

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“INFLUENCIA DEL ADITIVO CLORURO DE SODIO  
COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE LA  
CARRETERA TRAMO CRUCE EL PORONGO – AEROPUERTO –  
CAJAMARCA”**

Trabajo de Investigación Para Optar el Grado:

Bachiller en Ingeniería civil



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

Autor:

Davis Paul Pozo Carbajal

Asesor:

Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca - Perú

2019

## **DEDICATORIA**

*A Dios.*

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

*Aquí el autor inicia su dedicatoria nombrando a Dios. Recuerda todos esos momentos de estrés que viviste en la realización de tu tesis y toda la paciencia que le pediste a Dios para continuar y no morir en el intento. Viste como el autor en un pequeño párrafo pudo expresar mucho sin necesidad de extenderse.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi hermanos y hermanas por ser el ejemplo de una persona con dedicación y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles; a mi tía Pina, a mi tía Josefina, a mi tío Federico y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.*

*¡Gracias a ustedes!*

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
INDICE DE TABLA.....	4
TITULO.....	5
RESUMEN.....	6
PALABRA CLAVE.....	7
CAPÍTULO I.           INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II.         METODOLOGÍA.....	9
CAPÍTULO III.        RESULTADOS .....	20
CAPÍTULO IV.         DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	26
CAPÍTULO V.REFERENCIAS .....	29
ANEXOS.....	31

## **TÍTULO**

**“INFLUENCIA DEL ADITIVO CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO CRUCE EL PORONGO – AEROPUERTO – CAJAMARCA”**

## RESUMEN

En presente trabajo de Revisión sistemática busca como pregunta indicar *¿Qué investigaciones se han realizado en los últimos 10 años sobre el aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante?*, y cuyo objetivo es: **Identificar las investigaciones teóricas, a través de las revisiones sistemáticas sobre el aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante, en los últimos 10 años usando artículos científicos de buscadores académicos confiables.**

Se hizo uso de la metodología de revisiones sistemáticas, buscadores académicos como ALICIA, RENATI, Scopus, Redalyc, Scielo, etc. y cuyos criterios de elegibilidad de documentos y periodo se establecieron en el capítulo de resultados.

**PALABRAS CLAVES.**

Tramo, Cloruro de Sodio, Metro cubico, Material. Aeropuerto

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El cloruro de sodio o comúnmente denominado sal común tiene por propiedad fundamental absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante. La sal es un estabilizante natural que modifica la estructura del material pétreo mejorando sus propiedades físicas, lo que contribuye a aumentar la resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, y por lo tanto a la disminución de la permeabilidad. Su uso es para todo tipo de suelo, pero su eficacia decrece ante la presencia de material orgánico (roldan de la Paz, 2010).

En Chile, de acuerdo a la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en I+D, se realizó un estudio para el desarrollo técnico y estratégico de dicho elemento en zonas húmedas, con la

posibilidad de contar con un producto no-tradicional en el mercado, con los beneficios ambientales y económicos asociados, Schuster y Arellano (2014).

DICTUC, a través de su Centro de Ingeniería e Investigación Vial (CIIV), firmó el contrato para el proyecto “Asesoría para el desarrollo técnico y estratégico del cloruro de sodio como supresor de polvo y estabilizador de caminos no pavimentados” con la empresa Sociedad Punta de Lobos S.A., en el marco de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en I+D (investigación y desarrollo). En dicha iniciativa legal, DICTUC actúa en su calidad de Centro de Investigación, inscrito en el registro público de CORFO y la empresa puede aprovechar los beneficios tributarios que establece esta ley, cuyo objetivo central es aumentar la inversión en I+D para impulsar el crecimiento y la productividad.

De esta manera, en el contexto de este proyecto, desarrollado en 14 meses y en diversas etapas que incluyen trabajo bibliográfico, en laboratorio y en terreno, DICTUC dará apoyo para resolver temas técnicos y comerciales referentes al uso que, a la fecha, se le ha dado al Cloruro de Sodio en Chile. El estudio consiste en desarrollar protocolos para el correcto uso del cloruro de sodio como estabilizador físico-químico de materiales granulares para su uso en caminos no pavimentados. Los criterios a definir se enmarcan dentro de los tópicos de diseño estructural, diseño de mezclas y procedimientos constructivos adecuados. Especial énfasis tendrá la definición de curvas granulométricas que garanticen una textura óptima en la superficie del pavimento, con el objeto de asegurar un adecuado roce en la interfase neumático-superficie del camino y con ello la seguridad para el usuario. Schuster y Arellano (2014).

Por su parte, en México, presentan y discuten los principales resultados obtenidos en un estudio experimental, destinado a evaluar la estabilización con cloruro de sodio (NaCl) en suelos arcillosos, encaminados a la aplicación en terracerías de las vías terrestres. Se trabajaron dos suelos particularmente, El Salitre y Jurica, de la Ciudad de Querétaro, ambos con alto potencial de expansión. Se determinó la influencia de la sal en las propiedades físicas y mecánicas, variando los porcentajes de la sal adicionada al suelo. La estabilización de los suelos en la ingeniería práctica, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento esfuerzo deformación de los suelos. El mejoramiento de los suelos ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil. En los terrenos arcillosos, particularmente en climas áridos o semiáridos, es altamente probable encontrar problemas relacionados con inestabilidades volumétricas ante la ganancia o pérdida de agua, de acuerdo a Garnica, Perez, Gomez y Obil (2002, pp. 4-20).

De acuerdo a De la Cruz y Salcedo (2016), señalan que existen en la práctica diversos métodos para estabilizar a tales suelos; cada método, utiliza diferentes agentes estabilizadores, entre los que se pueden encontrar:

La cal El cemento Pórtland Productos asfálticos Ácidos orgánicos Resinas y polímeros Sales, entre otros Incluso se ha utilizado la combinación de diferentes productos estabilizadores, así como la mezcla de suelos con el fin de dar soluciones óptimas a problemas particulares. En el presente trabajo se analiza el comportamiento de suelos arcillosos, potencialmente expansivos, mezclados con cloruro de sodio. Es importante destacar que las sales han sido estudiadas, con fines de estabilización, desde hace varias décadas, entre las que se pueden citar el cloruro de potasio, el cloruro de magnesio, cloruro de bario, nitrato de sodio, carbonato de sodio, cloruro de calcio, cloruro de sodio, entre otros, sin embargo, solo algunas de ellas, por razones económicas, han podido ser aplicadas a la estabilización de terracerías. Particularmente, el cloruro de sodio por su bajo costo, es de los que más se han empleado en carreteras, en algunos casos con mayor o menor éxito dependiendo de las condiciones particulares del caso que se trate.

