



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

ESTABILIZACIÓN Y RECUPERACIÓN DE
TALUDES APLICANDO METODOS
GEOMECANICOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA
REALIZADA A PARTIR DE ESTUDIOS
OBTENIDOS DE LA BASE DE GOOGLE
ACADÉMICO DE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autores:

Kristian Fernando Heras Salazar

Reiner Alí Balcázar Rojas

Asesor:

Mg. Ing. Héctor Cuadros Rojas

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Privada del Norte, a toda la Facultad de Ingeniería, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS	17
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	26

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Organización de información empleada en la revisión sistemática.....	12

RESUMEN

El contexto geodinámico de la región Cajamarca ocasiona que esta sea afectada frecuentemente por una serie de fenómenos como deslizamientos, inundaciones y huaicos, que pueden causar importantes daños económicos y sociales al afectar a las actividades y construcciones humanas. Evitar los efectos nocivos de estos procesos geodinámicos es el objetivo final de la investigación, analizándolos a escala geotécnica con la finalidad de permitir un trabajo preventivo más efectivo. Si consideramos que toda obra de infraestructura vial requiere una superficie plana en una pendiente, o alcanzar una profundidad determinada por debajo de la superficie, es que se precisa la importancia de construir taludes estables a largo plazo.

Esta primera etapa consiste en recopilar información acerca de las obras de contención empleadas en la actualidad para estabilizar y recuperar los taludes en carreteras, para posteriormente analizar sus características aplicativas y de diseño que permitan poder ser empleadas como soluciones eficientes en cada zona vulnerable a deslizamiento y desprendimiento de taludes. Los estudios científicos centrados en el análisis geomecánico se seleccionaron de la base de datos Google Académico, Scielo.org y Dialnet; encontrándose 26 artículos que tienen como palabras claves a la estabilidad de taludes, riesgo geológico y medidas de contención geotécnica.

PALABRAS CLAVES: Estabilidad de taludes, riesgo geológico, estructuras de contención, deslizamiento, geomecánica

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El estudio de riesgo geológico realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET, 2012) determinó que la región Cajamarca, debido a su contexto geodinámico regional es afectada frecuentemente por deslizamientos, inundaciones y huaicos. Estos procesos llegan a constituir riesgos geológicos potenciales, ya que pueden causar daños económicos y sociales al afectar a las actividades y construcciones humanas (Ferrer, 2004). Evitar estos efectos nocivos es el objetivo final de la investigación de los movimientos del terreno, de sus características, tipos y mecanismos de inestabilidad, de los factores que los controlan y de sus causas. El hecho de analizar estos riesgos a escala geotécnica, es decir con dimensiones que permitan abordar su control, permite un trabajo preventivo más efectivo (González 2004).

El estudio de riesgo geológico previamente mencionado (INGEMMET, 2012) establece también que las redes viales en la región Cajamarca son frecuentemente las principales afectadas por deslizamientos, derrumbes y huaicos, lo cual afecta considerablemente las actividades económicas en la región. De acuerdo a Vásquez (2003) la expansión de la infraestructura vial genera aumentos en la capacidad productiva potencial de una economía, asimismo genera cambios favorables en los precios relativos ya que genera condiciones para el funcionamiento de los mercados de manera más eficiente. Es así que resulta fundamental implementar una serie de medidas de contención para proteger estas obras de infraestructura lineal (carreteras).

Las obras de infraestructura lineal (carreteras y ferrocarriles), conducciones y en general cualquier construcción que requiera una superficie plana en una zona de pendiente, o alcanzar una profundidad determinada por debajo de la superficie, precisan la excavación de taludes (desmontes si dan lugar a un solo talud y trincheras si la excavación presenta un talud a cada lado). En general los taludes en ingeniería civil alcanzan alturas de 40 a 50 m, y se proyectan para ser estables a largo plazo (González 2004).

Los análisis de estabilidad permiten diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadoras que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales (Ferrer, 2004). Los métodos de estabilización de taludes generalmente, están dirigidos a reducir las fuerzas actuantes, a incrementar las fuerzas resistentes o una combinación de los dos efectos. Es común que existan varios factores que determinen las fuerzas actuantes y se requieran varios métodos de estabilización para lograr un efecto combinado (Suarez 2012).

