

Luis Angel Arriaga López.

PLAN PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN DE
CONCRETO CICLÓPEO, EN CARRETERA DE PRIMER ORDEN QUE
CONDUCE DE ALDEA AYARZA HACIA ALDEA TAPALAPA, CASILLAS,
SANTA ROSA.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo de 2023

Informe final de graduación.

PLAN PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN DE
CONCRETO CICLÓPEO, EN CARRETERA DE PRIMER ORDEN QUE
CONDUCE DE ALDEA AYARZA HACIA ALDEA TAPALAPA, CASILLAS,
SANTA ROSA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Luis Angel Arriaga López

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería
Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo de 2023

Informe final de graduación.

PLAN PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN DE
CONCRETO CICLÓPEO, EN CARRETERA DE PRIMER ORDEN QUE
CONDUCE DE ALDEA AYARZA HACIA ALDEA TAPALAPA, CASILLAS,
SANTA ROSA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo de 2023

Esta tesis fue presentada por el autor,
previo a obtener el título universitario de
Licenciado en Ingeniería Civil con
énfasis en Construcciones Rurales.

Prólogo.

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre “Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa”.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con pobladores y profesionales del área de estudio.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

- a) Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.
- b) Ser aplicable como alternativa de solución para otra localidad en condiciones similares.
- c) Proponer una solución práctica basada en conocimientos de obra civil adquiridos durante las clases universitarias aplicados a la infraestructura vial y al mantenimiento preventivo y correctivo.

El propósito fundamental de la presente investigación es promover la reducción de la cantidad de derrumbes presentados en el tramo carretero de estudio, lo que ha comprometido la seguridad de los usuarios y perjudicado sus actividades diarias en muchas ocasiones, por lo cual es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema de infraestructura encontrado.

Presentación.

Este trabajo de graduación del nivel de licenciatura se presenta con el título “Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de ineficientes estructuras anti-derrumbes.

Por lo tanto, el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el incremento en la cantidad de derrumbes, producto de no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto del tipo ciclópeo.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a profesionales de la municipalidad en función de la implementación de un proyecto constructivo mediante el cual se refuerce la infraestructura vial de la zona.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para hacer más seguro el tránsito por el tramo carretero de estudio, ya que frecuentemente se presenta deslizamientos de suelo, mediante un plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, esta propuesta está dirigida a los profesionales de obras públicas del municipio. De igual forma, se presenta la formación para la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta en general, en cuyo caso fungirá como tal la municipalidad de la zona de estudio.

La investigación realizada es el punto de partida, puesto que permite la detección y diagnóstico del problema basado en metodología y técnicas de estudio, lo cual sugiere la veracidad de dicho problema y que su resolución no es un esfuerzo absurdo.

ÍNDICE GENERAL.

Número.	Contenido.	Página.
	Prólogo	
	Presentación	
I.	INTRODUCCIÓN	1
I.1	Planteamiento del problema.....	2
I.2	Hipótesis	3
I.3	Objetivos	3
I.3.1	General.....	3
I.3.2	Específicos	3
I.4	Justificación	4
I.5	Metodología.....	5
I.5.1	Métodos	5
I.5.2	Técnicas	8
II.	MARCO TEÓRICO	9
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	85
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
IV.1	Conclusiones	96
IV.2	Recomendaciones	97
	BIBLIOGRAFÍA.	
	ANEXOS.	

ÍNDICE DE CUADROS.

Número.	Contenido.	Página.
1.	Clasificación de elementos estructurales	38
2.	Formas y dimensiones de la cuneta de sujeción recomendadas.....	54
3.	Percepción sobre incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	86
4.	Tiempo presentándose incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	87
5.	Cantidad de incremento de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa en el último año	88
6.	Dificultades de tránsito en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa por aumento de derrumbes	89
7.	Óptimas condiciones de taludes de carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	90
8.	Existencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	91
9.	Necesidad de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	92
10.	Calidad de vida de habitantes perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	93
11.	Circulación vehicular y peatonal perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	94
12.	Planificación para implementar plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	95

ÍNDICE DE FIGURAS.

Número.	Contenido.	Página.
1.	Derrumbe en el departamento del Cuzco, Perú (2018)	10
2.	Desprendimiento y colapso	15
3.	Tipos de vuelcos.....	16
4.	Tipos de deslizamientos	18
5.	Movimientos de flujo	19
6.	Camino rural de Serraduy a la Sierra de Sis	28
7.	Carretera en Niigata, Japón	31
8.	Esquema de cómo se clasifican las carreteras.....	34
9.	Disipador de energía semi-rústico.....	40
10.	Disipador de energía con diques	41
11.	Disipador de energía de escalones y rampas.....	42
12.	Disipador de energía a base de troncos	42
13.	Estructura con malla de acero tensada	43
14.	Estructuras contra volteo de rocas con muros.....	44
15.	Estructura de estabilización de rocas con malla anclada	45
16.	Barreras dinámicas contra derrumbes	45
17.	Estructura anti-derrumbes mediante túnel	46
18.	Estructura con gaviones	47
19.	Pendiente con banquetas en talud de corte	48
20.	Sección transversal de pendiente de una banquina	49
21.	Mortero proyectado (Shotcrete) en taludes naturales.....	51
22.	Diagramación del colocado de un relleno de sujeción y cuneta	53
23.	Cambio menor en un área de sedimentación de flujo de escombros	56
24.	Alcantarilla y barrera.....	57
25.	Badén.....	58
26.	Captura del suelo de descarga con un dique y cerco.....	59
27.	Clasificación de las fallas de estructuras anti-derrumbes	59

28. Principales tipos de muros de contención	68
29. Fuerzas que actúan sobre un muro de contención.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Número.	Contenido.	Página.
1.	Percepción sobre incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	86
2.	Tiempo presentándose incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	87
3.	Cantidad de incremento de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa en el último año	88
4.	Dificultades de tránsito en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa por aumento de derrumbes	89
5.	Óptimas condiciones de taludes de carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	90
6.	Existencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	91
7.	Necesidad de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	92
8.	Calidad de vida de habitantes perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	93
9.	Circulación vehicular y peatonal perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.....	94
10.	Planificación para implementar plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa	95

I. INTRODUCCIÓN.

El presente informe investigativo y titulado de ingeniería civil en el grado académico de licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, sobre ineficientes estructuras anti-derrumbes, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema, su causa y efecto, con la finalidad de proponer la implementación de un plan de construcción de obras de contención y sostenimiento del suelo carretero.

El contenido consta de dos tomos, el primero se divide en: cuatro capítulos que se identifican con números romanos; capítulo uno (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos (general y específico), metodología (métodos y técnicas); capítulo dos (II) está conformado por el marco teórico (aspectos conceptuales).

El capítulo tres (III) incluye la comprobación de la hipótesis, donde se muestra la tabulación y descripción gráfica de los datos obtenidos en las encuestas, el capítulo cuatro (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos son seguidos del apéndice bibliográfico.

Los anexos son: 1) formato dominó, 2) árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos 3) diagrama del medio de solución, 4) boleta de investigación efecto, 5) boleta de investigación causa, 6) cálculo de la muestra, 7) cálculo del coeficiente de correlación, 8) cálculo de la proyección lineal sin proyecto.

El segundo tomo consiste en presentar a manera de síntesis la información y datos más relevantes de la investigación, asimismo, anexas el planteamiento de la propuesta de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo y el presupuesto general de propuesta.

I.1 Planteamiento del problema.

El presente informe sobre fallas constructivas tiene origen en el incremento en la cantidad de derrumbes, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, esto debido a la falta de plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años en la carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

El incremento de la cantidad de derrumbes hace referencia a que actualmente los movimientos de tierra, deslizamientos de suelo, desprendimientos y rodamientos de rocas se han vuelto más frecuentes en el tramo carretero de estudio, por lo que la circulación de vehículos y peatones se ve constante mente interrumpida, además del hecho de que esta situación aumenta el riesgo de accidentes de tránsito y compromete la seguridad de los usuarios en general.

Este efecto se ha percibido por ineficientes estructuras anti-derrumbes presentes en el tramo carretero, lo cual significa que la infraestructura vial enfocada en la contención y estabilidad del suelo no cumple con su objetivo debido a que los factores externos (cantidad de lluvia, movimientos sísmicos, etc.) han sobrepasado el límite estructural interno de las obras y están han comenzado a ceder y en algunos casos ya han cedido por completo.

Toda esta situación tiene como causa principal la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, por medio de la cual se implementarían obras de contención y sostenimiento con mayor capacidad y se fortalecería las ya existentes.

Al proponer que se implementen este plan, se pretende que los profesionales puedan obtener una solución inmediata al problema encontrado y se logre reducir los derrumbes constantes a lo largo del tramo carretero de estudio.

I.2 Hipótesis.

Se pudo establecer la hipótesis de trabajo como parte del trabajo de investigación en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Hipótesis causal.

“El incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”.

Hipótesis interrogativa.

¿Será la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo la causante del incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, ¿por ineficientes estructuras anti-derrumbes?

I.3 Objetivos.

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

I.3.1 General.

Disminuir cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

I.3.2 Específico.

Contar con eficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

I.4 Justificación.

En la actualidad, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, se han producido un total de 28 derrumbes, esto son 13 siniestros más de esta índole que hace cinco años; esto supone un riesgo constante para los usuarios de este tramo carretero y aumento del gasto municipal en la limpieza constante de estos percances.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que el incremento en la cantidad de derrumbes es del 12.74% al año, por indeficientes estructuras anti-derrumbes, como consecuencia de no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo.

Esta situación tenderá al incremento en la cantidad de derrumbes en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que para el año 2027 la cantidad de este tipo de percances será de 41.

Por lo tanto, la implementación del plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo en el tramo carretero de estudio surge como una solución factible de la problemática, ya que esta permitirá la optimización general de la infraestructura vial enfocada en la contención, sostenimiento y estabilidad del suelo carretero al construir muros de contención con mayor capacidad de resistencia a los factores naturales y artificiales de erosión.

Resulta indispensable para el bienestar de los habitantes en general de las aldeas de estudio la implementación de esta propuesta para la construcción de muros de contención más apropiados para las condiciones del área, de esta forma reducir la cantidad de derrumbes producidos en un 90% en los siguientes cinco años, alcanzándose únicamente un total de 7 percances para el año 2027.

I.5 Metodología.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

I.5.1 Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone a continuación:

1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.

Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales de la carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa. Las técnicas utilizadas fueron:

a. Observación directa. Esta se realizó directamente en el tramo carretero de estudio, lo que permitió confirmar el aumento en la cantidad de derrumbes, a cuyo efecto se observó las condicionantes actuales de los muros y otras obras de contención y sostenimiento del suelo carretero, además, se indagó sobre los estudios de ingeniería para la implementación de dichas obras en su momento, por último, sobre los esfuerzos de las autoridades municipales en mejorar la infraestructura vial.

b. Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

c. Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los habitantes de las comunidades y a los profesionales de obras públicas del municipio, así como sus respectivos propietarios, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de ineficientes estructuras anti-derrumbes y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: “el incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”.

El método del marco lógico, permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

I.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

a. Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

b. Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar un muestreo estadístico para determinar la población efecto (variable Y), cálculo que resultó en 75 pobladores, cuyo nivel de confianza es del 90% y error del 10%; para la población causa (variable X), se censó o investigó la totalidad de la población, pues la misma estaba constituida por 12 profesionales municipales de obras públicas; con lo que se establece que el nivel de confianza en este caso será del 100% y error de 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

I.5.2 Técnicas.

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

II. MARCO TEÓRICO.

La siguiente recopilación investigativa concierne al segmento teórico y documental de autores que han explicado y generado una base científica que ayuda a entender mejor el tema y generar propuesta de solución. Con la finalidad de desarrollar el presente capítulo, fueron objeto de consulta autores nacionales y extranjeros, medios de comunicación visual y escrito, para así sustentar las definiciones conceptuales.

II.1. Aspectos conceptuales.

Derrumbes.

“Un derrumbe o deslizamiento se define como el movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formada por materiales naturales: roca, suelo, vegetación o bien rellenos artificiales. Representa uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos. Se presentan sobre todo en la época lluviosa o durante períodos de actividad sísmica”. (CNE, 2021).

También puede definirse cómo: “un corrimiento de tierra (llamados erróneamente alud o aluvión en algunas partes) es el desplazamiento de una masa grande de tierra que se desprende por una vertiente o ladera, precipitándose por ella”. (Gascón, 2005).

“Los corrimientos de tierra pueden ser provocados por terremotos, erupciones volcánicas o inestabilidad en las zonas circundantes, así como explosiones causadas por el hombre para construcciones. Los corrimientos de barro o lodo (deslaves) son un tipo especial de corrimiento cuyo causante es el agua que penetra en el terreno por precipitaciones fuertes, modificándolo lo que provoca el deslizamiento. Esto ocurre con cierta regularidad en varios lugares como California (en) durante los períodos de lluvias”. (Gascón, 2005).

Estos fenómenos son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta. Si bien la gravedad que actúa sobre las laderas es la principal

causa de un deslizamiento, su ocurrencia también depende de variables como son las clases de rocas y suelos, la Topografía (lugares montañosos con pendientes fuertes), orientación de las fracturas o grietas en la tierra, cantidad de lluvia en el área, actividad sísmica, actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.) y la erosión (por actividad humana y de la naturaleza). (UNGRD, 2009).

Figura 1. Derrumbe en el departamento del Cuzco, Perú (2018).



Fuente: Ministerio de Defensa del Perú, 2018.

“**Orígenes.** Los deslizamientos de tierra ocurren con mayor frecuencia que cualquier otro evento geológico. Se producen a diario en las capas más superficiales del terreno como consecuencia de fuertes precipitaciones o de ondas sísmicas. Un Terremoto violento también puede desencadenar decenas de miles de deslizamientos de diversa gravedad y los mismos varían según el tipo de movimiento caídas, deslizamientos, derrumbe”. (Easterbrook, 1999).

“En todos los casos los deslizamientos o movimientos de masa no son iguales, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y la forma como se originan. Estas son algunas de las formas más frecuentes:” (Easterbrook, 1999).

“**Caída:** una caída se inicia con el desprendimiento de suelo o roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, rebota o rola. Ocurre en forma rápida sin dar tiempo a eludirlas”. (Le Bas, 2007).

“**Volcamiento:** consiste en el giro hacia delante de una masa de suelo o roca respecto a un punto o eje debajo del centro de gravedad del material desplazado, ya sea por acción de la gravedad o presiones ejercidas por el agua”. (Le Bas, 2007).

“**Deslizamiento:** es el movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno) y se puede presentar de dos formas:” (National Research Council, 1996).

a. “Deslizamiento Rotacional: Los desplazamientos ocurren o tienen lugar a lo largo de una superficie de ruptura de forma curva o cóncava”.

b. “Deslizamiento Traslacional: Consiste en el desplazamiento de una masa a lo largo de una superficie de ruptura de forma plana u ondulada”.

“**Flujos de tierra:** son movimientos lentos de materiales blandos. Estos flujos frecuentemente arrastran parte de la capa vegetal”. (Le Bas, 2007).

“**Flujos de lodo:** se forman en el momento en que la tierra y la vegetación son debilitadas considerablemente por el agua, y alcanzan gran fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es larga”. (Le Bas, 2007).

“Reptación: es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar por la inclinación de los árboles y postes, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas”. (National Research Council, 1996).

“Licuefacción: se da en zonas de arenas limosas saturadas, o en arenas muy finas redondeadas (loess). Debido a la gran cantidad de agua intersticial que presentan, las presiones intersticiales son tan elevadas que un seísmo, o una carga dinámica, o la elevación del nivel freático, pueden aumentarlas, llegándose a anular las tensiones efectivas. Esto motiva que las tensiones tangenciales se anulen, comportándose el terreno como un «pseudolíquido». Se produce, entre otros terrenos, en rellenos mineros”. (National Research Council, 1996).

“Causas. Los derrumbes ocurren por gravedad, en lugares montañosos con pendientes fuertes o barrancos, cuando a la pendiente le es imposible retener el material de tierra. Incluso hay lugares con pendientes de pocos grados (1-2°) que han tenido derrumbes. Los derrumbes no solo ocurren sobre tierra, sino que pueden ocurrir debajo del mar. El material de tierra puede caer, volcarse, deslizarse, regarse o fluir, y por eso depende del tipo de derrumbe, rocas, suelos y vegetación”. (Museo de Ciencias de Puerto Rico, 2020).

“Los detonantes principales y naturales de los derrumbes son las lluvias prolongadas e intensas, los temblores de la tierra y los volcanes. Las actividades de los seres humanos complican la situación de derrumbes, como ejemplos: cuando ha ocurrido tala de árboles, cuando hay construcciones de casas en terrenos con problemas geográficos y no autorizados, cuando hay ríos que no han sido canalizados, o donde haya filtraciones de agua por pozos sépticos”. (Museo de Ciencias de Puerto Rico, 2020).

“A continuación, se presenta una lista completa sobre las razones más comunes por las que ocurren deslizamientos:” (Museo de Ciencias de Puerto Rico, 2020).

a. “Causas geológicas-roca o suelos: ”

1. “Materiales débiles, inestables o sensibles”.
2. “Materiales afectados por el clima del área”.
3. “Orientación de grietas”.
4. “Contraste de la permeabilidad y/o rigidez de los materiales-grado de licuefacción”.

b. “Causas morfológicas:”

1. “Movimiento tectónico o volcánico”.
2. “Erosión de un glaciar”.
3. “Erosión subterránea”.
4. “Cambios en la pendiente de carga o cresta de montaña”.
5. “Eliminación de la vegetación (por fuegos forestales o sequía)”.
6. “Desgaste del terreno por congelación y descongelación”.

c. Causas humanas:

1. “Excavación de la pendiente/ladera”.
2. “Deforestación”.
3. “Riego”.
4. “Minería”.
5. “Vibración artificial”.
6. “Fuga de agua de la residencia o filtraciones en el terreno por pozos sépticos”.

Derrumbes en caminos.

Son movimientos de suelo localizados en taludes, barrancos y pendientes a orillas de cualquier camino o carretera, que pueden ser causados por la erosión natural o por el mal trabajo en la fijación de taludes en la obra.

“El movimiento de tierras está estrechamente ligado a la construcción de carreteras, ya que con él se consigue adoptar la rasante de proyecto mediante la creación de terraplenes y desmontes”. (Structuralia, 2019).

“Los terraplenes serán necesarios cuando la rasante de la carretera se encuentra a una cota mayor que la del terreno natural por lo que será necesario añadir material, priorizándose el uso del extraído en otras zonas de las obras por tema económico y medioambiental”. (Structuralia, 2019).

“Por otro lado, los desmontes aparecen cuando la carretera discurre a una cota inferior a la del terreno, teniéndose que excavar parte de la superficie. También se puede dar el asentamiento a media ladera, en la que se combina una zona en terraplén y otra en desmonte”. (Structuralia, 2019).

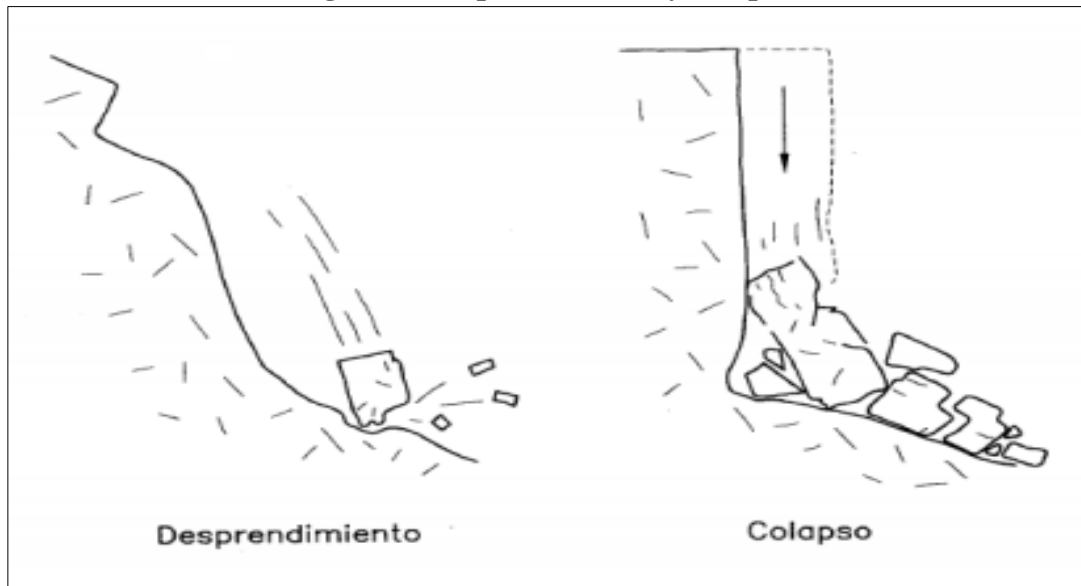
“Debido a la importancia que tiene este tipo de obras en el buen funcionamiento de las carreteras, hay que prestar gran atención a posibles fallos en la estabilidad de los taludes. A continuación, vamos a ver las principales inestabilidades que pueden aparecer en los terraplenes y desmontes de las carreteras:” (Structuralia, 2019).

“Desprendimientos. Se puede definir como desprendimiento a la separación de una masa de un talud de un desmonte mediante una superficie de corte, normalmente pequeña, y cuya caída se realiza en gran parte por el aire”. (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

“Generalmente los desprendimientos afectan a zonas aisladas, aunque en ocasiones se puede producir el colapso de una masa importante, estos son muy peligrosos y producen grandes daños en la infraestructura”. (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

“Las zonas donde se pueden producir este tipo de inestabilidades presenta una geología que alterna capas resistentes y débiles, produciéndose la meteorización de las capas blandas que concentra las presiones en el borde, lo que causa la rotura por flexotracción”. (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

Figura 2. Desprendimiento y colapso.



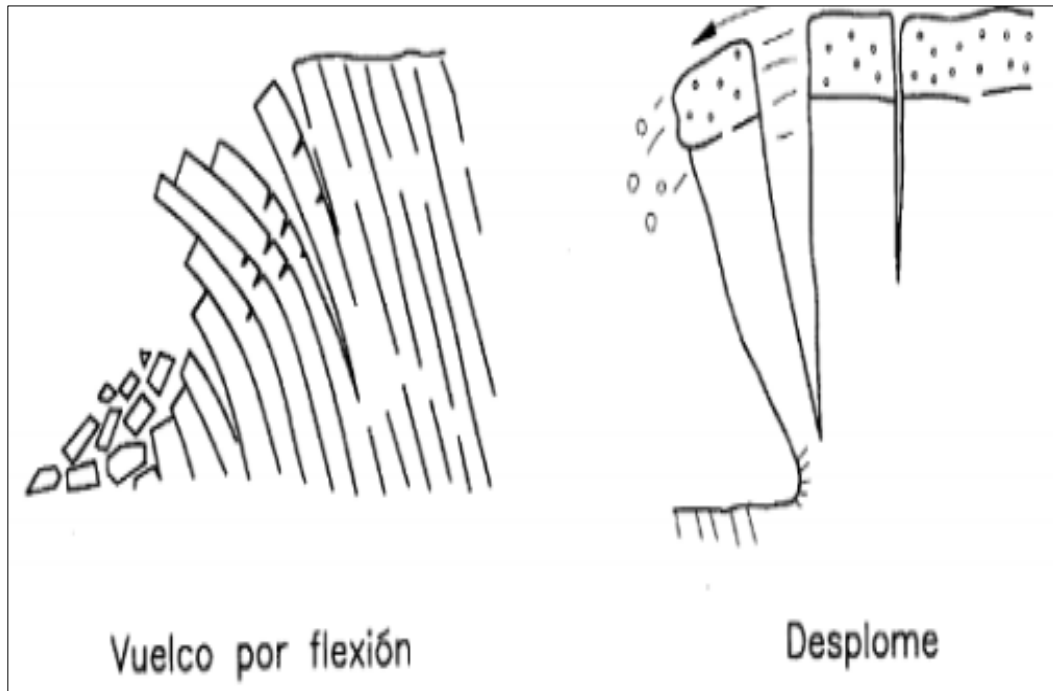
Fuente: García, Yagüe, & Corimas, 2005.

“**Vuelcos.** Este tipo de inestabilidad solo se presenta en medios rocosos e implica la rotación de una masa en forma de columna o bloque sobre una base bajo la acción de la gravedad y otras fuerzas, como la presión que ejerce el agua presente en las discontinuidades. Dentro de los vuelcos se puede diferenciar dos procesos:” (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

“**Vuelco por flexión:** aparece en rocas con un sistema de discontinuidades que forman vigas en voladizo que se “doblan” hacia delante rompiéndose por flexión. Este movimiento es característico en filitas, o en pizarras finamente estratificadas”. (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

“Desplome: la masa desprendida produce un movimiento de giro brusco provocándose la rotación en su base externa. Se producen normalmente en bordes en acantilados rocosos”. (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

Figura 3. Tipos de vuelcos.



