



Materiales granulares de base clase 1b tratado con cemento para el uso de pavimentos rígidos

Class 1b base granular materials treated with cement for the use of rigid pavements

Materiais granulares de base classe 1b tratados com cimento para uso em pavimentos rígidos

Freddy Franklin Moreira-Bravo ^I

freddy.moreira@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2951-4198>

Wilter Enrique Ruiz-Párraga ^{II}

wilter.ruiz@utm.edu.ec

<https://orcid.org/000-002-0045-9781>

Correspondencia: freddy.moreira@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de noviembre de 2022 * **Aceptado:** 28 de diciembre de 2022 * **Publicado:** 24 de enero de 2023

I. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

II. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

En la presente investigación, se diseñó una base granular de clase tipo 1B, la misma que fue tratada con cemento general (Tipo UG) en las proporciones del 5, 6 y 7 %, se trabajó en cuatro fases, empezando por la selección de la cantera, se escogió a la de mayor producción y cuya roca es de origen basáltica, esta se encuentra ubicada en la parroquia Picoazá, de la ciudad de Portoviejo produce base granular tipo 1A, posterior a ello se realizaron los ensayos a este material, aplicando las normas técnicas nacionales (NTE INEN) y las internacionales tales como ASSHTO y ASTM, elaborando posteriormente las probetas con los porcentajes propuestos en esta investigación, finalmente se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión en edades de 7 y 14 días para obtener los valores que validen el proceso. De estos valores obtenidos se pudo determinar que los porcentajes analizados en la sustitución del 7% cemento en la base clase 1A, generan resistencias iguales o mejores a las sugeridas por las especificaciones Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Palabras claves: Base tipo 1A; Base tipo 1B; Base granular tratada con cemento; Cemento de uso general.

Abstract

In the present investigation, a class 1B granular base was designed, the same one that was treated with general cement (Type UG) in the proportions of 5, 6 and 7%, working in four phases, starting with the selection of the quarry, the one with the highest production was chosen and whose rock is of basalt origin, it is located in the Picoazá parish, in the city of Portoviejo, it produces type 1A granular base, after which tests were carried out on this material, applying the national technical standards (NTE INEN) and international ones such as ASSHTO and ASTM, subsequently preparing the test tubes with the percentages proposed in this investigation, finally the compression resistance tests were carried out at ages of 7 and 14 days to obtain the values that validate the process. From these values obtained it was possible to determine that the percentages analyzed in the substitution of 7% cement in the class 1A base, generate resistances equal to or better than those suggested by the Technical Specifications of the Ministry of Transport and Public Works.

Keywords: Base type 1A; Base type 1B; Cement-treated granular base; General purpose cement.

Resumo

Na presente investigação, foi projetada uma base granular classe 1B, a mesma que foi tratada com cimento geral (Tipo UG) nas proporções de 5, 6 e 7%, trabalhando em quatro fases, começando com a seleção da pedreira, foi escolhida a de maior produção e cuja rocha é de origem basáltica, situa-se na freguesia de Picoazá, na cidade de Portoviejo, produz base granular tipo 1A, após o que foram efectuados testes a este material, aplicando-se as normas nacionais normas técnicas (NTE INEN) e internacionais como ASSHTO e ASTM, posteriormente preparando os tubos de ensaio com as porcentagens propostas nesta investigação, finalmente foram realizados os testes de resistência à compressão nas idades de 7 e 14 dias para obter os valores que validar o processo. A partir destes valores obtidos foi possível determinar que as percentagens analisadas na substituição de 7% de cimento na base classe 1A, geram resistências iguais ou superiores às sugeridas pelas Especificações Técnicas do Ministério dos Transportes e Obras Públicas.

Palavras-chave: Base tipo 1A; Base tipo 1B; Base granular tratada com cimento; Cimento de uso geral.

Introducción

Los materiales granulares corresponden a los agregados triturados total o parcialmente, estabilizados con agregados finos procedentes de trituración o de naturaleza fina, este tipo de materiales se los obtiene en la explotación minera.

Para la producción de este material se debe seguir normativas y estándares nacionales e internacionales que permitan conseguir buenos resultados a la hora de trabajar con diferentes tipos de hormigones.