En base a los argumentos establecidos, es que se resulta indispensable establecer medidas de contención que permita proteger las estructuras viales de los efectos que generan los procesos geodinámicos. El presente trabajo de investigación busca determinar los tipos de fallas geotécnicas que se presentan en los taludes existentes en un tramo de carretera de la región de Cajamarca, así como analizar las causas, realizar el diagnóstico y proyectar obras con el fin de estabilizar el talud y asegurar la carretera.

El problema que plantea el proyecto de investigación es resolver la siguiente interrogante: ¿Qué obras se deberían proyectar con el fin de estabilizar los taludes y asegurar la carretera?

La presente revisión sistemática tiene como objetivo principal recopilar información acerca de las obras de contención empleadas en la actualidad para estabilizar y recuperar los taludes en carreteras, para posteriormente analizar sus características aplicativas y de diseño que permitan poder ser empleadas como soluciones eficientes en cada zona vulnerable a deslizamiento y desprendimiento de taludes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación de revisión sistemática de estudios científicos realizados respecto a la estabilización y recuperación de taludes en carreteras se basa en la recopilación, análisis, evaluación y síntesis de información respecto a las soluciones geotécnicas que permitan abordar el control de factores de inestabilidad.

2.2. BASE DE DATOS UTILIZADOS

La revisión sistemática se realizó a partir de las bibliotecas virtuales y base de datos de Google Académico, Scielo.org y Dialnet.

2.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Para la presente revisión sistemática se ha seleccionado investigaciones científicas publicadas en los últimos 20 años, teniendo como referentes históricos a los libros de Ingeniería Geológica (Vallejo, 2004) y Diseño de Concreto Reforzado (McCorman y Brown, 2011). Asimismo, se han considerado una serie de estudios científicos que incluyen libros, tesis de maestría, trabajos de campo y documentos institucionales que tengan como tema central el análisis de medidas de contención para procesos geodinámicos de deslizamientos y derrumbes en taludes, tanto en idioma español como inglés.

Se ha excluido aquellas investigaciones que no se encuentran dentro de los temas centrales descritos, así como aquellos estudios que no presenten una base científica válida.

2.4. ESTRATEGIAS DE BUSQUEDA, SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Los estudios científicos se seleccionaron de la base de datos Google Académico, Scielo.org y Dialnet, utilizando como palabras claves: estabilidad de taludes, riesgo geológico y medidas de contención geotécnica (en español e inglés).

Para registrar los datos se utilizó un protocolo que permitió organizar la información de cada artículo. La información se organizó teniendo en cuenta de los siguientes campos: autores, año de publicación, tipo de metodología seguida, país donde tuvo lugar el estudio, breve resumen de los objetivos y descripción de los participantes (Tabla 1). Para realizar la descripción del tipo de metodología utilizada en cada estudio, se tuvieron en cuenta los trabajos de Goodwin (1995), Cohen, Manion y Morrison (2007) e Higgins y Green (2011), que clasifican a los tipos de diseño metodológico en: revisiones, estudios descriptivos e investigaciones experimentales, cuasiexperimentales y cualitativas.

El análisis de la información obtenida se realizó teniendo en cuenta aspectos de relevancia como: principales medidas de contención empleadas para la estabilización y recuperación de taludes en carreteras, así como los factores de determinan que su aplicación logre resultados eficientes para el fin que son diseñados.

En la siguiente tabla se observan los estudios empleados en la investigación de revisión sistemática.

Tabla 1.
Organización de información empleada en la revisión sistemática.