Fuente: García, Yagüe, & Corimas, 2005.

“Deslizamientos. Los deslizamientos son las patologías que más afectan a la estabilidad de los terraplenes de las carreteras. Este tipo de movimientos se producen a lo largo de una o varias superficies al superarse la resistencia al corte del material del talud. Dentro de los deslizamientos podemos encontrar los siguientes tipos:” (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

“Deslizamientos rotacionales: tiene lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna de forma circular o cóncava, alrededor de un eje paralelo al

talud. Se pueden diferenciar tres tipos en función de la parte del talud en que se originen:” (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

- a. “Superficie de rotura de talud, cuando se rompe por encima de su pie”.
- b. “Rotura de pie de talud, superficie desde el pie del talud hasta por encima de la base”.
- c. “Rotura de base del talud, si la rotura queda por debajo del pie del talud”.

“Deslizamientos traslacionales: en este tipo de movimientos el terreno se desplaza hacia afuera y abajo mediante una superficie plana o ligeramente ondulada en la que aparecen pequeños movimientos de rotación. Podemos encontrar diferentes tipos dentro de los deslizamientos traslacionales:” (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

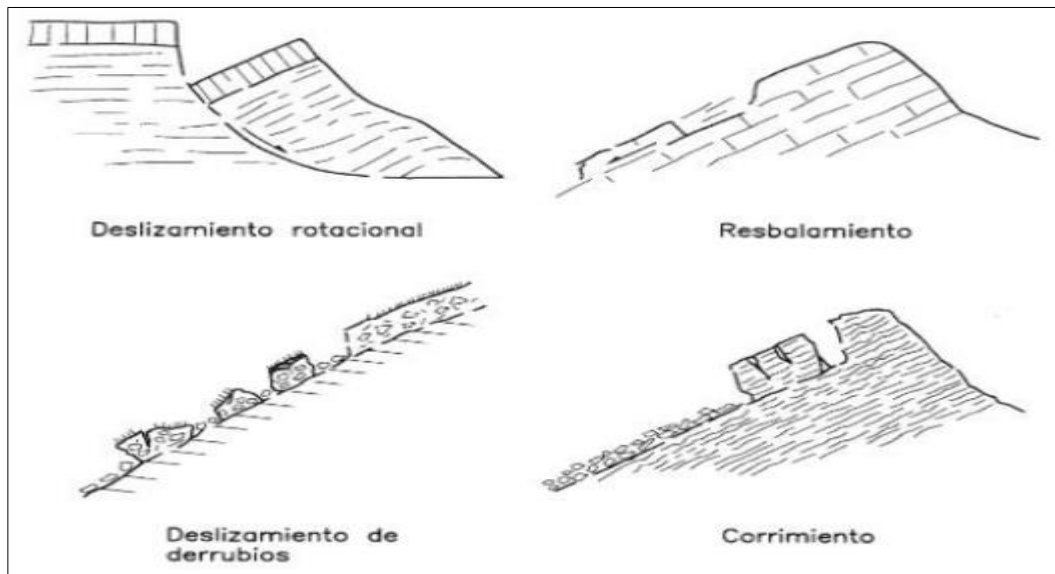
- a. “Resbalamientos”.
- b. “Deslizamientos en cuña”.
- c. “Corrimientos”.

“Deslizamientos de derrubios: cabe destacar que, a diferencia de los deslizamientos rotacionales, que tienden a restablecer un equilibrio, los traslacionales pueden mantenerse indefinidamente si la superficie de rotura es inclinada y continua”. (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

“Extensiones laterales: dentro de este tipo de inestabilidad del terreno podemos diferenciar dos tipos:” (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

- a. “Fracturación y extensión de material compacto, debidos a la licuefacción de sedimentos arcillosos”.
- b. “Movimientos sin zonas basales de cizalla o flujo plástico: movimientos muy lentos que afectan sobre todo a litologías blandas y deformables como arcillas húmedas”.

Figura 4. Tipos de deslizamientos.



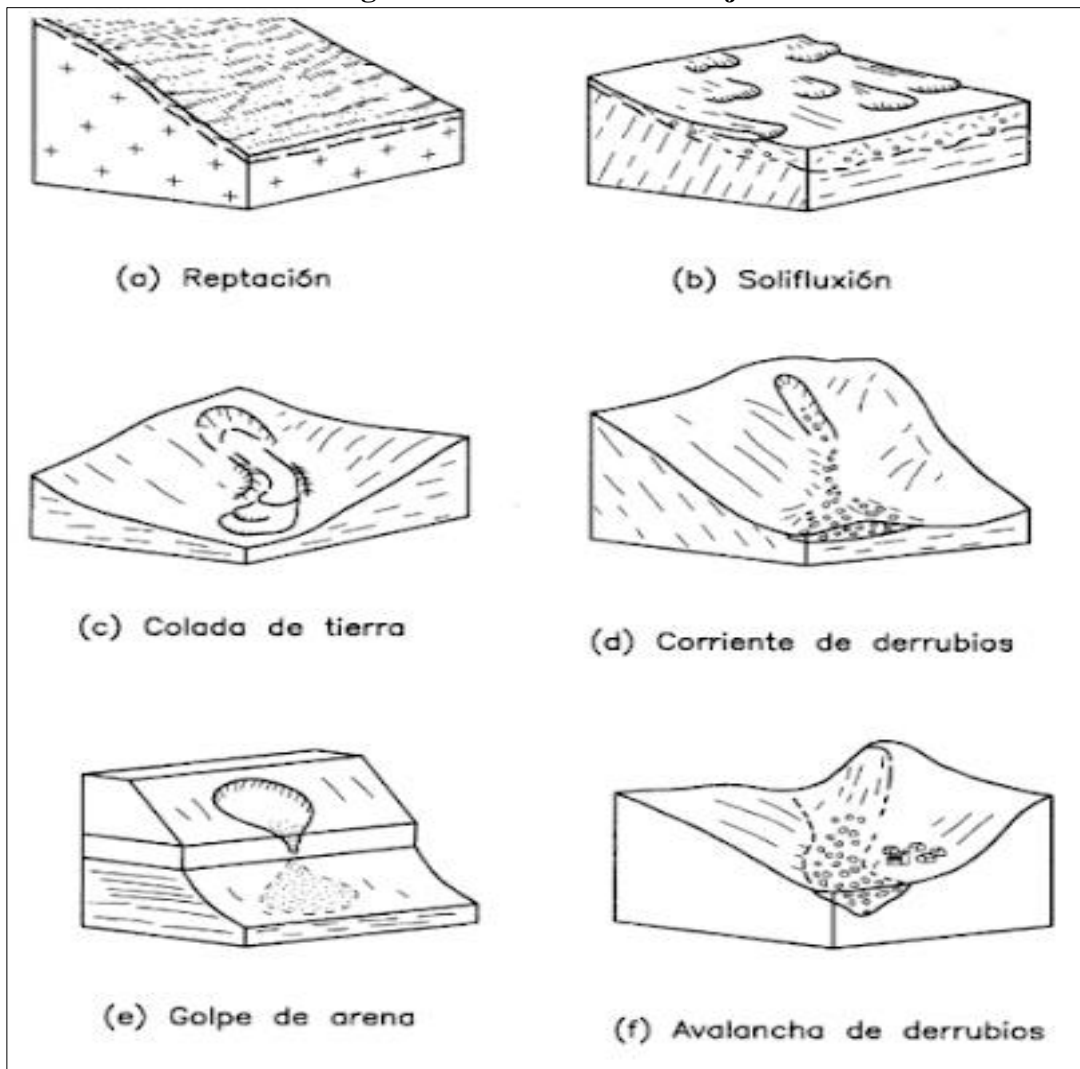
Fuente: García, Yagüe, & Corimas, 2005.

“**Flujos.** La principal característica de este tipo es su similitud al movimiento de un fluido viscoso en el que su velocidad dependerá del contenido de agua, la inclinación de la ladera o su drenaje. Pueden llegar a ser muy peligrosos si se dan ciertas condiciones, llegándose a producir grandes avalanchas. A continuación, vamos a ver los diferentes tipos de flujos que se pueden producir:” (García, Yagüe, & Corimas, 2005).

- a. “Reptación: movimiento muy lento en superficies sin corte solo apreciable con su estudio en largos periodos de tiempo”.
- b. “Coladas de tierra: flujo lento de tierras o rocas en laderas de inclinación moderada.
- c. Solifluxión: desplazamientos de pequeñas dimensiones que aparecen en suelos cohesivos y de poco espesor”.
- d. “Corriente de derrubios: movimientos rápidos de material detrítico de grandes dimensiones como arenas o gravas con gran contenido de agua”.
- e. “Golpes de arena y limo: se producen en este tipo de materiales por colapso estructural”.

f. “Avalanchas: movimientos de grandes volúmenes de tierras o rocas a alta velocidad”.

Figura 5. Movimientos de flujo.



Fuente: García, Yagüe, & Corimas, 2005.

Indicadores del incremento de derrumbes de caminos.

- Aumento de los costos de mantenimiento y reparación por daños de la carretera.
- Mayor cantidad de embotellamientos vehiculares ocasionados por la obstaculización de los derrumbes.

- c. Aumento en la cantidad de accidentes vehiculares y peatonales relacionados con los movimientos de tierra.
- d. Incremento en el tiempo de transitabilidad por el tramo carretero derivado del riesgo por movimientos de tierra.
- e. Pérdidas económicas en las poblaciones, empresas y demás entidades que utilizan el camino, esto como consecuencia de la detención de mercancías.
- f. Reducción del flujo de tráfico por el camino debido al riesgo de accidente.

De una forma más amplia se puede explicar que el incremento de la cantidad de derrumbes en un tramo carretero puede ser un indicador de una serie de factores que se abordan a continuación:

1. Aparición de nuevas grietas o fisuras en la carretera: si aparecen nuevas grietas o fisuras en la carretera, esto puede ser un indicador de que hay problemas con la estabilidad del suelo debajo de la carretera. Esto puede indicar que el suelo se está moviendo o desplazando, lo que puede aumentar el riesgo de que ocurran derrumbes.

2. Deslizamiento de tierra en las laderas adyacentes: si hay deslizamientos de tierra en las laderas adyacentes a la carretera, esto puede ser un indicador de que la infraestructura de la carretera está en riesgo. Los deslizamientos de tierra pueden ser causados por la erosión, la lluvia intensa o la actividad sísmica, y pueden ser un signo de que la zona es inestable.

3. Cambios en la vegetación: si hay cambios en la vegetación en las laderas adyacentes a la carretera, esto puede ser un indicador de que hay problemas con la estabilidad del suelo. Por ejemplo, si hay una disminución en la densidad de la vegetación, esto puede indicar que el suelo se está erosionando y que la infraestructura de la carretera está en riesgo.

4. Aparición de grietas en las estructuras adyacentes: si hay grietas en las estructuras adyacentes a la carretera, como los edificios o puentes cercanos, esto puede ser un indicador de que hay problemas con la estabilidad del suelo. Las estructuras adyacentes pueden estar construidas sobre el mismo tipo de suelo que la carretera, por lo que si hay problemas con la estabilidad del suelo debajo de la carretera, esto también puede afectar a las estructuras cercanas.

5. Historial de derrumbes en la zona: si hay un historial de derrumbes en la zona, esto puede ser un indicador de que la infraestructura de la carretera está en riesgo. Los derrumbes pueden ser causados por una variedad de factores, como la erosión, la lluvia intensa, la actividad sísmica o la construcción deficiente de la infraestructura de la carretera.

El aumento de la cantidad de derrumbes en un tramo carretero puede ser un indicador de una serie de factores, como la estabilidad del suelo, la actividad sísmica, la erosión y la construcción deficiente de la infraestructura de la carretera. Es importante monitorear de cerca estos indicadores y tomar medidas adecuadas para prevenir y mitigar los derrumbes en la carretera.

Además, es importante estar preparados para tomar medidas de emergencia en caso de que ocurran derrumbes, como la evacuación de la zona afectada, la reparación de la infraestructura de la carretera y la implementación de medidas preventivas adicionales.

Afección a habitantes por derrumbes.

Los derrumbes son desastres naturales que pueden perjudicar directa o indirectamente a una población, se habla de afección directa cuando el movimiento de tierra se da en medio de una comunidad y provoca pérdidas humanas y económicas por daños a viviendas, cultivos y empresas.

La afección indirecta en cambio, se da cuando el movimiento de tierra afecta una zona aledaña a la población, pero con consecuencias en el bienestar de las mismas, ya sea por la pérdida de cultivos, animales e incluso la incomunicación por la pérdida de una vía de acceso como puente o camino.

Los derrumbes en un tramo carretero pueden tener un impacto significativo en la población local y en las comunidades cercanas. Los efectos pueden variar según la ubicación del derrumbe, la magnitud del evento y los medios de transporte disponibles como alternativa.

En primer lugar, los derrumbes pueden interrumpir el tráfico en la carretera afectada, lo que puede dificultar el acceso a las áreas circundantes. Esto puede tener un impacto negativo en la economía local, ya que el transporte de bienes y servicios se vuelve más difícil y costoso. Además, las personas que dependen de la carretera para llegar a sus trabajos, escuelas u otros destinos pueden verse afectadas, lo que puede resultar en pérdidas de empleo o dificultades para asistir a la escuela.

En segundo lugar, los derrumbes pueden poner en peligro la seguridad de las personas que viajan por la carretera afectada. Si el derrumbe es lo suficientemente grande, puede bloquear completamente la carretera y poner en riesgo la vida de las personas que se encuentran en el área. Además, los derrumbes pueden dañar gravemente los vehículos que se encuentran en la carretera en el momento del evento, lo que puede resultar en lesiones graves o incluso en la pérdida de vidas.

En tercer lugar, los derrumbes pueden tener un impacto en la infraestructura local, incluyendo el agua y las líneas de energía. Si el derrumbe afecta las líneas de energía, puede haber apagones en la zona afectada. Si el derrumbe afecta las tuberías de agua, puede haber interrupciones en el suministro de agua potable. Estas interrupciones

pueden tener un impacto significativo en la vida diaria de las personas que viven en las zonas afectadas.

En cuarto lugar, los derrumbes pueden tener un impacto en el medio ambiente local. Si el derrumbe ocurre en una zona boscosa, por ejemplo, puede haber una pérdida significativa de hábitat natural y una disminución en la biodiversidad del área afectada. Además, los derrumbes pueden provocar la erosión del suelo y la contaminación de los cuerpos de agua cercanos, lo que puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas que viven en la zona.

En resumen, los derrumbes en un tramo carretero pueden tener un impacto significativo en la población local y en las comunidades cercanas. Es importante tomar medidas para reducir el riesgo de derrumbes, incluyendo la construcción de infraestructura resistente y la implementación de medidas preventivas adecuadas. Además, es importante tener planes de emergencia en su lugar para manejar los eventos de derrumbe y minimizar su impacto en la población y en el medio ambiente local.

“Las consecuencias de deslizamientos y derrumbes son:” (OPS, 1992).

1. “Pérdida de vidas humanas (personas sepultadas)”.
2. “Destrucción de edificios”.
3. “Áreas incomunicadas”.
4. “Inundaciones por el desbordamiento de embalses o lagos e inundación consiguiente”.
5. “Pérdida de cosechas presentes y futuras”.

“Los efectos de la erosión, a veces, tarda en manifestarse, de acuerdo con las características físicas del suelo, del uso al cual se dedica, del régimen de lluvia, de la presencia de ondas de origen sísmico, etc. Sin embargo, tarde o temprano, la erosión

manifiesta consecuencias negativas, sobre todo en la agricultura, aun cuando no provoque movimientos de tierra, como deslizamientos”. (OPS, 1992).

“Con la erosión se pierden las capas superficiales del terreno, que generalmente son las más fértiles. Llega el momento en que el campesino no puede cultivar en forma rentable. Además, el cultivo del maíz en terrenos con pendiente pronunciada es en sí una causa de erosión y del consiguiente empobrecimiento de los suelos. El cultivo de subsistencia ocupa los peores terrenos, y favorece la erosión de zonas de montaña, el empobrecimiento del terreno y la crisis alimenticia de los países”. (OPS, 1992).

“Las inundaciones y los derrumbes son parecidos por su capacidad para transportar depósitos de sedimentos a través de grandes extensiones y causar cambios en la conformación del terreno. La obstrucción gradual pero continua tiene efectos acumulativos que van aumentándose con el tiempo, mientras que un suceso grave — como una inundación rápida e imprevisible o un derrumbe— cambia significativamente el terreno”. (Walpole, Secretariado para la Justicia Social – Compañía de Jesús – Roma, 2011).

“La unión de procesos naturales negativos y cambios inducidos por el hombre en una zona determinada puede aumentar dramáticamente la inestabilidad y el riesgo de desastres”. (Walpole, Secretariado para la Justicia Social – Compañía de Jesús – Roma, 2011).

“Conos aluviales y ríos trezados. Los conos aluviales nuevos son porosos y pueden ser erosionados fácilmente por corrientes fuertes. Un río que corre por el cono puede fácilmente abrirse en varios canales corriente abajo, que convergen y luego divergen creándose zonas con una apariencia trezada. Las poblaciones localizadas en los bancos o muy cercanas a un río trezado son susceptibles a recibir inundaciones

rápidas e imprevisibles y caudales de desechos, ya que el río forma nuevas rutas”. (Sidle & Hirotaka, 2006).

“Poca profundidad y ensanchamiento de los ríos. La erosión gradual pero continua, obstruye lentamente los canales del río con sedimento y desechos; grandes y múltiples derrumbes detonados por episodios de tormentas fuertes pueden lanzar toneladas de material y desechos a quebradas y ríos lo que afecta la capacidad del río para sostener y drenar las aguas lluvias al mar. Al aumentar la presión por el uso de la tierra, no solamente se exacerbaban la erosión y sedimentación, también se aumenta el grado de destrucción y el impacto en la gente y sus medios de subsistencia”. (Sidle & Hirotaka, 2006).

“Mientras que los derrumbes se limitan a zonas más detectables y pequeñas, la degradación generalizada del suelo (pérdida de tierra y drenaje de nutrientes) por el uso inapropiado de la tierra. deforestación, pastoreo excesivo, salinidad del nivel freático por demasiada extracción de agua subterránea para riego y uso doméstico, causa grandes pérdidas económicas y hambrunas después de un tiempo”. (Sidle & Hirotaka, 2006).

“Formación de un delta de sedimentos arrojados por montañas y ríos. Los valles interiores inundables, las ciénagas, los deltas costeros y las zonas cercanas a los grandes ríos son lugares donde por naturaleza se desborda la inundación, estos hacen que el flujo del agua sea pausado y permite que los nutrientes y sedimentos se fijen; estas tierras, ricas y fértiles, tienen cada vez más demanda para agricultura, industria y vivienda”. (Sidle & Hirotaka, 2006).

“En la medida en que las poblaciones se establecen, múltiples derrumbes, detonados por las fuertes tormentas, les lanzarán toneladas de materiales y desechos llevados por las corrientes. Las estructuras de ingeniería para controlar las inundaciones y las

presas que canalizan el agua afectan la capacidad del río para sostener y drenar las aguas lluvias hacia el mar y destruyen el movimiento natural de los sedimentos y nutrientes”. (Sidle & Hirota, 2006).

“Recomendaciones ante derrumbes. Las zonas propensas a derrumbes son fácilmente detectables y localizadas en todos los países; las zonas vulnerables necesitan atención tanto en la preparación y manejo de la comunidad como en el mejoramiento gubernamental para identificar y asignar terrenos apropiados para reubicar la población y sus medios de subsistencia. La mala identificación de las causas reales que detonan los derrumbes y las inundaciones han demorado y entorpecido la respuesta apropiada y reforzado los problemas”. (Walpole, 2007).

“La gente necesita saber cuáles son los riesgos del lugar en donde está situada su vivienda y su medio de subsistencia; al desarrollar un entendimiento de los riesgos y qué niveles de respuesta se necesitan antes, durante y después de un desastre se promueve un mejor gobierno y el uso estratégico de los pocos recursos. El conocimiento tradicional de una zona y la memoria histórica son con muchas veces demasiado limitados y las comunidades que son las más vulnerables en el evento de un desastre generalmente no están orientadas ni preparadas para actuar”. (Walpole, 2007).

“Esto tiene como resultado la marginalidad de la gente, especialmente de los más pobres que corren el riesgo más alto, reciben el peor impacto y son los que más lentamente se recuperan de los desastres”. (Walpole, 2007).

“Las competencias en el manejo de un desastre desde la comunidad incluyen:” (Walpole, 2007).

- a. “Desarrollar confianza en su preparación aumentándose la conciencia de la comunidad sobre los riesgos de un desastre en la zona, a través de entrenamiento y capacitación, y desarrollándose mecanismos de aviso temprano y estrategias de evacuación”.

- b. “Capacitar al gobierno local para cambiar de respuestas después del hecho a acciones anteriores al desastre en zonas identificadas como vulnerables. Previo al desastre, desarrollar atenuantes y preventivos, respuesta y manejo del desastre, tanto como rehabilitación y reconstrucción después del desastre”.

- c. “Identificar los múltiples riesgos y valorar los riesgos en desastres”.

- d. “Delimitar las zonas y asignar los terrenos especialmente en proyectos de reubicación y desarrollo de vivienda”.

- e. “Establecer los medios de subsistencia o ampliar las opciones de subsistencia para la población afectada”.

Para prevenir y mitigar los derrumbes en una carretera, es importante llevar a cabo una evaluación y monitoreo regular de la estabilidad del suelo y la infraestructura de la carretera. Esto puede incluir la instalación de sistemas de monitoreo sísmico y de la humedad del suelo, así como la realización de inspecciones regulares de la infraestructura de la carretera para detectar cualquier signo de deterioro o daño.

Además, es importante tomar medidas preventivas adecuadas, como la construcción de sistemas de drenaje adecuados para evitar la acumulación de agua en la carretera, la construcción de muros de retención para estabilizar las laderas adyacentes y la implementación de técnicas de ingeniería geotécnica para mejorar la estabilidad del suelo.

En caso de que ocurran derrumbes, es importante tener planes de emergencia en su lugar para asegurar la seguridad de las personas que se encuentran en la zona afectada. Esto puede incluir la evacuación de la zona afectada, la coordinación con los servicios de emergencia locales y la implementación de medidas de reparación de la infraestructura de la carretera para restaurar el acceso a la zona afectada.

Caminos.

“Un camino, en sentido lato, designa toda vía de comunicación entre dos puntos; en su sentido restringido y más usado, se aplica a las vías terrestres de comunicación. Los caminos son bienes de dominio público de la nación, provincia o municipio, y de aprovechamiento común. Naturaleza que, así como la cualidad de ser imprescriptible, se les reconoce desde antiguo”. (Espasa, 1940).

Figura 6. Camino rural de Serraduy a la Sierra de Sis.



Fuente: Guerola, 1998.

“Las funciones de la administración pública con respecto a los caminos pueden reducirse a tres:” (Espasa, 1940).

1. “Construirlos y repararlos”.
2. “Conservar su propiedad”.
3. “Regular el aprovechamiento común”.

“Es de creer que desde el momento en que los pueblos fueron relacionándose entre sí fueron estableciéndose rutas para facilitar la comunicación, y que se establecerían reglas de policía para su conservación y aseo. Se dice que los persas tuvieron tres caminos principales muy buenos. Según Diodoro de Sicilia, Semíramis estableció por todos sus estados una especie de caminos o vías militares para cuya construcción hizo rebajar colinas, rellenar valles y fosos y formar diques y calzadas elevadas. Justino asegura asimismo que Jerjes empleó sumas considerables para la construcción de caminos públicos”. (Espasa, 1940).

“Caminos rurales. Los caminos rurales unen las aldeas y las poblaciones más pequeñas de mercado regional, y son los caminos terciarios, secundarios y de penetración. Normalmente, no son pavimentados, o tienen una capa delgada de asfalto; son más angostas y las curvas son más cerradas y las cuestas más empinadas que las de las carreteras. Pueden ser de toda estación o sólo temporales y, a menudo, tienen vados o transbordadores en vez de puentes. Las carreteras que cruzan las regiones rurales, sean pavimentadas o no, se tratan en el artículo carretera”. (Banco Mundial, 2014).

“Ubicación del camino. La ubicación del camino constituye la decisión más crítica en cuanto a su construcción. Esta determinará, el tipo y la magnitud de los impactos ambientales y sociales que causarán. Los caminos rurales que más afectan el entorno son los que:” (Banco Mundial, 2014).