Según (Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. 2017), denomina a la base como la capa que se encuentra bajo la rodadura de un pavimento asfáltico, por su naturaleza de estar próximo a la superficie debe estar diseñada para soportar altas presiones y poder resistir a la deformación.

De acuerdo con (Delgado, 2012), es importante tener en cuenta cuando se trabaja con materiales de base granular las siguientes especificaciones: El límite líquido cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 debe ser menor del 25% y el índice de plasticidad menor al 6%. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40 % y el valor de la capacidad portante o llamado también CBR deberá ser igual o mayor al 80 %.

Caracterización y tipos de bases granular

Clase 1: Estas se encuentran constituidas por agregados gruesos y finos triturados al 100 %. El proceso de trituración depende totalmente del usuario, pero debe tener los tamaños necesarios solamente si hace falta relleno mineral para cumplir con las normas se puede completar con material procedente de una trituración adicional o con arena fina.

Los agregados se obtendrán por trituración de grava o roca para producir fragmentos limpios, resistentes y durables que no tengan partículas alargadas, y debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la norma INEN 696 y 697; (AASHTO T-11 y T-27).

Clase 2: Las bases granulares constituidas por fragmentos de roca en el cual el agregado grueso se debe triturar al menos al 50 % de su peso.

Estabilización de capa base

Según (Aldana, R. 2021), la estabilización de la capa base consiste en la mezcla de materiales con propiedades completarías cuyo resultado es un material de mayor calidad. En la mayoría de casos las propiedades a mejorar son: la plasticidad o la granulometría. El gran problema que surge en la estabilización de suelos es el determinar las proporciones de cada uno de los materiales a utilizar en dicho proceso.

Las capas de base estabilizada estarán compuestas de suelo o agregados, agua y material estabilizador, uno de estos agentes es el cemento con o sin cal hidratada.

Estabilización de suelos con cal

De acuerdo con (Aldana, R. 2021), para este tipo de estabilización se usa cal (viva o apagada) con el suelo a estabilizar y agua. Con la utilización de cal se logra aumentar la resistencia a la compresión, reducción/aumento de las plasticidad y aumento de la trabajabilidad el material.

Estabilización de suelos con cemento

El cemento corresponde a uno de los materiales más utilizados en la actualidad como agente estabilizador, el proceso consiste en mezclar el suelo disgregado con cemento, agua y en muchos casos aditivos como los retardadores de fraguado.

De acuerdo con (Rivera, J, 2020), señala la importancia de que el cemento solo puede ir entre el 3 y 16 % del peso total, y el contenido de agua se debe determinar mediante ensayo proctor modificado. Las mayores ventajas obtenidas al mezclar el suelo con cemento es el aumento de la resistencia, y la mejora sustancial en el comportamiento del mismo frente al agua también hay una reducción significativa en la plasticidad del suelo.

Características materiales granulares para pavimentos

De acuerdo a las descripciones de (MOP, 2018), los materiales granulares para pavimentos rígidos deben presentar las siguientes características:

- Abrasión menor al 28 %.
- CBR mayor al 28 %
- Extentos de material vegetal, grumos e arcilla.
- Pasa el tamiz No 40, no son plásticos

Pavimento rígido

De acuerdo con (Parera, A. 2017), un pavimento rígido, es un pavimento autoportante formado por una losa de hormigón de cemento portland apoyado sobre la base o la sub base, transmite directamente los esfuerzos al suelo de forma minimizada.

En el pavimento rígido se puede utilizar un máximo de 2 capas, la losa de hormigón absorbe todo el esfuerzo, este proceso tiene un mayor costo inicial, pero brinda mayor vida útil.

El comportamiento del pavimento rígido con el agua es excelente y por eso se lo debe utilizar en zonas con frecuente inundación.

La presente investigación busca determinar el contenido óptimo de cemento para incrementar la resistencia de un material granular clase 1B de la cantera basáltica Picoazá procedente de la provincia de Manabí. A demás de realizar pruebas de laboratorio del material granular base clase 1 B. Uno de los aportes más significativos de la investigación, es dar a conocer la dosificación indicada y todo lo necesario para su utilización.