Fuente	Diseño Metodológico	País	Tamaño de la muestra	Breve Resumen
Alameda, P 2014	Experimental	España	208	Propone mejoras en el proceso de diagnóstico de estabilidad de taludes rocosos. Esta tesis doctoral encara la estación geomecánica de manera global; proponiendo una metodología integrada que la agiliza y reduce el sesgo de muestreo por la subjetividad del evaluador. Es por ello que se estudian diversos aspectos de los macizos rocosos; la disposición geométrica de sus discontinuidades y la rugosidad de las paredes de ésta.
Alberti , J, 2006	Experimental	El Salvador	489	En su estudio realiza la descripción de las diferentes técnicas de mitigación en taludes para el control de deslizamientos en taludes y aplicarlas para la solución de un problema específico. Establece como principales factores de estabilidad a la geometría de los taludes, la geología de los materiales por los que están conformados, la intensidad de las precipitaciones, la meteorización y la sismicidad.
Alva, J, 2011	Revisión	Perú	69	Proporciona una visión simple y práctica sobre los problemas de estabilidad de taludes. Enfocado en las características y aspectos críticos de varios tipos de problemas de estabilidad de taludes.
Camargo, A y Gonzalez, A.	Experimental	Colombia	240	Desarrollo el manual de un programa de elementos finitos que permite realizar el modelamiento, diseño y estudio de estructuras de contención lateral.

Cancho, G, 2017	Experimental	Perú	126	Evalúa las estructuras implementadas para lograr la estabilidad de taludes y mejora de la transitabilidad de la carretera Longitudinal de la Sierra en la provincia de Chota – Departamento de Cajamarca.
Castro, D, 2000	Descriptivo	España	314	Analiza el empleo de mallas arriotradas al terreno mediante anclajes, aplicado en taludes recién contruidos. Esto facilita la revegetación, la integración paisajística y un bajo impacto medioambiental. Los resultados han sido dos modelos físico-matemáticos para el diseño de dos sistemas flexibles antierosión y de estabilización superficial de desmontes
Codina, S, 2005	Experimental	El Salvador	187	Realizo el estudio de sostenimiento de tres taludes que se consideran de alto riesgo geológico debido a la alta probabilidad de deslizamiento que los caracteriza. Así mismo incluye tres propuestas de obras de sostenimiento de taludes en la provincia de Santa Tecla (El Salvador)
D, la Cruz, S y Sosa, N, 2016	Descriptivo	Perú	25	El presente estudio ha permitido identificar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias de movimientos en masa, así como las zonas afectadas por procesos de erosión de laderas (cárcavas) en la provincia de Tayacaja – Huancavelica.
D Matteis, 2003	Revisión	Argentina	42	Analiza los factores que intervienen en la Estabilidad de taludes, definiendo a esta como la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento, estableciendo como principal medida el definir la inclinación apropiada para un corte o terraplén.
Farías, D y Díaz, M , 1999	Experimental	España	11	El propósito de este artículo fue el de dar una visión general sobre los aspectos más importantes a considerar en la restauración ambiental de las zonas afectadas por la construcción de una autovía. Considerar a la morfología como el primer aspecto a considerar en toda restauración, buscando conseguir un relieve lo más acorde con el entorno, logrando la máxima estabilidad.
Ferrer, M, 2004	Revisión	España	712	Analiza los riesgos geológicos, en particular a los deslizamientos y otros movimientos del terreno y al riesgo sísmico. En su análisis incluye las aplicaciones más importantes de la

				geotecnia: cimentaciones, taludes, túneles, presas y estructuras de tierras.
Gómez, S, 2013	Experimental	Colombia	76	Realiza un estudio práctico y didáctico del tema conocido como Estabilización de taludes por medio de muros de contención con contrafuertes, ofreciendo un entendimiento básico de diseño, dadas sus múltiples ventajas tanto económicas como estéticas y su capacidad para resistir esfuerzos de cualquier tipo.
González , L, 2004	Revisión	España	712	Analiza los fundamentos de la mecánica del suelo, mecánica de rocas e hidrogeología, así como de los métodos: investigaciones in situ, reconocimientos geotécnicos y cartografía geotécnica.
Gutierrez, A, 2015	Experimental	España	140	El estudio ha desarrollado un método numérico de cálculo de estabilidad de taludes, basado en el método de equilibrio límite de Spencer para deslizamiento de ladera tipo circular y se ha implementado un optimizador matemático para la obtención de la curva de deslizamiento, caracterizada por tener el mínimo factor de seguridad.
McCormac, J & Brown, R, 2011	Revisión	México	724	Analiza varios tipos de muros de retención, la cual es una estructura construida con el propósito de contener, retener o proporcionar aislamiento lateral para el suelo o para otro material suelto.
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016.	Descriptiva	Perú	32	La propuesta normativa tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el campo de la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos.
Morales , R, 2014	Revisión	Perú	334	Describe las características de diseño de los muros de contención , como estructura que proporciona soporte lateral a una masa de material y en algunos casos soporta cargas verticales adicionales.
	Experimental			En su estudio se analizaron varios factores que afectan a la estabilidad del talud como son tipo de suelo, características topográficas y