Los suelos estudiados corresponden a los sitios de El Salitre y Jurica. Se analiza la variación de las propiedades físicas y mecánicas de dichos suelos con la adición de sal, para en diferentes porcentajes. Se aplicó la sal con dos métodos diferentes, uno con la sal diluida en salmuera y otro en grano. La salmuera es una solución compuesta por una cierta cantidad de sal, en peso, por cantidad de agua destilada; y la sal en grano se dosifica, en peso, por unidad de peso seco del material por estabilizar. El método tradicional de adición de sal al estabilizar terracerías, es en peso de sal por peso seco de suelo, en este trabajo se analiza la adición con salmuera con la finalidad de aplicarla por medio de pipas directamente al suelo en el agua de compactación. Las propiedades físicas aquí analizadas son los límites de consistencia y por ende su clasificación dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el Potencial de Hidrógeno (pH), así como las características de compactación de dichos suelos analizados con el ensaye Próctor. Las propiedades mecánicas evaluadas son la resistencia a la compresión y el módulo de

resiliencia. Lo anterior con el fin de tener un panorama general del comportamiento mecánico del suelo tratado con sal en cuanto a su comportamiento mecánico en capas de terracería en estructuras de pavimento (Roldan de la Paz (2010).

Para la presente revisión sistemática se utilizó buscadores académicos como Scopus, Dialnet, Alicia, Renati, la Referencia que ayudan a encontrar información relevante y aceptada en la ciencia para construir un buen trabajo bibliográfico.

En ese sentido, es que surge el tema de esta investigación la cual se ***sintetiza en la pregunta: ¿Qué investigaciones se han realizado en los últimos 10 años sobre el aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante?***, la cual pretende cumplir con el **objetivo general: Identificar las investigaciones teóricas, a través de las revisiones sistemáticas sobre el aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante, en los últimos 10 años usando artículos científicos de buscadores académicos confiables. La presente investigación se justifica en** en la comparación de los aspectos técnicos usando cloruro de sodio y así poder ver como contribuye en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo, busca dar una mejor optimización a las bases y subbases, contribuyendo a la reducción de estos como en los costos de su producción, determina el grado de impacto que tendría en la sociedad el empleo de estabilizaciones con cloruro de sodio. Y por último, busca plantear propuestas sostenibles en los procesos de desarrollo constructivo. Estos planteamientos deben proponer una metodología que vaya de acorde a los precedentes ambientales y sea sostenible además que ayude a la lucha que hoy nos plantea el medio ambiente.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación será, Aplicada así mismo se utilizara para este estudio una investigación a través de “revisión sistemática de la literatura científica”. Para Kitchenham (2004, p. 13), “Una revisión sistemática es una manera de evaluar e interpretar toda la investigación disponible, que sea relevante respecto de una interrogante de investigación particular, en un área temática o fenómeno de interés”.

La presente investigación utilizó para la recolección de datos, la técnica de una revisión sistemática. Moher (2009) afirma: “Esos aspectos también pueden beneficiar a los revisores sistemáticos, lo que posiblemente reduzca el riesgo de un número excesivo de revisiones que aborden la misma cuestión y proporcionen una mayor transparencia al actualizar las revisiones sistemáticas” (p.1).

Una revisión sistemática de la literatura permite identificar, evaluar, interpretar y sintetizar todas las investigaciones existentes y relevantes en un tema de interés particular. Entre las razones para emprender una revisión sistemática, las más comunes son: Resumir la evidencia existente concerniente a una tecnología. Identificar algún vacío en la investigación actual con el objeto de sugerir áreas para investigaciones futuras. Proveer un marco de trabajo y/o los antecedentes necesarios con el objeto de posicionar nuevas actividades de investigación. Uno de los propósitos de la revisión de la literatura es analizar y discernir si la teoría y la investigación anterior sugieren una respuesta (aunque sea parcial) a la pregunta o las preguntas de investigación, o bien si provee una dirección a seguir dentro del planteamiento de nuestro estudio. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Las revisiones sistemáticas intentan reunir todo el conocimiento de un área específico, destacando lo que se conoce a cerca de un tema concreto, para lo cual en este trabajo de investigación de acuerdo a revisiones sistemáticas se tomó en cuenta la pregunta de investigación ¿Qué investigaciones se han realizado en los últimos 10 años sobre el aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante?, a través de los resultados

obtenidos en diferentes estudios se obtuvo recomendaciones para la práctica e investigación futura. (Manterola, 2011).

Recursos de Información: Para la búsqueda de información de las revisiones sistemáticas, artículos científicos se pudieron evidenciar que hay un sin número de buscadores académicos (fuentes) donde se podía extraer información acerca de nuestras variables las fuentes más resaltantes en la cual se obtuvo información fueron: Redalyc, Scielo, Google académico, Alicia, Renati, Scopus, La Refrencia, donde se tenía que buscar de acuerdo a las variables de nuestro tema.

Búsqueda: Para la búsqueda de los artículos científicos de revisiones sistemáticas de nuestro trabajo de investigación se dio por medio de las variables, en algunos casos fue algo complicado porque no había mucha información, otros artículos tenían años muy anteriores otros aparecían en inglés, para obtener dicha información se tuvo que utilizar palabras claves, así como también artículos que no estén en inglés.

Selección de estudios: En la revisión sistemática presentada en estos artículos, se analizaron y se sintetizaron las evidencias encontradas en investigaciones en torno a las variables de competitividad y productividad los cuales se seleccionaron de la base de datos; Google Académico, Internet, Redalyc, Scopus, Alicia, Renati, Scielo y libros dichos artículos basados en el año 2010 a más.

El primer criterio utilizado para clasificar las citas fueron las palabras claves, en donde se consideraron Ingeniería, Aditivos, Aeropuerto, estabilizante y subrasante; el segundo criterio usado en la revisión fue el tipo de metodología; el tercer criterio, fue el tipo de buscador académico en el que fueron recopilados estos artículos; y en el cuarto criterio, se clasificó a los artículos según los años de antigüedad de los artículos; y por último, se utilizó la relación entre los buscadores académicos y las palabras claves utilizadas para encontrar dichas citas.