- a. “Atraviesan las tierras de los pueblos indígenas; o terrenos silvestres críticos”.

- b. “Alteran el equilibrio natural en zonas con potenciales peligros naturales; áreas que constituyen el hábitats de la fauna silvestre”.
- c. “Los que se adentran en áreas no idóneas para los cambios de uso del suelo”.

“Impactos sociales positivos: la construcción de un camino puede traer una multitud de beneficios para la gente local, como, por ejemplo:” (Banco Mundial, 2014).

- a. “Mayor acceso a los mercados”.
- b. “Más servicios asociados con el bienestar, tales como electricidad, agua potable, servicios de extensión, sistemas de crédito, servicios de salud y educación; estímulo a las agroindustrias”.
- c. “Aumenta el valor de los terrenos próximos a causa el uso más intensivo de la tierra; Mayores oportunidades de empleo”.
- d. “Cambios en los usos y métodos agrícolas que conllevan un incremento de la producción y a superar la agricultura de subsistencia con excedentes para la venta y aumento de prosperidad de los pueblos”.

“Impactos sociales negativos: los principales inconvenientes que suelen presentarse a causa de la construcción o modificación sustancial de la red de caminos rurales son:” (Banco Mundial, 2014).

- a. “A menudo, suben los arriendos o cambia la propiedad o los derechos de utilización de los recursos, de las clases pobres a las más ricas”.
- b. “Puede afectar negativamente a las minorías étnicas, que vivieron asiladas geográfica y políticamente del resto del país”.

“Carretera. Una carretera o ruta es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles”. (Word FAQ, 2007).

“Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte”. (Word FAQ, 2007).

“En las áreas urbanas las carreteras divergen a través de la ciudad y se les llama calles para tener un papel doble como vía de acceso y ruta. La economía y la sociedad dependen fuertemente de unas carreteras eficientes. En la Unión Europea el 44 % de todos los productos son movidos por camiones y el 85 % de los viajeros se mueven en autobús o en coche”. (European Communities and Transportation, 2007).

“No obstante, una red tupida y eficiente no siempre se beneficia de la construcción de nuevas carreteras: la Paradoja de Braess o la Posición de Lewis-Mogridge explican cómo un nuevo tramo vial puede, paradójicamente, empeorar la situación del tráfico”. (European Communities and Transportation, 2007).

Figura 7. Carretera en Niigata, Japón.



Fuente: Aney, 2004.

“Características. Según el interés que presenta y que está determinado generalmente por la intensidad del tráfico, una carretera puede ser de:” (Martínez Corrales, 2002).

1. “Primer orden o de interés nacional”.
2. “Segundo orden o de interés regional”.
3. “Tercer orden o de interés provincial”.

“Cuanto más importante es su categoría, mayores suelen ser también las comodidades que presentan para el tránsito:” (Martínez Corrales, 2002).

- a. “Calzada más ancha”.
- b. “Rampas menos grandes”.
- c. “Curvas menos numerosas y más anchas y abiertas”.
- d. “Pavimento esmerado”.
- e. “Semáforos y otras señales más completas y eficaces”.

“Las mejores carreteras y las más rápidas y seguras son las autopistas”. (Martínez Corrales, 2002).

“Partes de una carretera. Las carreteras, según su complejidad constan de las siguientes partes:” (Laurenec, 1960).

- a. “Calzada: La parte de la calle o de la carretera destinada a la circulación de los vehículos, puede estar compuesta de uno o varios carriles”.
- b. “Cuneta o drenaje: Es una zanja o canal localizada a los lados de las calles y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones”.
- c. “Acera: Es una superficie pavimentada a la orilla de una calle para uso de personas que se desplazan a pie o peatones. Normalmente se sitúa a ambos lados de la calzada”.

- d. “Paso de peatones: Son la zona de intersección una o más calles y el tránsito peatonal; es la parte del itinerario peatonal que cruza la calzada de circulación de vehículos, al mismo o a diferente nivel”.
- e. “Ciclovía: Es un nombre genérico dado a las calles destinadas de forma exclusiva o compartida para la circulación de bicicletas”.
- f. “Arcén, zona de dominio público, zona de servidumbre y zona de afección”.

Jerarquía de caminos.

La clasificación de caminos o carreteras muchas veces se encuentra supeditada a las normas regulativas de cada país, por lo que algunos conceptos y definiciones varían de una región a otra, sin embargo, desde un punto de vista estructural se pueden establecer criterios más generales y son esos los que se tratan de abordar.

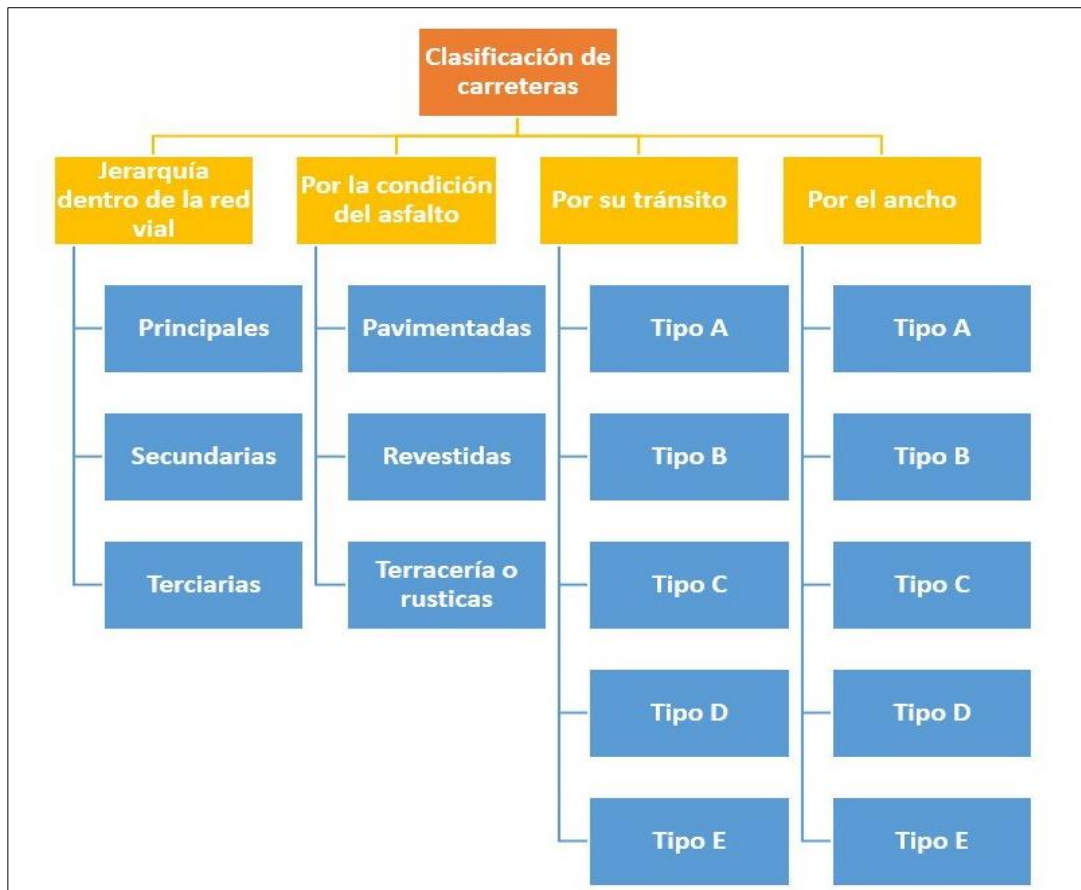
“Las carreteras se clasifican acorde a diversos criterios a saber cuáles son por el orden o bien la jerarquía que ocupan dentro de la red vial, por la condición del asfalto, por su tránsito y por el ancho”. (Palacios, 2020).

“La carretera no es más que un trecho de asfalto o de cemento que se realiza de forma paralela a los centros urbanísticos, o a los alrededores de las montañas o empinadas con el fin de que transiten todo tipo de vehículos”. (Palacios, 2020).

“De aquí que las carreteras solamente sean vías de conducción vial, en el caso de que sea permitido el paso peatonal, se realizan caminerías con sus barandas para la división y plena señalización”. (Palacios, 2020).

“La clasificación de las carreteras reviste gran importancia para las legislaciones, conforme a los permisos para transitar, o bien por los permisos que deben obtener y consideraciones que se deben tener para su construcción”. (Palacios, 2020).

Figura 8. Esquema de cómo se clasifican las carreteras.



Fuente: Palacios, 2020.

1. Jerarquía dentro de la red vial.

“**Principales:** en la mayoría de los casos se establecen como carreteras de tránsito internacional, dado el gran auge vehicular que se maneja y observa a través de estas, estas por lo general permiten la afluencia continua de los transportes de bienes y servicios”. (Palacios, 2020).

“**Secundarias:** estas vienen a ser consideradas los puentes de unión entre las ciudades o bien distintas localidades, ya que las mismas no representan el paso de gran cantidad de vehículos con mercancía, pero si son las vías principales de unión entre las comunidades”. (Palacios, 2020).

“Terciarias: estas se establecen como carreteras que solo unen a las urbes en su propio interior, de modo tal que podría decirse que son solo carreteras internas”. (Palacios, 2020).

Por la condición del asfalto.

“Pavimentadas: aquellas que están plenamente asfaltadas y en las más óptimas condiciones para transitar”. (Palacios, 2020).

“Revestidas: carreteras que presentan leves capas de cemento o bien de macan, que son materiales menos resistentes, los que suelen hacerles pequeños baches que hacen complicada su transitar”. (Palacios, 2020).

“Terracería o rústicas: aquellas que no cuentan con ningún revestimiento, lo que las hace carreteras de difícil transición, solamente pudiéndose pasarlas vehículos con características de todo terreno”. (Palacios, 2020).

“Por su tránsito. Esto se determina por la cantidad de vehículos que las transita en el periodo de un año. Se clasifican así:” (Palacios, 2020).

“Tipo A: más de 4000 vehículos”.

“Tipo B: transitan cerca de 2000 a 4000 vehículos”.

“Tipo C: entre 1000 y 2000 vehículos”.

“Tipo D: transitan menos de 1000 vehículos”.

“Tipo E: transitan menos de 500 vehículos”.

“Por el ancho. Esta queda establecida de la siguiente manera:” (Palacios, 2020).

“Tipo A: cuenta con cuatro vías, lo cual amerita cerca de los 25 metros de ancho”.

“**Tipo B:** cuenta con dos vías lo que implica la anchura de los 10 a 12 metros, incluyéndose la división”.

“**Tipo C:** cuenta con dos vías lo que implica la anchura de los 8 a 10 metros, sin la división”.

“**Tipo D:** incluye una sola vía, con un muro de contención incluido”.

“**Tipo E:** incluye una sola vía, pero con total abstracción del muro de contención de modo tal que es una de las más riesgosas al transitar”.

Estructura.

“La estructura (del latín *structūra*) es la disposición y orden de las partes dentro de un todo. También puede entenderse como un sistema de conceptos coherentes enlazados, cuyo objetivo es precisar la esencia del objeto de estudio”. (Carpinteri, 2002).

“La estructura es el conjunto de elementos que caracterizan un determinado ámbito de la realidad o sistema. Los elementos estructurales son permanentes y básicos, no son sujetos a consideraciones circunstanciales ni coyunturales, sino que son la esencia y la razón de ser del mismo sistema”. (Carpinteri, 2002).

“Los elementos que configuran una estructura son definidos por unos rasgos básicos o característicos, y se diferencian o se individualizan los unos respecto a los otros por lo que llamamos rasgos distintivos. Habrá rasgos distintivos que nos permitirán aislar colectivos, grupos entre los colectivos e individuos entre los grupos. Este concepto es aplicable a todas las ciencias, y entre ellas a las sociales, donde permiten hacer análisis de los grupos que las integran y de la dinámica que pueden generar”. (Carpinteri, 2002).

“En construcción, es el nombre que recibe el conjunto de elementos, unidos, ensamblados o conectados entre sí, que tienen la función de recibir cargas, soportar

esfuerzos y transmitir esas cargas al suelo, garantizándose así la función estático - resistente de la construcción”. (Aguado, 1987).

“Hace referencia a los elementos que cumplen la función de resistir las cargas. Para ello cumplen la condición de estabilidad y equilibrio. La primera condición se vincula con los movimientos de los edificios. Esto evita posibles derrumbes a causas de factores externos como el viento. La segunda condición, el equilibrio, garantiza también la inmovilidad, pero a su vez no permite que se altere la forma del edificio”. (Etecé, 2021).

“Toda edificación u obra civil tiene una serie de elementos sin los que sería imposible mantenerla estática. Estos se hacen necesarios para lograr la inmovilidad total o parcial de la construcción, teniéndose por tanto una función mecánica o estático-resistente, lo que permitirá que la edificación mantenga sus características esenciales de acuerdo con su finalidad y requisitos económicos”. (Aguado, 1987).

“Estos elementos, conocidos como estructura, están unidos de alguna manera entre sí, y constituyen el sostén de la edificación”. (Aguado, 1987).

“Desde el punto de vista estructural, toda edificación está compuesta por elementos soportantes y soportados. Un ejemplo de esto está en la estructura que soporta la cubierta de una vivienda; es necesario construir una estructura que soporte el techo a sí mismo, y que, a su vez, soporte la cubierta para que no caiga”. (Aguado, 1987).

“Elemento estructural. Es cada una de las partes diferenciadas, aunque vinculadas, en que puede ser dividida una estructura a efectos de su diseño. El diseño, cálculo y comprobación de estos elementos se hace de acuerdo con los postulados de la resistencia de materiales en el ámbito de la Ingeniería mecánica arquitectura, la ingeniería civil, y la ingeniería estructural”. (Popov, 1990).

“Clasificación de elementos estructurales: en el caso de las construcciones estos tienen nombres que los identifican claramente (aunque en el mundo hispanoparlante estos nombres pueden cambiar en cada país). Básicamente los elementos estructurales pueden tener estados de tensión uniaxiales, biaxiales o triaxiales según su dimensionalidad y, según cada una de las direcciones consideradas, pueden existir tanto tracciones como compresiones. Dicho estado puede ser uniforme en ciertas secciones transversales, o variar dentro de la sección”. (Popov, 1990).

“Los elementos estructurales suelen clasificarse en virtud de tres criterios principales:” (Popov, 1990).

a. “Dimensionalidad del elemento, según puedan ser modelizados como elementos unidimensionales (pilares, vigas, arcos, ...), bidimensionales (placas, láminas, membranas) o tridimensionales”.

b. “Forma geométrica y/o posición, la forma geométrica concreta afecta a los detalles del modelo estructural usado; así si la pieza es recta como una viga o curva como un arco, el modelo debe incorporar estas diferencias, también la posición u orientación afecta al tipo de estado tensional que tenga el elemento”.

c. “Estado tensional y/o solicitaciones predominantes, los tipos de esfuerzos predominantes pueden ser tracción (membranas y cables), compresión (pilares), flexión (vigas, arcos, placas, láminas) o torsión (ejes de transmisión, etc.)”.

Cuadro 1. Clasificación de elementos estructurales.

Solicitaciones predominantes	Unidimensionales		Bidimensionales	
	Rectos	Curvos	Planos	Curvos
Flexión	Viga recta, dintel, arquitrabe	Viga balcón, arco	Placa, losa, forjado, muro de contención	Lámina, cúpula
Tracción	Cable tensado	Catenaria	Membrana elástica	
Compresión	Pilar		Muro de carga	

Fuente: Popov, 1990.

“Diseño de elementos estructurales: los elementos estructurales son diseñados, es decir, calculados o dimensionados para cumplir una serie de requisitos, que frecuentemente incluyen:” (Monleón, 1999)

- a. “Criterio de resistencia, consistente en comprobar que las tensiones máximas no superen ciertas tensiones admisibles para el material del que está hecho el elemento”.
- b. “Criterio de rigidez, consistente en que bajo la acción de las fuerzas aplicadas las deformaciones o desplazamientos máximos obtenidos no superan ciertos límites admisibles”.
- c. “Criterios de estabilidad, consistente en comprobar que desviaciones de las fuerzas reales sobre las cargas previstas no ocasionan efectos auto amplificadas que puedan producir pérdida de equilibrio mecánico o inestabilidad elástica”.
- d. “Criterios de funcionalidad, que consiste en un conjunto de condiciones auxiliares relacionadas con los requisitos y solicitaciones que pueden aparecer durante la vida útil o uso del elemento estructural”.

Estructuras anti-derrumbes.

“Se agrupan en esta división las fallas que ocurren típicamente en las laderas naturales, y de manera ocasional en taludes artificiales”. (Wright & Marriott, 1993).

“Disipadores de energía. El agua que discurre cuesta abajo incrementa su energía, ello aumenta su poder de destrucción que se observa al arrastrar piedras y sedimentos que encuentra en su cauce, para finalmente afectar la vulnerabilidad de las poblaciones que se encuentran afincadas en sus laderas; los disipadores de energía son elementos estructurales destinados a reducir la fuerza producidas por acción dinámica del lodo y piedras que arrastran, al impactar contra las barreras estructurales, mitigándose el grado de vulnerabilidad”. (Wright & Marriott, 1993).

“Así mismo permitirá desviar el flujo a una zona no poblada en caso de ser necesario. Para su diseño y tipo de Disipador se debe de tener en cuenta lo siguiente:” (Wright & Marriott, 1993).

- a. “La energía del flujo”.
- b. “El grado de vulnerabilidad de los poblados aguas abajo”.
- c. “El costo económico y de mantenimiento”.
- d. “La accesibilidad para su mantenimiento”.

Los disipadores de energía más usados son:

1. **“De piedra asentada con cemento de tipo semirústico:** mantener una descolmatación de rocas y sedimentos antes de las lluvias después de la acción de cada derrumbe”. (Allen, 1982).

Figura 9. Disipador de energía semi-rústico.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

2. “Estructuras de diques de mampostería de piedra asentados con una mezcla fuerte de cemento –arena: deben tener un adecuado sistema de drenaje que permita evacuar el flujo de agua y lodo. Se debe mantener una descolmatación de piedras y sedimentos antes de las lluvias después de la acción de cada derrumbe”. (Allen, 1982).

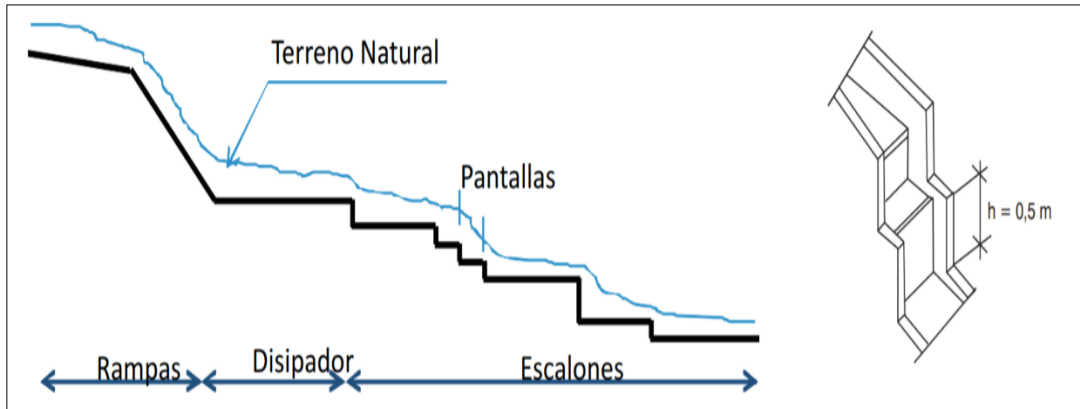
Figura 10. Disipador de energía con diques.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011

3. “Estructuras de escalones y rampas disipadoras de energía, de concreto simple o empedradas: tiene como finalidad proteger las laderas, ubicadas en los cauces de las quebradas, contra la erosión del agua y flujo de lodo y rocas evitándose la formación de cárcava o proteger el cauce de las cárcavas que afecten a la población asentada en la cercanía de esta. En algunos casos se hace necesaria la construcción de rampas en quebrada con pendiente fuertes, reduciéndose así la energía mediante el impacto y la disipación del aire que se produce”. (Allen, 1982).

Figura 11. Disipador de energía de escalones y rampas.



Fuente: Allen, 1982.

4. “Estructuras artesanales de troncos: cuya finalidad es proteger a la población, ubicada en pequeñas quebradas y taludes de laderas, contra la energía hidráulica de las aguas de lluvias y lodos. En estos se debe mantener una descolmatación de materiales orgánicos y sedimentos antes y durante las lluvias”. (Allen, 1982).

Figura 12. Disipador de energía a base de troncos.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

“Estructuras de protección de movimientos de masas ligadas a estabilidad de ladera contra volteo y derrumbes. Estas son estructuras enfocadas en la detención de los deslizamientos y derrumbes directamente, por los que su construcción es más compleja se mencionan las siguientes:” (Cur, 1991).

“Protección contra volteo de rocas con malla de acero tensadas. Consiste en rodear la roca con una malla de acero, reforzada con puntales cables de sujeción, el cual aumentará su estabilidad lográndose evitar el volteo, para impedir que su caída tome velocidad incrementándose su energía dinámica y aumentándose su capacidad de destrucción”. (Cur, 1991).

Figura 13. Estructura con malla de acero tensada.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

“Protección contra volteo de rocas, con muros de concreto ciclópeo o armado, de acuerdo con las características del elemento a fijar. Consiste en rodear la roca con muros de contención de concreto ciclópeo con lo cual se aumenta su estabilidad

evitándose el volteo, neutralizándose la fuerza de gravedad que trata de desequilibrar la roca manteniéndola estática”. (Cho, 2009).

Figura 14. Estructuras contra volteo de rocas con muros.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

“Estabilización de rocas inestables en taludes, mediante mallas ancladas. Consiste en fijar la roca inestable. Este sistemas flexible de estabilizado de laderas consiste en ubicar mallas de alambre de simple torsión y cables de acero con recubrimiento de zinc y aluminio, para evitar su corrosión, debidamente fijadas con anclajes de tacos expansivos o barras de bulones, usadas por ser práctica su colocación y más económicas que las obras de revestimiento con concreto las cuales son sumamente rígidas y fáciles de deteriorar por factores desencadenantes; además este sistema es de fácil reforestación ornamental y riego por aspersión”. (Cho, 2009).

Figura 15. Estructura de estabilización de rocas con malla anclada.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

“Protección contra derrumbe de roca. Las mallas o barreras dinámicas protectoras deben estar ubicadas lo más cerca para evitar que las rocas al iniciar su rodamiento incrementen su energía destructora y estarán sustentadas por rieles o barras de acero debidamente tensados por cables del mismo material”. (Cho, 2009).

Figura 16. Barreras dinámicas contra derrumbes.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

“Protección mediante túneles, contra derrumbe de rocas, lodo y cauces de ríos secos. Cuando en el cauce de una quebrada o río se ve afectada por una caída de una ladera pronunciada hacia una vía de transportes que provoca, constantemente, la obstrucción de esta por efectos de derrumbes o por avenidas aguas pluviales intensas, se hace necesario la construcción de un túnel, pasa así el cauce por la parte superior del mismo. Por su alto costo se requiere de un estudio socio económico que justifique esta solución”. (Cur, 1991).

Figura 17. Estructura anti-derrumbes mediante túnel.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

“Gaviones de protección contra derrumbes de rocas. El muro de gaviones debe funcionar como una barrera de protección segura y confiable en el caso de derrumbes y de rodamiento de rocas. Se caracterizan por tener un mayor ancho que los gaviones para protección de cauces de forma de prismas rectangulares, con finalidad de asimilar el impacto de la fuerza que toman las rocas por la velocidad de caída”. (Hurdle & Stieve, 1989).

Figura 18. Estructura con gaviones.



Fuente: Instituto de Defensa Civil, 2011.