Orna, J, 2013		Ecuador	95	problemas presentados por procesos de erosión en las inestables de la vía Riobamba – Cebadas (Ecuador).
Pérez, E, 2005	Revisión	España	61	En este estudio de estabilidad de taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El análisis realizado considera como principales factores de inestabilidad al peso de la masa de suelos y eventuales efectos de infiltración.
Rodríguez, R, 2015	Descriptivo	Perú	168	Describe la geodinámica externa que presenta el sub tramo de la carretera entre Tarapoto y Yurimaguas , específicamente en la carretera IIRSA NORTE TRAMO N° 1 SECTOR KM 45+690 – KM 45+830 , en la cual se identificó fallas como deslizamientos de masas, caídas de bloques, erosión fluvial y socavación.
Sotomayor, A, 2015.	Experimental	Perú	91	Este estudio propone un plan de remediación para el talud del tramo de Barranco de la Costa Verde, desarrolla un análisis luego de evaluar las condiciones de estabilidad, proponiendo finalmente un diseño geotécnico, así como el presupuesto de la solución adoptada, teniendo en cuenta las condiciones críticas de un efecto sísmico.
Suarez. J. 1999	Revisión	Colombia	550	Analiza las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento.
Valiente, R, 2015	Revisión	Perú	5	En el presente artículo se lleva a cabo una introducción a los principales conceptos que engloban el estudio de estabilidad de un talud, clasificando los tipos de inestabilidades en función de su morfología, exponiendo los criterios necesarios para caracterizar geotécnicamente los materiales de manera adecuada y explicando las principales metodologías de cálculo.

Vasquez, A & Bendezu, L, 2008	Descriptivo	Perú	195	Provee un marco de análisis multidimensional para interpretar y medir los efectos que la inversión en infraestructura vial tiene sobre el crecimiento económico del Perú.
Zavala, B, 2012	Descriptivo	Perú	79	Identifica y describe las zonas críticas por peligros geológicos que afectan tramos de carreteras, áreas urbanas, rurales y terrenos de cultivo en la región Cajamarca.
Zavala , B & Barrantes ,R, 2007	Cuasi – Experimental	Perú	106	Evalúa los riesgos geológicos existentes en la región Cajamarca, logrando identificar, georreferenciar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas, de procesos de movimientos en masa de tipo derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos, flujos de detritos, etc.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se encontraron 26 artículos de la base de Google Académico, Scielo.org y Dialnet; los cuales respetan los criterios de inclusión establecidos previamente en la investigación de revisión sistemática.

Teniendo en cuenta que los criterios de inclusión establecidos para la investigación determinan un periodo de publicación máximo de los últimos 20 años, es que se analiza por periodos de tiempo los estudios científicos recolectados. Durante los primeros 5 años de la década estudiada (1999 - 2003) se encontraron únicamente tres estudios, lo cual constituye la menor cantidad en comparación con los periodos sucesivos: 7 artículos en el periodo 2004 – 2008, 6 en el periodo 2009 -2013 e igual cantidad en el periodo 2014 -2018.

Según el tipo de Investigación la mayor parte de estudios recolectados son del tipo tipo experimental (10), seguido por revisión (9), descriptivo (6) y cuasi-experimental (1).

Si analizamos el país de origen de los estudios científicos, podemos concluir que la mitad de la información recopilada es de origen nacional, siendo el INGEMMET la principal fuente de información de este campo de estudio.