A continuación, se muestra la tabla general con los artículos seleccionados y los criterios considerados en su selección.

Buscador Académico	Título	País	Autor	Año	Objetivos	Metodología	Tipo y Nivel de Investigación	Resultados/Conclusiones
LA REFERENCIA	<b>Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en la Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí Rivas</b>	Genaro Jose Almirano Novoa y Axell Exequiel Díaz Sandino	Bolivia	2017	Estabilizar los suelos cohesivos de las vías en la comunidad San Isidro del Pegón, municipio de Potosí departamento Rivas, con una mezcla de cal hidratada.	<b>DISEÑO METODOLÓGICO.</b>  <b>Etapas:</b> <b>Etapas 1: Recopilación de información, exploración y evaluación de los puntos críticos de las vías.</b> <b>Etapas 2: Muestreo de suelos</b>  <b>Etapas 3: Análisis de Laboratorio</b>  <b>Etapas 4: Estabilización de Suelos Cohesivos con Cal.</b>  <b>Análisis e Interpretación de resultados.</b>	Experimental: <b>Recolección y muestreo de los suelos en la zona de estudio.</b> Se realizaron 10 calicatas con un área de 1 m <sup>2</sup> , de estas 6 constan de una profundidad de 1 metro y las otras cuatro a una profundidad de 2 metros. El objetivo de las 6 calicatas de poca profundidad fue constatar que el suelo en estudio poseía las mismas características físicas que las muestras encontradas en las calicatas de mayor profundidad.  En dichas calicatas se determinó la predominancia de los cuatro suelos que posteriormente fueron ensayados.).	Las vías de la comunidad San Isidro, presenta múltiples puntos afectados producto de lluvias (ver anexos, apéndice a), mediante el reconocimiento a lo largo de estas, se ubicaron los puntos con mayores afectaciones y siendo estos en parte puntos obligados a lo largo de estas vías; aunque en esta comunidad no existen grandes edificaciones, posee un gran potencial económico. De 4 puntos específicos se extrajeron muestras de suelos, las cuales se catalogaron según su color y textura, sin embargo, luego de secarlos en horno y determinar la humedad, se notó la predominancia de 6 muestras a las que se procedió analizar para determinar sus propiedades.  Al analizar estas muestras se obtuvo que el suelo que predomina es un A-7-6 que según la normativa AASHTO son suelos con baja capacidad de carga, un alto índice de plasticidad; además de un alto porcentaje de expansión debido al cambio de la humedad. Estos datos de laboratorio se muestran en la tabla 6.13; no obstante, el estrato número 1 de la calicata 4 es un suelo A-6, aunque no posee las mismas características que el suelo descrito anteriormente, no deja de ser un suelo con condiciones no deseables en un proyecto vial.  Al determinar las propiedades con estos porcentajes se obtuvo una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; se aumentó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla, se aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. Aunque no se cumplió con el parámetro de expansión propuesto en la tabla 2.2, se logró un resultado aceptable.  en estos suelos, logrando una reducción del 61 por ciento con la adición óptima de cal.

Dialnet	<b>Estabilización de suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para bases y sub-bases.</b>	Guatemala	<b>Jairon Roldán de Paz</b>	2010	Desarrollar un método confiable y económico para evitar la pérdida rápida de humedad en los suelos utilizados en bases y sub-bases, que permita una estabilización adecuada, con el fin de obtener suelos que no varíen sus propiedades físicas y mecánicas al perder humedad.	<p>Los ensayos que se realizan al suelo estabilizado son ensayos conforme a las normas estipuladas para estos, todos los ensayos están supervisados por el personal calificado del laboratorio.</p> <p>Los ensayos que se realizan han sido detallados en este capítulo, los cuales son:</p> <p>Proctor modificado Norma AASHTO T180-01 CBR (Valor Soporte California) Norma AASHTO T193-99 Granulometría Norma AASHTO T-27 Norma AASHTO T-11 Límites de Atterberg Norma ASSHTO T089-02 Norma AASHTO T090-00 Triaxial Norma ASSHTO T296-05</p>	Experimental	<p>El tratamiento adecuado de suelos para intensificar sus propiedades físicas y mecánicas es de suma importancia. Ya que, en algunas regiones del país existen suelos que no son aptos para construir sobre ellos, es por eso que es necesario recurrir a la estabilización de suelos con algunos métodos que representan un costo adicional.</p> <p>En algunos casos, las construcciones de las bases y sub-bases para carreteras están expuestas a un clima cálido extremo, lo cual conlleva que la humedad necesaria para obtener una densificación adecuada se evapore.</p> <p>El cloruro de sodio (NaCl) es un elemento que ayuda a aumentar el tiempo en el cual los suelos pierden humedad. Por ser higroscópico absorbe la humedad del ambiente y crea una capa blanquecina en la parte superior que funciona como una barrera para evitar que la humedad contenida se evapore rápidamente. Al agregar cloruro de sodio al suelo, se incrementa la densidad seca máxima y se reduce la humedad óptima, se obtienen resultados favorables para los porcentajes de CBR, los cuales aumentan con porcentajes de NaCl no mayores al 2% en condiciones críticas. Sin embargo, los mejores resultados se observan cuando se pierde la humedad y se incrementa el contenido de sal en el suelo, ya que se obtiene una cimentación firme con la mezcla suelos-cloruro de sodio.</p>
---------	---	-----------	-----------------------------	------	--	--	--------------	--

