



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA” UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA DE LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Brayan Marcelo Gamarra Marino

Asesor:

Ing. María Elena Geldres Vigil

Lima - Perú

2019

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
RESUMEN	5
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS	21
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	14
Tabla 2	23
Tabla 3:	23
Tabla 4	23
Tabla 5	24
Tabla 6	25
Tabla 7	25
Tabla 8	25
Tabla 9	27
Tabla 10	27
Tabla 11	28
Tabla 12	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de selección de estudios, Nota: Información extraída del esquema
selección de datos (Cap.2).....22

RESUMEN

La presente investigación realiza un análisis bibliométrico para conocer la relación existente entre la estabilización química y el mejoramiento de suelos arcillosos que tiene como objetivo revisar y seleccionar datos de innovación teóricos de artículos científicos. Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura. La muestra está compuesta por 32 documentos publicados entre 2009 a 2019, por medio de operadores de búsqueda como Scielo, Google Académico y Dialnet es que se organiza la información de cada artículo a partir de indicadores como fecha de publicación, idioma, tipo de estudio, calidad del artículo y autoría que son criterios de inclusión para la selección de artículos. Los resultados que se obtienen permiten identificar los avances en términos descriptivos y experimentales por medio de tablas porcentuales donde se identifica los aspectos positivos y negativos de la producción científica. A partir de ello, se constata en poner en evidencia y difusión los campos más importantes que existen en la investigación y otros que son necesarios mejorar para las variadas elaboraciones teóricas.

PALABRAS CLAVES: Ingeniería Civil, Pavimentos, Suelo arcilloso, Estabilización química, material reutilizable.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica desde comienzos del siglo XXI, en el ámbito constructivo, particularmente en pavimentos se ha procurado utilizar productos residuales como estabilizadores químicos de suelos para la construcción de subrasantes y capas de base y sub base. Todo ello debido al crecimiento agrícola e industrial que trae consigo residuos, haciendo cada vez más difícil, costoso y ambientalmente insustentable su tratamiento y disposición final. (Behak y Perez, 2009). Asimismo, Huancoillo (2017) manifiesta que “En países como Colombia se han empleado cenizas de carbón y cal como material de pavimentación, obteniendo como resultado que estabiliza el suelo mejorando sus propiedades” (p,14).

Otro problema colindante al momento se hacer carreteras es el tipo de suelo con el que se encuentra, especialmente el arcilloso.

Algunos suelos arcillosos, debido a su baja capacidad de soporte y mala calidad no siempre cumplen con los requerimientos necesarios para ser empleados en proyectos de pavimentación. Los pavimentos de carreteras que se construyen sobre suelo de baja capacidad de soporte, presentan un elevado costo porque su diseño demanda mayores espesores. Luego su vida útil disminuye por problemas de hundimientos o asentamientos. (Huancoillo,2017, p. 7).

Los productos residuales a los que se tiene tendencia utilizar mayormente es la ceniza de cáscara de arroz (CCA). Behak y Perez (2009) refieren que la CCA es el mayor residuo

resultante de la producción agrícola de granos y su disposición final es uno de los mayores problemas existentes en los países productores de arroz, por ello el volumen de residuo a depositar de la cáscara de arroz es quemada, intentando darle una utilidad económica. Además, se sabe que, al momento de estabilizar con este material, al cabo de 28 días de curado, se forman productos cementantes, que son los responsables de la estabilización del suelo.

Por otro lado, “Al momento de adicionar CCA, el CBR de la mezcla de suelo aumenta, debido a que las propiedades del suelo son directamente proporcionales con la adición de CCA, afirmando el uso de este material en sub-base de pavimentos” (Behak y Pérez, 2009, p.38).