Cabe destacar que, al momento de la búsqueda de información, y una vez validada la confiabilidad de la fuente, el principal aspecto a considerar fue la elección de aquellos estudios que planteaban una problemática compatible con la establecida previamente en la introducción de la revisión sistemática, dando prioridad a estudios cuya aplicación se asemeje a las características que se observan en el país, ya sea geológicas, topográficas, infraestructura vial e incluso sociales. Siguiendo esta idea se logró encontrar importantes

estudios de recuperación y estabilidad de taludes desarrollados en países como Colombia, México y El Salvador.

Sobre el origen de los Procesos Geológicos

El principal artículo que se centra en el estudio de los procesos geológicos externos que constituyen un aspecto fundamental a analizar en los estudios geotécnicos, es el estudio realizado por González (2004).

El trabajo de González (2004), constituye una base para todo análisis geológico previo a una construcción o edificación. En su estudio describe la geodinámica externa, que implica la serie de procesos que afectan la superficie terrestre, además complementa la descripción geológica con un análisis de los fundamentos de la mecánica del suelo, mecánica de rocas e hidrogeología, así como de los métodos: investigaciones in situ, reconocimientos geotécnicos y cartografía geotécnica, que constituiría una aplicación de los conocimientos geológicos en los procesos constructivos.

Sobre los Riesgos que generan los procesos geológicos

Respecto a los riesgos que generan los procesos geodinamicos externos, se recolecto y analizo 07 publicaciones que se enfocan en este tema.

Alva (2011) en su estudio de Estabilidad de Taludes analiza las características y aspectos críticos de varios tipos de problemas de estabilidad de taludes, teniendo en cuenta las características que presenta el material que constituye estas estructuras, ya sea granular o cohesivo. Este trabajo constituye un aporte importante para realizar un análisis detallado de los taludes mediante el método de las dovelas y de la cuña deslizante.

Ferrer (2004) describe la serie de procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre y dan lugar a movimientos de terreno de diferente magnitud y características, que pueden constituir riesgos geológicos al afectar de forma directa o indirecta, a las actividades humanas. En su estudio realiza una descripción de los principales tipos de movimientos de ladera: deslizamientos rotacionales, traslacionales, flujos, desprendimientos, vuelcos, avalanchas y desplazamientos laterales. Por su parte Pérez (2005) analiza los fenómenos de rotura de las masas de suelo, estableciendo como preponderancia del desplazamiento de estas masas su mismo peso. De acuerdo con

el, la propuesta de un factor de seguridad como cociente entre carga de rotura y carga de servicio, parece una elección razonable. Sin embargo, en el caso de la estabilidad ligada a fuerzas de masa tiene quizá poco sentido el cálculo de la “fuerza de masa en rotura”.

Suarez (1999) en su libro de Estabilidad de Taludes brinda las pautas para realizar la zonificación de amenazas y riesgos. Establece que la ocurrencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. Si bien afirma que cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño ; considera que la zonificación de amenazas y riesgos es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente en las primeras etapas de planeación de un proyecto.

La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación

de cada una de estas áreas, de acuerdo al grado real o potencial de amenaza o de riesgo.

A nivel local, el trabajo realizado por Zavala & Barrantes (2007) constituye un importante aporte para el tema central del presente estudio ya que realizaron la identificación de zonas críticas por peligros geológicos e hidrológicos en la Región de Cajamarca. Esta zonificación realizada mediante un inventario, cartografiado y base de datos sirvió como base para determinar la problemática de la investigación de esta revisión sistemática, ya que este estudio coloca a la provincia de Cajamarca como una de las más vulnerables a riesgos geológicos de deslizamientos y derrumbes.

Sobre la estabilización y recuperación de taludes

Respecto al tema de estabilización y recuperación de taludes se analizaron 09 publicaciones. Seis de estos trabajos son de tipo experimental, en la cual se ejecutaron medidas de contención en zonas de Perú, Colombia, Ecuador y el Salvador acerca de riesgos geológicos en carreteras y se procedió a analizar las medidas empleadas para evitar deslizamientos y derrumbes.

En Perú los trabajos realizados por Cancho (2017) y Sotomayor (2015) analizan las medidas de contención implementadas para mantener la estabilidad de los taludes en tramos de carretera. Mientras que Cancho realizó un análisis en taludes constituidos por materiales heterogéneos (suelo y roca), Sotomayor (2015) realizó su estudio en taludes constituidos principalmente por suelo.