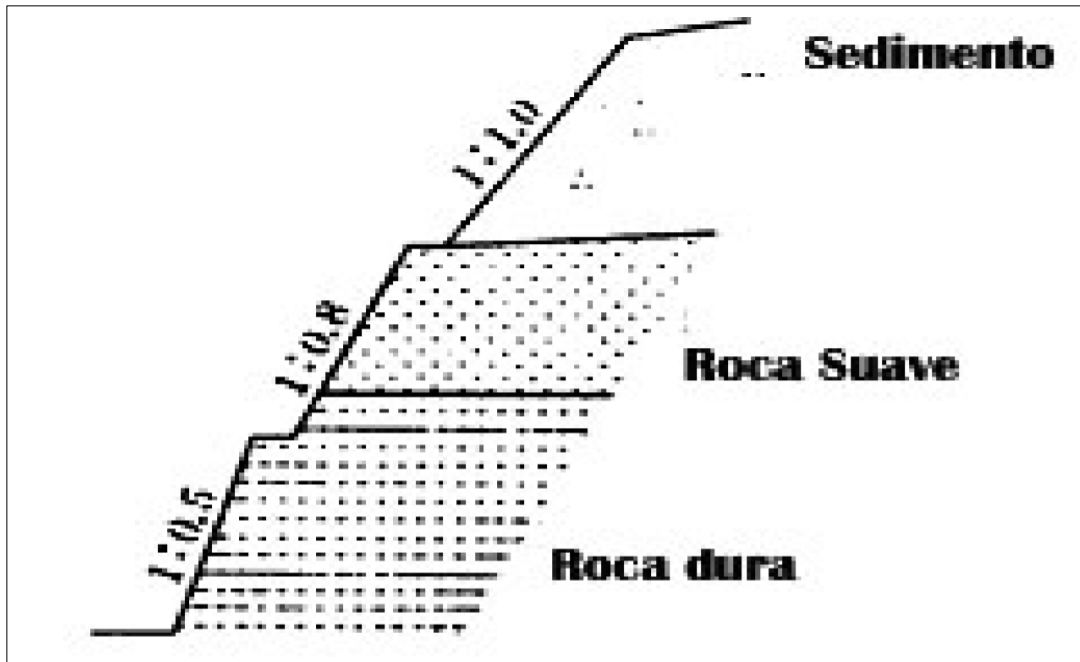
Estructuras anti-derrumbes utilizados en carreteras.

“Las siguientes medidas no son comunes, pero estas son eficaces en lo que se refiere a protección de vehículos que circulan en las carreteras:” (Swift & Baas, 2003).

- a) “Pendiente apropiada con banquetas en taludes de corte”.
- b) “Mortero proyectado (Shotcrete) en taludes naturales”.
- c) “Muro de sujeción de roca”.

a) “Pendiente apropiada con banquetas en taludes de corte. La masa rocosa y la capa de tierra que forman el suelo existente pueden ser clasificadas desde los puntos de vista de la dificultad de la excavación y estabilidad del talud. Se aplican los estándares de las pendientes de talud empíricamente establecidas para la clasificación de suelos, asumiéndose un “no tratamiento”, colocado de tepes o un simple trabajo de protección como una malla, para determinar la pendiente del talud y la forma de la tierra correspondiente y propiedades de la roca, y la altura de corte”. (Castro, 2005).

Figura 19. Pendiente con banquetas en talud de corte.



Fuente: JICA, 2004.

“**Forma del talud:** la pendiente del talud varía de acuerdo con los suelos, las rocas, y las banquetas están provistas en muchos casos de puntos de transición en donde la pendiente cambia. Una pendiente simple de talud es generalmente usada donde la geología y los suelos son casi los mismos en la dirección de profundidad y en direcciones longitudinales y transversales. Donde los suelos y la geología varían considerablemente y se ven complicados, una pendiente simple de talud adaptada a los suelos de pendiente leve puede usarse, aunque sea antieconómico”. (Cordero, 2010).

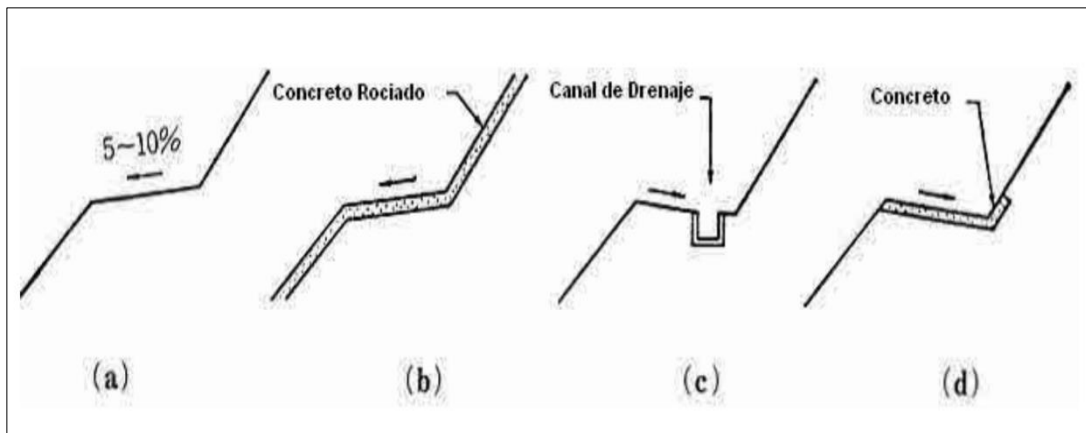
“**Banquinas:** una banquina de alrededor de 1 a 2 m de ancho será generalmente instalada en el medio de un corte de talud de gran altura”. (Cordero, 2010).

1) “Propósito de la banquina: en la porción más baja de un talud continuo y grande, la descarga y la velocidad de escurrimiento del agua superficial aumenta, lo que causa

una escorrentía. En este caso, la velocidad de escorrentía puede ser reducida mediante la provisión de una banquina en el medio del talud, o la concentración de agua superficial en la porción baja del talud puede ser prevenida mediante la elaboración de una cuneta en la banquina para drenar el agua fuera del talud. La banquina es también utilizada como una grada de inspección o como un andamio en caso de reparación”. (Cordero, 2010).

2) “Pendiente de una banquina: Donde no están provistos los elementos de drenaje, casi un 5 a 10% de la pendiente transversal es normalmente provisto por la banquina y de este modo drenar el agua hacia la base del talud (pie del talud). De todas formas, donde el talud es considerado a ser fácilmente erosionado la pendiente de la banquina debe ser realizado en dirección reversa, así el agua será drenada hacia la cuneta de la banquina”. (Cordero, 2010).

Figura 20. Sección transversal de pendiente de una banquina.



Fuente: JICA, 2004.

3) “Ubicación de las banquetas: en cortes de talud, banquetas de 1 a 2 m de ancho son normalmente provistas cada 5 a 10 m de altura de acuerdo con el suelo, roca y escala del talud. Una banquina más ancha es recomendada donde el talud es largo y alto o donde los cercos de protección de caída de rocas deben ser instalados. Las banquetas

deben ser diseñadas tomándose en cuenta la dificultad de inspección y reparación, la pendiente del talud, altura de corte, suelos del talud, costo de construcción y otras condiciones”. (Cordero, 2010).

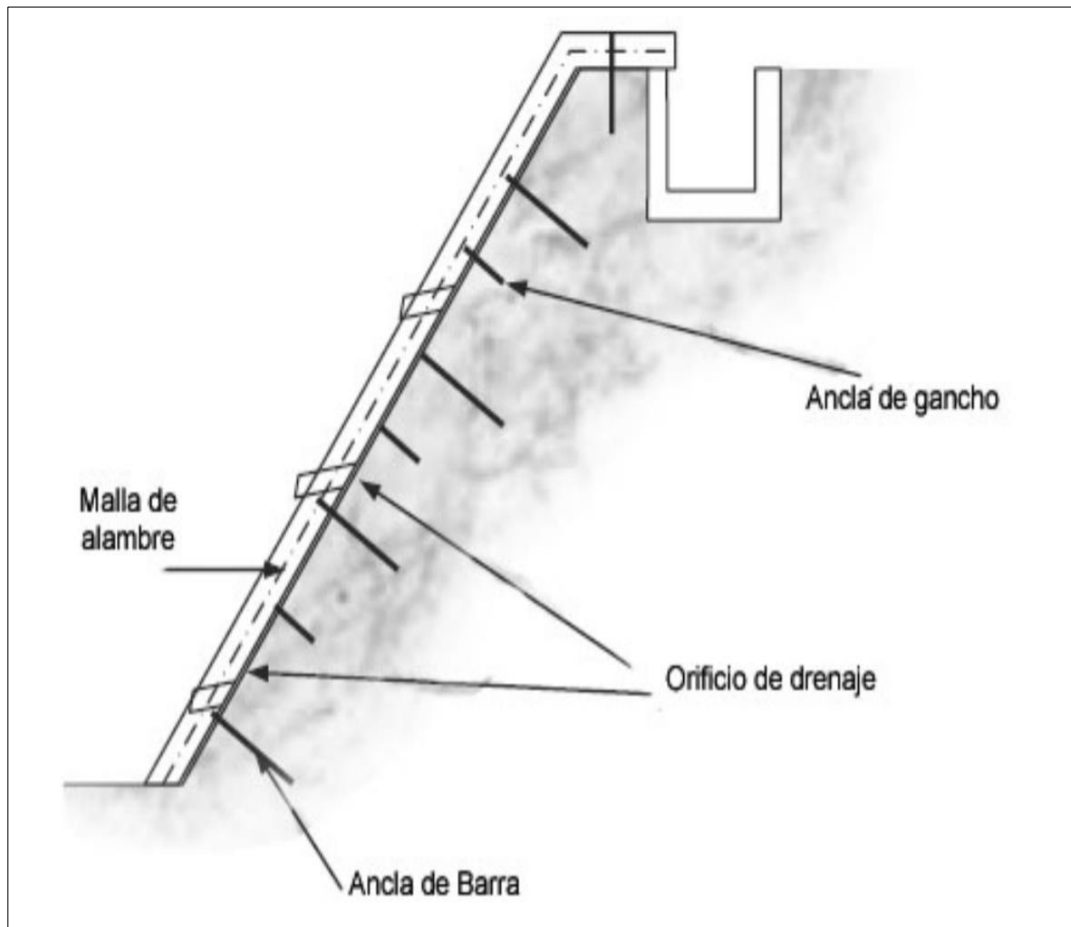
b. “Mortero proyectado (Shotcrete) en taludes naturales. Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) incluyen mortero y concreto proyectado. Ellos normalmente se usan favorablemente en los taludes empinados con alta meteorización o rocas con muchas juntas en las cuales la vegetación no crece. Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) son usados principalmente para prevenir la meteorización y erosión de la superficie, y en algunos casos, para controlar las caídas de rocas en pequeña escala”. (Matamoros, 2003).

“Entre los taludes con riesgo de caída de rocas, están aquellos suelos compuestos de grava o rocas suaves meteorizadas que son propensos a tener una caída de rocas de escala menor. Para estos taludes la instalación de una red o malla de prevención contra caída de rocas para retener el material suelto y/o cercos de prevención contra caída de rocas son aconsejables para prevenir la ocurrencia de hacia la superficie de la carretera. En el caso de grandes grietas en rocas suaves sin vertiente, el riego de mortero de concreto es apropiado”. (Matamoros, 2003).

“Es preferible utilizar trabajos para prevención de caída de rocas en taludes que presentan caída de rocas tipo exfoliación o taludes altamente fracturados de roca dura y el uso adicional de trabajos de protección de caída de rocas si la pendiente del talud es muy empinada”. (Matamoros, 2003).

“Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) que incluyen la proyección de mortero y la separación de concreto, son comúnmente usados en taludes muy pronunciados de meteorización muy fuerte o para rocas en las cuales no es posible la revegetación”. (Matamoros, 2003).

Figura 21. Mortero proyectado (Shotcrete) en taludes naturales.



Fuente: JICA, 2004.

1) “Propósito: Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) están destinados (a) principalmente para prevenir la meteorización de la superficie y su erosión, y en algunos casos, (b) para controlar la caída de rocas de menor escala”. (Valdez, 2003).

2) “Consideraciones de diseño: Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) no tienen un soporte extra contra la masa de un talud inestable. Para aplicaciones permanentes, el mortero proyectado (Shotcrete) debería ser reforzado fin de reducir el riesgo de agrietamiento en la capa proyectada. Dos métodos comunes de refuerzo son bastante utilizados, refuerzo de malla soldada y fibras de acero. La malla debe

estar asegurada y lo más cerca posible a la roca y totalmente embebida en el mortero proyectado (Shotcrete), teniéndose el cuidado de eliminar los huecos en el mortero proyectado (Shotcrete)". (Valdez, 2003).

"El grosor estándar del mortero proyectado (Shotcrete) generalmente varía de 8 a 10 centímetros en el caso de expacion de mortero y de 10 a 25 centímetros para una esparción de concreto. En principio, se deberían proporcionar barbacanas a través del mortero proyectado (Shotcrete) para prevenir la creación de presión de agua detrás de la cara interior del mortero, con los huecos de drenaje usualmente de 1 a 2 metros entre centros, a una profundidad de 20 centímetros. La sección esparcida de la parte superior del talud debería estar completamente empotrada dentro del suelo". (Valdez, 2003).

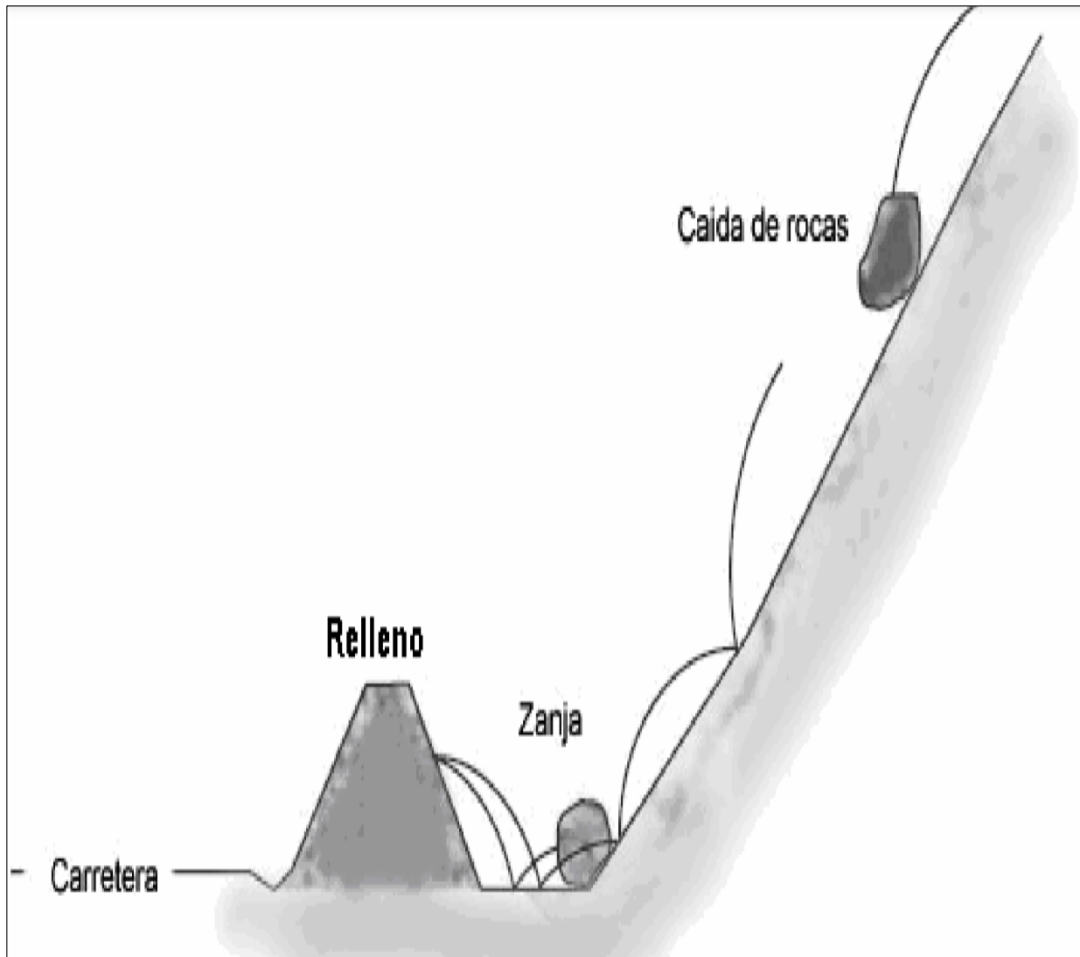
c. "Muro de sujeción de roca. Un muro de contención para protección de caída de rocas se usa como trabajo de protección para prevenir que las rocas caigan hacia la carretera y se usa a menudo en sitios dónde la pendiente del talud en la parte de atrás es moderada o sitios dónde hay amplio espacio en la orilla de la carretera". (Vargas, 2005).

"El muro de sujeción de rocas se usa como trabajo de protección para prevenir que las rocas caigan a la carretera y es comúnmente usado en sitios donde la pendiente del talud en la parte posterior es moderada o en sitios donde se tiene un amplio espacio a un lado de la carretera. Este método es comúnmente usado y tiene una curva de costo/beneficio efectivo especialmente cuando la magnitud de la caída de rocas es de gran escala y difícil de controlar". (Vargas, 2005).

"Los muros de sujeción de roca deberían estar diseñados para absorber la energía de las rocas al caer produciéndose deformaciones en el muro, así como del estrato productivo después de calcular el valor de la tal energía. Además, es deseable

establecer un bolsón en la parte trasera del muro de contención, para que las rocas que caen y los suelos puedan ser depositados en este lugar hasta cierto punto. La figura 21 muestra el arreglo conceptual de un relleno de sujeción y cuneta”. (Vargas, 2005).

Figura 22. Diagramación del colocado de un relleno de sujeción y cuneta.



Fuente: JICA, 2004.

“Aparte del análisis de estabilidad de terraplén, las consideraciones de diseño están relacionadas a la forma y las dimensiones del terraplén de sujeción y cuneta en términos de su capacidad para detener y acomodar piedras caídas”. (Swift & Baas, 2003).

Cuadro 2. Formas y dimensiones de la cuneta de sujeción recomendadas.

Pendiente del talud (Vertical a Horizontal)	Altura del talud (m)	Ancho de la cuneta (m)	Profundidad de la cuneta (m)
Casi vertical	5 a 10	4	1.0
	10 a 20	5	1.5
	20 <	6	1.5
1:0.25 a 1:0.3	5 a 10	4	1.5
	10 a 20	5	2.0
	20 a 30	6	2.0
	30 <	8	2.5
1:0.3 a 1:0.5	5 a 10	4	1.5
	10 a 20	5	2.0
	20 a 30	6	2.0
	30 <	8	2.5
1:0.5 a 1:0.75	0 a 10	4	1.0
	10 a 20	5	1.5
	20 <	5	2.0
1:0.75 a 1:1.0	0 a 10	4	1.0
	10 a 20	4	1.5
	20 <	5	2.0
Nota: el ancho de la cuneta es la distancia horizontal desde el pie del talud a la cima del terraplén			

Fuente: Swift & Baas, 2003.

“Obras de prevención contra flujo de escombros. Para la selección de las medidas preventivas para evitar el flujo de escombros, se debe considerar en primer lugar el tipo de flujo esperado (flujo de lodos o flujo de gravas) y la frecuencia del flujo de escombros. En general, cuando un camino cruza el punto de origen o el área de paso del flujo de escombros en una quebrada de montaña susceptible a dicho flujo; el cruce,

en principio, debe ser previsto por una alcantarilla con un área con suficiente sección transversal o un puente con suficiente luz”. (Suarez, 1998).

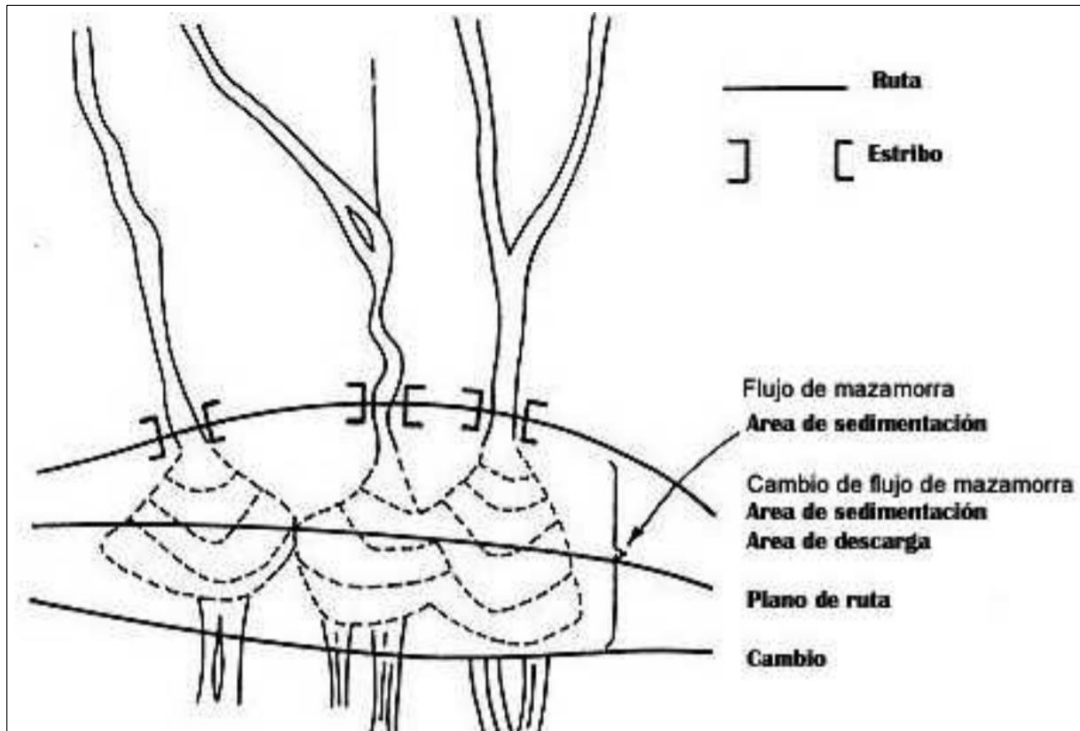
“En el caso de una quebrada de montaña se tiene flujos de lodo de alta velocidad se espera que ocurran al pie de un volcán o de una quebrada de montaña con una alta frecuencia, un camino que cruce los orígenes de un área de paso del flujo de escombros debe preferiblemente ser provista de un puente con el suficiente espacio para que cruce el flujo de escombros”. (Suarez, 1998).

“En un sitio donde la pendiente de una sección, aguas arriba de quebrada de la sedimentación del flujo de escombros, es de 3° - 10° , causa la considerable fluctuación del lecho de la quebrada. Por consiguiente, no es deseable el planificar que la ruta pase a través de tales sitios y esta debe ser cambiada hacia arriba de la quebrada o hacia debajo de la quebrada y el cruce previsto por un puente con suficiente luz”. (Suarez, 1998).

“Cuando la superficie del camino no es más alta que el lecho de la quebrada, la introducción de un badén (cruce de bajo nivel) debe ser considerado. Cuando la superficie del camino es más baja que el lecho de la quebrada, la introducción de un vertedero para flujo de escombros debe ser considerado”. (Suarez, 1998).

“Si el cambio de ruta o medidas preventivas no es estimado a ser suficiente, será necesario a considerar la construcción de un dique para el control del flujo de escombros. En el caso de esta opción, será necesario un proyecto de control de erosión en el área. Para los tramos de camino que incluyen el origen o área de paso del flujo de escombros, el control de paso debe ser introducido de acuerdo a las necesidades, siempre que el nivel de precipitación pluvial es suficiente para causar el flujo de escombros previsto”. (Suarez, 1998).

Figura 23. Cambio menor en un área de sedimentación de flujo de escombros.

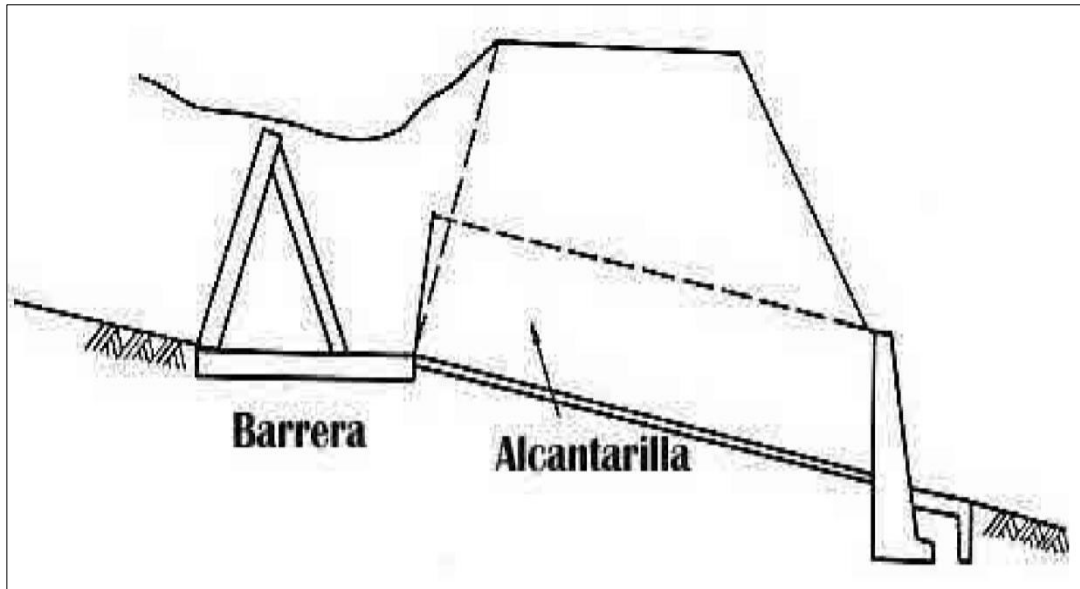


Fuente: JICA, 2004.