RENATI	Influencia del aditivo en la estabilización del afirmado para el mejoramiento del camino vecinal tramo oasis – nuevo Shupishiña - polvoraico, Distrito de Morales – Provincia de San Martín – Región San Martín	Perú – San Martín	Juan Pérez Vargas	2013	Evalúa la influencia de un aditivo a base de enzimas orgánicas que se usa como posible mejorador de la estabilidad de suelos y permitiría incrementar la resistencia de suelos finos - plásticos - arcillosos.	El nivel de la investigación, es explicativa, porque pretende determinar la relación causal que existe entre las variables de estudio.  Como población de estudio para dicha tesis se está considerando el camino vecinal tramo Oasis – Nuevo Shupishiña – Polvoraico con un aproximado de 07+345 KM, para lo cual se tomará la muestra según norma de tesis (30%), teniendo como tramo de estudio del km 5+000 al km 07+345, ya que este tramo es el más crítico y se adhiere al objetivo de esta tesis.	<b>Aplicada</b>  <b>El Tipo de diseño a utilizar en la investigación será Pre experimental,</b> de un solo grupo	Se realizó la extracción de muestras de suelo de las calicatas del tramo en estudio (muestra). Los ensayos de mecánica de suelos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad César Vallejo de Tarapoto con base en la Norma Técnica Peruana adecuada para cada ensayo realizado. El estudio se centra en un solo tipo de suelo y las variaciones sufridas en sus propiedades mecánicas después del uso del aditivo químico.  Como resultado final se presentan una serie de cuadros y tablas que muestran una tendencia positiva a mejorar algunas propiedades.
RENATI	Propuesta de utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: lucma – 09 de octubre, para mejorar la transitabilidad vehicular en el Distrito de Lucma,	Perú – Trujillo	2016	Cesar Mendoza Quispe	Determinar cómo influye la utilización de la emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: Lucma - 09 de octubre, para	Descriptivo, porque se observa y describe los fenómenos tal como se presentan en forma natural  <b>Población Muestra</b> La población muestral se refiere a todas las carreteras que están en todo el departamento de La Libertad.	Esta investigación es de Diseño de Investigación No Experimental Transversal Descriptivo.  Diseño no experimental, porque no se manipulan las variables, porque solo se sustrae a contemplar los fenómenos en su estado	Teniendo en cuenta que la carretera Lucma - 09 de Octubre, del distrito de Lucma, provincia de Gran Chimú, departamento La Libertad, se encuentra en un estado de deterioro especialmente con la presencia de abundante polvo, el que, con una adecuada gestión y utilización de recursos puede ser mantenida, logrando un ahorro en los costos de construcción y aumento la vida útil, surge la necesidad de plantear como una alternativa económica para el mejoramiento de la carretera, razón por la cual

	Provincia Gran Chimú – la libertad, 2016				mejorar su transitabilidad.	<p><b>Unidad de Estudio.</b></p> <p>La unidad de estudio se ha delimitado solo en la Carretera Lucma - 09 de Octubre.</p>	<p>natural para luego analizarlo, se caracteriza por no manipular deliberadamente la variable.</p> <p>Es transversal, porque se recolectan datos con el propósito de describir las variables y analizar su comportamiento en el mismo tiempo.</p>	<p>desarrollamos la técnica de Micropavimento con emulsiones asfálticas Modificadas mediante un estudio completo. Otro de los aspectos estudiados es la descripción de los procesos de diseño en cumplimiento de las normas que rigen el MTC, así mismo los adecuados métodos de aplicación en el proceso constructivo mediante el uso de maquinarias necesarias, equipos y personal con la finalidad de lograr calidad en el trabajo y reducir al mínimo sobrecostos. El Micropavimento con emulsiones asfálticas modificadas es una tecnología que se ira expandiendo en nuestro país, con el único objetivo de tener una buena estructura en el pavimento, además de que su uso es amplio como el de recuperar, impermeabilizar capas de rodadura de pavimentos viejos y fisurados.</p>
ALICIA	<p><b>Estabilización de suelos arcillosos mediante</b></p> <p><b>Adición de cloruro de sodio (nacl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: suelos de chachapoyas, 2016</b></p>	Perú Amazonas	<b>LIBANY FERNÁN DEZ RIVA</b>	2016	<p>Determinación de la concentración óptima de cloruro de sodio para estabilización de suelos arcillosos de Chachapoyas.</p>	<p>Es de conocer para cualquier ingeniero civil que, para cualquier diseño o aprovechamiento de un suelo es de suma importancia su clasificación y dependiendo de los resultados que se quiera obtener serán las pruebas que se le estudiará a dicho suelo. Así, no son las mismas pruebas que se someterá a un suelo para su utilización como capa sub-rasante o subyacente, a otro material que vaya a utilizarse como pétreo en una losa de concreto hidráulico o a otro material que se utilice en un suelo-cemento. Se hace necesario pues definir</p>	<p>Finalidad, Aplicada</p> <p>Objetivos, Explicativa, experimental.</p> <p>Fuente de datos Primarios.</p> <p>Contexto donde se desarrolla Y Laboratorio, gabinete</p>	

						los procedimientos y los estudios que se tendrán que realizar para cada fin en específico (Jara,2014).		
Google Académico	Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (eco road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo - Junin.	Perú Huancayo	DE LA CRUZ GUTIÉRREZ, Lizeth Mercedes y SALCEDO ROJAS, Kaite Karen.	2016	Evaluar la influencia del aditivo Eco Road 2000 en las propiedades de los suelos cohesivos en el anexo de Palian - Huancayo - Junín	Se realizará la identificación del material y tecnología usado en la etapa de exploración de los suelos y aplicación de el aditivo en la estabilización de suelos en Palian – Huancayo – Junín. La información obtenida en el campo nos ayudara a realizar los estudios necesarios para determinar la estratigrafía del suelo y a su vez realizar la clasificación suelos y otros ensayos importantes; la información obtenida de el aditivo colabora con la aplicación y a su vez con la demostración de la eficiencia para estabilizar un suelo cohesivo. Una vez aplicada la información ya mencionada en el párrafo anterior se podrá realizar el análisis de los datos obtenidos cumpliendo con los objetivos trazados se podrán obtener conclusiones y recomendaciones concretas.	Tipo de Investigación. El tipo de investigación es explicativo. Cuyo fin es demostrar la eficacia del uso de aditivos en la estabilización de suelos para pavimentos.  Nivel de Investigación. El nivel de investigación es de carácter descriptivo, analítico y experimental.	La presente investigación da un marco general de la problemática local en las técnicas constructivas en pavimentos, y por ello se vienen proponiendo nuevas alternativas gracias al avance de la tecnología, se vienen creando productos que simplifican la construcción de los pavimentos. Sin embargo, se han presentado en el mercado comercial una gran variedad de productos que mejoran el comportamiento de los suelos, de los cuales estos son muy prometedores en sus especificaciones técnicas presentando su alta eficiencia con cualquier variedad de tipos de suelos. Entre la variedad de empresas que fabrican los estabilizadores, vimos oportuno escoger a la empresa Eco Road ya que dicha entidad estaría ingresando recién al mercado de Junín, ésta entidad produce el aditivo llamado Eco Road 2000 que sirve para la estabilización de suelos.