Cancho (2017) realizó la evaluación de los muros de contención y mallas implementadas en taludes de tramos de la carretera longitudinal de la Sierra en la provincia de Chota (Cajamarca). Sotomayor (2015) realizó una evaluación de las estructuras implementadas para lograr la estabilidad del talud del tramo de Barranco de la Costa Verde.

Orma (2013) aporta información acerca de experiencias en restauración y recuperación de terrenos en zonas de alta pendiente. A lo largo de la vía de Riobamba – Cebadas (Ecuador), analizo varios factores que afectan a la estabilidad del talud y propone una serie de medidas de contención como: geomallas, geo contenedores, malla y clavos, muro de hormigón anclado y geopantallas ancladas.

Codina (2005) analiza el sostenimiento de tres taludes que se consideran de alto riesgo geológico debido a la alta probabilidad de deslizamiento que los caracteriza. Así mismo incluye propuestas de obras de sostenimiento de taludes dentro de las que considera la modificación de la geometría a través de bermas y cambio en el ángulo del talud del muro.

Alberti (2006) realiza la descripción de las diferentes técnicas de mitigación en taludes para el control de deslizamientos en taludes y aplicarlas para la solución de un problema específico. Dentro de las principales técnicas de mitigación de deslizamientos plantea que esto se puede lograr mediante la reducción de fuerzas actuantes y el incremento de fuerzas resistentes.

La reducción de fuerzas actuantes se lograría mediante la modificación de la geometría del talud , la implementación de sistema de drenaje y la protección de la superficie mediante el uso de geo sintéticos , redes de alta resistencia y concreto lanzado principalmente.

El incremento de fuerzas resistentes se lograría mediante la ampliación de fuerzas resistentes al pie del talud empleando estructuras de retención (muros o anclajes) y mediante el incremento de resistencia interna a través de tierra armada, soil nailing , inyecciones y vibro sustitución.

Sobre el diseño de estructuras de contención

Se encontraron 09 artículos que se enfocan en el aspecto del diseño de las estructuras de contención. El estudio principal que sirve como referencia en este campo es el de McCormac & Brown (2011), ya que da todos los alcances necesarios para el proceso constructivo de las estructuras que servirán para mantener las vías. Debido a que las estructuras que sirvan de contención como por ejemplo los muros o mallas, se verán afectadas por fuerzas de empuje que generan esfuerzos no solo de compresión, sino también de flexión, es que se tiene en cuenta el uso del concreto reforzado.

El trabajo de Morales (2014) da alcances también acerca de las características de diseño de los muros de contención, como estructura que proporciona el soporte necesario lateral a una masa de suelo. Morales detalla los cálculos necesarios acerca de las presiones laterales que permiten diseñar los distintos tipos de muros de contención (gravedad, voladizo, contención con voladizo y contención con contrafuertes). Además, analiza el diseño de las estructuras sismorresistentes que cumplen un papel fundamental para mantener las edificaciones estables. Una ventaja de este último estudio en comparación al estudio de McCormac & Brown es que Morales considera en la resolución de cálculos el uso de unidades del sistema métrico, el cual se acomoda más a la realidad de las construcciones en el país.

Gómez (2013) en su trabajo da la metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdós, basados en un programa de computo, lo cual proporciona un entendimiento básico del diseño, con la intención de dar a conocer su técnica utilizada en obras civiles, dando soluciones económicas, estéticas y eficientes.

El artículo de Valiente (2015) también brinda conceptos que sirven como introducción al diseño de estructuras de estabilidad, caracterizando geotécnicamente los materiales de manera adecuada y explicando de manera detallada las metodologías de cálculo.