“**Alcantarillas:** la sección transversal planificada de una alcantarilla debe permitir el paso del pico de descarga del flujo de escombros y tanto la altura como el ancho horizontal deben exceder el doble del tamaño máximo de las gravas contenidas en el flujo de escombros. El eje de una alcantarilla, incluyéndose la cuneta de aguas, río arriba, debe ser lo más recta posible para coincidir con la dirección del flujo de escombros. Se debe dar especial atención a la sección transversal y a la pendiente de la cuneta aguas abajo más que a aquellas alcantarillas”. (Masure, 1994).

“Toda atención posterior debe ser dada para evitar el posible estancamiento de material en la alcantarilla debido al material flotante. Cuando se conoce el derrame de una gran cantidad de material flotante, es necesario colocar una(s) barrera(s) de protección aguas arriba”. (Masure, 1994).

Figura 24. Alcantarilla y barrera.



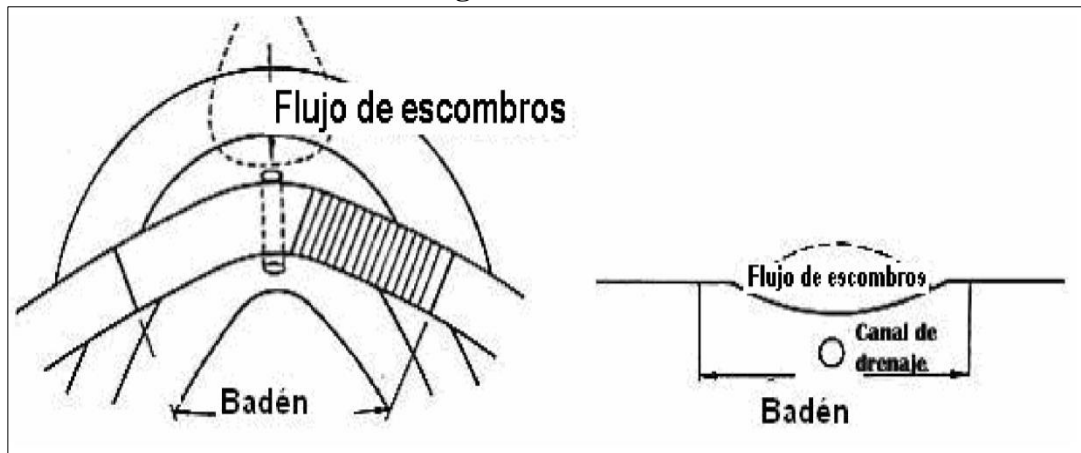
Fuente: JICA, 2004.

“**Puente:** la planificación de la sección transversal de un puente debe permitir el paso del pico de descarga del flujo de escombros. El alto de la viga maestra del puente es determinado por la adición de una luz suficiente para el paso de la altura de onda de flujo pico”. (Masure, 1994).

“Es preferible no ubicar cimientos del puente en el lecho de la quebrada. Se debe prestar especial atención para evitar el estrechamiento del ancho de la cuneta en el sitio del puente. Aunque si es necesario colocar cimientos en el lecho del río, sus posiciones deben evitar la sección central de la cuneta para que el flujo de escombros no destruya los cimientos del puente”. (Masure, 1994).

“**Badén:** cuando hay una pequeña guía entre el lecho de la quebrada y la superficie del camino en un área de origen o paso de flujo de escombros, el camino debe tener una estructura (Badén) la cual no debe ser destruida por el paso del flujo de escombros sobre la superficie del camino”. (Mizutani, 1994).

Figura 25. Badén.



Fuente: JICA, 2004.

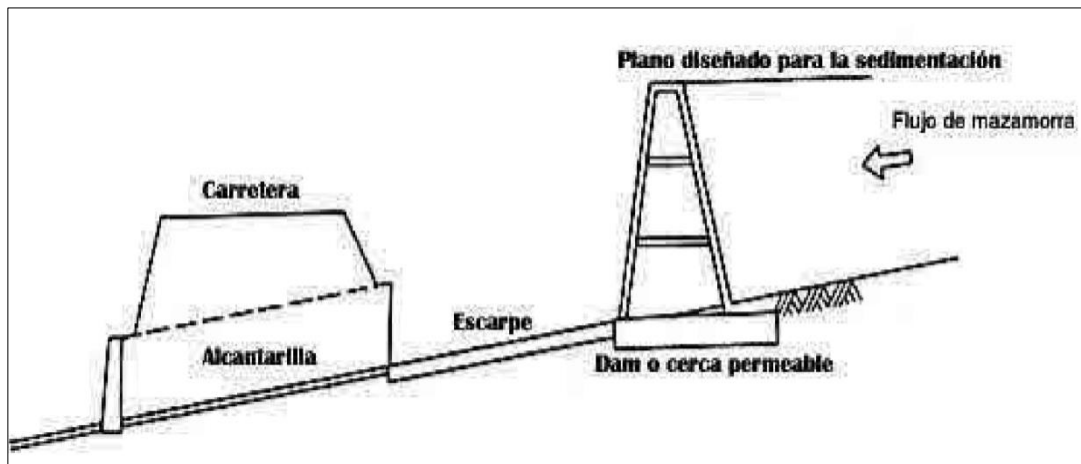
“Túnel falso contra flujo de escombros: la estructura de un protector de flujo de escombros debe ser similar al de uno para protección de rocas. La pendiente longitudinal a lo largo de la dirección de flujo en la cuneta debe en principio, ser similar a la pendiente del lecho de la quebrada río arriba de esta manera no habrá deposición de suelo sobre la protección”. (Mizutani, 1994).

“El ancho del área de flujo debe ser idéntico a el ancho del lecho del río aguas arriba. El lado del muro debe tener una altura equivalente de la altura de la onda del flujo de escombros más un margen de altura y debe ser diseñado para guiar el flujo de escombros de la quebrada de montaña al túnel falso”. (Mizutani, 1994).

“Captura del suelo con un dique o cerco: uno de los varios diques o muros puede ser usado para capturar un flujo de escombros completo o rocas grandes y materiales de manera que solamente el suelo y agua, que pueden ser drenados por las instalaciones del drenaje río abajo, son permitidos fluir hacia abajo. El diseño de la pendiente de sedimentación debe tener la mitad de la actual pendiente del lecho de la quebrada”. (Chávez, 2001).

“Diques y muros de cerco de concreto o acero permeable son usados para reducir el volumen de sedimentación durante un flujo ordinario. El tamaño de las aperturas debe ser menor que 1.5 veces el máximo diámetro de las gravas grandes para poder capturar el flujo de escombros”. (Chávez, 2001).

Figura 26. Captura del suelo de descarga con un dique y cerco.

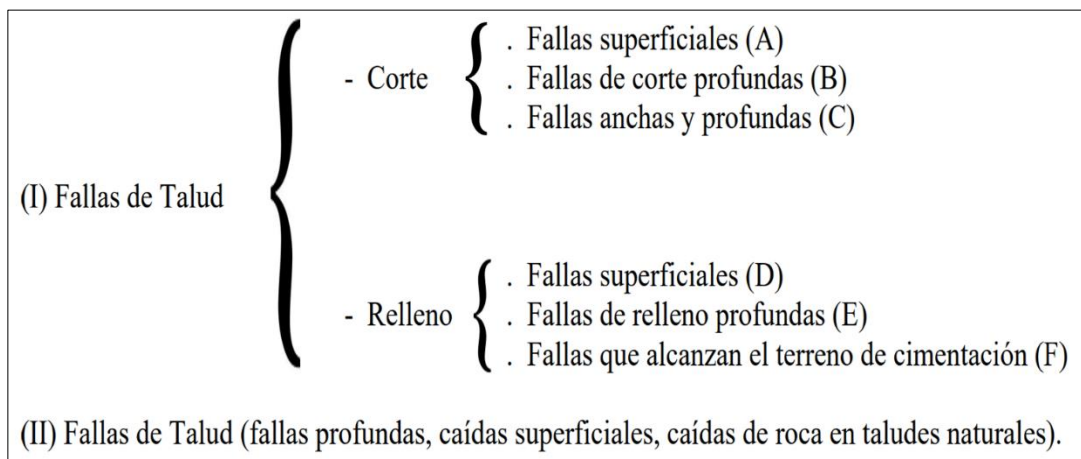


Fuente: JICA, 2004.

Deficiencias en estructuras anti-derrumbes utilizados en carreteras.

Se clasifican de la siguiente forma:

Figura 27. Clasificación de las fallas de estructuras anti-derrumbes.



Fuente: CISMID, 2004.

Es difícil distinguir claramente entre fallas de corte profundas (B), de fallas de talud (II) y fallas anchas y profundas (C), de deslizamientos, ya que los deslizamientos y las fallas del talud son a menudo inducidos por el trabajo de corte. También, los taludes de relleno colapsan frecuentemente cuando el relleno se realiza en las cabezas de los antiguos deslizamientos, pero estas fallas se consideran normalmente como deslizamientos, en lugar de fallas de talud de relleno que alcanzan el terreno de cimentación (F). (CISMID, 2004).

Fallas de talud de corte.

“**Fallas superficiales (A):** cuando se forman los taludes de corte con sedimentos fácilmente erosionables, arena no cohesiva, o ceniza volcánica o arena, los taludes colapsan localmente por agua superficial o agua de infiltración. Las fallas de talud ocurren fácilmente donde el granito está descompuesto por intemperismo”. (CISMID, 2004).

“Cuando se va a excavar rocas considerablemente fracturadas, rocas con fisuras o rocas fácilmente intemperizables, ocurren algunas veces caídas parciales del talud debido a la vibración durante las obras, remoción de carga por corte, o por subsecuente intemperismo”. (CISMID, 2004).

2) “Fallas de corte profundas (B): los taludes de corte colapsan a menudo en partes a considerable profundidad en el talud, donde los planos de estratificación o juntas corren regularmente en la dirección del talud en capas alternadas de esquisto cristalino, arenisca o lutita, y donde las fallas acompañan zonas fracturadas, y fisuras grandes o venas se localizan en el medio de taludes de corte y buzan hacia el talud”. (CISMID, 2004).

“Una falla de talud a gran escala puede ocurrir en muchos casos cuando se excava el terreno que está cubierto en un gran espesor por sedimentos tipo cono de talús.

Algunas veces también caen sedimentos a lo largo de la roca basal en áreas donde se excava la arcilla que se ha desarrollado a lo largo de fisuras. Las señales de estas fallas no pueden distinguirse fácilmente, ocurriendo repentinamente en muchos casos, y resultando en desastres y pérdida de vidas”. (CISMID, 2004).

3) “Fallas anchas y profundas (C): fallas de talud profundas o deslizamientos a gran escala pueden ocurrir en un amplio rango de taludes si consisten de zonas de falla fracturada, tufo considerablemente transformado o limolita o lodolita semi-solidificada. También pueden ocurrir fallas de deslizamiento a gran escala con la excavación, debido a la elevación del nivel freático del terreno después de lluvia en terreno diluvial, que consiste en capas alternadas de suelo arcilloso y limoso buzando hacia el talud”. (CISMID, 2004).

“Las fallas de talud descritas anteriormente en muchos casos avanzan lentamente a lo largo de superficies de deslizamiento muy distinguidas; el rango y dirección de las fallas pueden predecirse en etapas iniciales por las grietas que ocurren en el talud. Por lo tanto, existe suficiente tiempo para examinar las medidas de protección contra estos tipos de fallas”. (CISMID, 2004).

Fallas de taludes de relleno.

1) “Fallas superficiales (D): la superficie del talud es erosionada por agua concentrada; las fallas de superficie avanzan gradualmente en muchos casos cuando los taludes están formados por suelos erosionables y cuando las obras de drenaje no están colocadas apropiadamente”. (CISMID, 2004).

“La porción más ancha de un terraplén puede colapsar después de la lluvia, cuando se emplea un suelo que es fácilmente debilitado por agua de infiltración, o cuando el suelo de cobertura se derrumba fácilmente debido a lluvia inmediatamente después de acabar el trabajo. Las fallas superficiales de esta clase raramente afectan las funciones

del cuerpo principal de relleno; sin embargo, generalmente ocurren sobre un área amplia del cuerpo de relleno”. (CISMID, 2004).

2) “Fallas de relleno profundas (E): las presiones de poro dentro del relleno pueden aumentar y producir fallas en partes profundas del mismo cuando un relleno alto se construye rápidamente con suelo cohesivo de alto contenido de humedad”. (CISMID, 2004).

“También, cuando se construyen terraplenes en un talud, el nivel freático en el terraplén puede elevarse no solamente debido a la lluvia, sino al agua de infiltración del terreno, con el resultado de la falla en el terraplén. La escala de este tipo de falla es tal, que en muchos casos se pierden completamente las funciones del terraplén”. (CISMID, 2004).

3) “Fallas que alcanzan el terreno de cimentación (F): una superficie de deslizamiento se crea en el terreno de cimentación y una falla a gran escala que alcanza el terreno de cimentación puede ocurrir cuando un terraplén se construye en un talud empinado con una superficie considerablemente intemperizada, o en un talud interestratificado con una capa fácilmente resbaladiza”. (CISMID, 2004).

“Un ejemplo típico de este tipo de falla ocurre en terraplenes construidos en terreno blando. Se inducirá un nuevo deslizamiento, resultando en una gran falla del terraplén y el talud natural, cuando se construye un terraplén en la parte superior de un área de deslizamiento antiguo”. (CISMID, 2004).

“Debe prestarse atención especial a estas fallas, ya que todas ellas son causadas por terraplenes construidos en taludes naturales inestables con un gran potencial de deslizamiento. Generalmente tienden a causar grandes desastres con gran daño en áreas extensas”. (CISMID, 2004).

Muro.

Se denomina muro de carga o muro portante a las paredes de una edificación que poseen función estructural; es decir, aquellas que soportan otros elementos estructurales del edificio, como arcos, bóvedas, vigas o viguetas de forjados o de la cubierta. Cuando los muros soportan cargas horizontales, como las presiones del terreno contiguo, se denominan muros de contención.

“En cuanto al concepto propio, se concidera como una obra de albañilería vertical que limita un espacio arquitectónico. Su forma geométrica suele ser prismática y sus dimensiones horizontal (largo) y vertical (alto) son sensiblemente mayores que su espesor (ancho)”. (Bails, 2002).

“En construcción se suelen denominan muros si tienen función estructural, y tabiques si se utilizan para compartimentar espacios arquitectónicos”. (Bails, 2002).

“Pueden construirse con diversos materiales, sin embargo, actualmente los materiales más empleados son el ladrillo y el cartón yeso, siendo menos frecuentes la madera y sus derivados. En determinadas zonas del planeta aún siguen empleándose técnicas ancestrales como las paredes de piedra, adobe o tapial. En climas más benignos, las paredes pueden elaborarse con materiales más ligeros, o estar conformadas por todo tipo de plantas (como la caña de bambú)”. (Bails, 2002).

“El caso de los cerramientos textiles, como los de las carpas o las tiendas de campaña, supondría el límite del concepto "pared", pues aunque seguirían cumpliendo las funciones de separación y protección, carecerían de la cualidad de rigidez inherente al concepto de pared”. (Bails, 2002).

“Si la pared solo cumple la finalidad de división, normalmente se emplea ladrillo cerámico, bien macizo (en caso de fachadas) o hueco (en particiones interiores). En la actualidad, para divisiones interiores no estructurales, se emplea con mucha

frecuencia también el cartón yeso, en forma de paneles anclados a un armazón interior, que puede ser de listones de madera (caso de las Balloon frame norteamericanas) o más comúnmente de perfiles plegados de acero. También es posible sustituir la placa de cartón yeso por planchas de madera o de algún derivado de la madera, como tableros de partículas, aglomerados, OSB, etc.” (Bails, 2002).

“Si la pared tiene función estructural denomina pared maestra, muro portante o muro de carga. Las paredes o muros de hormigón casi nunca son solo un elemento delimitador, sino que comúnmente son también estructurales, soportando vigas, forjados o placas. También pueden hacerse paredes o muros portantes de bloques de hormigón o de ladrillo macizo, colocados con distintos aparejos, si bien existen paredes o muros de carga de otros materiales”. (Bails, 2002).

“Las paredes suelen tener tratamientos superficiales de acabado. Las de ladrillo se revisten con morteros de cemento, cal o yeso, que posteriormente se pintan. Las paredes de cartón yeso solo necesitan pintura, mientras que las de madera normalmente se protegen con barnices”. (Bails, 2002).

“Historia de los muros. Aunque en la antigüedad se construyeron muchos tipos de muros de carga, los más antiguos que se conservan son de adobe o piedra. Se tiene constancia de la existencia de pastas y morteros precursores del hormigón desde los tiempos del Antiguo Egipto, pero fueron los romanos los que impulsaron este material con la técnica del Emplectum, consistente en crear dos hojas exteriores de sillares de piedra, rellenas de un mortero de cal con arena y cascotes. Esta técnica constructiva se ha repetido con ligeras variantes (como el muro Dacio), a lo largo de la historia”. (Leal, 2008).

“En los lugares donde la piedra escaseaba o era excesivamente costoso conseguirla, ésta se sustituyó por el barro en forma de adobe: un ladrillo de barro secado al sol.

Asimismo, se puede establecer un paralelismo entre el emplectum y el tapial, una forma de construcción consistente en aprisionar barro entre dos placas o encofrados de madera, y compactarlo en sucesivas tongadas mediante mazos o pisones”. (Leal, 2008).

“Una vez se terminaba una hilada de tapias, se colocaban el encofrado encima, y se repetía la operación. Con estas técnicas de tapial y adobe se lograron erigir edificios de hasta seis alturas, algunos de los cuales perduran en Yemen”. (Leal, 2008).

“Pero el material más empleado para realizar muros de carga es el ladrillo: una evolución del adobe cuya diferencia estriba en el proceso de cocción, que le confiere mayor resistencia y durabilidad. El ladrillo empleado en muros de carga suele ser macizo, aunque no es inusual encontrar muros de carga de ladrillo perforado o incluso hueco en viviendas de una o dos alturas. Una variante del muro de carga de ladrillo es el realizado con bloque de hormigón, si bien no es posible alcanzar grandes alturas por este método”. (Leal, 2008).

“Al igual que en las épocas anteriores, también existe un reflejo del emplectum romano en el empleo actual del hormigón en masa, donde, como sucediera en el tapial, el hormigón se confina mediante encofrados hasta que este fragua y adquiere dureza”. (Leal, 2008).

“La aparición del acero, capaz de soportar las tensiones de tracción, permitió la aparición del hormigón armado y de las estructuras metálicas, que modificó radicalmente la forma de construir, dejando obsoletos los muros de carga”. (Leal, 2008).

“En la actualidad, estos muros solo se emplean en obras de poca entidad, como muros de contención de terreno en obras públicas y en sótanos, siendo el resto de la estructura

una combinación de vigas y pilares, por lo que los muros rara vez adquieren funciones portantes o estructurales, y su único propósito es el de compartimentar o aislar los espacios”. (Leal, 2008).

“Cimentación. Puesto que la función de los muros de carga es transmitir las cargas al terreno, es necesario que estos muros estén dotados de cimentación, un ensanchamiento del muro en contacto con el terreno que evita que el muro "punzone" –se clave– en el terreno. La cimentación de los muros de carga adopta la forma de zapata lineal o zapata corrida”. (Dubán, 2011).

“Huecos en muros de carga. Por su naturaleza, los muros son superficies continuas. Sin embargo, es necesario practicar aberturas en ellos para conformar ventanas o puertas, que iluminen, ventilen o comuniquen las estancias interiores. Para ello se utilizan dos métodos: el dintel, o el arco”. (Dubán, 2011).

“Dintel: el dintel es una pequeña viga que se coloca encima del hueco para desviar las cargas del muro hacia los laterales. Como todas las vigas, funciona principalmente a flexión, por lo que precisa materiales que trabajen bien tanto a compresión como a tracción. Hasta mediados del siglo XIX, con el desarrollo del acero, el único material disponible que reunía estas características era la madera, motivo por el cual los edificios anteriores a esa fecha no pudieron realizar grandes huecos en los muros de carga sin recurrir a los arcos”. (Dubán, 2011).

“Arco: otra manera de desviar las cargas del muro hacia los lados del hueco es utilizar el arco. Con esta técnica, el material trabaja fundamentalmente a compresión: un tipo de esfuerzo apropiado para la piedra y el ladrillo. De este modo, se consiguieron antiguamente huecos de grandes luces en los edificios, como los vitrales de las catedrales góticas”. (Dubán, 2011).

“Existen no obstante otros dos métodos para abrir huecos en muros, ambos híbridos entre el arco y el dintel: el arco de descarga, y la falsa bóveda, como la empleada en las Pirámides de Egipto”. (Dubán, 2011).

“Tabiques y muros de carga en la edificación. Los muros portantes soportan los forjados de los edificios. Por este motivo, en los edificios que se emplean muros de carga, estos se sitúan en al menos dos de las fachadas, lugar donde, dado su mayor grosor, son además particularmente adecuados como barrera térmica y acústica. De existir más muros de carga, estos se dispondrán paralelos a los de fachada. Es relativamente fácil distinguirlos de los tabiques no estructurales por su mayor grosor”. (Dubán, 2011).

“Sin embargo, en edificios mal construidos, especialmente si son antiguos, no es inusual que la estructura se deforme y se asiente, terminando por apoyar en el área de tabiques interior, con lo que ésta pasa a formar parte activa de la estructura. Por este motivo, derribar tabiques en este tipo de edificios puede generar patologías en forma de grietas y filtraciones”. (Dubán, 2011).

Muros de contención.

“Se denomina muro de contención a un tipo estructura de contención rígida, destinada a contener algún material, generalmente suelo. Los muros de contención se utilizan para detener masas de suelo u otros materiales sueltos para mantener pendientes que naturalmente no pueden conservar. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía”. (Terzaghi, Large Retaining Wall Tests, 1934).

“Por ejemplo, en la construcción de vías férreas o de carreteras, el ancho de servidumbre de la vía es fijo y el corte o terraplén debe estar contenido dentro de este

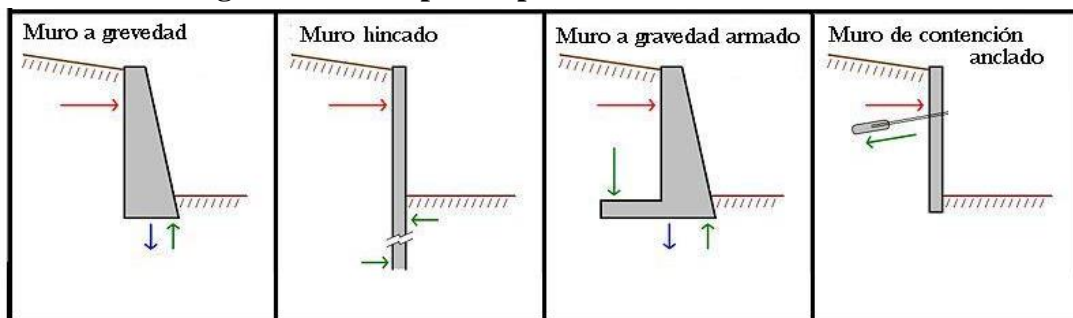
ancho. También, los muros de los sótanos de edificios deben ubicarse dentro de los límites de la propiedad y contener el suelo alrededor del sótano”. (Terzaghi, Large Retaining Wall Tests, 1934).

Partes de un muro de contención: (Terzaghi, Large Retaining Wall Tests, 1934).

- a. “Puntera: parte de la base del muro (cimiento) que queda debajo del intradós y no introducida bajo el terreno contenido”.
- b. “Tacón: parte del cimiento que se introduce en el suelo para ofrecer una mayor sujeción”.
- c. “Talón: parte del cimiento opuesta a la puntera, queda por debajo del trasdós y bajo el terreno contenido”.
- d. “Alzado o cuerpo: parte del muro que se levanta a partir de los cimientos de este, y que tiene una altura y un grosor determinados en función de la carga a soportar”.
- e. “Intradós: superficie externa del alzado”.
- f. “Trasdós: superficie interna del alzado, está en contacto con el terreno contenido”.

Tipos de muros de contención. Los principales tipos de muros de contención son:

Figura 28. Principales tipos de muros de contención.



Fuente: Lambe & Whitman, 1997.

“Muros de gravedad: son aquellos cuyo peso contrarresta el empuje del terreno. Dadas sus grandes dimensiones, prácticamente no sufre esfuerzos flectores, por lo que

no suele armarse. Los muros de gravedad a su vez pueden clasificarse en:” (Lambe & Whitman, 1997).

1. “Muros de hormigón en masa. Cuando es necesario, se arma el pie (punta y/o talón)”.
2. “Muros de mampostería seca. Se construyen mediante bloques de roca (tallados o no)”.
3. “Muros de escollera. Se construyen mediante bloques de roca de mayor tamaño que los de mampostería”.
4. “Muros de gaviones. Son muros mucho más fiables y seguros que los de escollera ya que, con estos, se pueden realizar cálculos de estabilidad y, una vez montados, todo el muro funciona de forma monolítica”.
5. “Muros pré-fabricados o de elementos pré-fabricados. Se pueden realizar mediante bloques de hormigón previamente fabricados”.
6. “Muros aligerados. Aquellos en los que los bloques se aligeran (se hacen huecos) por diversos motivos (ahorro de material, reducción de peso...)”.
7. “Muros jardinera. Si los bloques huecos de un muro aligerado se disponen escalonadamente, y en ellos se introduce tierra y se siembra, se produce el muro jardinera, que resulta mucho más estético, y de menor impacto, ver rocalla”.
8. “Muros secos. Constituidos por piedra de 8" a 10" que van sobrepuestos y amarrados entre sí; no llevan ningún tipo de mortero o concreto. Conforme van construyéndose van rellenándose con piedras de lugar o cascajo de 3/4" de diámetro en caso de que se utilice con drenar el agua”.

“Muros estructurales: son muros de hormigón fuertemente armados. Presentan ligeros movimientos de flexión y dado que el cuerpo trabaja como un voladizo vertical, su espesor requerido aumenta rápidamente con el incremento de la altura del muro. Presentan un saliente o talón sobre el que se apoya parte del terreno, de manera que muro y terreno trabajan en conjunto”. (Terzaghi, 1943).

“Siempre que sea posible, una extensión en el puntal o la punta con una dimensión entre un tercio y un cuarto del ancho de la base suministra una solución más económica. Tipos distintos de muros estructurales son los muros «en L», «en T invertida».” (Terzaghi, 1943).

“En algunos casos, los límites de la propiedad u otras restricciones obligan a colocar el muro en el borde delantero de la losa base, es decir, a omitir el puntal. Es en estas ocasiones cuando se utilizan los muros en L”. (Terzaghi, 1943).

“Como se ha indicado, en ocasiones muros estructurales verticales de gran altura presentan excesivas flexiones. Para evitar este problema surge el 'muro con contrafuertes', en los que se colocan elementos estructurales (contrafuertes) en la parte interior del muro (donde se localizan las tierras). Suelen estar espaciados entre sí a distancias iguales o ligeramente mayores que la mitad de la altura del muro. También existen muros con contrafuertes en la parte exterior del mismo”. (Terzaghi, 1943).

“En ocasiones, para aligerar el contrafuerte, se colocan elementos con un tirante (cable metálico) para que trabaje a tracción. Surgen así los muros atirantados”. (Terzaghi, 1943).

“Muros de tierra armada y de suelo reforzado: los muros de tierra armada son mazacotes de terreno (grava) en los que se introducen armaduras metálicas con el fin de resistir los movimientos. Con ello se consigue que el material trabaje como un todo uno. La importancia de esta armadura consiste en brindarle cohesión al suelo, de modo de actuar disminuyéndose el empuje de tierra que tiene que soportar el muro. La fase constructiva es muy importante, ya que se tiene que ir compactándose por capas de pequeño espesor, para darle una mayor resistencia al suelo”. (Terzaghi, 1943).

“Se le suelen colocar escamas (planchas de piedra u hormigón), sin fin estructural alguno, sino para evitar que se produzcan desprendimientos. Los muros de tierra armada pueden rematarse también con bloques de hormigón huecos, rellenos de tierra, y sembrados, creándose muros jardinera”. (Terzaghi, 1943).

“Un 'muro de suelo reforzado' es un muro de tierra armada en que se sustituyen las armaduras metálicas, por geomalla. Es una solución más barata”. (Terzaghi, 1943).

“Análogamente a los muros de tierra armada, se pueden recubrir con escamas, o rematarlos con muros jardinera. Aunque existe otra alternativa, que consiste en colocar un geotextil sobre la ladera del muro, y cubrirlo de tierra y semillas. Surge así un 'muro vegetalizado'.” (Terzaghi, 1943).

Muros de contención para carreteras.

“Estos pueden clasificarse de acuerdo con su tipología funcional en:” (Camargo, 2015).

a. “Recubrimiento: su función principal es proteger superficialmente al terreno de la acción de la erosión y meteorización”.

b. “Sostenimiento: se construye separándose del terreno natural dejándose un espacio vacío que posteriormente se rellena con un material conocido, con el objeto de crear o ampliar la plataforma que sostiene la carretera”.

c. “Contención: se emplean para la sujeción de tierras o terrenos inestables, contiene tierras respecto a la carretera”.

“En un sentido general los muros de contención cumplen la función de soportar el empuje de tierras y con ello garantizar la prolongación de la vida útil de los tramos”. (Martínez, 2017).-

“Diseño de muros de contención. Se denomina muro de contención a un tipo de estructura de contención, destinada a contener algún material, que en la mayoría de los casos es suelo”. (Nilson, 2011).

“El propósito de una estructura de contención es resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida y transmitir esas fuerzas a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse”. (Nilson, 2011).

“Una vez conocidas las características del suelo donde se emplazará el muro de contención, se debe proceder al diseño del mismo. Un diseño adecuado debe considerar los siguientes aspectos:” (Nilson, 2011).

1. “Los componentes del muro deben ser capaces de resistir los esfuerzos de corte y momento internos generados por las presiones del suelo y demás cargas”.
2. “El muro debe ser seguro contra un desplazamiento lateral”.
3. “El muro debe ser seguro contra un posible volcamiento”.
4. “Las presiones no deben sobrepasar la capacidad de soporte del piso de fundación”.

“Procedimiento: Para proceder al diseño una vez conocida la topografía del sitio y la altura necesaria del muro de contención debe procederse a:” (Nilson, 2011).

1. “Escoger el tipo de muro a emplearse”.
2. “Dibujar a escala la topografía en perfil de la sección típica del muro”.
3. “Conocidas las propiedades del suelo y escogida la teoría de presiones a usarse, se deben calcular las fuerzas activa y pasiva, su punto de aplicación y dirección”.

4. “Calcular los factores de seguridad por capacidad de carga, deslizamiento y volcamiento”.
5. “Si los factores de seguridad no satisfacen los requerimientos deben variarse las dimensiones supuestas y repetir los pasos anteriores”.

“Consideraciones básicas para el diseño. Para el cálculo de un muro de contención de tierras es necesario tener en cuenta las fuerzas que actúan sobre él como son la presión lateral del suelo o la sub-presión y aquellas que provienen de este como son el peso propio. Con estos datos podemos verificar los siguientes parámetros:” (Braja, 2001).

“Verificación de deslizamiento: se verifica que la componente horizontal del empuje de la tierra (F_h) no supere la fuerza de retención (F_r) debida a la fricción entre la cimentación y el suelo, proporcional al peso del muro. En algunos casos, puede incrementarse (F_r) con el empuje pasivo del suelo en la parte baja del muro. Normalmente se acepta como seguro un muro si se da la relación: $F_r/F_h > 1.3$ (esta relación se puede llamar también coeficiente de seguridad al deslizamiento)”. (Braja, 2001).

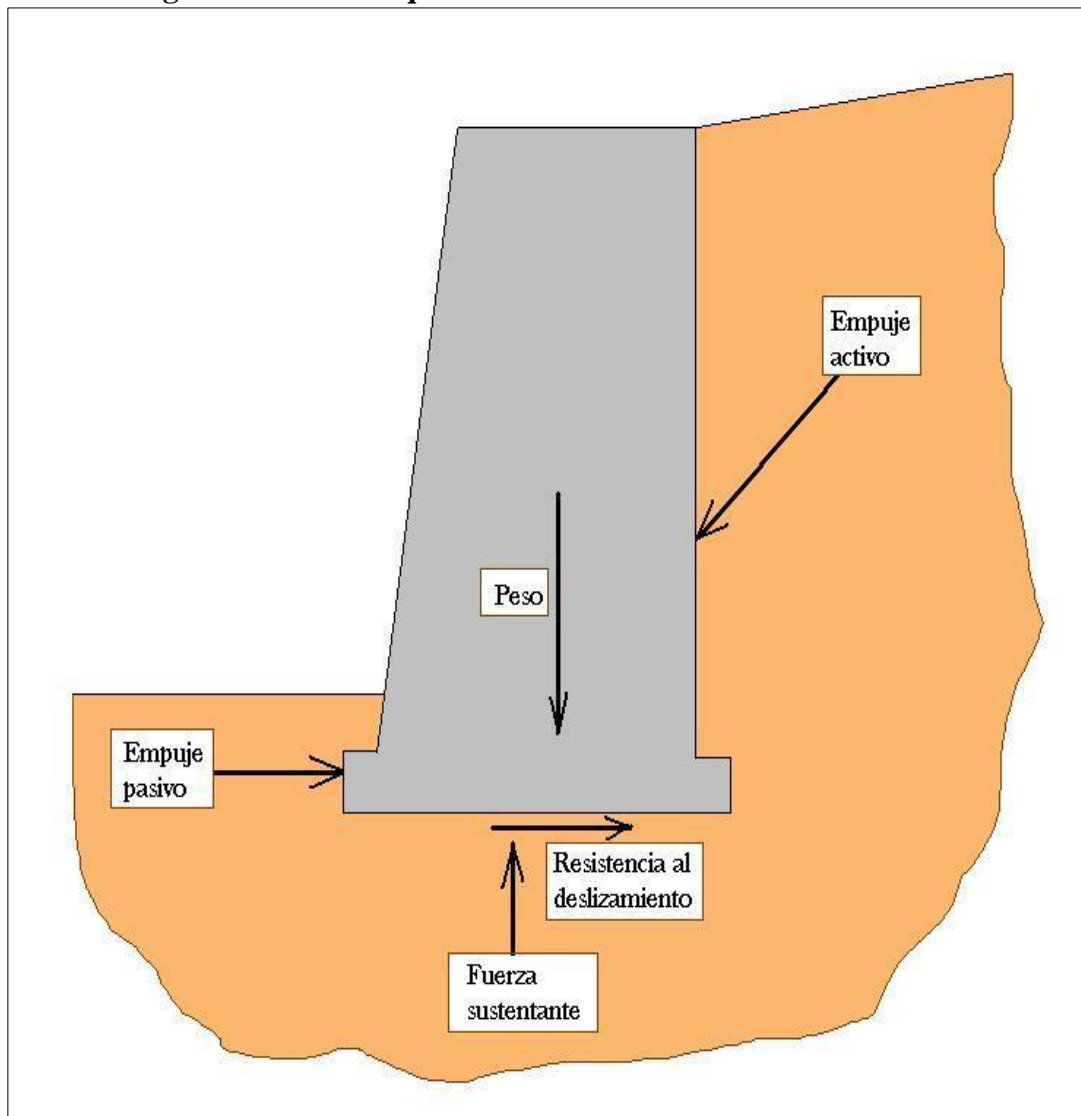
“Verificación de volteo o vuelco: Se verifica que el momento de las fuerzas (M_v) que tienden a voltear el muro sea menor al momento que tienden a estabilizar el muro (M_e) en una relación de por lo menos 1.5. Es decir: $M_e/M_v > 1.5$ (coeficiente de seguridad al volteo)”. (Braja, 2001).

“Verificación de la capacidad de sustentación: Se determina la carga total que actúa sobre la cimentación con el respectivo diagrama de las tensiones y se verifica que la carga transmitida al suelo (T_a) sea inferior a la capacidad portante (T_p), o en otras palabras que la máxima tensión producida por el muro sea inferior a la tensión

admisibles en el terreno. Es decir: $T_p/T_a > 1.0$ (coeficiente de seguridad a la sustentación)". (Braja, 2001).

“Verificación de la estabilidad global: Se verifica que el conjunto de la pendiente que se pretende contener con el muro tenga un coeficiente de seguridad global > 2 ". (Braja, 2001).

Figura 29. Fuerzas que actúan sobre un muro de contención.



Fuente: Braja, 2001.

Muros de contención de concreto Ciclópeo.

“El concreto u hormigón ciclópeo es un hormigón simple (agua, arena, ripios y cemento), los muros de concreto suelen ser económicamente viables para el armado de muros de contención de hasta 4.0 metros de altura. Tiene su origen en Grecia, donde se erigían fuertes con bloques de rocas muy grandes, situados uno encima de otro. Actualmente, las rocas ya no son tan grandes, pero sigue usándose el hormigón ciclópeo en construcciones como presas, muros de contención, cimientos y otras obras más”. (Geotechnical, 2018).

“Para la ejecución de este tipo de muro, a diferencia del muro de piedra, es necesario utilizar formas de madera, debido a la característica impermeable del concreto, es necesario utilizar algún dispositivo de drenaje en la estructura. El porcentaje de la mezcla es de 60% de hormigón y 40% de rocas. Las rocas usadas en la mezcla deben tener las siguientes características:” (Geotechnical, 2018).

- a. “Deben estar limpias, no intemperadas”.
- b. “Sin grietas ni fracturas, para evitar fallos estéticos”.
- c. “No deben tener forma de laja, su forma debe ser redondeada”.
- d. “Su peso aproximado debe ser de 15 kg”.

“Generalmente, los muros de concreto tienen una geometría trapezoidal o escalonada, debido a que es un muro de gravedad con un gran volumen de hormigón ciclópeo”. (Geotechnical, 2018).

Consideraciones generales. Debe considerarse lo siguiente: (Geotechnical, 2018).

1. “La compactación del terreno donde será usado el hormigón tiene que ser nivelada y optima, para evitar un asentamiento perjudicial”.
2. “Las rocas deben ser colocadas cuidadosamente, no deben agregarse de golpe a la mezcla de hormigón, porque arruinar su homogeneidad”.

3. “Debe humedecerse a las rocas antes de agregarlas a la mezcla, para que no absorban el agua del hormigón y debiliten la estructura”.
4. “Hay que dejar un espacio entre las rocas, cuando se agreguen a la mezcla de hormigón”.
5. “Para la instalación del hormigón ciclópeo, debe saberse el ancho y la profundidad del cimientto, verificándose que el fondo esté libre de todo tipo de impurezas y basura”.
6. “El concreto debe ser vaciado sobre las rocas, estas deben tener un espacio adecuado entre ellas”.

“Procedimiento constructivo de muro de contención de hormigón ciclópeo. Una vez realizadas las excavaciones para muros de contención, se realizar el encofrado de acuerdo con el diseño muro contención propuesto en los planos de construcción arquitectónicos y civiles. El muro de contención de hormigón ciclópeo tiene una fundación del mismo material, que se debe vaciar conjuntamente”. (Geotechnical, 2018).

“La base de la excavación que va a portar el elemento estructural deberá estar nivelada y compactada, para lo cual se recomienda colocar una carpeta de hormigón pobre de dosificación H-18 (180 kg cemento/m³) en proporciones 1:4 en cemento y arena corriente de construcción para optimizar la nivelación de las primeras capas”. (Geotechnical, 2018).

“El proceso de vaciado incluye el costo de la madera en tablas y puntales rollizos para asegurar el sistema de encofrado, el cual se realizará desde el nivel de fundación, (si esta se encontrara dentro de una excavación propia, el encofrado se colocará desde el arranque del muro). Se recomienda que el encofrado no tenga una altura mayor a 1 metro, ya que, al ser así, podría dificultarse el colocado de piedras y el vaciado de este”. (Geotechnical, 2018).

“Terminado el encofrado se utilizará una mezcla estructural de dosificación media H-25 (250kg cemento/m³) en proporciones 1:2:2 entre cemento, arena corriente y grava de granulometría mayor a 3/8”, la misma que se vaciará sobre la carpeta o base con un espesor mínimo de 15 centímetros para adherir la primera hilera de piedra”. (Geotechnical, 2018).

“La piedra de construcción a utilizarse en la mayoría de los casos desplazara grandes volúmenes del muro por lo que se recomienda la utilización de diámetros entre 20 y 30 cm”. (Geotechnical, 2018).

“La piedra de construcción, bolón, bruta y manzana son aptas para realizar este ítem, y las mismas se colocarán sobre la capa de mezcla de hormigón antes mencionada, en un tiempo no mayor a 15 minutos de su colocación, puesto que luego de la media hora el hormigón no adherirá los elementos de desplazamiento. (Para conseguir una mayor adherencia se deberá mojar cada piedra antes de colocarla)”.

Una vez colocada la hilera se debe vaciar una nueva capa de hormigón en la parte superior, la cual deberá ingresar en todas las aberturas entre piedras, utilizándose una barra de acero para empujar el material estructural hacia filas inferiores y espacios vacíos”. (Geotechnical, 2018).

“No se debe olvidar que el encofrado ha sido realizado para vaciar alturas no mayores a 1 metro, así que se debe prever que el encofrado que se coloque en la parte superior este preparado para la localización inmediata tras llenarse la primera línea estructural y poder continuar con el proceso”. (Geotechnical, 2018).

“Una vez terminado el vaciado del muro de contención se debe dejar el apuntalado y encofrado por un tiempo no menor a 14 días, ya que antes de este lapso el muro no tendrá resistencia por sí mismo”. (Geotechnical, 2018).

Pasos para la construcción. A continuación, se presenta una serie de fases sobre cómo construir un muro de contención con hormigón ciclópeo.

1. “Diseño del muro de contención: antes de empezar a construir el muro de contención, es importante realizar un diseño adecuado. Se debe considerar la altura del muro, la inclinación del terreno, la presión del suelo y la zona sísmica en la que se encuentra el terreno. Un ingeniero civil puede ayudar a diseñar un muro de contención que sea seguro y cumpla con los requisitos locales de construcción”. (Navarro, 2021).

2. “Excavación de la base: se debe excavar una zanja para la base del muro de contención. La profundidad y el ancho de la zanja dependerán del diseño del muro. La base debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar una buena superficie de apoyo para el muro y lo suficientemente profunda para que el muro se sostenga firmemente en su lugar. Es importante garantizar que la base sea nivelada para que el muro esté derecho”. (Navarro, 2021).

3. “Colocación de las piedras: el hormigón ciclópeo se construye colocando piedras grandes y pequeñas dentro del encofrado y luego vertiendo el concreto sobre ellas. Se deben colocar piedras grandes en la base del muro y luego ir apilando piedras más pequeñas en capas. Las piedras deben ser colocadas de manera que se llenen los espacios vacíos, creando una pared sólida. Es importante asegurarse de que las piedras estén bien compactadas para que el muro sea fuerte”. (Navarro, 2021).

4. “Vertido de concreto: después de colocar las piedras, se debe verter el concreto para unir las piedras y crear una pared sólida. El concreto debe ser mezclado en una proporción adecuada de cemento, arena, piedra y agua. Se debe verter el concreto en el encofrado en capas, asegurándose de que el concreto penetre en todos los espacios y cubra todas las piedras”. (Navarro, 2021).

5. “Curado del concreto: después de verter el concreto, se debe permitir que se cure adecuadamente antes de retirar el encofrado. El tiempo de curado puede variar según la temperatura, la humedad y la mezcla de concreto utilizada. Es importante seguir las instrucciones del fabricante para el tiempo de curado adecuado antes de retirar el encofrado”. (Navarro, 2021).

6. “Retirada del encofrado: una vez que el concreto se ha curado adecuadamente, se puede retirar el encofrado. Es importante hacerlo con cuidado para evitar dañar el muro. Después de retirar el encofrado, se debe revisar el muro para asegurarse de que esté sólido y sin fisuras”. (Navarro, 2021).

7. “Acabado del muro: el muro de contención de hormigón ciclópeo puede ser dejado sin acabado o se puede aplicar un acabado para mejorar su apariencia. Se pueden aplicar pinturas o revestimientos para proteger el muro del clima y hacerlo más atractivo”. (Navarro, 2021).

8. “Mantenimiento del muro: es importante mantener el muro de contención de hormigón ciclópeo para garantizar su durabilidad y resistencia. Se debe mantener el muro limpio y libre de vegetación para evitar que las raíces dañen la estructura. Además, se debe revisar periódicamente el muro para detectar signos de daño o debilidad”. (Navarro, 2021).

Base legal.

Código Municipal.

ARTICULO 68* Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas

ARTICULO 70* Competencias delegadas al municipio. El municipio ejercerá competencias por delegación en los términos establecidos por la ley y los convenios correspondientes, en atención a las características de la actividad pública de que se trate y a la capacidad de gestión del gobierno municipal, de conformidad con las prioridades de descentralización, desconcentración y el acercamiento de los servicios públicos a los ciudadanos. Tales competencias podrán ser, entre otras:

- a) Construcción y mantenimiento de caminos de acceso dentro de la circunscripción municipal

“Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesa. Fue emitido por el Presidente de la República de Guatemala, Jorge Ubico Castañeda el 5 de junio de 1942, a través de un Acuerdo Gubernativo. Es considerado actualmente una ley ordinaria específica en dicha materia; sin embargo, el ordenamiento jurídico vigente establece que para que exista un Reglamento debe existir una ley creada mediante los procedimientos establecidos previamente, en virtud de que los reglamentos desarrollan la competencia de la ley y establecen los procedimientos a seguir para la aplicación de la norma ordinaria”. (Tipografía Nacional, 2000).

“Fue creado con el objeto de regular todo lo concerniente a los caminos y carreteras del país, indicándose las clases de caminos, las dimensiones que debían tener según su categoría y el espacio físico que debía de considerarse como el área de terreno paralela a la carretera a favor del Estado”. (Tipografía Nacional, 2000).

Decreto número 1000 del Congreso de la República de Guatemala.

“Fue creado en 1953. En éste se declara de urgencia nacional el mantenimiento, la ampliación de los caminos y carreteras ya existentes y la construcción de nuevos caminos y carreteras y de utilidad y necesidad pública la expropiación de bienes para

ampliar y construir dichas carreteras. Esta ley faculta al Organismo Ejecutivo para ocupar en forma inmediata los bienes inmuebles que considere necesarios para la construcción de nuevas carreteras”. (Tipografía Nacional, 2000).

“El Congreso de la República de Guatemala al crear este Decreto, consideró, que la apertura de nuevas carreteras aumentaría el valor de los terrenos por donde estas atravesaran, creándose manifiesta plusvalía de esas tierras”. (Tipografía Nacional, 2000).

“Sin embargo desde el principio se encuentra con el rechazo de los propietarios de las fincas afectadas y el excesivo precio que éstos ponían a las fracciones de terreno que iban a ser expropiados, lo que causó que grandes proyectos carreteros que hubieran sido de gran beneficio para la nación, quedaran en el abandono, llevándose a cabo únicamente los estudios técnicos y las mediciones pero sin que se llegara a ejecutar alguno, debido al excesivo costo que en tiempo y en dinero implicaba para el Estado”. (Tipografía Nacional, 2000).

“Decreto Ley número 110. Fue emitido por el jefe de Gobierno de la República de Guatemala, Enrique Peralta Azurdía, el 19 de septiembre de 1963 y publicado en el Diario Oficial de Centroamérica en Recopilación de Leyes de la República”. (Tipografía Nacional, 2000).

“En este decreto se establecen ciertas reformas al Decreto número 1000 del Congreso de la República, asimismo instituye el procedimiento para la expropiación de bienes inmuebles que debe llevarse a cabo por el ente encargado para el efecto, y la forma en que se indemnizará a las personas propietarias que sean afectadas por el proyecto y la construcción de vías de comunicación terrestre, a través de la intervención estatal”. (Tipografía Nacional, 2000).

“Surge a raíz de la demora que se observa en la obtención del derecho de vía de las carreteras y el retraso en su construcción, debido al uso y aplicación del reglamento de derecho de vía, retraso éste que eleva considerablemente el costo de la construcción de las mismas, lo cual, aunado a la falta de una norma específica que trate por completo los temas relacionados con caminos y carreteras, constituye un obstáculo para la obtención del área ya mencionada, del financiamiento respectivo y ocasiona pérdidas muy grandes a la economía nacional con perjuicio de la colectividad”. (Tipografía Nacional, 2000).

Importancia. La construcción y mantenimiento de carreteras es una actividad crucial para el desarrollo económico y social de un país. La red de carreteras es una de las principales infraestructuras de transporte, ya que permite la movilidad de personas y bienes, conectando distintos puntos del territorio y facilitando el acceso a servicios y oportunidades.

Sin embargo, la construcción y mantenimiento de carreteras implica riesgos y desafíos importantes, tanto para la seguridad vial como para el medio ambiente y el uso del suelo. Por esta razón, es fundamental contar con un marco legal que regule y garantice la correcta planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las carreteras.