Otro material que se emplea generalmente en la estabilización de suelos, es el cloruro de sodio (NaCl) debido al bajo costo que requiere para proyectos de pavimentación y también por la facilidad de encontrarlo. Además, aumenta el tiempo de evaporación, hace que no pierdan la humedad rápidamente, y ayuda a transformar las características mecánicas de los suelos inestables en materiales utilizables. Controlando así la disminución de resistencia al corte y los cambios volumétricos bruscos en los suelos. (Roldán de Paz, p.20)

Este material a comparación de otros es el que más adherencia tiene con las propiedades de la arcilla, ya que la adición de cloruro de sodio en una arcilla produce decremento en la contracción volumétrica, la formación de costra superficial y la reducción de la variación en la humedad; además, mantienen unidas las partículas no arcillosas que se

encuentran en la superficie, se desprenden con menor facilidad cuando sufren los ataques abrasivos del tránsito, es decir presentan cohesión entre sí. (Roldán de Paz, p. 21).

Por tal contexto explicado anteriormente es que, surge la duda y se formula la pregunta **¿Qué se conoce del mejoramiento de suelos arcillosos mediante estabilización química en América Latina en los últimos 10 años?**, que tiene como objetivo **analizar, revisar y seleccionar datos de investigaciones teóricas en base a revisión sistemática sobre los diferentes materiales empleados como estabilizadores químicos para el mejoramiento de suelos arcillosos en Latinoamérica en los últimos diez años.**

Esta investigación se justifica en que hoy en día se emplea muchos métodos de estabilización de suelos, sin embargo, para que ello ocurra se desgasta mucha materia prima o se explota las canteras, al ocurrir esto, se dañan paisajes y lo que ahora se debe buscar es la permanencia de la naturaleza, por ello se analiza la importancia de cada estudio. Por otro lado, en el sector minero, existe gran cantidad de informalidad, donde lo que no sirve (residuos mineros, escoria, polvo de vidrio, etc.), son derrochados en los ríos y/o vertederos dañando especies marinas. Lo que se busca en este tema de investigación es que los residuos sólidos que la minería arroja a los vertederos, sean reutilizados para estabilización de suelos y minimizar la contaminación ambiental.

Además, se busca esencialmente con las diversas materias primas, la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, dando así una optimización a las capas del pavimento (base, sub- base). Por último y no menos importante identificar, plantear y poner

en práctica propuestas sostenibles con el paso de los años en el sector de construcción de obras viales.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Se utilizará para este estudio una investigación utilizando una revisión sistemática de la literatura científica, de Moreno, B. Muñoz, M. Cuella, J., Domancic, S., Vilannueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*, 11(3), 184-186. doi: 10.4067/S0719-01072018000300184.

Para garantizar la optimización del proceso de búsqueda de información, se buscó en fuentes confiables por medio de términos y/o palabras clave que se relacionaron con nuestra pregunta de investigación. Los operadores de búsqueda y la combinación de términos se describen a continuación:

Scielo (Scientific Electronic Library Online):

Este operador de búsqueda fue el que más documentos aportó, las palabras claves que se emplearon fueron “Estabilización de suelos”, “Ingeniería Civil”, “Pavimentos” o “Carreteras” (en portugués e inglés).

Google Académico:

Este operador de búsqueda fue el que ocupó el segundo lugar en búsquedas, las palabras clave que se emplearon fueron “Estabilización de suelos”, “Ingeniería Civil”, “Pavimentos” o “Carreteras (en portugués e inglés).

Dialnet:

Este operador ocupó el tercer lugar en búsquedas, las palabras clave que se emplearon fueron “Estabilización de suelos”, “Ingeniería Civil”, “Pavimentos” o “Carreteras” (en portugués e inglés).

Se emplearon dichas palabras clave, debido a que abarca un concepto general del tema de estudio. Por otro lado, se emplearon dichos operadores de búsqueda, debido esencialmente al grado de confiabilidad que necesita el autor.

Búsqueda de información:

Para registrar los datos de todos los documentos encontrados, se elaboró un proceso de organización de estrategias de búsqueda de información, que consistió en organizar la información de cada artículo. Los campos a clasificar de cada artículo fueron: palabras clave, año de publicación, tipo de estudio, idioma, país donde se ejecutó. Más información (Tabla 1).