Finalmente, y teniendo en cuenta que el aspecto de seguridad y estabilidad debe ir de la mano con el aspecto de protección medio ambiental, es que se buscó un que considere el aspecto de restauración ambiental en las zonas afectadas por la construcción de una autovía. El trabajo de Farías y Díaz (1999) resulto conveniente debido a que plantea un proyecto de restauración de una autovía mediante el diseño de las obras necesarias para estabilizar los taludes y recuperar las zonas alteradas por su construcción, regenerando e integrando, en la medida de lo posible, el entorno de la obra en el paisaje, con la mayor capacidad de auto mantenimiento posible. En su trabajo considera como objetivos el remodelado de las formas del paisaje resultante suavizando los bordes, la reposición de taludes y demás superficies afectadas del suelo que se ha retirado y el tratamiento y revegetación de los taludes y zonas anejas medianas, áreas comprendidas entre los ramales de los enlaces, vertederos, zonas de localización de instalaciones auxiliares, zonas de préstamo de materiales, viales empleados para el movimiento de maquinaria, etc.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Las revisiones de los estudios científicos recopilados en esta revisión sistemática nos permitieron establecer que obras se proyectan en la actualidad con el fin de estabilizar los taludes y asegurar las carreteras, asimismo el análisis de los estudios realizados sirve como guía para identificar cual es el procedimiento correcto para abordar el tipo de problemas geotécnicos que ponen en riesgo las vías de acceso de la región.

Como aspecto principal a considerar concluimos que resulta fundamental realizar un estudio de los procesos geodinámicos externos antes de ejecutar alguna obra de contención, lo cual se logra mediante la aplicación de una serie de métodos como: investigaciones in situ, reconocimientos geotécnicos y cartografía geotécnica, que constituiría una aplicación de los conocimientos geológicos en los procesos constructivos.

Una vez identificadas las características geológicas se procede a identificar y describir los principales tipos de riesgos geológicos como son deslizamientos y derrumbes, considerando el tipo de material que genera estos problemas geotécnicos. En este aspecto cumple un papel fundamental el hecho de realizar una zonificación adecuada que permita establecer el tipo de medida de contención más eficiente a ser aplicado, teniendo en cuenta el distinto tipo de fuerzas actuantes.

A partir de la información analizada queda establecida la importancia de realizar el análisis de los fundamentos de mecánica del suelo, mecánica de rocas e hidrogeología, así como de los métodos: investigaciones in situ, reconocimientos geotécnicos y cartografía geotécnica, que constituiría una aplicación de los conocimientos geológicos en los procesos constructivos.

Teniendo en cuenta las características geológicas, riesgos geotécnicos y la zonificación de áreas inestables, el último paso correspondería al diseño de las estructuras previamente establecidas, es ahí que los estudios de McCormac & Brown (2011) y Morales (2014) servirán como base para los cálculos de diseño.

Una de las limitaciones que presenta el proceso de investigación sería la falta de información acerca del tema de estabilización de taludes a nivel local , ya que no se han realizado estudios de este análisis de manera detallada en la región.

REFERENCIAS

- Alberti, J (2006). Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico.
- Alva, J, (2011). Análisis de Estabilidad de taludes, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Camargo, C (2011). Modelamiento de Problemas de Estructuras de contención lateral mediante programa de elementos finitos. Bucaramanga, Colombia.
- Castro, D (2000). Estudio y Análisis de Membranas Flexibles como Elemento de Soporte para la Estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos. Santander, España.
- Codina, S (2005) Proyecto de estabilidad de taludes en el Municipio de Santa Tecla, El Salvador.
- De la Cruz, S y Sosa, N (2016), Evaluación de Peligros Geológicos en el Sector del Cerro San Cristóbal , INGEMMET.
- Ferrer, M. & González, L (1999). Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Madrid, España.
- Gancho, G (2017) La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, provincia de Chota – Cajamarca, Universidad Cesar Vallejo.
- Gutiérrez, A (2011). El agua de Infiltración de lluvia, agente desestabilizante de taludes en la provincia de Malaga, Modelos constructivos. Malaga, España.
- González, L (2002). Ingeniería Geológica. Madrid. España: Editorial Pearson.
- Hernández, R (2010). Metodología de la Investigación. México D.F. México: Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2017). Boletín Estadístico Virtual de la Gestión Reactiva.

- Suarez, J (2013). Guías de laboratorio de Mecánica de suelos. Bogota, Colombia.
- Vásquez, A & Bendezu, L (2008). Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú, Lima-Perú.
- Zavala, C & Barrantes, R (2007). Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrologicos en la región Cajamarca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú.