UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESPECIALIZACION EN ALTA GERENCIA

Trabajo de grado: PROPUESTA DE ESTABILIZACION QUIMICA DE LA RED VIAL TERCIARIA DEL MUNICPIO DE COGUA

Presentado por: CARLOS JAIME LINARES ORDOÑEZ

17 de mayo de 2019

Agradecimientos

A Dios por permitirme adquirir más conocimientos día a día para beneficio de la comunidad y de mi familia.

A mi esposa Nubia Stella y a mis hijos Carlos Antonio y Cristian Enrique por el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A la doctora Lida Neidu por su orientación en el desarrollo de este trabajo.

A todos los docentes de alta gerencia por los conocimientos transmitidos en esta especialización.

TABLA DE CONTENIDO

1. Descripción del problema.....4
1.1 Planteamiento del problema.....5
1.2 Sistematización del problema.....5
2. Objetivo general.....5
2.1 Objetivos Específicos.....5
3. Justificación.....6
4. Marco conceptual.....7
4.1 Estabilización química.....7
4.1.1 Tipos de estabilización química.....8
4.1.2 Materiales utilizados.....8
4.2 Suelos.....9
4.3 Vías.....9
4.3.1 Caracterización de la malla vial.....9
4.3.2 Malla vial terciaria.....9
5. Marco teórico.....10
6. Marco metodológico.....18
7.1 Propuesta de estabilización con cal y silicato de sodio.....19
7.2. Proceso constructivo de estabilización con sales y silicatos.....21
7.3 Determinación de promedio de humedad relativa y cbr en la malla vial terciaria del municipio de cogua.....22
1.1 Aplicación.....29
1.2 Ventajas.....29
8. Conclusiones.....33
9. Recomendaciones.....34
10. Bibliografía.....36

Propuesta de estabilización química de la red vial terciaria del municipio de Cogua.

1. Descripción del problema.

La malla vial terciaria del municipio de Cogua presenta un deterioro continuo, por falta de definición de una alternativa de solución que permita mejorar las condiciones de transitabilidad y el desarrollo agrícola del sector rural, reduciendo los costos de mantenimiento en los vehículos y de igual manera reduciendo el tiempo de desplazamiento de un lugar a otro. La anterior situación se presenta por la falta de toma de decisiones de la administración municipal de emplear nuevas alternativas y dejando de lado lo tradicional en materia de mantenimiento vial.

Lo anterior se presenta por falta de capacitación y actualización del personal profesional de la administración en especial al ordenador del gasto acerca de la importancia que tiene la malla vial en el desarrollo y evolución de las comunidades y así se tome la decisión de redistribución del presupuesto para la apropiación de los materiales necesarias para la aplicación y desarrollo de una alternativa diferente.

Las anteriores consideraciones no le permiten a la administración municipal mantener la malla vial terciaria del municipio en óptimas condiciones de transitabilidad de forma continua e ininterrumpida.

Todo lo anterior conlleva a que sea prioritario en un futuro inmediato la implementación de una nueva tecnología en el mantenimiento rutinario vial, así como la asignación del presupuesto necesario para la implementación de la misma obteniendo el

resultado esperado por todas las comunidades del municipio a bajos costos y de manera eficiente.

1.1 Planteamiento del problema

Pregunta central

¿la aplicación de una nueva tecnología en el mantenimiento de la red terciaria del municipio permitirá mejorar las condiciones de transpirabilidad y mejorar las condiciones de vida e la población?

1.2 Sistematización del problema

¿La aplicación de esta tecnología contribuirá al mejoramiento de la malla vial terciaria del municipio de Cogua?

¿la aplicación de nuevos materiales (aditivos) en los suelos existentes mejoraran de manera considerable la capacidad portante del suelo?

¿la tecnología a aplicar es real mente viable desde el punto de vista económico y presupuestal de este municipio?

2. Objetivo general

Estudiar la aplicación de una nueva tecnología en el mantenimiento de la malla vial que permita el mejoramiento de la transitabilidad en la red terciaria vial del municipio.

2.1 Objetivos Específicos

- Identificar el tipo de suelo predominante y su capacidad portante a través de la trazabilidad existente en los archivos de la administración municipal.
- Identificar la tecnología y materiales más convenientes para el desarrollo de una alternativa viable.
- Verificar su aplicabilidad desde el punto de vista presupuestal y técnico.

3. Justificación.

Esta investigación pretende plantear la posibilidad de utilizar un método diferente en el mantenimiento de malla vial a bajos costos y con la utilización de equipos y mano de obra existente dentro de la administración municipal, esto permitirá contribuir al desarrollo de la comunidad y mejorar las condiciones de vida, también permitirá que los profesionales que tienen que ver con este proceso se interesen por la investigación y la aplicación de nuevos procesos tecnológicos que día a día se vienen desarrollando en el mundo entero, con el fin de mejorar la transitabilidad en la malla vial terciaria del municipio.

Beneficiando en términos generales a toda la población del municipio así como a visitantes y permitirá utilizar alternativas diferentes a lo tradicional , lo que conllevar a la satisfacer la exigencia de las comunidades en cuanto al mantenimiento continuo de la red terciaria del municipio, beneficiando desde luego a todo el sector agrario y lechero toda vez que se dará una mayor y pronta interacción con el casco urbano y ciudades vecinas como lo es la capital de la república, permitiendo el desarrollo de las diferentes parcelas y la comercialización de los productos directamente con los consumidores quienes serán beneficiados también por que al tener las vías en buen estado los precios de los productos producidos reducirán los costos.

Esta investigación de ser adoptada por la administración municipal reducirá considerablemente los costos de mantenimiento de la malla vial permitiendo una mayor inversión en otros sectores sociales, es decir esto redundara en el mejoramiento de la economía y la inversión social en general.

4. Marco conceptual

El municipio de Cogua presenta una gran cantidad de kilómetros de vías terciarias sin pavimentar, por lo que se plantea la aplicación de una nueva tecnología enmarcada en la estabilización química de la estructura teniendo en cuenta que en todo el territorio es predominante la arcilla, para lo cual se requiere la utilización de sales para lograr una cohesión apropiada de estas estructuras y así evitar la saturación de las mismas logrando una durabilidad perdurable en el tiempo.

4.1 Estabilización química

Mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo, mediante la incorporación de un compuesto químico. El concepto de mejorar la capacidad de soporte de los suelos a través de su estabilización con aditivos es bastante antiguo; hace 5000 años atrás ya el suelo se estabilizaba con cal o puzolanas. A pesar de ello el verdadero auge de esta técnica y su consecuente desarrollo sólo comenzó a ser realmente significativo a partir de la Segunda Guerra Mundial, a raíz de la imperiosa necesidad de construir carreteras y aeropuertos en zonas con carencia de agregados de buena calidad.

La estabilización de suelos consiste en un tratamiento químico o mecánico para mejorar o mantener la estabilidad de una masa de suelo o para mejorar sus propiedades ingenieriles. La estabilización química consiste en alterar las propiedades del suelo usando un cierto aditivo, el cual, mezclado con el suelo, normalmente produce un cambio en las propiedades moleculares superficiales de los granos del suelo y en algunos casos, pega los granos entre sí de modo de producir un incremento en su resistencia. La estabilización mecánica es la alteración de las propiedades del suelo cambiando su granulometría por medio de agregar o sacar partículas o por compactación del suelo. (Hernan, 2012)

4.1.1 Tipos de estabilización química

En la actualidad existen varios tipos de estabilización química, dentro de ellos se encuentran, la estabilización con sales, silicatos, polímeros entre otros.

La palabra polímero proviene de dos palabras griegas: “poli”, que significa muchos, y “meros”, que significa parte. La sustancia que constituye la unidad fundamental de un polímero recibe el nombre de "monómero". Las moléculas compuestas de al menos dos unidades monoméricas diferentes se les llama copolímeros. El número de unidades monómericas contenidos en el polímero recibe el nombre de grado de polimerización. La molécula de un polímero final puede constituirse de miles de unidades que se repiten y cada una se denomina "mero o unidad monomérica". (Hernández-Zaragoza, 2010)

4.1.2 Materiales utilizados

En el mercado ya encontraos una variedad de materiales para la estabilización química tales como sales, silicatos, polímeros entre otros.

Silicato de sodio: Es una sustancia química, de fórmula Na2SiO3, utilizada dentro de la industria en diferentes campos, tales como; detergentes, compuestos de limpieza, ligantes, cementos, capas protectoras, anticorrosivos, entre otros, sus diferentes propiedades al ser soluble pueden ser utilizadas en forma eficiente y económica.

La cal viva: es un material que se comercializa normalmente en forma de terrones. Se trata de una cal altamente reactiva, que presenta una gran avidez por el agua. De hecho, tiende a absorber el vapor de agua presente en el ambiente si no es almacenada cuidadosamente.

La cal viva es el resultado de la cocción de una roca caliza, desintegrándose el CaCO3 de la roca para dar CaO (cal viva).

4.2 Suelos

Por lo general en toda vía se encuentran unos tipos de suelos que depende de la conformación morfológica de los terrenos dependiendo du ubicación geográfica los cuales pueden ser arcillosos, arenosos, areno arcillosos, cada uno de ellos con diferentes composiciones y comportamientos mecánicos dependientes de su proporcionalidad.

4.3 Vías

El primer paso para analizar en profundidad el termino vía que ahora se va a referenciar detenidamente, es descubrir su origen etimológico. En este sentido se pretende exponer que dicho concepto procede del latín, y en concreto de la palabra vía que puede traducirse como "camino".

4.3.1 Caracterización de la malla vial

La malla vial en el municipio de Cogua se encuentra zonificada o caracterizada de acuerdo a su importancia dependencia económica como lo son las vías nacionales o de primer orden, las vías departamentales o de segundo orden y las vías municipales o red terciaria, la cuales a su vez están en su gran mayoría a cargo del municipio y una parte a cargo de la nación (invias).

4.3.2 Malla vial terciaria

La malla vial terciaria del municipio está conformada por más de 162 kilómetros en afirmado (cogua, 2016), lo que demanda una gran cantidad de material y maquinaria para el continuo mantenimiento, así como la gestión diaria de recursos tanto a nivel departamental como nacional.

5. Marco teórico

La estabilización de suelos para la construcción de caminos ha tenido escaso desarrollo, debido fundamentalmente a la abundancia de agregados convencionales en gran parte de su territorio, sin embargo, la existencia de zonas con escasez o con altos costos de extracción y/o transporte, especialmente en áreas de desarrollo, pone en vigencia la necesidad de difusión de técnicas de estabilización que puedan aplicarse en dichas zonas. En este contexto se ha preparado el presente artículo, que corresponde a una recopilación bibliográfica sobre el tema. La estabilización de suelos consiste en un tratamiento químico o mecánico para mejorar o mantener la estabilidad de una masa de suelo o para mejorar sus propiedades ingenieriles. La estabilización química consiste en alterar las propiedades del suelo usando un cierto aditivo, el cual, mezclado con el suelo, normalmente produce un cambio en las propiedades moleculares superficiales de los granos del suelo y en algunos casos, pega los granos entre sí de modo de producir un incremento en su resistencia. La estabilización mecánica es la alteración de las propiedades del suelo cambiando su granulometría por medio de agregar o sacar partículas o por compactación del suelo. (solminihac, 2016).

Los granos de dimensiones menores de 2 micras hasta los coloides de dimensiones moleculares corresponden a lo que se clasifica como mineral de arcilla. Los minerales de arcilla son el producto de la alteración química de las rocas, originados básicamente por la hidratación de sus componentes litológicos. Los minerales de arcilla son principalmente silicatos a lumínicos en los que frecuentemente la alúmina es reemplazada en parte por hierro, magnesio, potasio, sodio, litio. Los suelos de mayores proporciones de alúmina presentan mayor actividad al complejo de absorción. Los minerales de arcilla ocurren en placas, aunque en algunos minerales presentan forma tubular o fibrosa, dependiendo del

mineral que los constituya, tienen ciertas propiedades importantes como la actividad superficial que se refiere al conjunto de fenómenos fisicoquímicos y de la intensidad de la carga superficial de los granos, que en algunos minerales es mayor que en otros. (teresa & hernandez, 2010).

El tratamiento de suelos susceptibles (arcillas) mediante la incorporación del hidróxido de calcio como estabilizante, en busca del mejoramiento de sus características físicas, mecánicas y químicas. La caracterización del suelo consistió en la elaboración de una serie de ensayos de laboratorio que determinaran sus características físico-mecánicas y químicas. Además de esto, se diseñaron mezclas de suelo-hidróxido de calcio en las que se varió el porcentaje de aditivo entre el 2% y el 12%, con el fin de observar las tendencias de sus características y poder así seleccionar el porcentaje óptimo de hidróxido de calcio, que proporcionará mejores condiciones de trabajabilidad. (Hernando & Carolina, 2012).

Una cimentación es en realidad el resultado de la superación de dos problemas diferentes, si se juzgan la cosa desde el punto de vista de la mecánica de suelos. El primero responde a la pregunta de qué esfuerzo puede comunicar el cimiento o el conjunto de ellos al terreno, sin sobrepasar la resistencia de este, es decir, sin provocar una falla. El segundo contestaría a la no menos importante cuestión de que deformaciones va a sufrir el suelo y, por ende, la cimentación, al aplicarse tales esfuerzos. El cuerpo de doctrina que dentro de la mecánica de suelos contesta la primera pregunta se denomina una teoría de capacidad de carga, el que consta la segunda pregunta se llama un método de análisis de asentamiento. (Alfonso & Hermilo, 2005).

Estabilización con silicato de sodio: La muestra de suelo obtenida para el desarrollo de este proyecto se clasifico como una arcilla de alta plasticidad con presencia de un porcentaje muy bajo de arena fina, esto es obtenido desde su composición granulométrica;

según la clasificación S.U.C.S y ASHTOO se denota como una CH. Sobre las siete (7) muestras de suelo que fueron estabilizadas con silicato de sodio y fueron sometidas a ensayos de CBR de laboratorio método 1, proctor modificado y resistencia a la compresión, se logró establecer que el porcentaje necesario de silicato de sodio es del 6,4% aproximadamente, siendo este el porcentaje optimo que mejora las características y propiedades geo-mecánicas del suelo. (torrez & avellaneda, 2016)

Estabilización de suelos con cal: Esta actividad cambia considerablemente las características del mismo, produciendo resistencia y a largo plazo, en forma permanente, en particular en lo que concierne a la acción del agua, La cal, sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar una gama de tipos de suelos. Las propiedades mineralógicas de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán. En general, los suelos arcillosos de grano fino (con un mínimo del 25 por ciento que pasa el tamiz 200 -75µm- y un Índice de Plasticidad mayor que 10) se consideran buenos candidatos para la estabilización. Los suelos que contienen cantidades significativas de material orgánico (mayor que 1 por ciento) o sulfatos (mayor que el 0.3 por ciento) pueden requerir cal adicional y/o procedimientos de construcción especiales. (Association, 206)

La reacción puzolánica : Como se ha descrito, las arcillas son minerales que contienen en su estructura importantes cantidades de sílice y alúmina y otros elementos de sustitución como el hierro, magnesio, etc.. En estas circunstancias es posible decir que las arcillas son productos naturales con propiedades puzolánicas. Estas propiedades se basan en que bajo condiciones de pH altos pueden provocar un efecto consistente en la reacción de la cal con la sílice y alúmina para producir productos cementantes.

En el caso de la mezcla de arcilla y cal, la sílice y alúmina procedentes de las partículas de arcilla al entrar en contacto con la cal, que proporciona el medio básico, lleva a formar silicatos y aluminatos de calcio hidratados. Estos productos son parecidos a los que se generan durante el fraguado del cemento portland (Bausa, 2003).

Modificación del suelo con adición de cal. La cal es una buena opción para modificar las propiedades del suelo a corto plazo, ya que puede modificar casi todos los suelos finos. Sin embargo, la mejora más acentuada se produce en suelos arcillosos con plasticidad de moderada a alta.

Después de la mezcla inicial, los iones de calcio (Ca ++) de la cal migran hacia la superficie de las partículas de arcilla y desplazan el agua y otros iones. El suelo se vuelve más friable y granular mejorando la trabajabilidad y la compactación. Por lo tanto, el índice de plasticidad del suelo disminuye drásticamente y también su tendencia a expandirse y retraerse. El proceso de floculación y aglomeración se produce generalmente en un período de horas, y cantidades que varían del 1 al 4 por ciento en masa de suelo seco pueden mejorar las características de suelos inestables de graduación fina. Las mejoras de la modificación generalmente son temporales y no producen resistencia permanente en los suelos arcillosos (Enrrique, 2018).

Se ha determinado que al mezclar la arcilla con cal Horcalsa, los iones de calcio sustituyen algunos iones metálicos presentes en la película de agua que rodea a la partícula de arcilla, los cuales son responsables de los cambios volumétricos. Además, si el suelo tratado contiene suficiente sílice y alúmina, estos pueden reaccionar formando silicatos de calcio y alúmina. Estos silicatos tienen un gran poder cementante porque al agregar cal también se aumenta la resistencia del suelo y disminuye su volubilidad. (centro de investigacion, 2015)

Estabilización físico-química. Se realiza en suelos con gran cantidad de finos plásticos, como limos y arcillas especialmente. Si el suelo es tratado con hidróxido de calcio produce en la masa de suelo resultante un intercambio iónico y cementación Generalmente, con este tipo de estabilización se busca reducir la plasticidad del suelo, aumentar su resistencia, trabajabilidad y estabilidad volumétrica. (Hernando h. s., 2012)

Los sistemas de Estabilización/Solidificación (E/S) se tipifican de acuerdo a los agentes enlazantes y estabilizantes utilizados. Los agentes que contribuyen a un incremento de la resistencia asociado con la estabilización se denominan enlazantes o solidificantes; los agentes que retienen los contaminantes en una matriz frecuentemente son denominados sorbentes, precipitantes o estabilizantes (Luis, 2000)

Control de polvo con cloruro de calcio

DESCRIPCIÓN Esta actividad se refiere a la preparación de una superficie granular de rodadura (afirmado), la eventual adición y mezcla de nuevos materiales granulares, el suministro en el lugar y la aplicación de cloruro de calcio, y la posterior compactación de la capa tratada. MATERIALES Los materiales por emplear en este tratamiento deberán ser los indicados en el numeral 312.2 del Artículo 312 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Si el trabajo exige la adición de nuevos materiales granulares, se deberá atender lo dispuesto en el numeral 312.4.2 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto en relación con la calidad de ellos.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN Los trabajos se adelantarán como se describe en el numeral 312.4 del Artículo 312 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO El Interventor aceptará los

trabajos de control de polvo con cloruro de calcio luego de verificar que se han realizado correctamente de acuerdo con lo que establece esta especificación y que el área de trabajo ha quedado completamente limpia. Además, llevará la cuneta del cloruro consumido en el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción. (VIAS, 2016)

El mantenimiento vial requiere un enfoque de mediano y largo plazo. Por lo tanto, resulta imprescindible que los organismos viales posean capacidades adecuadas para la planificación a largo plazo, y permitan prever las necesidades en materia de inversión en obras de rehabilitación (p.e., recapados). La planificación a mediano plazo brindará luego las herramientas para prever dichas inversiones, y prepararse para disponer de recursos financieros, ejecutar los diseños, redactar los documentos de licitación y ejecutar los procesos licitatorios, con el objetivo de realizar las obras en el momento oportuno, y maximizar su rentabilidad. En el corto plazo, por ejemplo, la planificación y programación anual de actividades deberá concentrarse en el mantenimiento rutinario (limpieza de desagües, zona de camino, etc.) y el periódico menor (sellados, bacheos, etc.), además de garantizar que su ejecución responda a las estrategias seleccionadas y a las decisiones tomadas en oportunidad de la planificación a mediano y largo plazo, para asegurar niveles de operación y conservación adecuados sobre la totalidad la red vial. (CAF, 2010)

Incluso, en el informe de Anif se resalta que, teniendo en cuenta las cifras disponibles del Instituto Nacional de Vías (Invías), que a su vez administra el 54% de las vías primarias y el 27% de las terciarias, el país solo asignó $261.000 millones en mantenimiento vial en el 2017. Eso representa un 0,03% del PIB.

Dichas cifras son muy distintas a las recomendaciones que hace el Banco Mundial, que dice que se debería asignar un presupuesto no menor al de 0,4% del PIB al año en la próxima década.

Otra de las preocupaciones que dejó ver Clavijo en el documento es la situación en las regiones, que, de igual manera, tienen una precaria inversión en ese sentido.
Según Anif, la poca asignación de recursos tiene que ver con la falta de claridad de competencias en los niveles del Gobierno, falta de capacidad técnica y de gestión de las entidades territoriales y la ausencia de fuertes recursos, para reparación y mantenimiento de las vías que están sujetas de ejecuciones del Invías. (Olarte, 2019).

¿Cómo obtienen los municipios y departamentos recursos para invertir en infraestructura vial?

Los Municipios y Departamentos deben presentar los proyectos en la metodología General Ajustada del Departamento Nacional de Planeación - DNP, para ser viabilizados por el Ministerio de Transporte para inscribirlos en el Banco de Proyectos y así concursar por recursos de la Nación.

¿Qué entidad del sector transporte es la responsable de los planes para construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento vial de las vías nacionales (primer orden)?

El Instituto Nacional de Vías - INVÍAS, es la entidad responsable de ejecutar los planes, programas y proyectos en las vías nacionales, así como en las vías terciarias a su cargo.

¿Que metodología existe para la formulación de proyectos de infraestructura vial?

La metodología existente es la General Ajustada la cual puede obtener en la página Web del Departamento Nacional de Planeación - DNP, para la formulación de proyectos. (Mintransporte, 2019)

Forma de lograr la estabilización del suelo

Se logra mediante una compactación controlada, y en algunos casos se hace necesario emplear drenajes o mezclas de suelo para lograr una mejor granulometría. En otros casos se emplean inyecciones o enlechados de cemento, cal, sal gema, betunes, resinas sintéticas u otros productos químicos. Estos sistemas, aislados o combinados a veces, deben lograr la estabilización necesaria teniendo en cuenta:

- Condiciones del lugar
- Tipo de material a estabilizar
- Máquinas u equipos con que se cuenta para el trabajo

Sistemas de estabilización

- Compactación
- Consolidación
- Mezclas o impregnaciones superficiales:
  - Suelo-suelo: arcilla con arena; arcilla con grava
  - Suelo-cemento: mezcla de suelo con un porciento de cemento
  - Suelo con cal
  - Suelo con humectantes: cloruro de calcio; cloruro de sodio
  - Suelo con otros productos químicos
  - Suelo-betún: suelo con asfalto; suelo con alquitrán
  - Suelo con resinas sintéticas
- Impregnaciones profundas

Estabilización con impregnación de químicos.

- Inyecciones o enlechados con: cemento; recebo; arena fina; arcilla; materiales expansivos; productos químicos; productos bituminosos; gelatinas sintéticas. (gomez & CasanovasM, 1978)

Suelo cemento, una alternativa para la construcción de vías terciarias

La aplicación del Cemento Uso Estabilización de Suelos Argos permite mejorar la resistencia, la duración y la sostenibilidad de la estructura de pavimento, e incide en la reducción de costos asociados a la construcción y el mejoramiento de la infraestructura vial. (argos, 2017)

6. Marco metodológico

A continuación, se presenta la metodología y pasos a realizar para la presentación de propuesta de mantenimiento con estabilización química.

Esta investigación se desarrolla a partir de un análisis de documentación relevante en el tema de estabilización de suelos, así como información determinante que se encuentra en la alcaldía del municipio de Cogua, este análisis se realiza de manera cualitativa sobre las diferentes posibilidades de establecer una propuesta que lleve a al mantenimiento de la malla vial del municipio de una manera eficiente.

Para el desarrollo de esta investigación se tienen en cuenta la estabilización química en general y profundizando en la estabilización de suelos con cal y silicato de sodio.
en base a una investigación descriptiva, con enfoque cualitativo a través de una revisión documental base que permita interpretar, conocer y aplicar la teoría revisada de acuerdo a las características de los suelos encontrados en los archivos de la administración referente a la composición de los mismos.

1. Descripción de los deferentes estabilizantes que se pretenden utilizar como la cal viva y el silicato de sodio y el agua.
2. Proceso constructivo de estabilización con sales y silicatos
3. Determinación de estructura de suelos característico en el municipio basado en estudios existentes.

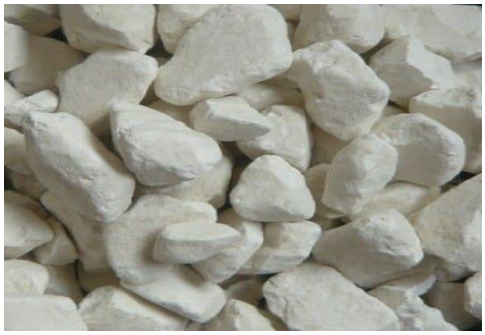
4. Determinación de dosificación de cal viva y silicato de sodio.
5. Levantamiento de inventario de la red terciaria basado en la información existente en la gerencia de infraestructura del municipio de Cogua.
6. Determinación del costo por kilómetro de vía con un promedio de ancho de calzada de 6 ml
7. Elaboración de cuadro comparativo mantenimiento tradicional versus estabilización, en cuanto a costos con proyección a tres años.

Análisis

7.1 Propuesta de estabilización con cal y silicato de sodio.

Estabilización con sales (Cal viva): la cal viva no es más que la piedra caliza sometida a altas temperaturas cuyo símbolo químico es CaO, se considera como el primer paso del tratamiento de la cal, por lo general se comercializa en terrones, pero para nuestra actividad debe ser molida es decir se requiere pulverizada, este producto es considerado altamente reactivo al punto que de no tenerla bien almacenada es capaz de absorber el vapor del agua.