Los aspectos más relevantes de la importancia de un marco legal para la construcción y mantenimiento de carreteras:

1. Seguridad vial: la construcción y mantenimiento de carreteras debe garantizar la seguridad vial de los usuarios, tanto de conductores como de peatones y ciclistas. Un marco legal adecuado puede establecer normas y estándares para el diseño y construcción de infraestructuras seguras, así como para la señalización, iluminación

y mantenimiento de las carreteras. Además, puede establecer medidas para prevenir y reducir los accidentes de tráfico.

2. Protección ambiental: la construcción y mantenimiento de carreteras puede tener impactos negativos en el medio ambiente, como la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación acústica, la erosión del suelo y la pérdida de hábitats naturales. Un marco legal puede establecer criterios y requisitos para la gestión ambiental de las carreteras, como la evaluación de impacto ambiental, la mitigación de impactos, la restauración de áreas afectadas y la conservación de la biodiversidad.

3. Uso del suelo: la construcción de carreteras implica la ocupación de terrenos y puede afectar el uso del suelo y la propiedad de los terrenos. Un marco legal puede establecer procedimientos para la expropiación de terrenos, la indemnización a los propietarios afectados y la gestión de conflictos. Además, puede garantizar el cumplimiento de los derechos de los pueblos indígenas y las comunidades locales.

4. Financiamiento y gestión: la construcción y mantenimiento de carreteras requiere de una inversión significativa por parte del Estado y de la sociedad en general. Un marco legal puede establecer mecanismos de financiamiento sostenible, como la asignación de presupuestos específicos, la implementación de peajes y la participación del sector privado. Además, puede establecer modelos de gestión eficientes y transparentes, que garanticen la calidad y la continuidad de los servicios de transporte.

En conclusión, un marco legal adecuado para la construcción y mantenimiento de carreteras es fundamental para garantizar la seguridad vial, la protección ambiental, el uso adecuado del suelo y la gestión eficiente y sostenible de los recursos. La planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las carreteras deben estar sujetas a normas y estándares claros y precisos, que aseguren la calidad y

la seguridad de la infraestructura, así como la protección del medio ambiente y los derechos de las comunidades locales.

En este sentido, es importante que el marco legal sea actualizado y adaptado a las nuevas necesidades y desafíos que surgen con el tiempo. La innovación tecnológica y las nuevas formas de movilidad, por ejemplo, pueden requerir ajustes en las regulaciones y normas vigentes, para garantizar su adecuada integración en la red de carreteras.

Por último, es importante destacar que la implementación efectiva de un marco legal para la construcción y mantenimiento de carreteras depende en gran medida de la capacidad institucional y técnica de los organismos encargados de su aplicación. Es necesario contar con recursos humanos y financieros adecuados, así como con sistemas de monitoreo y evaluación eficaces, para asegurar el cumplimiento de las normas y regulaciones establecidas.

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar.

Para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (habitantes de comunidades) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del muestreo, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error.

La otra población de estudio (profesionales y técnicos) se direccionó a obtener información sobre la causa. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto se trabajó con 75 pobladores de entre 18 y 50 años de las aldeas Ayarza y Tapalapa.

Para responder causa se identificaron a 12 profesionales y miembros de las siguientes dependencias municipales de la Municipalidad de Casillas, Santa Rosa: Oficina de Planificación Municipal; Consejo Municipal.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

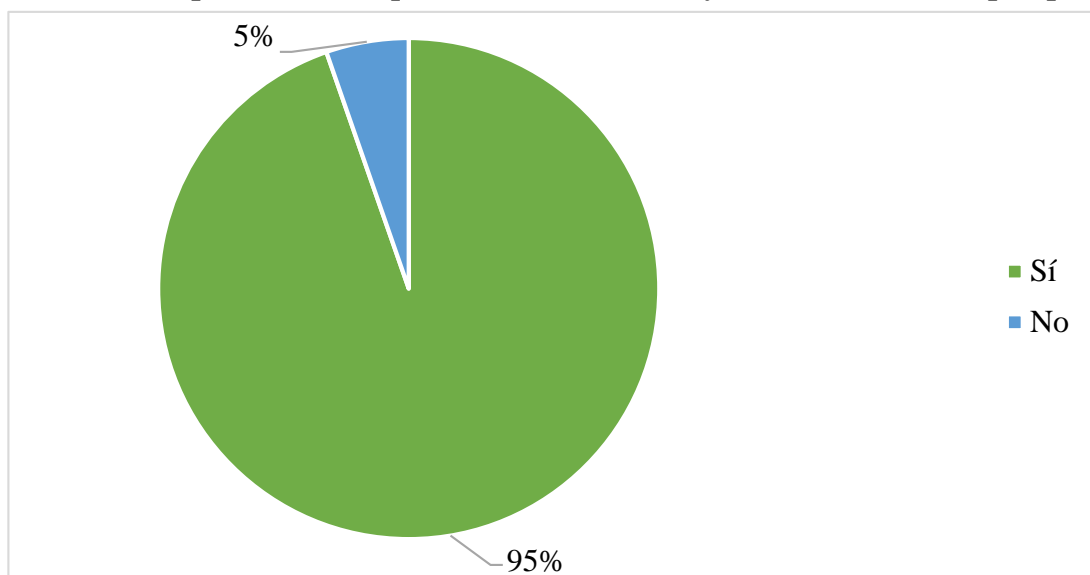
III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto).

Cuadro 3: Percepción sobre incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	71	95
No	04	05
TOTAL	75	100

Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Gráfica 1: Percepción sobre incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Análisis.

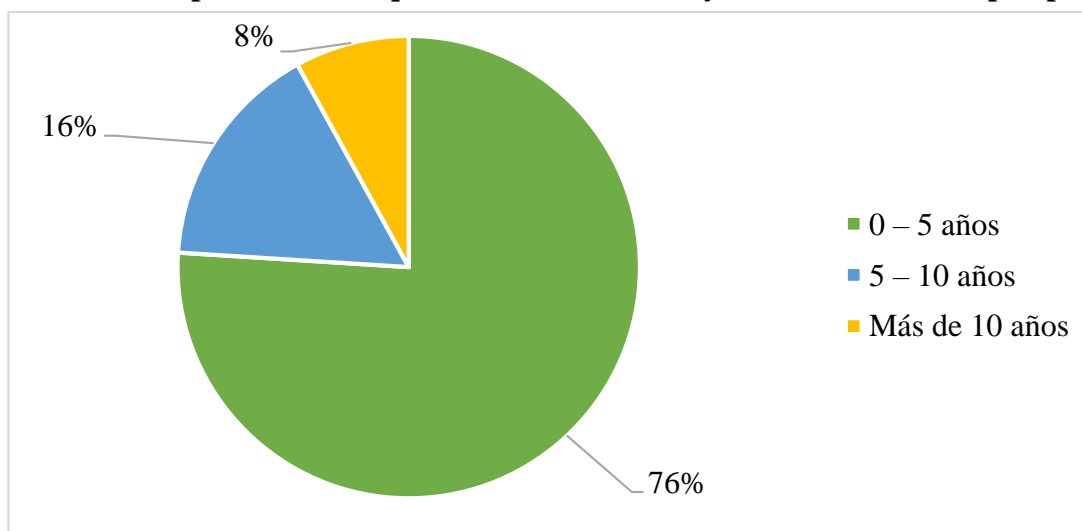
El efecto se confirma directamente, mediante la opinión de la mayoría de los encuestados, los cuales afirman que se ha percibido aumento en la cantidad de derrumbes en el tramo carretero de estudio, mientras que una reducida parte restante considera que la cantidad de derrumbes presentados se mantiene.

Cuadro 4: Tiempo presentándose incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 5 años	57	76
5 – 10 años	12	16
Más de 10 años	06	08
TOTAL	75	100

Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Gráfica 2: Tiempo presentándose incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Análisis.

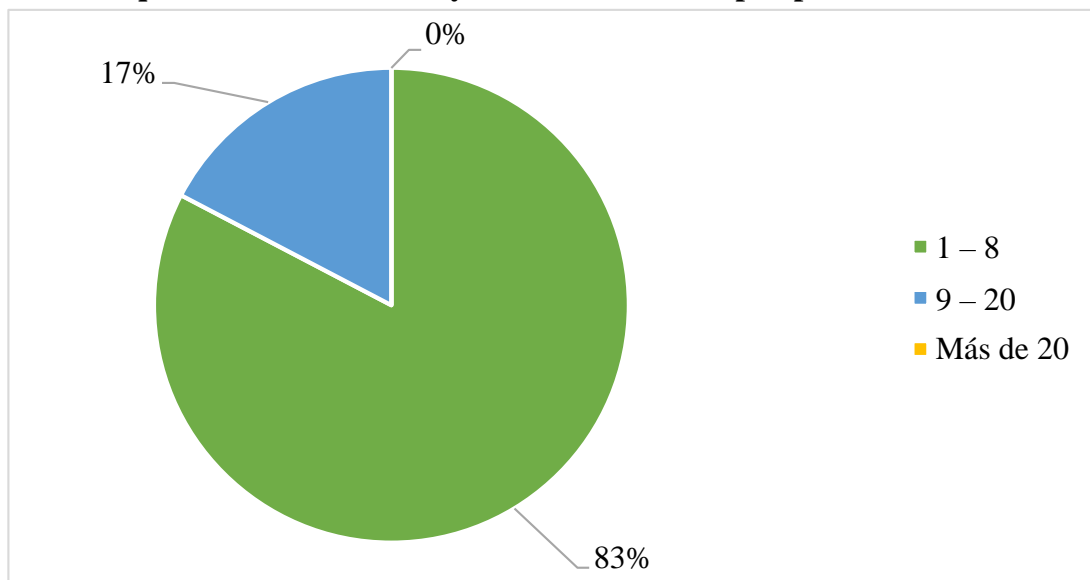
La mayor parte de los encuestados indican que el aumento en la cantidad de derrumbes en el tramo carretero de estudio se ha presentado hace 5 años, un grupo de menor tamaño considera que esta situación es así desde hace 5 a 10 años, por último, un grupo aún más pequeño señala que el a incremento en los derrumbes es desde hace más de 10 años; el efecto se valida con esta información ya que se establece un lapso de ocurrencia.

Cuadro 5: Cantidad de incremento de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa en el último año.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1 – 8	62	83
9 – 20	13	17
Más de 20	00	00
TOTAL	75	100

Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Gráfica 3: Cantidad de incremento de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa en el último año.



Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Análisis.

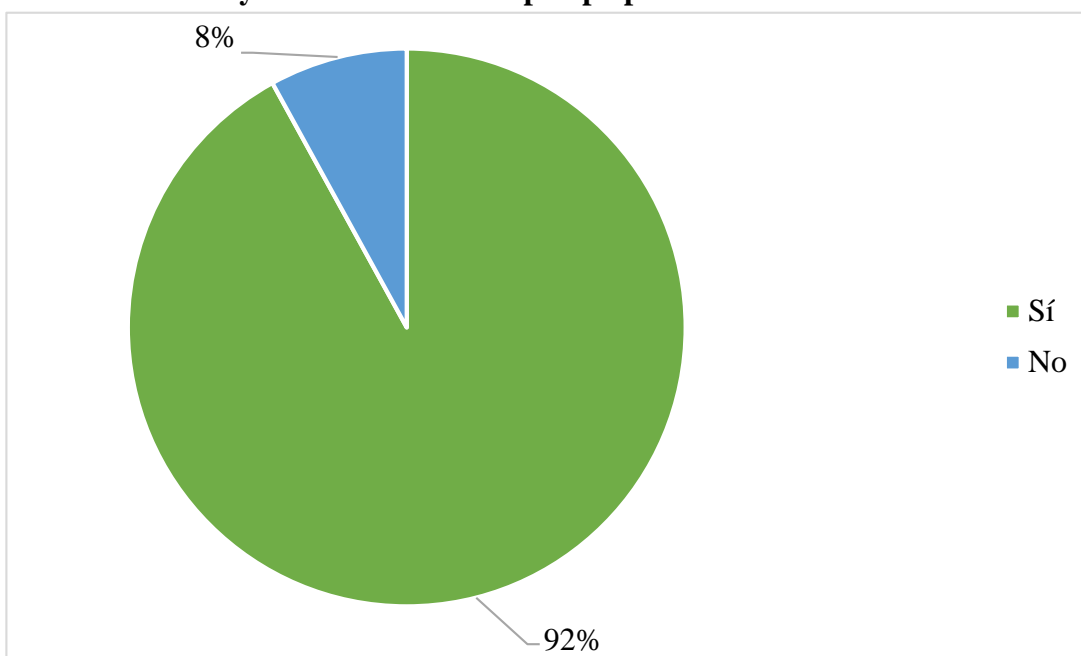
Gran parte de los pobladores encuestados indican que durante el último año la cantidad de derrumbes presentados en el tramo carretero de estudio ha aumentado entre 1 a 8 percances, por su parte, una pequeña parte restante considera que esta el aumento corresponde a entre 9 y 20 siniestros; con estos datos se comprueba el efecto planteado.

Cuadro 6: Dificultades de tránsito en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa por aumento de derrumbes.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	69	95
No	06	05
TOTAL	75	100

Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Gráfica 4: Dificultades de tránsito en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa por aumento de derrumbes.



Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Análisis.

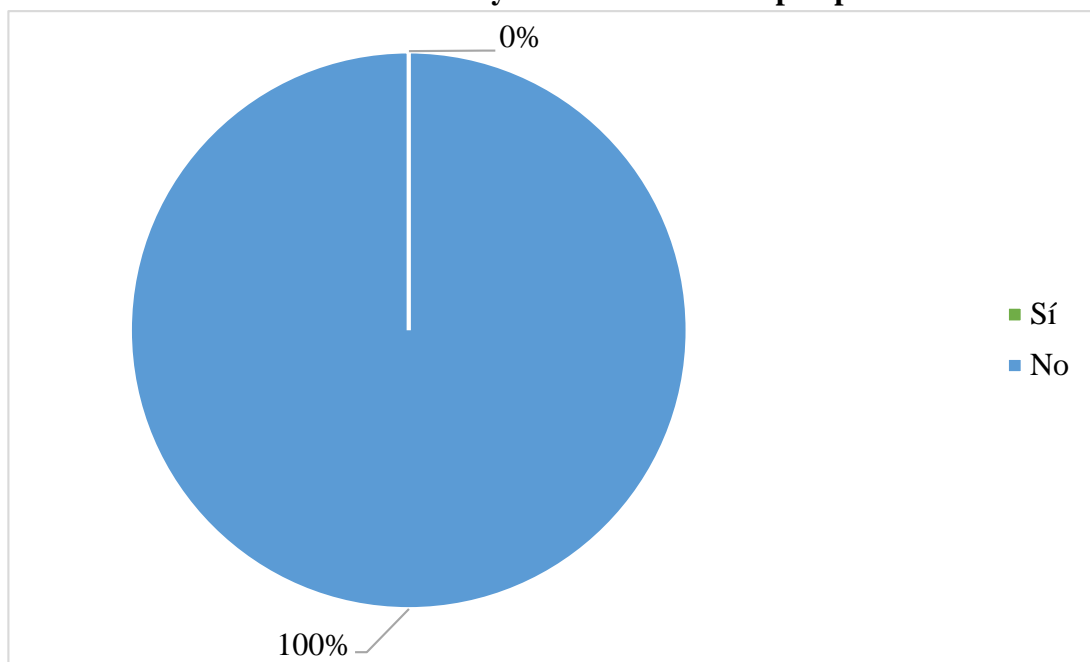
La mayoría de los encuestados aseguran que el tránsito por el tramo carretero de estudio se ha visto dificultado debido al incremento de la cantidad de derrumbes presentados, por otro lado, una pequeña parte restante minimiza la situación puesto que los derrumbes se reparan rápido; con esta información se da validez al efecto nuevamente.

Cuadro 7: Óptimas condiciones de taludes de carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	75	100
TOTAL	75	100

Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Gráfica 5: Óptimas condiciones de taludes de carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Pobladores (18 – 50 años) de aldeas Ayarza y Tapalapa, septiembre 2021.

Análisis.

La totalidad de los pobladores encuestados argumentan que la condición de los taludes del tramo carretero de estudio es deplorable, esto significa que la carretera es altamente propensa a derrumbes; con esta información una vez más se da validez al efecto.

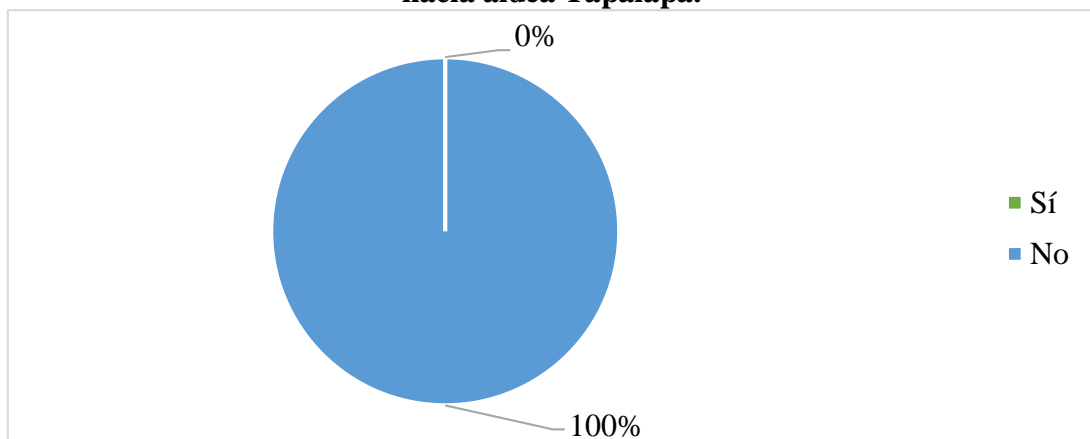
III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente X (causa).

Cuadro 8: Existencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	12	100
TOTAL	12	100

Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Gráfica 6: Existencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Análisis.

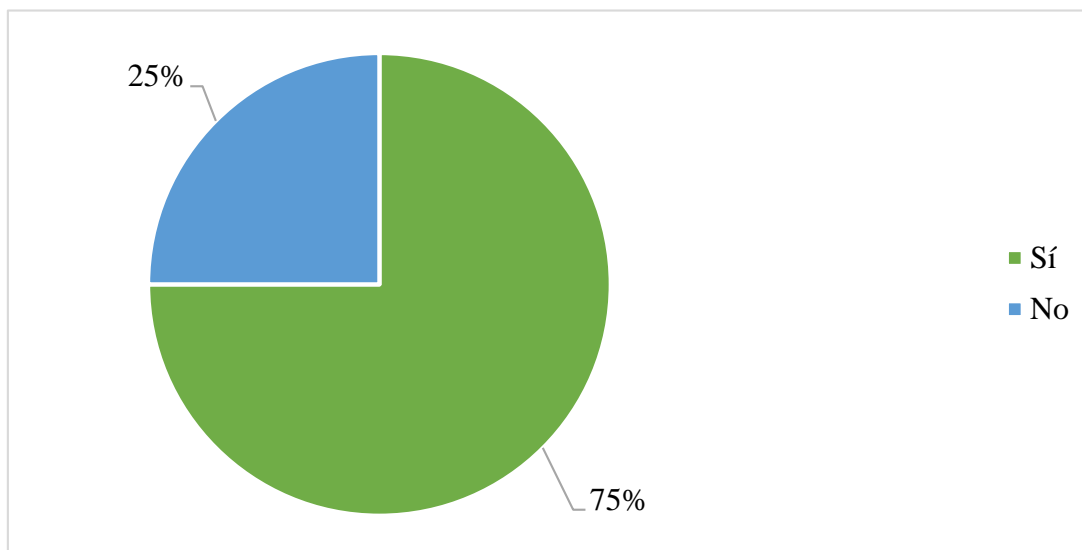
La causa se confirma directamente, mediante la opinión de la totalidad de los profesionales encuestados, quienes afirman que no se cuenta con plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Cuadro 9: Necesidad de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	09	75
No	03	25
TOTAL	12	100

Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Gráfica 7: Necesidad de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Análisis.

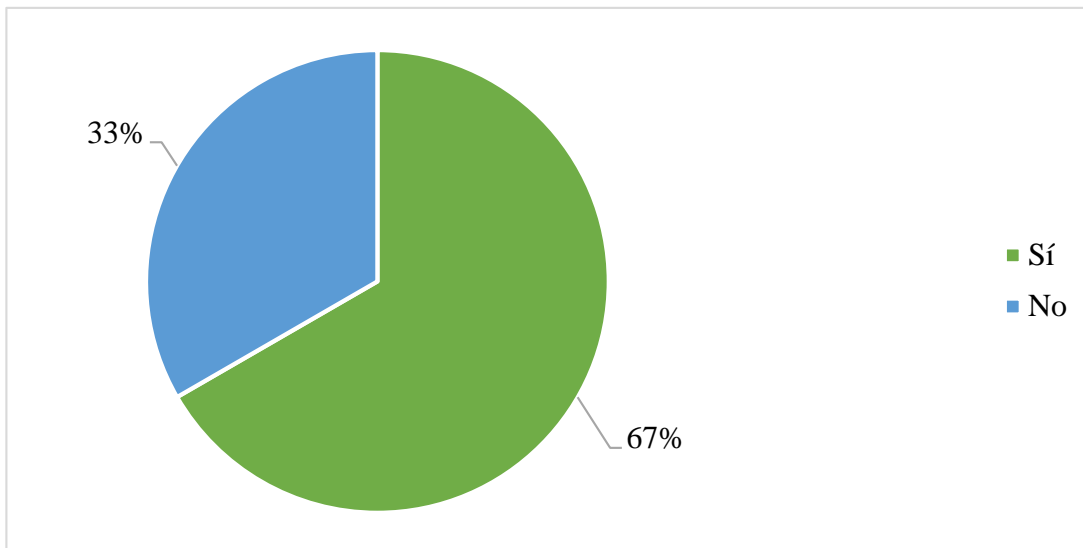
Tres cuartas partes de los encuestados aseguran que la implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en el tramo carretero de estudio es de absoluta prioridad, mientras que una cuarta parte de estos señala que hay otras prioridades en las comunidades; con esta información se da validez a la causa planteada.

Cuadro 10: Calidad de vida de habitantes perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	08	67
No	04	33
TOTAL	12	100

Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Gráfica 8: Calidad de vida de habitantes perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Análisis.

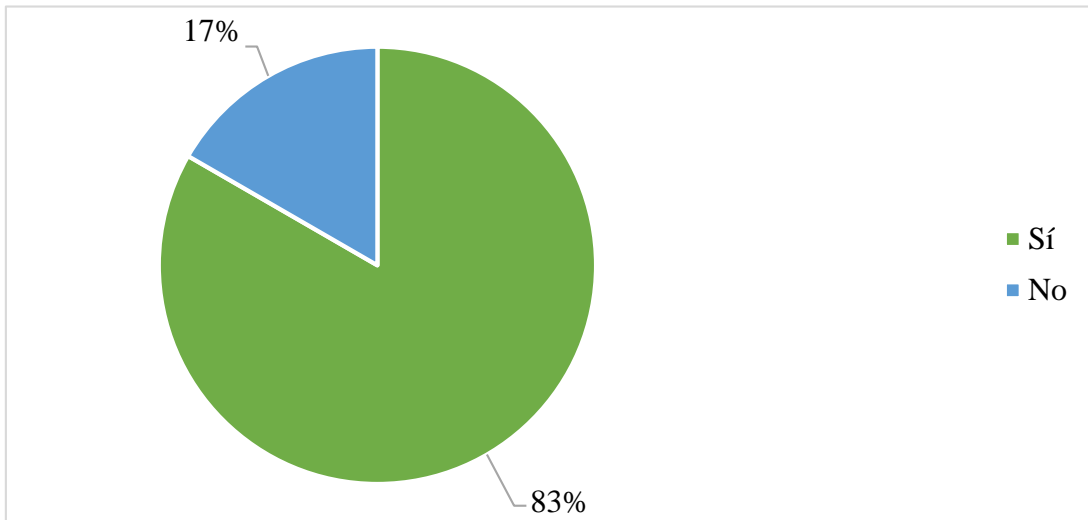
Dos tercios de los encuestados indican que el no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en el tramo carretero de estudio afecta la calidad de vida de los pobladores de las comunidades que lo utilizan, mientras que una tercera parte no dimensionan esta carencia como un factor determinante en la calidad de vida; con esta información se valida la causa.

Cuadro 11: Circulación vehicular y peatonal perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	10	83
No	02	17
TOTAL	12	100

Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Gráfica 9: Circulación vehicular y peatonal perjudicada por falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Análisis.