Metodología

Para realizar la presente investigación, se trabajó en cuatro fases, que se detallan a continuación:

- **FASE I:** Obtención del material granular para desarrollar la base clase 1B, el mismo que se obtuvo de una de las canteras de Portoviejo, cuya beta de producción es roca de tipo basáltica.
- **FASE II:** Caracterización de los materiales granulares de base 1A, que formarán parte del material para la obtención de la base 1B, entre los ensayos a realizar están: Granulometría, Límites líquido y plástico, Proctor, Abrasión, y el California Bearing Ratio (CBR), por las siglas en inglés.
- **FASE III:** Diseño del modelo a ensayar, para esta fase, se empleó la adición del 5%, 6% y 7% de cemento, con relación al peso del material que se estudia.
- **FASE IV:** Análisis de resultados, en esta parte de la investigación, se procedió a determinar la resistencia de las probetas mediante en ensayo de compresión, a las edades de 7 y 14 días.

Población y muestra de la investigación

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Manabí 2015 – 2024, existen alrededor de 50 canteras en estudio, de las cuales el 50 % cuenta con los permisos ambientales en regla cada uno con plan de manejo que permita mitigar y recuperar la zona, es y se encuentran inventariados en la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgos cuyo permiso de funcionamiento ha sido emitido por la misma dirección.

Del total de canteras existentes en la provincia, se tomó como muestra para la investigación la de mayor explotación y producción de materiales para construcción de estructuras viales en Manabí y que posee materia de base 1A, el mismo que servirá como prototipo para obtener la base tipo 1B.

Caracterización de las canteras

Cantera Picoazá

Ubicada en la parroquia Picoazá, cantón Portoviejo, sector sur oeste de la provincia de Manabí, el tipo de explotación es a cielo abierto; con un volumen diario aproximado de 250 m³ y mensualmente entre 7 000 y 9 000 m³ de explotación.

Entre los materiales de explotación para obras de estructuras viales se destacan: Base tipo 1 A, producto que se obtiene de la trituración y cribado de la roca basáltica; Sub base clase 3, obtenida a través de cribado de la misma beta roca basáltica, esta posee baja plasticidad, cúbica angular, de

color café - gris. Mejoramiento tipo MOP, es un suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, con granulometría tal que todas las partículas pasan por el tamiz de 4" con abertura cuadrada y no más del 20 % pasa por el tamiz N° 200, es decir que está en un rango de 0.075 - 100 mm., es un material de relleno de buena calidad que se obtiene a partir de un proceso de perfilado de roca volcánica, cuyo peso unitario suelto es de 1.68 tn/m³ (factor de conversión).

Para la investigación desarrollada, se emplearon los materiales de la propia cantera, de tal forma que se fueron creando las condiciones necesarias para obtener el material de base granular tipo 1B, procesos que se detalla a continuación.

Resultados

Fase I: para dar cumplimiento a esta fase, se procedió a emplear materiales de la cantera objeto de estudio cuyo material granular procede de la roca basáltica, empleando la Base Tipo 1A, como referente para obtener la Base Tipo 1B, se tomaron en consideración los criterios dados por las especificaciones generales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para las construcciones de caminos y puentes.

Las bases clase 1, están constituidas por agregados gruesos y finos, triturados con graduación uniforme dentro de los límites granulométricos indicados para las bases tipos A y B y se los puede observar en la tabla 1.

Figura 1: Límites granulométricos

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada | |
|-------------------|---|----------|
| | TIPO A | TIPO B |
| 2" (50.8 mm) | 100 | -- |
| 1 1/2" (38.1 mm) | 70 - 100 | 100 |
| 1" (25.4 mm) | 55 - 85 | 70 - 100 |
| 3/4" (19.0 mm) | 50 - 80 | 60 - 90 |
| 3/8" (9.5 mm) | 35 - 60 | 45 - 75 |
| Nº 4 (4.76 mm) | 25 - 50 | 30 - 60 |
| Nº 10 (2.00 mm) | 20 - 40 | 20 - 50 |
| Nº 40 (0.425 mm) | 10 - 25 | 10 - 25 |
| Nº 200 (0.075 mm) | 2 - 12 | 2 - 12 |

Fuente:https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf

Fase II: en esta fase se realizaron los ensayos a la base tipo 1A, valores que permitieron cambiar la composición de esta base, por la 1B, cumpliendo en cada caso con los valores establecidos por las normas para estructuras viales.

Para el ensayo de granulometría se emplearon las normas ASTM C-136, las mismas que fueron comprobadas mediante el ensayo INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T 27) que se relaciona con la tabla 1, de los límites granulométricos para las Base Tipo 1A y 1B, demostrándose que todos los valores cumplen con los porcentos en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada. Se realizó el ensayo de desgaste de agregado, a través de la máquina de los ángeles, según lo establecido por norma ASSTHO T-96, el desgaste del material investigado fue del 34.14 %, valor que cumple con las especificaciones en razón que esta establece un valor máximo del 40 %.

Figura 2: Ensayo de desgaste de agregado

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|---|---|-----------|-----|
| A | Peso del material antes del ensayo (g) | 500 0 | gr. |
| B | Peso del material no desgastado después del ensayo (g) | 329 3 | gr. |
| C = A - B | Perdido por desgaste (g) | 170 7 | gr. |
| D = C 100 / A | Desgaste del agregado (%) | 34.1 4 | % |
| ESPECIFICACIÓN | | 40 | % |
| TAMIZADO POR EL TAMIZ N 12 (1.70 mm) | | máximo | |

Fuente: investigador

El ensayo de Humedad Natural, como lo establece la norma ASSHTO T 265-93 ASTM D 2216, fue realizado al material que se investiga, teniendo un promedio de muestra del 10,23 %, cumpliendo con los porcentajes requerido para su uso en estructuras viales.

Para los ensayos de determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la base que se estudia, se emplearon las normas INEN 691-1982, INEN 692-1982, ASTM D 4318-95, AASHTO T 89-94 y AASHTO T 90-94, valores que se detallan en las siguientes tablas.

Figura 3: Ensayos del límite líquido

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|---|-------|-----------|-----------|
| RECIPIENTE # | 32 | 33 | J116 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1) | 33.32 | 35.2 7 | 29.0 7 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA. (P2) | 30.23 | 31.6 8 | 26.2 4 |
| MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2) | 3,09 | 3.59 | 2.83 |
| MASA DE RECIPIENTE (P4) | 17.30 | 18.0 2 | 16.9 6 |

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| MASA DE MUESTRA SECA (P5= P2 – P4) | 12.93 | 13.66 | 9.28 |
| % DE HUMEDAD (W=P3X100+P5) | 23.90 | 26.28 | 30.50 |
| # DE GOLPES | 25 | 15 | 5 |

Fuente: investigador

Figura 4: Ensayo de Límite de plasticidad

| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
|---|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE # | F8 | F10 | F2 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1) | 12.42 | 11.82 | 11.93 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2) | 11.81 | 11.27 | 11.41 |
| MASA DE AGUA (P3 = P1 – P2) | 0.61 | 0.55 | 0.52 |
| MASA DE RECIPIENTE (P4) | 8.53 | 8.45 | 8.60 |
| MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 – P4) | 3.28 | 2.82 | 2.81 |
| % DE HUMEDAD (W=P3 * 100 + P5) | 18.60 | 19.50 | 18.51 |

Fuente: investigador

Para el ensayo del límite de plasticidad se recurrió, a la clasificación Según Carta de Plasticidad de Casagrande, valor que se muestra en el gráfico 1.

Fuente: investigador

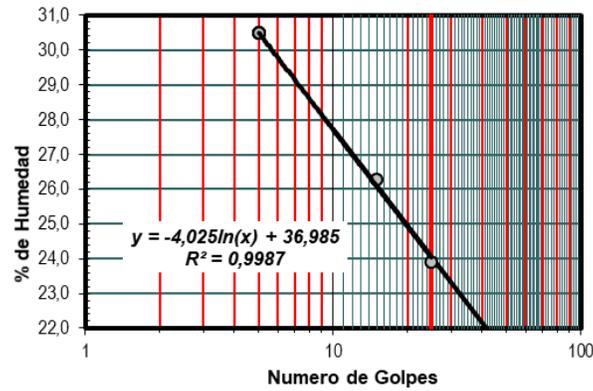


Figura 5: Índice de plasticidad

El material granular de base clase 1B tiene un límite líquido de 24,00 %, un límite plástico de 18,90 % y un índice de plasticidad de 5,2 %, cumpliendo con las especificaciones para material granular de bases y sub bases.

Adicionalmente se realizó el ensayo para la determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelo y curva de compactación, a través de proctor (Modificado), aplicando para ello las normas ASTM D 698-91, ASTM D 1557-91, AASHTO T 99-94, AASHTO T 180-93, AASHTO T-134; de la cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Fuente: investigador

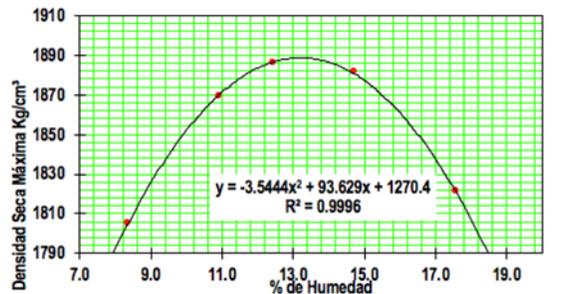


Figura 6: Relación Humedad-Densidad de suelo y curva de compactación

Con relación a los ensayos de compactación, ejecutados con la energía del ensayo del Proctor Modificado, se encontró una densidad máxima de 1,89 g/cm³ y una humedad optima correspondiente de 13,21 %.

El ensayo California Bearing Ratio (CBR) por sus siglas en inglés, muestra las gráficas de penetración y de densidad seca.

Fuente: investigador

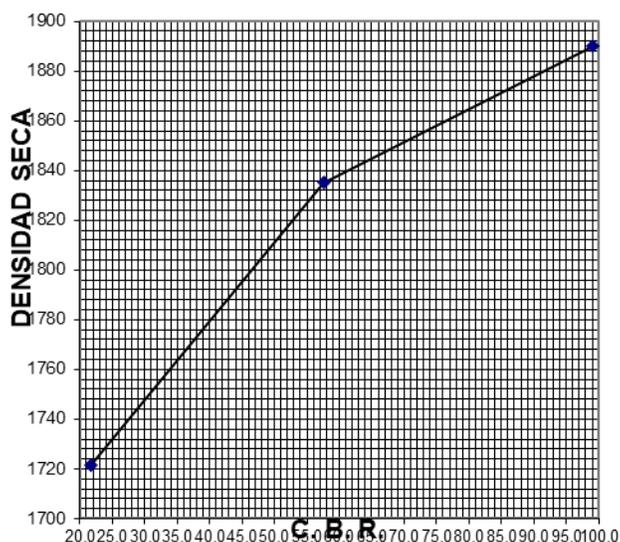


Figura 7: Ensayos de CBR

El gráfico 3, muestra los resultados de la resistencia a CBR efectuadas a los materiales sin estabilizar con cemento., cumpliendo con las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), que indica que la resistencia para este tipo de ensayo, debe ser mayor al 80,00 % y los materiales granulares para base clase 1B de la cantera a investigar, el CBR es del 97,5 % al 100 % de la máxima densidad.

Fase III: en esta fase, se ejecutó el modelo propuesto para la investigación, empleando probetas de 15 x 30 cm, realizando tres dosificaciones diferentes que están conformadas de la siguiente manera:

- Probeta con el 5 % de material estabilizador compuesta por 600 g de cemento de 11 400 g de material de base clase 1B y 582 ml de agua más el 2 % debido a la absorción del cemento 592 ml total.
- Probeta con el 6% de material estabilizador compuesta por 720 g de cemento 11 280 g de material de base clase 1B y 582 ml de agua más el 2 % debido a la absorción del cemento 592 ml total.

Fase IV: para determinar la resistencia de los modelos creados se sometieron las probetas al ensayo a compresión obteniéndose un promedio entre ellas (P), alcanzando los siguientes resultados:

Figura 8: Resistencia a la compresión a 7 y 14 días de curado

| Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | | |
|---|-------|--------|
| % Cemento | dia 7 | dia 14 |
| 5,00 | 24,47 | 38,36 |
| 6,00 | 28,96 | 35,19 |
| 7,00 | 37,81 | 37,47 |

Fuente: investigador

Los resultados de los ensayos a los 7 días de curado, muestran que, los valores con la sustitución del 7 % de cemento cumplen con resistencia mayores de 30 kg/cm², valores superiores a lo establecido en las especificaciones técnicas del MTOP, donde se indica que se deberán efectuar ensayos de compresión simple para comprobar que esta resistencia no sea inferior a 25 kg/cm².

En el mismo ensayo realizado a los 14 días, muestran que, las adiciones del 5,6 y 7 % de cemento, los valores de resistencia a compresión se ubican por encima de los 25 Kg/cm² que establece las especificaciones MTOP.

Fuente: investigador

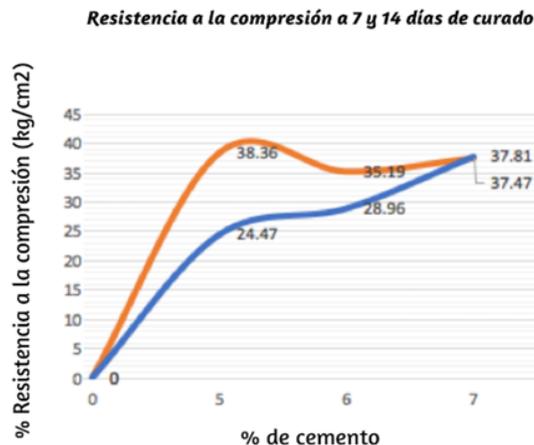


Figura 9: Resistencia a la compresión a los 7 y 14 días de curado

Conclusiones

- En la presente investigación se evidencia a través de los ensayos que los materiales procedentes de la cantera objeto de estudio, satisfacen las especificaciones de dureza, granulométricas, límites líquido y plástico, desgaste (abrasión) y CBR para bases clase 1B para estructuras de pavimentos, además de presentar dentro del rango establecido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas los índices de plasticidad.
- La incorporación de cemento de uso general a la base tipo 1A, en los porcentajes del 5, 6 y 7%, mejoró la resistencia a la edad de 14 días de curado, obteniéndose valores de resistencias mayores al 25 Kg/cm², tal como lo establece las especificaciones técnicas del MTOP.
- La alternativa de mejorar estos materiales adicionando cemento brinda la posibilidad de favorecer el comportamiento de las bases clase 1A, por otra de tipo 1B, porque permite mejorar las propiedades tales como sensibilidad a los cambios de humedad, mayor capacidad de soporte.

Referencias

1. Aldana, R. (2021, agosto 19). Estabilizaciones de suelos y capas granulares. Aulacarreteras. <https://www.aulacarreteras.com/estabilizaciones-de-suelos/>
2. American Society of Testing Materials
3. (ASTM), “D75” Método de ensayo
4. normalizado para asentamiento de concreto. USA
5. American Society of Testing Materials
6. (ASTM), “D 1140-00” Determinación de la cantidad de material fino que pase en el tamiz.
7. American Society of Testing Materials
8. (ASTM), “C 136” Método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos.
9. American Society of Testing Materials
10. (ASTM), “C 128” Densidad, densidad relativa (gravedad específica y absorción del agregado fino).
11. American Society of Testing Materiales

25. Parera, A. (2017) (2022, April 12). Prefabricados y Adoquines decorativos. <https://www.prefabricadosyadoquines.com/diferencias-entre-pavimentos-flexibles-y-pavimentos-rigidos/>
26. Rivera, J. F., Aguirre-Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador técnico*, 84(2), 43–67. <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>
27. Tecnologías versión impres. (s.f.). *Materiales: Los Pétreos*. Obtenidos de
28. <http://recursostecno.wikispaces.com/file/view/materiales+petre>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).