Imagen 1



Piedra caliza

(civilgeks, 2015)

imagen 2



cal pulverizada

(civilgeks, 2015)

Características: la cal viva por lo general es un polvo blanco cuyo mayor componente es el óxido de calcio, producido a través de la calcinación de la caliza.

La cal viva por lo general es utilizada para la producción de abonos, desinfectantes entre otro sin número de actividades y en la actualidad se ha venido utilizando en la estabilización de suelos con el fin de permear las arcillas para brindar una mejor estructura y capacidad portante en las vías especialmente en las de bajo tráfico.

Silicato de sodio: también conocido como vidrio soluble, su fórmula química es Na_2SiO_3, se encuentra en el mercado de forma acuosa o también de forma sólida, para el tema de estabilización de suelos se utiliza de forma acuosa disuelto en agua, los silicatos de sodio tienen muchas propiedades útiles que no comparten otras sales alcalinas. Esto, junto con el hecho de que tienen bajo costo, da como resultado un amplio campo de uso en diferentes industrias.

Son utilizados en la industria como adhesivos, detergentes, ingredientes en compuestos de limpieza, cementos, ligantes, capas protectoras y peculiares, ayuda coagulante, anticorrosivos, bases de catalizadores, insumos químicos, etc. Las diferentes propiedades y características funcionales de los silicatos solubles pueden ser utilizadas para resolver eficiente y económicamente muchos problemas que surgen en procesos industriales y químicos.

El agua (H2O): es un compuesto químico formado por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno, este elemento es esencial para la vida de todo ser vivo, en nuestro ejercicio sirve como disolvente del silicato de sodio e hidratante de la cal viva, es de anotar que para la estabilización química de suelos se debe utilizar agua limpia mas no tratado toda vez que

los químicos adicionados para el tratamiento de la misma pueden influir en el comportamiento de los demás químicos utilizados.

7.2. Proceso constructivo de estabilización con sales y silicatos

- En el proceso constructivo de estabilización de vías terciarias con cal y silicato de sodio, lo primero que debemos hacer es un estudio de suelos que nos permita determinar la capacidad portante de la vía así como determinar el CBR natural de la vía, y con el estudio se procede a determinar la fórmula de dosificación de la cal viva y el silicato de sodio, lo que por experiencia propia siempre axila dentro de unos rangos mínimos de aplicabilidad para estabilizar los diferentes tipos de suelos, para lo que se tiene una dosificación de cal mínimo de 0.5 % en volumen y silicato de sodios en una proporción de 0.05 en volumen.
- Luego de tener ya la dosificación procedemos a realizar un escarificado de la vía lo cual lo podemos realizar con diferentes tipos de maquina como lo es una motoniveladora, recicladora y/o tractor dentro de este proceso por lo general para una vía terciaria se escarifica a una profundidad máxima de 40 CM, una vez escarificado se procede a quitar los sobre tamaños que suelen aparecer, con el fin de dar uniformidad a l suelo que se va a estabilizar.
- Se procede a realizar la distribución de la cal viva a lo largo y ancho de la vía, para lo que se promedian las cantidades y distancia a la ubicación por lo general de sacos de 50kg, y nuevamente se envuelve, es decir se mescla con la misma máquina que se haya realizado el escarificado para ello se de hacer como mínimo tres veces para lograr una mescla homogénea.

- Se procede a realizar hidratación con agua mezclada con el silicato de sodio, para lo que rosea con un carro tanque, se escarificada se compacta y cérea la respectiva vía hasta que quede lista para el respectivo tránsito o para la aplicación de la respectiva capa de rodadura.
- Determinación de estructura de suelos característico en el municipio basado en estudios existentes.
- Cuadro comparativo de los diferentes perfiles estratigráficos encontrados en diferentes vías del municipio de Cogua, con apiques realizados a una profundidad promedio de 0.70 mts, esto nos permite determinara el promedio de humedad y promedios de CBR encontrado en las diferentes vías para de esta manera determinar una dosificación básica de estabilizantes y que se pueda aplicar en todas las vías destapadas del municipio, la información base fue tomada de los estudios de suelos realizadas en las vías terciarias del municipio los cuales reposan en la Gerencia de infraestructura del municipio de cogua.

7.3 Determinación de promedio de humedad relativa y cbr en la malla vial terciaria del municipio de cogua

Tabla No 1 caracterización promedio CBR

RINCÓN SANTO AUTOPISTA UBATE SECTOR ALARCÓN			
Profundidad	**Descripción**	**Humedad**	**cbr %**
0.25 mts	recebo arena limo arcillosa con gravas color carmelito vetas rojizas	22,2	4,5
	arcilla limosa inorganica de plasticidad media color carmelito vetas oxidadas		
0.23	recebo arena arcillosa con gravas color carmelito	43,1	3,3
0.45	limo orgánico color negro café		
	limo arcilloso medio orgánico de alta plasticidad color carmelito.		

0.20	recebo arena arcillosa con gravas color amarillo habano	16,0	11,2
	arcilla limosa inorgánica de plasticidad media color carmelito vetas oxidadas		
0,10	recebo arena arcillosa con gravas color amarillo habano	10,8	8,8
0,30	arcilla limosa inorgánica color carmelita vetas rojizas y morad		
	limo arcilloso inorgánica de plasticidad media color gris vetas carmelitas		
0,35	grava areno limosa inorgánica no plástica color amarillo y habano	17,1	9,3
	arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad color carmelito café		
VIA FRENTE AL COLEGIO EL ALTICO			
0,3	recebo areno arcilloso con gravas color amarillo con carmelito	24,6	8,7
	arcilla limosa inorgánica de plasticidad media color amarillo vetas habanas		
1	arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad color carmelito vetas amarillas y negras		
0,4	grava areno limosa de baja o nula plasticidad color carmelito vetas habanas	23,3	9,8
0,85	relleno arcilla con gravas y escombros ladrillo color carmelito		
	arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad color carmelita vetas amarillas y negras		
VIA LAS VILLAS COMPLEJO DEPORTIVO			
0,35	recebo arena limo arcillosa inorgánica con gravas color amarillo habano	18,4	5,4
	arcilla limosa inorgánica con algo de arena de plasticidad media color carmelito vetas grises y oxidadas		
0,25	arena limo arcillosa con gravas inorgánica de plasticidad baja color amarillo y habano vetas carmelitas	9,6	26,0
1	arcilla limosa inorgánica con algo de arena de plasticidad media color carmelito vetas grises y oxidadas		

0,25	recebo arena limo arcillosa con gravas color amarillo haban	14,7	15,9
	limo arcilloso arenosa y algo de gravilla inorgánico de plasticidad media color carmelito vetas habanas		
0,1	recebo arena limo arcillosa con gravas color amarillo y habano	17,4	8,8
0,4	arcilla limosa color carmelito		
	arcilla limosa inorgánica con algo de arena de plasticidad media color gris y carmelito vetas oxidadas		
VIA VEFEDA PATASICA			
0,4	arcilla limosa color carmelito vetas amarilla	24,7	14,0
	arcilla limosa inorgánica de plasticidad media color amarillo vetas carmelitas y negras		
0,10	relleno arcilla con gravas color amarillo	53,1	8,7
	limo orgánico de alta plasticidad color negro café		
CAMELLON SANTA HELENA			
0,4	recebo arcilla arenosa con gravas color carmelito grisoso	21,5	5,2
	limo arcilloso medio orgánico alta plasticidad color carmelito grisoso		
0,5	recebo arcilla arenosa con gravas color carmelito grises	39,5	2,1
	limo medio orgánico de alta plasticidad color negro café		
VIA SAN JOSE ALTO DE LOS ROMEROS			
0,25	limo medio orgánico de alta plasticidad color negro café	20,0	4,9
	limo arcilloso inorgánico con algo de arena de alta plasticidad color carmelito café		
0,5	arena limosa arcillosa con gravas inorgánica de plasticidad baja color amarillo con habano vetas carmelitas	22,2	4,3
	limo arcilloso inorgánico con algo de arena de alta plasticidad color carmelito café	16,1	3,5
VIA LA PLAZUELA OJO DEAGUA EL ALTICO			
0,2	recebo arcillarenosa con gravas color amarillo rojizo	7,4	42,1
	arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad color carmelito café vetas moradas		
0,3	recebo arena con gravas color amarillo vetas carmelitas	41,0	5,0

0,6	relleno arcilla con escombros y basura color carmelito		
	arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad color amarillo vetas oxidadas		
0,25	recebo arena limo arcillosa con gravas color amarillo vetas carmelitas	45,4	7,6
	Limo orgánico de alta plasticidad color negro café		
VIA ZIPA LA CHAPA			
0,25	cebo areno arcillosa inorgánico con gravas color carmelito vetas amarillas	23,0	7,2
0,4	arcilla limosa inorgánica dura color carmelito café		
	arcilla inorgánica de alta plasticidad color amarillo con habano vetas oxidadas rojizas		
0,25	relleno arena arcillolisa con escombro ladrillo y gravas color carmelito vetas oxidadas	13,8	3,8
0,8	relleno arcilla limosa con gravas ladrillo color carmelito vetas amarillas		
	arcilla limosa inorganica alta plasticidad color gris con amarillo vetas oxidadas		
VIA CEMENTERIO AUTOPISTA UBATE SECTOR CEMENTERIO			
0,06	carpeta asfáltica	7,1	10,1
	recebo gravas areno limosa inorgánica no plástica color amarillo rojizo		
0,1	carpeta asfáltica	30,0	6,0
0,5	recebo gravas areno limosa inorgánica no plástica color amarillo		
	arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad color amarillo vetas rojizas		
VIA CAMELLON SAN LUIS SECTOR EL MORTIÑO			
0,36	relleno arena arcillosa con gravas escombros color carmelito	14,2	10,1
1,1	relleno arcilla limosa medio orgánica con escombros color negro café		
	arcilla limosa inorganica de alta plasticidad color carmelito vetas grises y oxidadas		
TOTAL, PROMEDIADO		22,9	9,5

Carlos Jaime linares fuente *(archivo gerencia de infraestructura alcaldía de cogua)2019*

En la anterior tabla podemos ver que en promedio las diferentes vías terciarias del municipio de Cogua tienen una humedad promedio de 22.9 y un CBR promedio 9.5 lo que en términos generales para el tráfico bajo de estas vías es un buen material para mejorar y estabilizar.

1. Determinación de dosificación de cal viva y silicato de sodio.

D acuerdo a la literatura consultada se determina que la dosificación de cal está dada de mínimo el 0.5% al 5% del peso del material a estabilizar, esto de acuerdo al CBR que se encuentre en el terreno a estabilizar y de igual manera para la dosificación del silicato de sodio se establece una cantidad de 0.05 en volumen con respecto al suelo a estabilizar.

De conformidad a lo anterior y teniendo que en el municipio de Cogua encontramos un terreno en términos generales areno arcilloso con un CBR promedio de 9.5 que es un material de regular capacidad portante se propone una dosificación de 2.5% en volumen de cal viva y de 0.5 de silicato de sodio. Por lo que para 1 mL de vía por 6 metros de ancho debemos aplicar 52.5 kg de cal viva y 1.05 litros de silicato de sodio.

2. Levantamiento de inventario de la red terciaria basado en la información existente en la gerencia de infraestructura del municipio de Cogua, en este archivo encontramos la relación de las vías una a una donde podemos ver su longitud, ancho de calzada y características generales es decir los materiales en los que se encuentra en la actualidad, lo cual nos permitirá ver claramente la diferencia de costos de mantenimiento.

Cuadro diagnóstico de vías en el cual se relacionan todas las vías de red terciaria del municipio de cigua incluida la longitud y el material en que se encuentran.

Carlos Jaime linares (fuente infraestructura Cogua)



DIAGNOSTICO DE VIAS.xlsx

3. Determinación del costo por kilómetro de vía con un promedio de ancho de calzada de 6 ml .

El costo del bulto de cal viva en el sector está a un valor de $5000 pesos y el coto del litro de silicato en el mercado es de $2139 pesos, por lo que con estos valores podemos determinar el valor de estos por kilómetro de vía teniendo en cuenta que la aplicación se realizara con la maquinaria existente en el municipio y de igual manera la mano de obra será aportada por los operarios de obras públicas es decir empleando el mismo equipo que se utiliza en el mantenimiento normal de la malla vial.

4. Elaboración de cuadro comparativo mantenimiento tradicional versus estabilización, para la elaboración de esta tabla comparativa del mantenimiento de vías terciarias en el municipio de Cogua se toma un metro lineal por un ancho de vía de 6 metros, de igual forma se toma de referencia los valores de materiales y en general establecidos en la cartilla de precios del ICCU instituto de construcciones y concesiones del departamento de Cundinamarca para el municipio de Cogua.

