los materiales granulares, a comparación con el estudio realizado por Nina (2019), en el cual concluyó que el material de la cantera Mashcón no es apto para utilizarlo en carreteras ya que generaría agrietamientos e hundimientos, por lo que el autor propuso adicionar cal, cuyos resultados disminuyeron la plasticidad del material granular de 26.36% a 24.10% mientras que los valores del LP no presentaron plasticidad.

La Relación de Soporte de California (CBR), según la Tablas 8, el valor obtenido disminuye al adicionar arcilla en comparación del ensayo patrón, es decir, la arcilla genera adherencia con el material granular, pero tiende a bajar su densidad máxima seca. Muy por el contrario, en el estudio realizado por Nina (2019), un 2% de cal aumenta el valor patrón

de 7.6% a 8.7%, pero la adición de 4% y 6% de cal decrecen el valor hasta un 7.5% (valor menor al patrón), demostrando que ambos materiales no son aptos para mejorar el CBR.

Como limitaciones se tuvieron los tiempos prolongados para el desarrollo de los ensayos; sin embargo, se dio solución separando el laboratorio con anticipación; por otro lado, se tuvo la falta de estudios y/o investigaciones científicas del tema abordado.

Como implicaciones se tuvieron que, la presente investigación servirá para demostrar las propiedades aglutinantes y plásticas que presenta la arcilla como aditivo en los materiales granulares; sin embargo, la capacidad portante se ve mermada por la misma, contradiciendo la hipótesis planteada, de tal manera que la arcilla queda excluida como material de adición para mejorar el CBR y emplearse en vías afirmadas.

Por otro lado, se ha determinado que el contenido de humedad – conforme la adición de arcilla - aumenta, y al sobrepasa el óptimo, esto genera que se altere la máxima densidad seca (aumentándola), igualmente que el nivel de saturación, generando agrietamiento y hundimiento en las carreteras.

CONCLUSIONES

En primera instancia, evaluando la calidad del agregado granular en función de la adición de diversos porcentajes de arcilla, se rechaza la hipótesis planteada en la presente investigación; esto debido a que, al aumentar el aditivo en estudio, las propiedades del agregado se ven afectadas progresivamente, lo que nos indica que no se debe usar en carreteras ni en ninguna construcción.

Concluyendo que, se pudo determinar las propiedades físico – mecánicas del material granular de las canteras en estudio, las cuales nos permitieron comparar las propiedades del material en su estado natural y con adición de arcilla en distintos porcentajes.

Se logró comparar la calidad del material granular con y sin adición de la arcilla, con la que se concluyó que este es mejor en su estado natural que adicionando arcilla ya que perjudica en sus capacidades portantes.

Finalmente se determinó que no es permisible el uso de material granular mezclado con arcilla en afirmados ya que esto disminuiría la capacidad portante de éste, y generaría daños en la carretera a corto o largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Nos van a faltar palabras para agradecer a las personas que de cierta manera se han visto involucradas en la realización de este artículo científico; sin embargo, merecen reconocimiento especial nuestros padres, que con su esfuerzo y dedicación nos ayudaron a culminar nuestra carrera profesional universitaria, y nos dieron el apoyo necesario para no decaer cuanto todo parecía complicado e inalcanzable.

REFERENCIAS

- [1] Alarcón Bueno, G. & Villavicencio Acuña, R. Calidad del material granular de las canteras Edgar, Guitarrero y Chonta, según el manual de carreteras EG-2013, adicionando arcilla en porcentajes de 5%, 10% y 15%, Cajamarca 2022. Cajamarca, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, 2022.
- [2] Sánchez Sabogal, F. Vías en afirmado. Perú, 2016.
- [3] Carrión, K. Problemática de la infraestructura vial en el Perú. Perú, 2015.
- [4] Herrera, V. Cajamarca solo tiene dos carreteras asfaltadas mientras que el resto de vías están afirmadas. Perú: Red de Comunicación Regional, 2018.
- [5] Carvajal Ortigón, N., Rincón Plazas, D., & Zarate Ramírez, J. Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la Esmeralda mediante

la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Ingenierías, 2018.

- [6] Chafloque Balarezo, J., & Fernández Mego, E. Aplicación de mezcla de cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en la carretera 7 de agosto. Pimentel - Chiclayo - Lambayeque, 2020. Chiclayo, Lambayeque, Perú: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020.
- [7] Becerra Vásquez, Y. Adición de miel de caña sobre el CBR del afirmado de la cantera el Gavilán, Cajamarca, 2017. Cajamarca, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería. 2019.
- [8] Cabrera, R. Comportamiento de Materiales Granulares a Bajas y Altas Tensiones. Perú, 2018.
- [9] Suárez Barrios, M. Las arcillas: propiedades y usos. España: Universidad de Salamanca, 2018.
- [10] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG-2013. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013
- [11] Llique Mondragón, R. Mecánica de Suelos. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte, 2017.
- [12] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016.