Criterios de Inclusión:

Una vez registrados los artículos científicos, se debe seleccionar estudios publicados entre enero de 2009 a diciembre de 2019, en cualquier idioma existente y que describieran todos los enfoques relacionados a nuestro tema de estudio. Si bien lo segundo puede significar algo más complicado por la traducción, queda claro que al momento de hacer ello, obtendremos muchas más bases teóricas que respalden la calidad del artículo y por ende nuestra pregunta de investigación de tal manera que pueda replicarse en un futuro. En cuanto a la calidad del artículo se tiene tendencia a optar por artículos netamente experimentales ya que el tema de estudio se basa en cómo las diferentes estabilizaciones químicas pueden

afectar positivamente en las propiedades del suelo. No obstante, no se deja de lado los estudios descriptivos, debido a que puede significar un gran respaldo teórico al momento de realizar ensayos experimentales o citas textuales.

En cuanto a los criterios de exclusión, se seleccionaron estudios fuera de rango de la revisión sistemática y también a artículos que, en estudios experimentales, empleaban otro tipo de estabilización (mecánica). Además, se seleccionaron artículos que en sus ensayos experimentales partían de otro tipo de suelo que no era arcilloso (arenoso). Es decir, no respondían a nuestra pregunta de investigación.

Selección de datos:

Primero, se buscó en operadores de búsqueda, estos fueron (Scielo, Google Académico y Dialnet).

Segundo, se colocó los términos o palabras clave con su respectiva traducción para obtener artículos de diferentes países en los operadores de búsqueda.

Tercero, se registró todos los artículos recopilados por campos que poseen cada uno de estos documentos. Los campos fueron: año de publicación, autor, título, país, palabras clave, operador de búsqueda y tipo de estudio. Ver Tabla 1.

En cuarto lugar, se seleccionó estudios que estén dentro de los últimos diez años, que estén en cualquier idioma, que tengan tendencia a ser experimentales y que respondan a mi pregunta de investigación de tal manera que pueda replicarse.

En quinto lugar, se elaboró una tabla (Tabla 1), que clasifica todos los artículos encontrados por medio de las estrategias de búsqueda mencionadas anteriormente, así como también manifiestan los criterios de inclusión y exclusión, dando a conocer todos los artículos seleccionados.

Tabla 1:

Categorización y Extracción de Selección de Datos

N° DOC	Autor	Título	Año País	Palabras clave	Buscador e Institución	Tipo de Estudio	Inclusión	Exclusión
N°01	Behak, L., Núñez W.,	Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación.	2008 Chile	Pavimentos de bajo volumen, estabilización de suelos, ceniza de cascara de arroz	Scielo (Revista Ingeniería de Construcción)	Experimental		Año fuera del rango, no responde a la pregunta de investigación
N°02	Otondo J., Jacobó E. J., Taboada M. A.	Mejora de las propiedades físicas por el uso de especies mega térmicas en un suelo sódico templado	2015 Argentina	Densidad aparente, inestabilidad estructural, fito-estabilización.	Scielo (AACS)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión	
N°03	Orobio A.	Consideraciones para el diseño y construcción de vías en afirmado estabilizadas con cloruro de calcio.	2011 Colombia	Vías en afirmado, mitigación de polvo, cloruro de calcio, estabilización de suelos.	Scielo (Universidad del Valle)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión	
N°04	Más M. I., García E. M., Marco L. J., De Marco J.	Análisis de la Viabilidad Ambiental de la Utilización de Morteros Fabricados con Polvo de Vidrio en la Estabilización de Suelos	2016 Chile	Lixiviados; polvo de vidrio; Ligante. Estabilización	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión.	

ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

N°05	Farfán R., Pierre R.	Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas.	2015 Perú	Estabilización de suelos, Suelos Arenosos- Ensayos, Concha de abanico-Reciclaje	Scielo (Repositorio Institucional PIRHUA)	Experimental	No responde a la pregunta de investigación
N°06	Huancoillo H., Yuniór J.	Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané – Chupa – Puno’	2017 Perú	Ingeniería civil, suelos, estabilización química	Scielo (Universidad Nacional del Altiplano, Repositorio Institucional)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°07	Echizuría, H.	El suelo estabilizado, una opción constructiva ecológica de uso ancestral	2019 Venezuela	Suelo estabilizado, suelo cemento,, pavimentos, mezclas de suelos, argamasa	Scielo (Revista Tekhné)	Descriptiva	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°08	Castillo, B.	Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras	2017 Ecuador	Ingeniería Civil Vialidad Y Transporte Estabilización De Suelo, carreteras	Scielo (Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°09	Jiménez, Y., Bastidas, M., Consuegra, J.	Optimización de Residuos Mineros de Carbón para el Mejoramiento de Suelos Viales con Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo	2019 Chile	Material de excavación; reutilización industrial; minería; algoritmos	Scielo (Fundación Universitaria del Área Andina)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión

ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

				evolutivos; optimización			
N°10	Asprilla, F.	Sistema de mejoramiento de suelos utilizados en la construcción de pavimentos mediante enzimas orgánicas (Earthzyme)	2009 Colombia	Estabilización, electroquímica, arcilla, enzima, pavimento	Scielo (Repositorio de la Universidad Piloto de Colombia)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°11	Quintana, J.	Mejoramiento de suelos del NAICM usando óxido de calcio	2017 México	Suelos, Estabilización química, aeropuerto	Scielo (UNAM)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°12	López, T., Hernández, J., Horta, J., Coronado, A., Castaño, V.	Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas.	2010 México	Arcilla, polímero, poliuretano, expansión, estabilización de suelos	Google Académico (Revista Iberoamericana de Polímeros)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°13	Alarcón, T., Valles, C.	Estabilización química de suelos contaminados con metales pesados	2009 México	DAP, metales pesados, estabilización química	Google Académico (Universidad Autónoma de Chihuahua)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°14	Espinoza, M.	Factibilidad técnica y económica de Perma Zyme para la estabilización de un suelo Arcilloso en la Ciudad de Talca	2011 Chile	Estabilización de suelos Compactación de suelos	Google Académico (Universidad de Talca)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los

ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

N°19	Pérez, C.	Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada	2014 Perú	Suelos; Ensayos de laboratorio	Google Académico (UNI, Repositorio Institucional)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°20	Castromonte, E., Poma, K.	Estabilización de suelos con polvo de vidrio reciclado.	2017 Perú	Suelos, Estabilización química, carreteras	Google Académico (Universidad San Pedro, Repositorio Institucional)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°21	Cusquisibán, W.	Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento	2014 Perú	Suelos arcillosos, ingeniería civil, caucho, pavimento,estabilización	Google Académico (UNC, Repositorio Institucional)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°22	De la Cruz, L., Salcedo, K.	Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palián-Huancayo	2016 Perú	Estabilización suelos, cohesivos, aditivo, pavimento	Google Académico (Universidad Peruana Los Andes)	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N° 23	James,J. Graham,P, Nagarathinam, M., Kumar, M.,Madhu, J.	Beneficio puzolánico de las mezclas de cenizas volantes y de escoria de acero en el desarrollo de la resistencia a la compresión uniaxial del suelo estabilizado con cal.	2018 India	Cal; cenizas; escoria; mezclas; resistencia; suelo	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°24	Sutili, F., Dorneles, R.,	Evaluación de la propagación vegetativa de especies utilizadas en la	2018 Brasil	Ingeniería natural; bioingeniería del	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de

ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

	Vargas, C., Wolff, P.	estabilización de trabajos terrestres con técnicas de ingeniería natural		suelo; restauración ecológica; gestión del curso de agua			investigación y a todos los criterios de inclusión
N°25	Rocha, M., Ribeiro L.	Estudio de laboratorio de un suelo tropical granular químicamente estabilizado para pavimentación	2017 Brasil	Pruebas de laboratorio; Estabilización del suelo; Cal molida; Cemento del suelo; Pavimento de asfalto	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°26	Melo, L., Cavalcante, E., Albuquerque, F., Costa. A.	Adición de una asociación polimérica a un suelo franco arenoso para la estabilización química de los materiales del piso.	2017 Brasil	Estabilización del suelo; Polímero industrial; Materiales del piso	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°27	Lucena, L., Juca. J., Soares, J., Barroso, S., Portela, M.	Caracterización y evaluación del uso potencial de lodo ETE y ETA en el pavimento.	2016 Brasil	Estabilización constituyentes químicos; suelo	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°28	Morais, M. Souza, A. Cardoso, D., Pereira, L.	Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la plasticidad y la compactación de una mezcla de tierra y cal	2017 Brasil	Cal-suelo; ceniza de cascarilla de arroz; propiedades geotécnicas	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°29	Carvalho, S., Alves, M., Ferreira, M., Melo, S.	Propiedades geotécnicas de un suelo expansivo tratado con cal	2016 Brasil	Suelo expansivo; métodos de investigación; cal del suelo	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los

ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

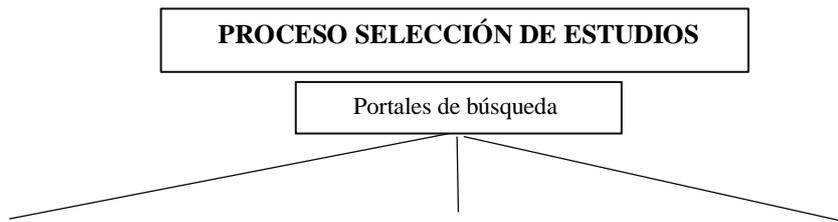
N°30	Nascimento, I., Sampaio, R., Da Cuz, S., Zuba, G., Barbosa, C. Fernández, L.	Metales pesados en girasol fertilizados con lodos de depuradora sometidos a diferentes procesos de estabilización	2014 Brasil	Helianthus annuus, lodos de depuradora, compostaje, vermicompostaje, lodos de cal.	Scielo	Experimental	critérios de inclusión Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°31	Machado, C., Ribeiro, C.	Comportamiento geotécnico de mezclas granulométricas de grano de suelo	2012 Brasil	Estabilización de suelos, granulados de residuos industriales, granulometría, reactividad de granallas de suelos y caminos forestales.	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión
N°32	Bancesi, A., Ribeiro, H., Fangueiro, D., Duarte, E., Cabral, F., Vasconcelos, E.	Efecto de la digestión anaerobia y la estabilización de la cal sobre la mineralización de carbono y nitrógeno de los lodos de	Brasil PTAR 2011	Nitrógeno, carbono, estabilización, lodos de EDAR, mineralización	Scielo	Experimental	Responde a la pregunta de investigación y a todos los criterios de inclusión

Fuente:

Elaboración propia, Nota: Información extraída de todos los artículos científicos recopilados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