TABLA COMPARATIVA DE COSTOS MANTENIMIENTO VIA , 1 ML X 6M ANCHO

Tabla No 2 Mantenimiento con afirmado

DESCRIPCION	**UN**	**CANT**	**V/UNIT**	**V/TOTAL**
conformación de la calzada existente	M2	6	$ 858	$ 5.148
Material de afirmado	m3	0,9	$ 65.360	$ 58.824
Costo ML por 6 metros de ancho				**$ 63.972**

(Carlos Jaime linares 2019)

Tabla No 3 Mantenimiento con estabilizante químico

DESCRIPCION	**UN**	**CANT**	**V/UNIT**	**V/TOTAL**
conformación de la calzada existente	M2	6	$ 858	$ 5.148

estabilización de suelos con estabilizante químico	m3	0,9	$ 38.892	$ 35.003
Costo ML por 6 metros de ancho				**$ 40.151**

(Carlos Jaime linares 2019)

5. Análisis

Una vez verificada la información encontrada y el análisis de los diferentes documentos referente al tema de estabilización química y establecido el cuadro comparativo de precios entre el mantenimiento normal de vías con afirmado y la estabilización quima es conveniente realizar un análisis que nos permita establecer y ver la realidad de costos, rendimientos y durabilidad de estas alternativas.

Por lo anterior vemos que para el mantenimiento rutinario de vías con afirmado lo debemos realizar como mínimo dos veces a la año toda vez que siempre en las épocas de lluvias las vías que se encuentran en afirmado se deterioran rápida mente por las aguas de escorrentía y debido a que la humedad continua sobre el afirmado genera la expansión de las arcillas que se encuentran tanto en el afirmado como en el material común encontrados con los diferentes estudios de suelos que se realizaron en estas vías y en algunos casos en las vías más transitadas se deben realizar hasta tres mantenimientos al año, en cuanto al tema de la estabilización química se mitigan lo efectos del clima por cuanto con esta actividad se logra permeabilizar los suelos existentes habitando que estos sean más resistentes a las agua de escorrentías y al dar una mayor capacidad portante a la estructura nos permite mayor tiempo de durabilidad lo que los mantenimiento por experiencia se realizarían como máximo cada dos años, mejorando considerablemente la condiciones de vida de la comunidad Coguana, por lo anterior tenemos que para el mantenimiento de un kilómetro de vía con material de afirmado estamos gastando en promedio $6.397.200,00 pesos por dos veces al año esto nos significa mínimo un valor de $12.794.400,00 pesos por

año y utilizando el mantenimiento con estabilizantes químicos nos costara al año $ 4.015.100,00 pesos y además teniendo en cuenta que este último mantenimiento nos puede durar más de dos años por lo que no solo es mucho más económico sino que como lo dije anteriormente impactaría considerablemente en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

1.1 Aplicación

Las aplicaciones de estas nuevas tecnologías son muy fáciles toda vez que se pueden aplicar con la mano de obra propia de la administración y utilizando la maquinaria existente en obras públicas, es de anotar que antes se requiere de la capacitación de un ingeniero para que oriente este procedimiento de manera óptima y eficiente.

Proceso constructivo, inicialmente se procede a realizar una escarificación con motoniveladora a una profundidad promedio de 35 cms con el fin de desagregar los materiales que contiene la vía, se debe retirar los sobre tamaños que resulten, realizar distribución de la cal de manera uniforme sobre la superficie a estabilizar, luego se realiza el volteo es decir se revuelve varias veces con la motoniveladora hasta obtener una mescla uniforme, luego se aplica el silicato con agua de manera consecutiva hasta encontrar una humedad fácil de compactar, por último se procede a realizar la compactación mecánica hasta obtener una superficie lisa, se debe realizar un curado con agua por lo menos dos humectaciones durante las siguientes 24 horas de terminado el proceso.

1.2 Ventajas.

La estabilización química permite aplicación en cualquier tipo de terreno, en cualquier parte del mundo, los materiales que se utilizan para la estabilización de suelos se

encuentran de manera diversa, lo que le permite acomodarse a los presupuestos disponibles en cada uno de los entes territoriales y de acuerdo a la necesidad en cada una de las regiones, la estabilización química es de fácil aplicabilidad por o que se aplicara con la misma maquinaria existente en cada uno de los entes o entidades responsables del mantenimiento de la malla vial en cada sector

6. Propuesta de estabilización con cal y silicato de sodio.

Teniendo en cuenta lo estudiado y conceptuado en este trabajo me permito proponer a la administración municipal de cogua que se tenga en cuenta la estabilización con estabilizantes químicos como la CAL y el SILICATO DE SODIO toda vez que es mucho más económico que el mantenimiento tradicional que se viene adelantando en el municipio, se proponen estos elementos por cuanto una vez revisados los estudios de suelos se pudo determinar que en general en el territorio del municipio de Cogua predominan las arcillas y la aplicación de la cal en estos suelos nos permiten una reacción iónica lo que impermeabiliza la arcilla evitando la saturación de estas en épocas de invierno, de igual manera se propone la adición del silicato de sodio en una proporción mínima por cuanto en los mismos estudios se encontraron algunas arenas lo que con este químico no solo nos da más impermeabilidad al suelo sino que nos sirve como aglutinante o compactador del suelo no que nos dará una mayor capacidad portante a la estructura de la vía dándole mayor durabilidad al mantenimiento. Esta es una propuesta de estabilización química y gran parte de la malla vial rural del municipio de Cogua con el fin de reducir los costos de mantenimiento de esta infraestructura, presentando un análisis comparativo de costos entre diferentes alternativas de solución, de tal manera que esta sea aplicada en las próximas

administraciones y así mejorar la calidad de vida de la población campesina y también el incremento del turismo en el municipio.

Como pudimos ver en el análisis de consto el valor del metro lineal de vía por un ancho de 6 metros es de $40.151,00 ciaren tamil ciento cincuenta y un pesos m/cte, lo que nos representa un ahorro por metro lineal de un 37.23%, es de anotar que estos costos es teniendo en cuenta únicamente materiales y equipo, toda vez que la estabilización la realizaríamos en lapsos de tiempo mayor a tres años por lo que estaríamos llegando a un ahorro mayor al 100% esto sin tener en cuenta también el rendimiento toda vez que con experiencia se estaría interviniendo 1 kilómetro de vía diario por lo que aun seguirían bajando los costos.

Para la realización de estos trabajos se puede emplear las dos motoniveladoras, los dos vibros y las cuatro volquetas que existen en el municipio por cuanto no se ve la necesidad de contratar maquinaria adiciona.

El valor de los materiales (químicos) estos se cubrirán con lo que usualmente se viene invirtiendo en el material de afirmado y de esta manera no se vería la necesidad de presupuestar recursos adicionales para el mantenimiento rutinario de vías.