<p>La Referencia.com</p>	<p>Análisis del uso de aditivos permazyme y Cloruro cálcico en la estabilización de la Base de la carretera no pavimentada (desvío Huancané – chupa)-Puno</p>	<p>Perú – Puno</p>	<p>Yucra Callata, Arturo y Camala Jilapa, Edwin Iván</p>	<p>2017</p>	<p>Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado con el uso de los aditivos PERMAZYME y CLORURO CÁLCICO que conformar la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané – Chupa</p>	<p>Para contrastar el proyecto de investigación se trabajará con 3 tipos de muestras; 2 muestras experimentales y un grupo control. Para el resultado experimental se trabajará con 3 muestras para cada aditivo, el mismo que se aplicará en diferentes proporciones.</p> <p>A estas muestras experimentales se someterá a los siguientes ensayos:</p> <p><b>Granulometría:</b></p> <p><b>Contenido de humedad:</b></p> <p><b>Limite plástico:</b></p> <p><b>Limite líquido:</b></p> <p><b>Proctor modificado:</b></p> <p><b>CBR:</b></p> <p><b>Expansión:</b></p>	<p>Experimental</p>	<p>El presente proyecto de investigación analiza los parámetros físico-mecánicos y costos de aplicación usando los aditivos Perma-Zyme y Cloruro Cálcico en el material de dos canteras diferentes, dicho material conformará la base de la carretera no pavimentada, mejorando su resistencia y estabilidad volumétrica, como consecuencia del proceso de densificación de masa. Además, se tomará en cuenta la proporción en el suelo del uso de aditivos según su hoja técnica y su costo en su aplicación. Las propiedades físicas y mecánicas aquí analizadas son el limite líquido, limite plástico, expansión, densidad seca máxima del proctor modificado y valor de soporte relativo (CBR).</p> <p>Perma Zyme es un producto a base de enzimas, el cual se utiliza para estabilizar suelos plástico-arcillosos, obteniendo una reducción del índice de plasticidad hasta en un 11%, expansión en 36%, incremento de la densidad seca máxima del proctor modificado hasta en 0.89% y valor de soporte relativo (CBR) en 24%, puesto que las enzimas actúan como catalizadores, debido a que la estructura de sus moléculas contiene partes activas que aceleran el proceso de aglutinamiento de las arcillas disminuyendo la relación de vacíos.</p>
--------------------------	---	--------------------	--	-------------	--	---	---------------------	--

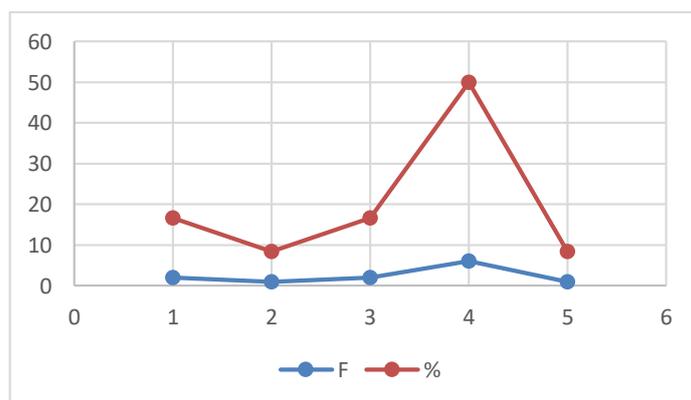
## Capítulo III Resultados

La búsqueda de artículos en diferentes fuentes bibliográficas arrojó un total de 20 artículos originales en el periodo de 2010 a 2018. Distribuidos así: Dialnet 1 artículos, Scopus 1, ALICIA 2, RENATI 5, La Referencia 3, Google Académico 1 Posteriormente, se aplicaron criterios de inclusión y de exclusión hasta la obtención de un número final de 12 artículos para la presentación de resultados. En los 12 artículos seleccionados se revisó las fuentes de información, al autor y el título, el año de publicación y el país a donde pertenece el estudio, además, la metodología y los resultados/conclusiones.

Tabla 2  
*Búsqueda a través del año de antigüedad del artículo*

Año de antigüedad	F	%
2010	1	8.3
2013	1	8.33
2015	4	33.33
2016	3	25.00
2017	2	16.67
2018	1	8.33
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01



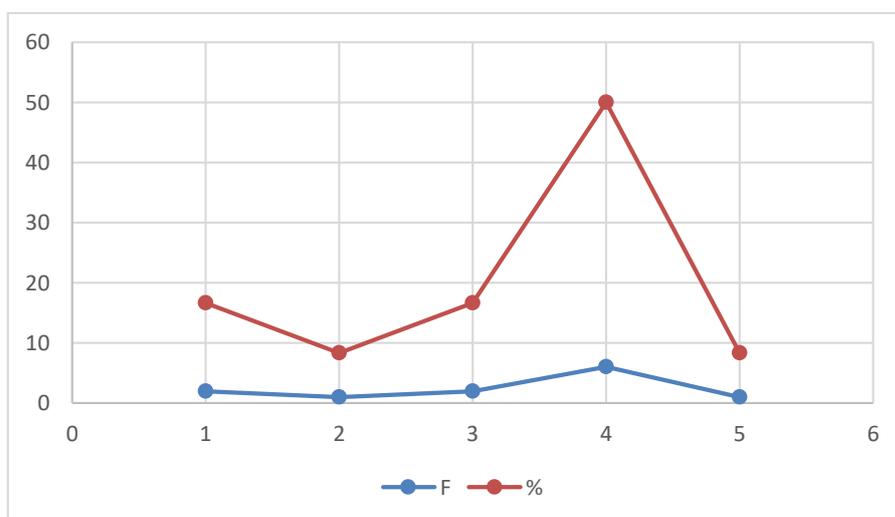
*Figura 1.* Artículos incluidos a través del año de antigüedad. De acuerdo a la figura 1 se puede apreciar que el 33,33% de los artículos encontrados pertenecen al año 2015 y el 16,67% de los artículos en el año 2017.

Nota: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2019.

**Tabla 3**  
Búsqueda a través de País.

<b>País</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
Colombia	1	8.3
Bolivia	1	8.33
Guatemala	1	8.33
Perú	9	75.00
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01



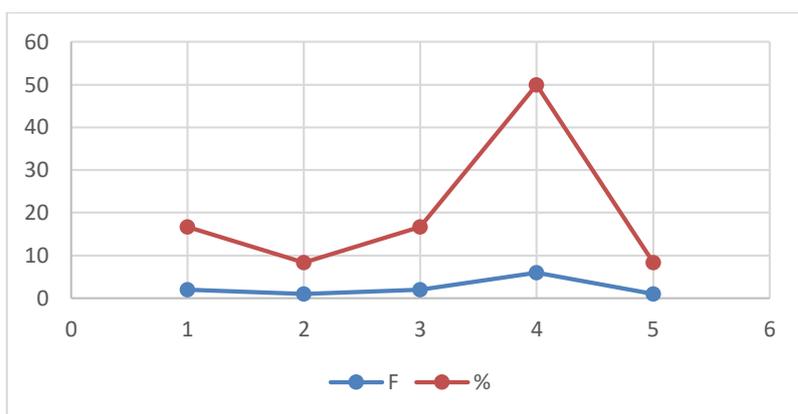
*Figura 2.* Artículos incluidos a través del país. De acuerdo a la figura 2 se puede apreciar que el 75 % de los artículos encontrados pertenecen al país de Perú y el 25% % de los artículos pertenecen al Colombia, Bolivia y Guatemala.

Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2019.

**Tabla 4**  
Búsqueda a través de la fuente bibliográfica del artículo

<b>Buscador</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
La referencia	3	23.1
Dialnet	1	7.7
ALICIA	3	23.1
RENATI	5	38.5
Google académico	1	7.7
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01



*Figura 3.* Artículos incluidos a través de la fuente bibliográfica. De acuerdo a la figura 3 se puede apreciar que el 88% de los artículos encontrados pertenecen a repositorios académicos y el 7% de los artículos a Redalyc, Dialnet, Google académico, ALICIA y RENATI.

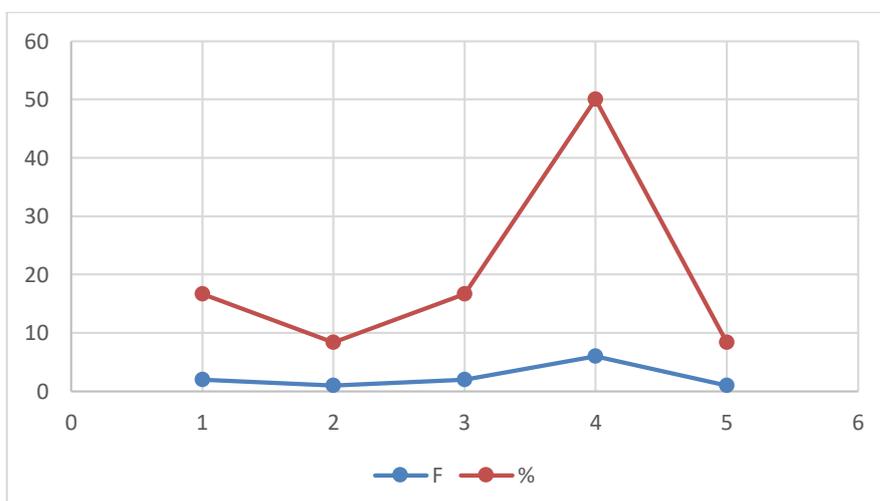
Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2019.

Tabla 5

*Búsqueda a través de la palabra clave del artículo.*

Palabra Calve	F	%
Cloruro de Socio	5	41.7
Agente Químico	1	8.3
Suelos	1	8.3
Emusión asfáltica	1	8.3
Aditivos	4	33.3
Total	12	100.0

Nota: Base de datos tabla 01



*Figura 4.* Artículos incluidos a través de la palabra clave. De acuerdo a la figura 4 se puede apreciar que el 41.7% de los artículos encontrados pertenecen a Cloruro de Sodio, 8,3 % a Agentes Químicos, y el 33,3% de los artículos a Aditivos.

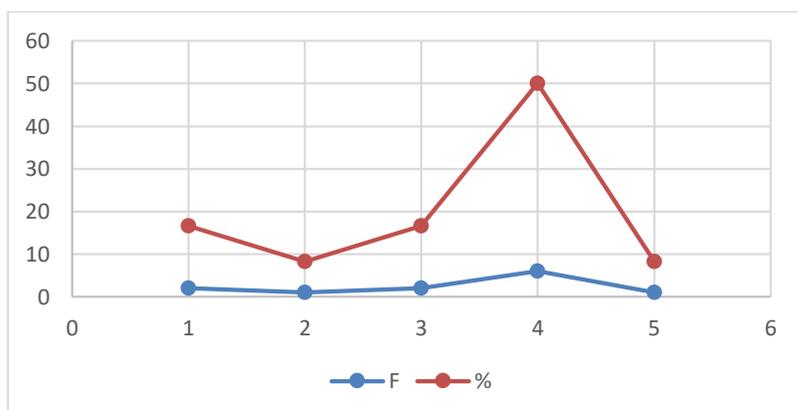
Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2018.

Tabla 6

*Búsqueda a través de Institución del artículo*

<b>Institución</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
Universidad	10	83.3
Instituto	1	8.3
Escuela	1	8.3
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01



*Figura 5.* Artículos incluidos a través de la institución. De acuerdo a la figura 5 se puede apreciar que el 83.3% de los artículos encontrados pertenecen a la Universidad y el 8,3 % de los artículos pertenecen al Instituto y escuela.

Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2018.

Tabla 7

*Búsqueda a través del criterio de inclusión*

<b>Inclusión</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
Año de antigüedad	9	75.0
Sector	1	8.3

Aditivo	1	8.3
Fuentes de información	1	8.3
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01

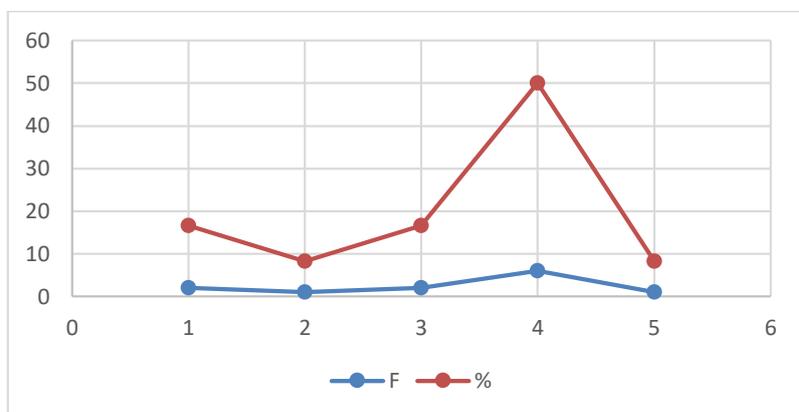


Figura 6. Artículos incorporados a través del criterio de inclusión. De acuerdo a la figura 6 se puede apreciar que el 75% de los artículos encontrados se consideraron por el año de antigüedad y el 25% de los artículos por la fuente de información.

Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2018.

Tabla 8

*Búsqueda a través del criterio de exclusión*

<b>Exclusión</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
Año de antigüedad menor al 2010	8	72.7
Sector diferente al estudio	1	9.1
Aditivo diferente al estudio	1	9.1
Fuentes de información	1	9.1
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01

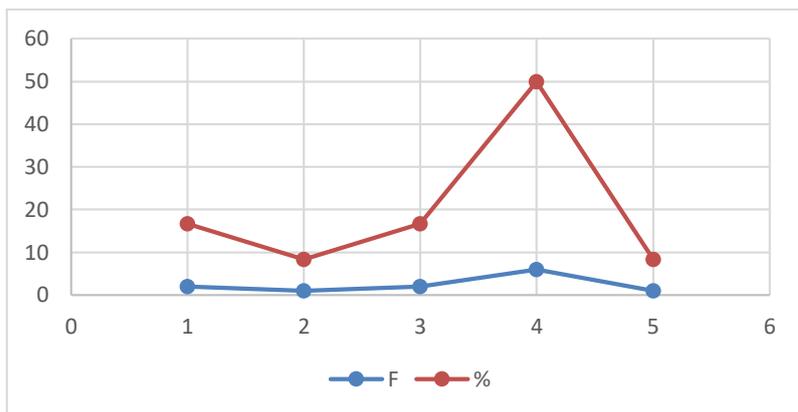


Figura 7. Artículos descartados a través del criterio de exclusión. De acuerdo a la figura 7 se puede apreciar que el 72.7 % de los artículos encontrados se excluyeron por el año de antigüedad y también por no pertenecer en el sector de trabajo.

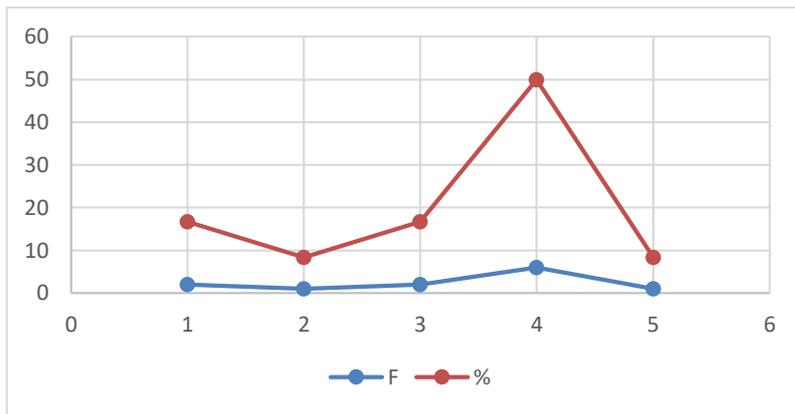
Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero al 18 de enero del 2018.

Tabla 9

Objetivos de los artículos analizados

Objetivo	F	%
variación de plasticidad, grado de compactación	2	16.7
Estabilizar los suelos cohesivos de las vías	1	8.3
Evalúa la influencia de un aditivo a base de enzimas orgánicas	2	16.7
concentración óptima de cloruro de sodio	6	50.0
Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado	1	8.3
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>

Nota: Base de datos tabla 01



*Figura 8.* Artículos incluidos a través del objetivo. De acuerdo a la figura 8 se puede apreciar que el 50% de los artículos encontrados tienen como objetivo concentración óptima de cloruro de sodio, el 16,7% variación de plasticidad, grado de compactación y el 24% otros objetivos

Fuente: Estrategia de búsqueda de artículos científicos entre el periodo de 8 de enero a 18 de enero del 2018.

#### CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

##### Discusión:

Considerando la calicata más desfavorable, se elaboró el cuadro comparativo de los resultados para la capacidad de soporte del terreno (CBR). La calicata más desfavorable, según el tipo de suelo corresponde a la Calicata C-3.

Se hará la comparación respectiva de los valores de CBR (%) correspondiente al 100% de la densidad seca máxima, obtenida del ensayo de Próctor Modificado, tomando como base el ensayo de la muestra patrón, que es la que se realizó sin ninguna adición de cloruro de sodio, esta se comparará con las muestras con dosificación de 1%, 2% y 3% de cloruro de sodio por metro cúbico de material.

Para realizar la comparación respectiva, se realizará el cálculo de la variación porcentual tomando como base los resultados de la mezcla patrón, luego se determinará el porcentaje de aumento de la capacidad de soporte que produce el agregar el aditivo cloruro de sodio a la muestra en estudio.

En la tabla 1 se presenta la comparación de los resultados para el CBR al 100% de la densidad seca máxima de la calicata C-3:

Tabla N° 9. Cuadro de comparación de resultados de valor de CBR (%).

Tipo de muestra	Muestra Patrón	Muestra con dosificación de 1%	Muestra con dosificación de 2%	Muestra con dosificación de 3%
CBR al 100% de la densidad seca máxima (%)	4.92	9.81	17.02	18.21
<b>% de variación</b>	--	<b>AUMENTA 99.39%</b>	<b>AUMENTA 246.93%</b>	<b>AUMENTA 270.12%</b>

Nota: Fuente elaboración del investigador.

De la tabla se puede llegar a la conclusión que, a mayor dosificación de cloruro de sodio, aumenta la capacidad de soporte del terreno, pero la variación entre las dosificaciones de 2% y 3% de cloruro de sodio por metro cúbico de material es mínima, por lo que se recomienda la dosificación de 2% de cloruro de sodio por metro cúbico de material como dosificación óptima para usar en mejoramiento y estabilidad de subrasantes.