ORGANIZADOR VISUAL DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS



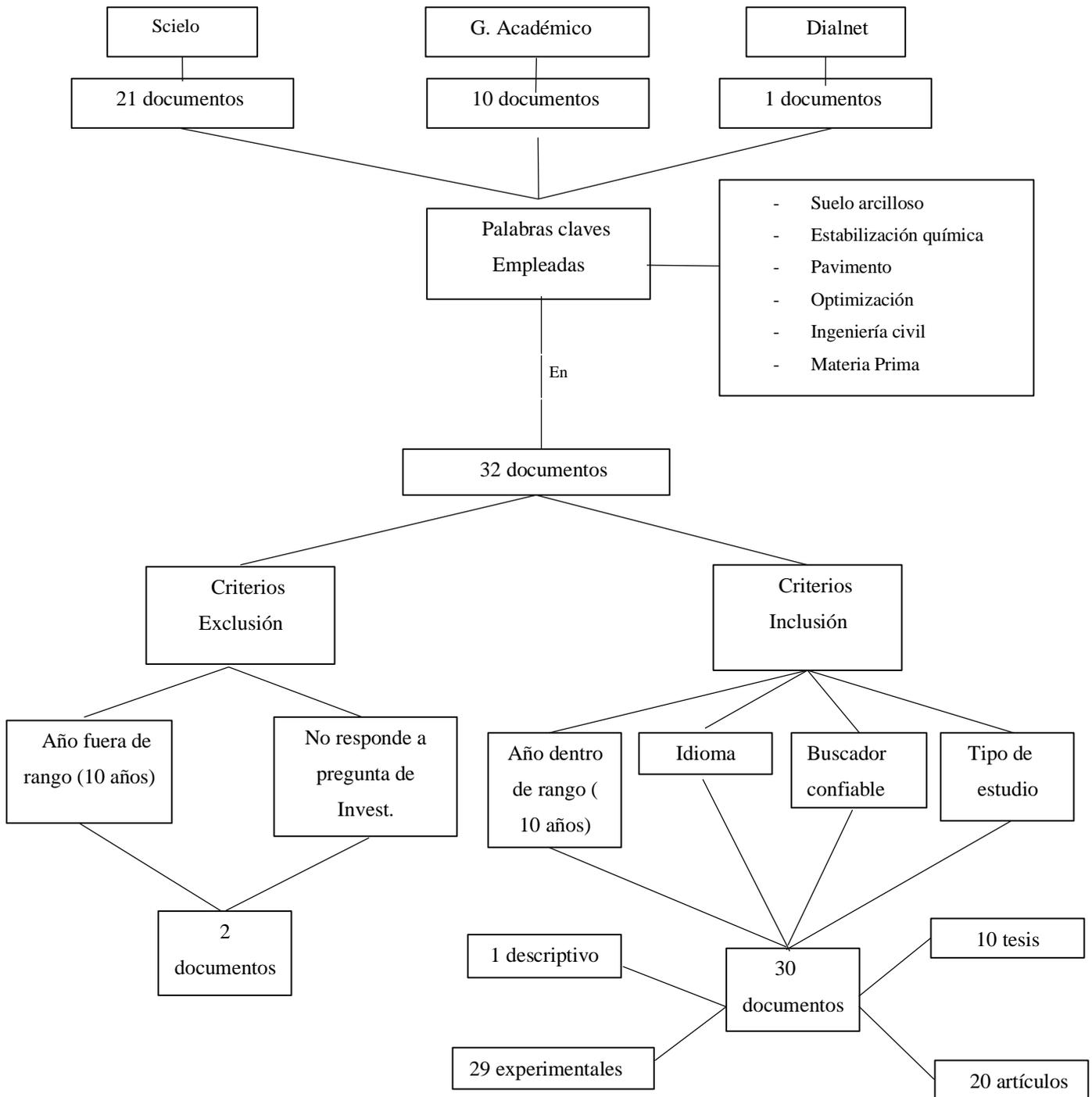


Figura 1: Proceso de selección de estudios, Nota: Información extraída del esquema selección de datos (Cap.2)

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS:

Se elaboraron gráficos estadísticos porcentuales mediante tablas y figuras acerca de los datos cuantitativos de los documentos (artículos científicos, tesis y/o revistas) recopilados.

Tabla 2

Categorización de Estudios según Portal de Búsqueda

Portal de Búsqueda	F	%
Scielo	21	66
Google Académico	10	31
Dialnet	1	3
Total	32	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 3:

Caracterización de Estudios según Palabras Clave

Palabras Clave	F	%
Estabilización	29	97
Materia Prima	28	93
Arcilloso	22	73
Carretera	23	77
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 4

Caracterización de Estudios según Año de Publicación

Año de Publicación	F	%
2019	2	7
2018	2	7
2017	7	23
2016	5	17
2015	2	7
2014	3	10
2012	1	3
2011	4	13
2010	2	7
2009	2	7
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 5

Caracterización de Estudios según País de Procedencia

País de Procedencia	F	%
Perú	6	20
Brasil	9	30
Colombia	3	10
Chile	3	10
México	3	10

ARCILLOSOS MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

España	2	7
Venezuela	1	3
Argentina	1	3
Ecuador	1	3
India	1	3
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 6

Caracterización de Estudios según Tipo de Documento

Tipo de Documento	F	%
Artículo Científico	20	66.67
Tesis	10	33.33
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 7

Caracterización de Estudios según Tipo de Estudio

Tipo de Estudio	F	%
Experimental	29	97
Descriptiva	1	3
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 8

Caracterización de Estudios según Tema Abordado

Tema Abordado	F	%
Estabilización química con ceniza, óxido de calcio	10	33
Estabilización química con polímeros	7	23
Estabilización química con metales	7	23
Estabilización química con caucho granular, lodos	2	7
Estabilización química con especies megatérmicas, aditivos	2	7
Estabilización química con polvo de vidrio	2	7
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

ANÁLISIS GLOBAL DE ESTUDIOS

Para el criterio de Análisis Global de Estudios, se clasificaron de manera detallada por medio de tendencias, es decir los hallazgos y grandes particularidades que tenían entre sí.