Al realizarse el mejoramiento dela malla vial en el municipio con esta alternativa propuesta y teniendo que el municipio tiene una vocación agro turística, se mejoraría considerablemente la economía del municipio por cuanto se reducirían los tiempos de desplazamiento de los diferentes productos a los puntos de distribución bajando los costos de producción de los mismos y en cuanto al turismo teniendo en cuenta que hay mucho visitante y en especial a las diferentes fincas, el mejoramiento de la malla vial le permitiría un mayor recorrido al turista dejándole ganancias a mucha más comunidad, llevándonos a ser un municipio competitivo en estos dos aspectos a nivel regional catapultando una

verdadero desarrollo de economía y aumentando el poder adquisitivo del municipio y desde luego generando muchos más empleos acordes a la modernidad con la sostenibilidad del medio ambiente y de la misma forma esto serviría de base para la generación e implementación de otros proyectos de tecnología limpia como lo es las energías generadas a través del sol y el aire ente otros.

Este tipo de vías constituye el 70% de la red vial del municipio, de ahí la importancia de su estabilización para contribuir a:

- Mejorar la calidad de vida de los campesinos.
- Dinamizar la economía rural
- Reducir los costos de transporte.
- Agilizar la distribución de los productos y aumentar las ganancias por este concepto.
- Incrementar la competitividad en los mercados regionales y mundiales.\
- Facilitar el acceso a la educación, la salud y los servicios públicos en zonas rurales.

8. Conclusiones

- Los estabilizantes químicos son muy fáciles de aplicar teniendo en cuenta que el municipio cuenta con la maquinaria necesaria para ello y los materiales son muy fáciles de conseguir en el mercado.
- Los mantenimientos con estabilizantes no solo son más amigables con el medio ambiente que el mantenimiento tradicional, sino que nos generará un mayor rendimiento de mantenimiento, una mayor durabilidad, un mejoramiento real en la calidad de vida de la comunidad y estaríamos a la vanguardia en cuanto a la utilización de nueva tecnología, lo que le permitirá al municipio la consecución de recursos de manera más fácil con el estado para el mantenimiento rutinario de la malla vial.
- Con la aplicación de esta propuesta el municipio se estaría ahorrando más del 50% por ciento de los costos utilizados para el mantenimiento de las vías y esto le permitiría llegar a muchos más sectores que requieren de este servicio.

9. Recomendaciones

1. La administración municipal debe realizar una priorización de las vías a mantener por año de acuerdo al diagnóstico entregado en este trabajo, de tal manera que en un cuatrienio estén estabilizadas mínimo un 70% de la malla vial terciaria del municipio.
2. De ser posible en la propuesta de presupuesto que se presente pare el año 2020 incrementar el valor a asignar para el rubro de mantenimiento rutinario de vías con el fin de dar un mayor rendimiento y alcance general en la recuperación de la malla vial.
3. El ordenador del gasto debe tener en cuenta para el nombramiento del ingeniero de apoyo de la gerencia de infraestructura que este tenga conocimiento sobre el tema de estabilización, o en su defecto que el gerente tenga el respectivo conocimiento para que pueda asesorar al grupo de obras públicas en este tema.
4. Gestionar recursos a nivel departamental presentando a inicio de 2020 un proyecto que permita ser cofinanciado por el Departamento y el municipio y así lograr un mayor alcance en la intervención de las vías terciarias y de igual manera presentar proyecto ante el invias, para lo que se debe matricular ante invias regional Cundinamarca más vías de las ya matriculadas en este organismo.
5. Es indispensable que, para lograr el objetivo del mantenimiento rutinario de las vías, esta propuesta quede inmersa dentro del plan de desarrollo municipal con unas metas de alcance definidas año a año de acuerdo a las capacidades y habilidades de gestión del mandatario de turno.

6. Realizar un entrenamiento y/o capacitación al personal de obras públicas sobre la metodología y procedimiento generando conciencia y experticia en este tipo de mantenimiento.

10. Bibliografía

Alfonso, R. R., & Hermilo, D. C. (2005). *La ingenieria de suelos en las vias gterrestres.* Mexico: Limusa.

argos, c. (2017). *suelo cemento.* Bogota: argos.

Association, N. L. (206). *MANUAL DE ESTABILIZACIÓN.* Lima.

Bausa, J. D. (2003). *Estabilizacion de suelos con cal.* Madrid.

CAF, D. d. (2010). *Mantenimiento vial.* Bogota: CAF.

Caparro, E. (2013). *ESTABILIZACION CON SALES.*

centro de investigacion, c. p. (2015). *Cal ideal para estabilizacion de suelos.* Guatemala.

civilgeks. (2015). *Que es la cal viva* . bogota colombia.

cogua, m. d. (2016). *Plan de desarrollo* .

Enrrique, M. (2018). *estabilizacion de suelos con cal* . Parana - Brasil.

German, H. (2016). *Estabilización de loess con silicato para uso vial.* Cordoba Argentina.

gomez, c., & CasanovasM, R. (1978). *Tecnicas basicas de construccion.* La habana: Pueblo y Educacion.

Hernán de Solminihac T. Profesor. Departamento Ingeniería de Construcción, P. U. (2012). estabilizacion quimica de suelos. *ingenieria de construccion*, 1-2.

Hernan, S. (2012). Estructura de suelos. *Ingenria en Construccion*, 55 -62. Obtenido de http:construccionen linea

Hernández-Zaragoza, T. L.-L. (2010). POLÍMEROS PARA LA ESTABILIZACIÓN VOLUMÉTRICA DE. *revista iberoamericana de polieros*, 1-2.

Hernando, h. s. (2012). caracterizacion de un suelo arcilloso tratado con hidroxido de calcio. *Revista fcultad de ingenieria UPIC* , 13-14.

Hernando, I. S., & Carolina, G. c. (2012). Caracterizaci • n de un suelo arcilloso tratado con. *Revista de ingeneiria UPTC*, 21-22.

Luis, C. S. (2000). *Diseños de sistemas de estabilizacion.* Monte Rey.

Mintransporte. (2019). *infrestructura fisica de transpore.* Bogota: Mintransporte.

Olarte, M. c. (23 de enero de 2019). Mantenimiento de vias; la baja inversion prende las alarmas. *portafolio*, pág. 5.

solminihac, h. d. (2016). Estabilizacion quimica de suelos. *inenieria de la construccion*, 1.2.

teresa, l. l., & hernandez, j. b. (2010). estabilizacion volumetrica de arcillas con polimeros . *iberoamericana de polimeros*, 3.

torrez, j. c., & avellaneda, E. A. (2016). ANÁLISIS TÉCNICO DEL USO DE SILICATO DE SODIO . *ANÁLISIS TÉCNICO DEL USO DE SILICATO DE SODIO* . Bogota Colombia, Colombia.

VIAS, I. N. (2016). *MAnual de mantenimiento de carreteras.* bogota: mintransporte.