Así mismo, se concuerda parcialmente con la investigación de Roldán (2010), donde en el artículo *“estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases”*, concluye que La resistencia a la compresión tiende a disminuir con el incremento de NaCl. Sin embargo, la resistencia muestra un leve aumento en la arena caliza con porcentajes de NaCl inferiores al 2%, por tal motivo, el porcentaje máximo aceptable de NaCl para los materiales arena limosa y arena caliza no debe exceder del 2% respecto al peso del material, sin embargo, en la presente investigación indicamos que debe ser del 2% la dosificación de Cloruro de sodio para que su rendimiento sea óptimo.

Por otro lado, discrepamos totalmente con la investigación de Seco, Ramírez, Miqueleiz, García y Prieto (2010), en el artículo *“Uso de aditivos no convencionales en la estabilización de margas”*, quien concluye que el contenido óptimo de cal debe ser de 3%, para mejorar las características como CBR y los ensayos a compresión no confinada, ya que, en el caso de la presente investigación indicamos que debe ser del 2%.

Para terminar, su concuerda con lo planteado en la investigación de Guamán (2016), denominada, Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio), realizada en la Universidad Técnica de Ambato,

que tuvo como objetivo conocer el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con Cal y Cloruro de Sodio con porcentajes de 2,5% - 7,5% y 12,5%. La muestra de suelo se la extrajo de una calicata a 1 m de profundidad en la ciudad del Puyo y se utilizó todo el volumen de la calicata para realizar los ensayos de laboratorio con muestras alteradas e inalteradas. Para el ensayo de Resistencia a la compresión simple se realizaron bloques que fueron ensayados a los 7, 14 y 21 días. Con los debidos ensayos se comparó cual es el comportamiento del suelo en condiciones normales con los suelos estabilizados con Cal y Cloruro de Sodio y se llegó a determinar su porcentaje óptimo con cada estabilizador, donde al igual que la presente investigación señalamos que el uso de cloruro de sodio es óptimo para usar en mejoramiento y estabilidad de subrasantes.

### **Conclusiones**

Se pudo encontrar una cantidad de información bibliográfica reducida porque, el campo de acción del uso de aditivos en el sector y área investigada está todavía muy poco investigada.

Se pudo realizar una síntesis de todos los trabajos académicos de manera muy puntual, reflejada en la tabla 1.

Se determinó la influencia que presenta al adicionar cloruro de sodio como estabilizante en la subrasante de la carretera tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca, siendo esta influencia el aumentar la capacidad de soporte del terreno a medida que mayor sea la dosificación de cal hidratada por metro cúbico de material.

\* Según los ensayos realizados en laboratorio, se determinó las características físicas y mecánicas del suelo en estudio siendo éstas las que presentamos en los siguientes cuadros.

## REFERENCIAS

Braja M, D. (2010). Geotechnical engineering handbook. California: j. Ross Publishing series.

Diaz y Mejía (2004). Estabilización de suelos mediante el uso de un aditivo químico a base de compuestos inorgánicos.

Fernández, L (1991) “mejoramiento y estabilización de suelos” Editorial Limusa s.a. de c.v., México.

Gonzales de vallejo, I. (2002). Geotecnia y la mecánica de rocas. Madrid: prentice hall.

Graux, D. (1975). Proyecto de muros y cimentaciones. España: Editores Técnicos asociados.

Hunter, D. (1.988): “lime-induced heave in sulfate-bearing clay soils”. “journal of geotechnical engineering”, asce vol. 114, nº 2

Huezo, H. M., & Orellana, A. C. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador*.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ciudad Universitaria, El Salvador: Universidad de El Salvador. Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/2138/1/Gu%C3%ADa\\_b%C3%A1sica\\_para\\_estabilizaci%C3%B3n\\_de\\_suelos\\_de\\_cal\\_en\\_caminos\\_de\\_baja\\_intensidad\\_vehicular\\_en\\_El\\_Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf)

Jiménez, M. E. (2014). *Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matematico de Hogg y Viga Benkelman*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Obtenido de [http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/325860/2/jimenez\\_lm-publicacion.pdf](http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/325860/2/jimenez_lm-publicacion.pdf)

López, S. W., & Veloz, Y. A. (2013). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba*. ESPE. Sede Sangolquí, Carrera de Ingeniería Civil. Sangolquí, Ecuador: ESPE. Sede Sangolquí. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6533>

Lambe, Ww., & whitman, r. (2001). Mecánica de suelos. Mexico: limusa noriega editores.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones República del Perú [MTC]. (2004). *Norma Técnica de Estabilizadores Químicos*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones República del Perú [MTC]. Obtenido de

[https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/mtc1109%20con%20rd.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/mtc1109%20con%20rd.pdf)

Juárez, E., y Rico, A. (1980). *Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Editorial Novaro.

Jímenez, J.A. y De Justo, J.L. (1.975): “geotecnia y cimientos”. Editorial Rueda, Madrid.

Montejo, F.(2002) Ingeniería de pavimentos. Universidad Católica de Colombia. Colombia.

Perrin, I.I.: “expansión of lime-treated clays containing sulfates”, “7th international conference on expansive soils.

Solminihaç (2013). Estabilización química de suelos: aplicaciones de estructuras de pavimentos.

Sánchez, Castro, Ureña y Azañón (2014). Estabilización de suelos arcillosos y margas, utilizando residuos industriales: ph e indicadores granulométricos.

Seco, Ramírez, Miqueleiz, García y Prieto (2010). Uso de aditivos no convencionales en la estabilización de margas

ANEXOS

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**“Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el porongo – aeropuerto – cajamarca**

<b>Formulación de la pregunta</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
¿De qué manera el aditivo cloruro de sodio influye como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca?	Determinar la influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca..	En cuanto puede influenciar el aditivo de cloruro de sodio en 1%, 2% y 3% como estabilizante de la subrasante de la carretera en el tramo cruce el porongo.	Aditivo cloruro de sodio	Diseño: Experimental.  Tipo: Aplicada.
	Comparar la capacidad de soporte del terreno, de la muestra patrón con las muestras a dosificaciones de 1%, 2% y 3% del aditivo cloruro de sodio por metro cúbico de material de	En cuanto influye el aditivo cloruro de sodio como estabilizante en 1%.  En cuanto influye el aditivo cloruro de sodio como	Estabilizante de la subrasante	

	<p>la subrasante de la carretera tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca</p> <p>Determinar la dosificación óptima del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca.</p> <p>Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de la subrasante de la carretera tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca</p>	<p>estabilizante en 2%.</p> <p>En cuanto influye el aditivo cloruro de sodio como estabilizante en 3%.</p>		
--	--	--	--	--