Tabla 9

Categorización de Estudios según Tendencias

Categoría y/o Tendencia	F	%
Emplea Materia Prima	29	97
Emplea Aditivo	1	3
Reducción de Contaminación Ambiental	26	87
Reducción de Ingresos Económicos	24	80
Algoritmos Evolutivos	1	3
Total de documentos buscados	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 10

Comparación de Resultados por material a emplear

Comparación de Resultados (Material a Emplear)	F	%
Materia Prima	29	97
Aditivo	1	3
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 11

Comparación de Resultados por Procesamiento

Comparación de Resultados (Procesamiento)	F	%
Dosificaciones	27	90
Rayos X	3	10
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

Tabla 12

Comparación de Resultados por experimentación

Comparación de Resultados (Ensayos Experimentales)	F	%
Caracterización Geotécnica	16	53
Caracterización de Compactación	14	47
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia, Nota: Información extraída de la tabla selección de datos (Cap. 2)

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

- Se conoce de la revisión sistemática en los últimos diez años que tanto en el continente americano, europeo y asiático emplean mayormente la materia prima, adición de dosificaciones y caracterización geológica para la estabilización de suelos. Asimismo, en América Latina se centran mayormente en la mejora de las propiedades del suelo, reduciendo la contaminación ambiental, debido a la presencia de reservas naturales, Amazonía, etc.; mientras que en Europa y Asia, siguen centrándose en la mejora de propiedades del suelo, pero reduciendo los ingresos económicos.
- Se conoce en la revisión sistemática de los últimos diez años que, en el continente Americano, las publicaciones de los documentos tienden a ser mayormente del 2015 al 2019. Por otro lado, los europeos, sus publicaciones datan del rango 2010-2011, evidenciando una “desactualización” con respecto al tema de investigación.
- La recopilación de estudios de la revisión sistemática presentó ciertas limitaciones, debido a que había muchos artículos científicos, de muy buena metodología experimental, que se dejaban de lado por no estar dentro del rango 2009-2019. Por otro lado, hubo limitaciones al buscar palabras clave en el idioma inglés, por más que se haya empleado sinónimos respectivos, no se encontró ninguno. Por ello recomendaría que en un futuro se amplíe la visión del rango de años en la revisión sistemática y mejorar las estrategias de búsqueda para encontrar artículos científicos de todos los idiomas.

REFERENCIAS

- Echizuría, H. (2019). El suelo estabilizado, una opción constructiva de uso ancestral. *Rev. Tekhné*, 22 (1), 69-80. Recuperado de <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/index>
- Más, M.I., García, E.M. Marco L.J. De Marco, J. (2016). Análisis de la Viabilidad Ambiental de la Utilización de Morteros Fabricados con Polvo de Vidrio en la Estabilización de Suelos. *Información Tecnológica*, 27(5), 77-86. doi: 10.4067/S07 18-07642016000500010
- Otondo, J., Jacobo, E. J., Taboada, M. A. (2015). Mejora de las propiedades físicas por el uso de especies mega térmicas en un suelo sódico templado. *Ciencia del suelo*, 100(1). 119-130. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672015000100012&lang=es
- Orobio, A. (2011). Consideraciones para el diseño y construcción de vías en afirmado estabilizadas con cloruro de calcio. *Dyna*, 78(165). 93-100. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25643>
- Huancoillo, H. & Yuniór, J. (2017). *Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la*

carretera desvío Huancané – Chupa – Puno (tesis de pregrado).

Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Jiménez, Y. A., Bastidas, M. J., Consuegra J.L. (2019). Optimización de Residuos Mineros de Carbón para el Mejoramiento de Suelos Viales con Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo. *Información Tecnológica*, 30(4), 249-258. doi:10.4067/S0718-07642019000400249

López, T. Hernández, J., Horta, J., Coronado, A., Castaño, V. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Victor_Castano/publication/277275715_Polimeros_para_la_estabilizacion_volumetrica_de_arcillas_expansivas/links/56a7bc6c08ae0fd8b3fe1fd5/Polimeros-para-la-estabilizacion-volumetrica-de-arcillas-expansivas.pdf

Valles, C., Alarcón, T. (2009). Estabilización Química de Suelos Contaminados con Metales Pesados. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2(2), 1-12. Recuperado de <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A30.pdf>

Pérez, G., Buenaventura, C., Ortiz, A. (2016). Estabilización de un Suelo Arcilloso mediante el uso de Ceniza de Cuesco de Palma Africana y cal. *International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering*, 3(2), 1-8. Recuperado de <https://www.onepetro.org/conference-paper/ISRM-ICSR-2016-093>

Mendoza, R., Béria, J. (2001). Utilización de los servicios de salud: una revisión sistemática sobre los factores relacionados. *Cad. Saude Pública*, 17 (4), 819-832. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/%0D/csp/v17n4/5288.pdf>

Medrano, J., Boix, R., Cerrato, E., Ramírez, M. (2006). Incidencia y prevalencia de cardiopatía isquémica y enfermedad cerebrovascular en España: revisión sistemática de la literatura. *Rev. Esp. Salud Pública*, 80(1), 5-15. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v80n1/colaboracion1.pdf>

Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*, 11(3), 184-186. doi 10.4067/S0719-01072018000300184

García, F. J. (2017). *Revisión sistemática de literatura en los Trabajos de Final de Máster y en las Tesis Doctorales* (tesis post grado). Universidad de Salamanca, Salamanca, España.

Sutili, F., Dorneles, R., Vargas, C., Wolff, P. (2018). Evaluación de la propagación vegetativa de especies utilizadas en la estabilización de trabajos terrestres con técnicas de ingeniería natural. *Ciencia Florestal Santa María*, 28(1), 1-12. doi: 10.5902/1980509831567

Melo, L., Cavalcante, E., Albuquerque, F., Costa. A. (2017). Adición de una asociación polimérica a un suelo franco arenoso para la estabilización

química de los materiales del piso. *Revista Materia*, 22(3), 1-13. doi:

10.1590/S1517-707620170003.0204

Rocha, M., Ribeiro L. (2017). Estudio de laboratorio de un suelo tropical granular químicamente estabilizado para pavimentación. *Revista Materia*, 22(4), 1-25. doi: 10.1590/S1517-707620170004.0229

Lucena, L., Juca. J., Soares, J., Barroso, S., Portela, M. (2016). Caracterización y evaluación del uso potencial de lodo ETE y ETA en el pavimento. *Engenharia Agrícola*, 36 (1), 166-178. doi:10.1590/1809-4430

Morais, M. Souza, A. Cardoso, D., Pereira, L. (2017) Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la plasticidad y la compactación de una mezcla de tierra y cal. *Revista Materia*, 22(3), 1-9. doi: 10.1590/S1517-707620170003.0209

Carvalho, S., Alves, M., Ferreira, M., Melo, S. (2016). Propiedades geotécnicas de un suelo expansivo tratado con cal. *Revista Materia*, 21(2), 437-449. doi: 10.1590/S1517-707620160002.0041

Bancessi, A., Ribeiro, H., Figueiro, D., Duarte, E. Cabral, F. (2011). Efecto de la digestión anaerobia y la estabilización de la cal sobre la mineralización de carbono y nitrógeno de los lodos de PTAR. *REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS*, 34(2), 132-140. Recuperado de http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2011000200012&lang=es

Machado, C., Ribeiro, C. (2012). Comportamiento geotécnico de mezclas

granulométricas de grano de suelo. *Revista Árvore, Viçosa-MG*, 36(3),

519-526. doi:10.1590/S0100-67622012000300014

Roldán de Paz, J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl)*

para bases y sub bases. (Tesis de pre grado). Universidad de San Carlos,

Guatemala.