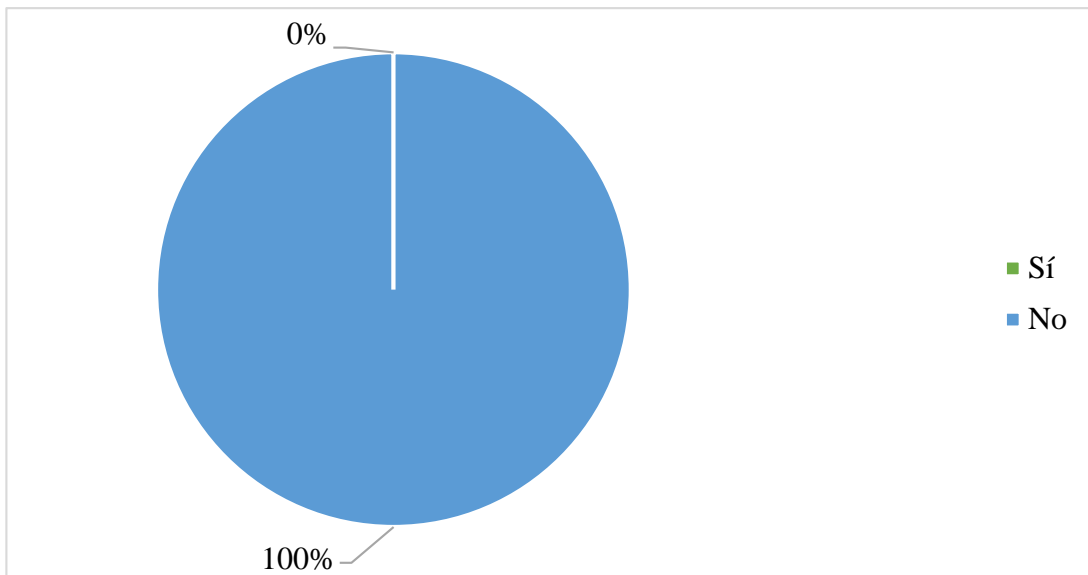
La mayoría de los profesionales encuestados señalan a la falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo como un factor que perjudica la circulación vehicular y peatonal en el tramo carretero de estudio, por su parte una pequeña parte restante no consideran que sea un factor determinante; con esta información se comprueba la causa.

Cuadro 12: Planificación para implementar plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	12	100
TOTAL	12	100

Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Gráfica 10: Planificación para implementar plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.



Fuente: Profesionales de obras públicas de municipio de Casillas, septiembre 2021.

Análisis.

Todos los profesionales encuestados no tienen contemplado dentro de su planificación la implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en el tramo carretero de estudio; con esta información se confirma que este proyecto no existe ni siquiera en planteamiento.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

IV.1 Conclusiones.

La investigación que se realizó en tramo carretero que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, con 75 pobladores de las aldeas y 12 profesionales de la municipalidad, fue orientada para confirmar la hipótesis. Al considerar los resultados obtenidos en la tabulación presentada en el capítulo anterior sobre la investigación, se enlistan las siguientes conclusiones.

1. Se comprueba la hipótesis planteada: “el incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error para la variable efecto, y 100% de confianza y 0% de error para la variable causa.
2. La cantidad de derrumbes presentados en el tramo carretero de estudio no ha disminuido.
3. El incremento en la cantidad de derrumbes se ha percibido desde hace cinco años en el tramo carretero de estudio.
4. Durante el último año se ha registrado un aumento de 1 a 8 derrumbes en el tramo carretero de estudio.
5. Los habitantes de las aldeas no han transitado con facilidad por el tramo carretero que los comunica.
6. Los taludes del tramo carretero de estudio no se encuentran en óptimas condiciones.

7. No se cuenta con plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en tramo carretero de estudio.

8. La implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en tramo carretero de estudio es de carácter prioritario.

9. La calidad de vida de los pobladores se ha visto afectada al no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo.

10. La circulación de vehículos y peatones no se ha llevado con normalidad en el tramo carretero de estudio por no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo.

11. Los profesionales del municipio no consideran la implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en tramo carretero de estudio.

IV.2 Recomendaciones.

Los datos obtenidos a través de la investigación en tramo carretero que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, arrojan incremento en la cantidad de derrumbes, producto de no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, por tanto, que se sugiere emplear las recomendaciones descritas a continuación.

1. Implementar plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

2. Impulsar estrategias en torno a la prevención de derrumbes en el tramo carretero de estudio.
3. Corregir la falta de mantenimiento de los últimos cinco años del tramo carretero de estudio.
4. Reducir la cantidad de derrumbes producidos anualmente en el tramo carretero de estudio.
5. Mejorar la transitabilidad del tramo carretero que comunica a las aldeas de estudio.
6. Optimizar las condiciones en las que se encuentran los taludes del tramo carretero de la aldea de estudio.
7. Invertir en la implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en el tramo de estudio.
8. Gestionar la implementación inmediata del plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en el tramo carretero de estudio.
9. Lograr mejores condiciones de calidad de vida para los pobladores mediante el plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo.
10. Favorecer la circulación segura de vehículos y peatones por el tramo carretero de estudio mediante el plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo.
11. Exigir a los profesionales la implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo en el tramo carretero de estudio.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Aguado, F. (1987). *Introducción a la Contrucción*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- 2) Allen, J. (1982). *Sedimentary Structures. Their character and physical basis*. Seattle, US: Elsevier .
- 3) Bails, B. (2002). *Diccionario de arquitectura civil*. Madrid, España: Mundi Prensa Ediciones.
- 4) Banco Mundial. (2014). *Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III)*. Ginebra, Suiza: BM.
- 5) Braja, M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento, California: Thomson Learning.
- 6) Camargo, A. (10 de Junio de 2015). *Slide Share*. Obtenido de Obras de contención de carreteras: <https://es.slideshare.net/adrianEUcamargo/obras-de-contencin-en-carreteras>
- 7) Carpinteri, A. (2002). *Structural Mechanics: A unified approach*. New York, US: CRC Press.
- 8) Castro, K. (2005). *Vulnerabilidad física de la infraestructura vial en las rutas*. Alajuela, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- 9) Chávez, L. (2001). *Funcionamiento de un plan de contingencia, en caso de emergencias por desastres naturales para la red de carreteras del país*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 10) Cho, S. (2009). *Infiltration analysis to evaluate the surficial stability of two layered slopes considering rainfall characteristics*. Hong Kong, Hong Kong: Engineering Geology.
- 11) CISMID, C. S. (Mayo de 2004). *Manual de Protección de Taludes*. Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería: <https://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual%20de%20Proteccion%20de%20Taludes.pdf>

- 12) CNE, (. N. (11 de Mayo de 2021). *Gobierno de Costa Rica*. Obtenido de ¿Qué es un Derrumbe o Deslizamiento?: https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/informacion_educativa/recomentaciones_consejos/derrumbe.aspx
- 13) Cordero, D. (2010). *Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura vial*. San José, Costa Rica: Univerwsidad de Costa Rica.
- 14) Cur, C. (1991). *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*. Rotterdam, Netherlands: Balkema Publishers.
- 15) Dubán, G. (29 de Agosto de 2011). *Elementos de los muros*. Obtenido de Arquitectura Antigua y Moderna: <http://www.arq-antigua.com.ar/info/roma.php?pagina=35>
- 16) Easterbrook, D. (1999). *Surface Processes and Landforms*. Atlanta, US: Prentice-Hall.
- 17) Espasa. (1940). *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Madrid, España: Omega.
- 18) Etecé. (05 de Agosto de 2021). *Concepto.de*. Obtenido de Estructura - Fuente: <https://concepto.de/estructura/>: <https://concepto.de/estructura/>
- 19) European Communities and Transportation. (2007). *Road Transport (Europe)*. Bruselas, Bélgica: Overview.
- 20) García, F., Yagiie, A., & Corimas, D. (2005). *Ingeniería de las carreteras*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- 21) Gascón, M. (2005). *Vientos, Terremotos, Tsunamis y otras catástrofes naturales. Historia y casos Latinoamericanos*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Biblos.
- 22) Geotechnical, A. (17 de Mayo de 2018). *Geotécnica y Mecánica de Suelos ABC*. Obtenido de Muros de Contencion de Hormigon o Concreto Ciclopeo: <https://www.mecanicasuelosabcchile.com/muro-hormigon/>
- 23) Guerola, V. S. (1998). Camí de la Baixa Ribagorça, a la Vall de l'Isàvena. *Fotografía*. Madrid, España.

- 24) Hurdle, D., & Stieve, R. (1989). *Wave Hindcast Model to Avoid Inconsistencies in Engineering Applications*. Berlin, Germany: Coastal Engineering.
- 25) Instituto de Defensa Civil. (25 de Julio de 2011). *Gobierno de Perú*. Obtenido de Guía instructiva de recomendaciones estructurales: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1747/doc1747-contenido.pdf>
- 26) JICA, (. d. (11 de Marzo de 2004). *Gobierno de Bolivia*. Obtenido de Manual de gestión y prevención de desastres en carreteras: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11866373_03.pdf
- 27) Lambe, W., & Whitman, R. (1997). *Mecánica de suelos*. México, México: Editorial Limusa.
- 28) Laurenec, I. (1960). *Ingeniería de carreteras*. México, México: Continental S. A.
- 29) Le Bas, T. (2007). *Slope Failures on the Flanks of Southern Cape Verde Island*. Praia, Cape Verde: Spring.
- 30) Leal, R. (2008). *Historia del Hormigón*. Ciudad de México, México: Continental S.A.
- 31) Martínez Corrales, A. (2002). *Texto Básico de Obras Viales*. La Habana, Cuba: Producciones MES.
- 32) Martínez, C. (19 de Octubre de 2017). *COVIAL Guatemala*. Obtenido de Muros de contención, contribuyen a la prolongación de la vida útil de carreteras: <http://www.covial.gob.gt/muros-de-contencion-contribuyen-a-la-prolongacion-de-la-vida-util-de-carreteras/>
- 33) Masure, P. (1994). *Gestión de riesgos y planeamiento preventivo en ciudades*. Nueva York, EE.UU.: Organización de las Naciones Unidas.
- 34) Matamoros, J. (2003). *Técnicas para la prevención de desastres en carreteras*. México, México: Universidad Autónoma de México.
- 35) Ministerio de Defensa del Perú. (2018). *Un corrimiento de tierra en el departamento del Cuzco, Perú (2018)*. Gobierno de Perú, Cuzco, Perú.
- 36) Mizutani, S. (1994). *Gestión de desastres en áreas metropolitanas*. Nueva York, EE.UU.: Organización de las Naciones Unidas.

- 37) Monleón, S. (1999). *Análisis de vigas, arcos, placas y láminas*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- 38) Museo de Ciencias de Puerto Rico. (07 de Abril de 2020). *Ecoexploratorio*. Obtenido de ¿Qué es un derrumbe?: <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/derrumbes/que-es-un-derrumbe/>
- 39) National Research Council. (1996). *Landslides, investigation and mitigation*. Washington, D.C. US: National Academy Press.
- 40) Nilson, A. (2011). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill. .
- 41) OPS, (. P. (1992). *Manual de Organización Local para Situaciones de Emergencia*. Ontario, Canada: OPS Press.
- 42) Palacios, M. (13 de Noviembre de 2020). *ClasificaciónDe*. Obtenido de Clasificación de carreteras: <https://www.clasificacionde.org/clasificacion-de-carreteras/>
- 43) Popov, E. (1990). *Engineering Mechanics of Solids*. Englewood, UK: Prentice Hall.
- 44) Sidle, R., & Hirota, O. (2006). *Landslides: Processes, Prediction and Land Use*. Seattle, US: American Geophysical Union.
- 45) Structuralia. (12 de Agosto de 2019). *Structuralia Blog*. Obtenido de Inestabilidad de taludes en carreteras: tipos de movimientos que se producen: <https://blog.structuralia.com/inestabilidad-de-taludes-en-carreteras-tipos-de-movimientos-que-se-producen>
- 46) Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- 47) Swift, J., & Baas, S. (2003). *Managing Pastoral Risk in Mongolia - A Plan of Action*. Rome, Italy: TCP/FAO.
- 48) Terzaghi, K. (1934). *Large Retaining Wall Tests*. Munich, German: Engineering News Record.

- 49) Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. New York, US: John Wiley and Sons.
- 50) Tipografía Nacional. (2000). *Recopilación de Leyes de la República*. Guatemala, Guatemala: Congreso de la República de Guatemala.
- 51) UNGRD, (. N. (2009). *Acerca de Fenómenos Naturales: Deslizamientos*. Bogotá, Colombia: Gobierno de Colombia.
- 52) Valdez, C. (2003). *Análisis y recomendación para prevención de desastres en carreteras*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 53) Vargas, G. (2005). *Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- 54) Walpole, P. (2007). *Rainfall, Landslides, Debris Flows and Flooding: Understanding the Real Causes the Put Lives at Risk*. Rome, Italy: Quezon Press.
- 55) Walpole, P. (24 de Junio de 2011). *Secretariado para la Justicia Social – Compañía de Jesús – Roma*. Obtenido de Hoja informativa: Derrumbes: https://ecojesuit.com/wp-content/uploads/2011/06/Derrumbes_ESP.pdf
- 56) Word FAQ. (24 de Marzo de 2007). *Lexico Publishing Group, LLC*. Obtenido de What is the difference between a road and a street?: Dictionary.com
- 57) Wright, V., & Marriott, S. (1993). *The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems the role of floodplain sediment storage*. Los Angeles, US: Sedimentary Geology.

ANEXOS.

Anexo 1. Formato dominó.

Modelo de investigación: Dominó

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Luis Angel Arriaga Lòpez Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 23 de agosto de 2021.

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente Incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general Disminuir cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuye la cantidad de derrumbes, y a la vez se soluciona la problemática en 95%.</p>
<p>2) Problema central Ineficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>	<p>5) Objetivo específico Contar con eficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>	<p>Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora; de los COCODES de las aldeas en estudio; encuestas a habitantes.</p> <p>Supuestos: La unidad ejecutora en conjunto con los COCODES, adopta el programa de Conservación de Suelos, dirigido a productores agrícolas.</p> <p>Cooperantes: COCODES.</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente Carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>	<p>6) Nombre Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al primer año de implementada la propuesta, se cuenta</p>

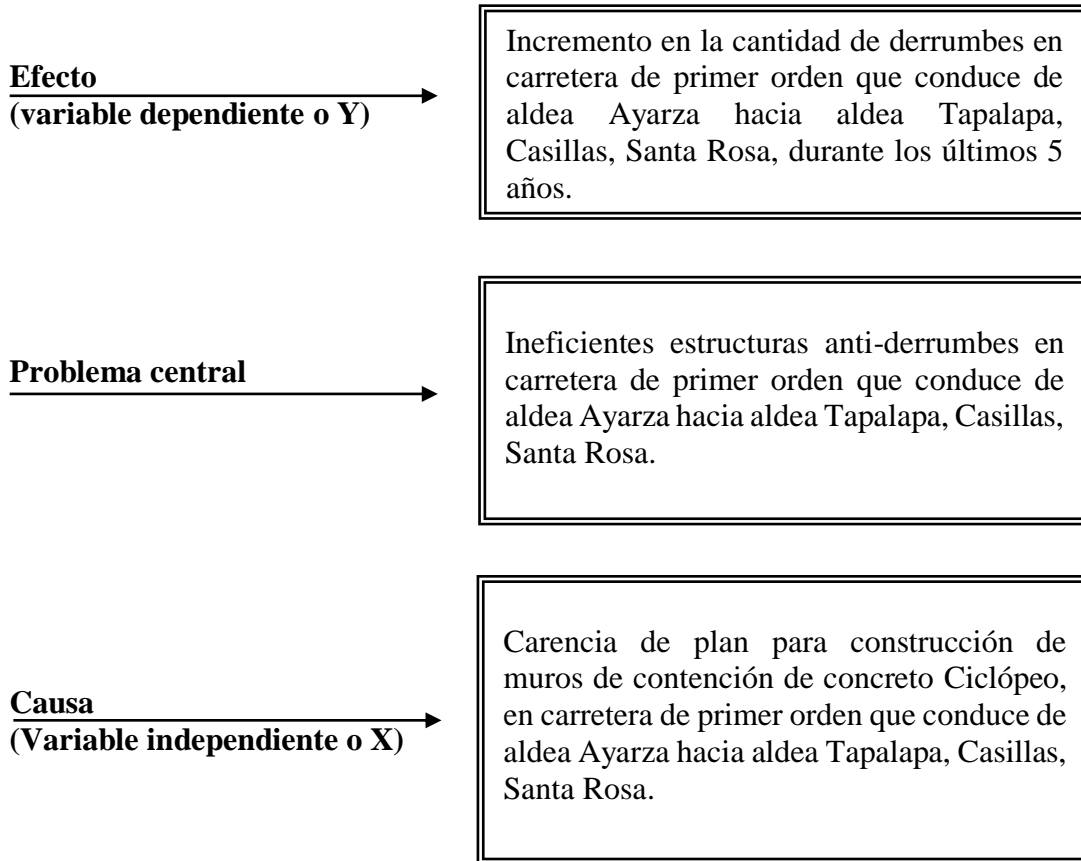
<p>7) Hipótesis</p> <p>El incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo.</p>	<p>12) Resultados o productos</p> <p>* Se cuenta con la Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Casillas, Santa Rosa, como Unidad Ejecutora.</p> <p>* Se elabora anteproyecto de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>	<p>con eficientes estructuras anti-derrumbes y se concreta el 95% de solución identificada al problema central.</p> <p>Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora; de los COCODES de las aldeas en estudio; encuestas a habitantes.</p> <p>Supuestos: La unidad ejecutora adopta el sistema de mejoramiento al manejo de las aguas pluviales para facilitar la eficiencia de las estructuras instaladas.</p> <p>Se garantiza el mantenimiento permanente.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a) ¿Considera usted que existe incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa? Sí _____ No _____</p> <p>b) ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa? 0-5 años ___ 5-10 años ___ Más de 10 años ___</p> <p>c) ¿En qué número se ha reportado el incrementado en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, en el último año? 1-8 ___ 9-20 ___ Más de 20 ___</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p>N/A</p>	

<p>Dirigidas a habitantes de 18 a 50 años de edad, de aldeas Ayarza y Tapalapa, ambas en Casillas, Santa Rosa.</p> <p>Boletas 75, población infinita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a) ¿Conoce si existe plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas? Sí___ No___</p> <p>b) ¿Considera usted que es necesario implementar el plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas? Sí___ No___</p> <p>c) ¿Cree usted que la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, ¿afecta la calidad de vida de los habitantes del municipio? Sí___ No___</p>	
<p>Dirigidas a profesionales y miembros de las siguientes dependencias municipales de la Municipalidad de Casillas, Santa Rosa: Oficina de Planificación Municipal; Consejo Municipal.</p> <p>Boletas 12, población censal, con el 100% de nivel</p>	

Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

Árbol de problemas.

Tópico: Ineficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden.



Hipótesis causal:

“El incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”.

Hipótesis interrogativa:

¿Será la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo la causante del incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, ¿por ineficientes estructuras anti-derrumbes?

Árbol de objetivos.

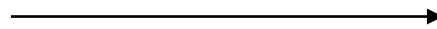
En función de dar solución a la problemática planteada, se describen los siguientes objetivos.

Fin u objetivo general



Disminuir cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Objetivo específico



Contar con eficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Medio de solución



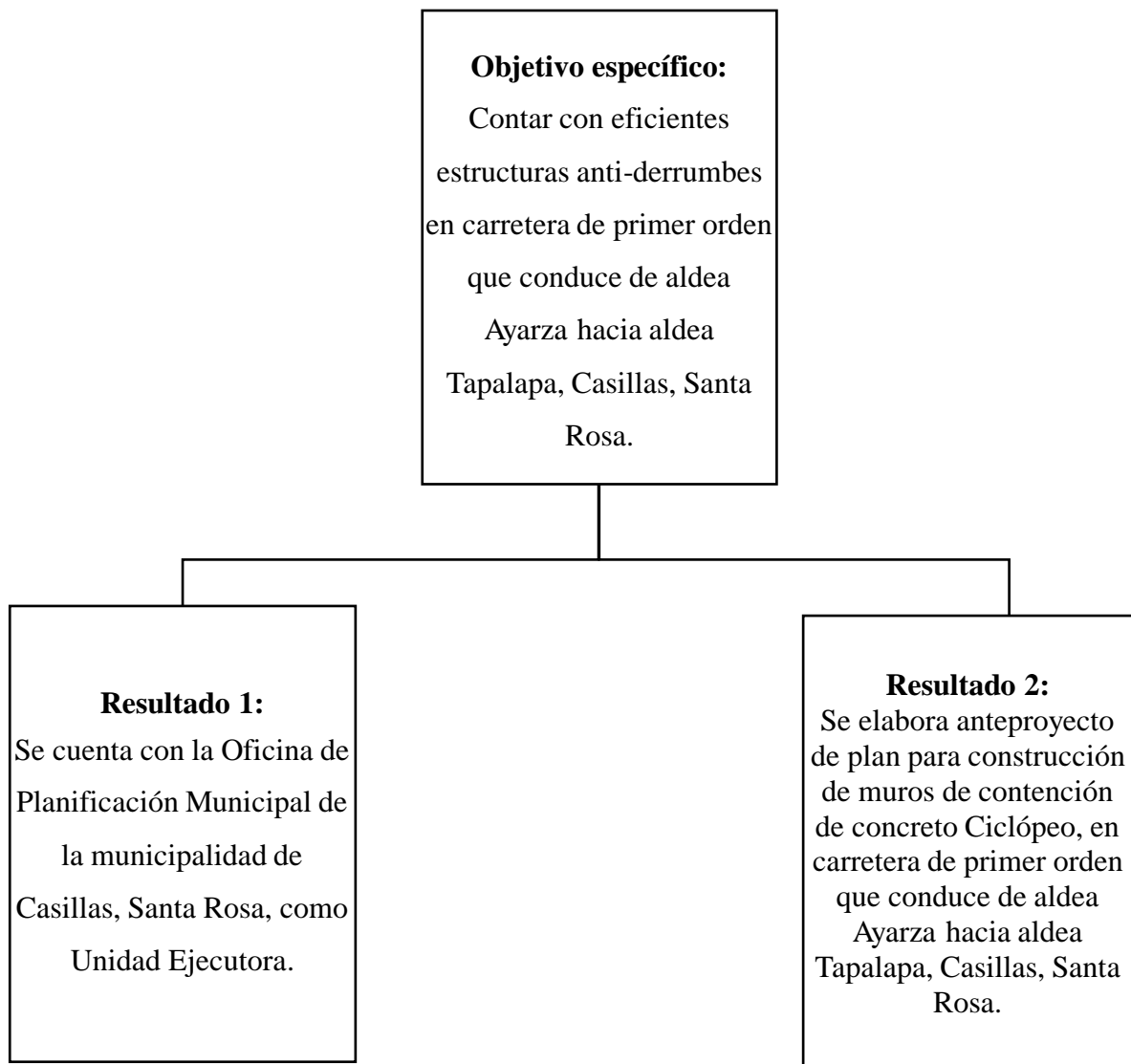
Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Título de tesis.

Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.

Con la finalidad de proporcionar una solución que reduzca la cantidad de movimientos de tierra en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa; se plantea la siguiente propuesta de solución a la problemática identificada:



Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar o no la variable dependiente siguiente: **“Incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años”.**

Esta boleta está dirigida a habitantes de 18 a 50 años, de aldeas Ayarza y Tapalapa, ambas en Casillas, Santa Rosa; con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: Marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Considera usted que existe incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa?
Sí _____ No _____

2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa?
2.1 0 - 5 años _____
2.2 5 - 10 años _____
2.3 Más de 10 años _____

3. ¿En qué número se ha reportado el incrementado en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, en el último año?
3.1. 1 - 8 _____
3.2. 9 - 20 _____
3.3. Más de 20 _____

4. ¿Ha habido dificultades de tránsito en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, por el aumento en la cantidad de derrumbes?
Sí _____ No _____

5. ¿Cree que la situación actual de los taludes de la carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, es óptima?
Sí _____ No _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar o no la variable independiente siguiente: **“Carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa”.**

Esta boleta está dirigida a profesionales y miembros de las siguientes dependencias de la Municipalidad de Casillas, Santa Rosa: Oficina de Planificación Municipal, Consejo Municipal; con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: Lea cada pregunta y marque con una X su respuesta.

1. ¿Conoce si existe plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa?
Sí _____ No _____
2. ¿Considera usted que es necesario implementar el plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa?
Sí _____ No _____
3. ¿Cree usted que la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, afecta la calidad de vida de los habitantes del municipio?
Sí _____ No _____
4. ¿La falta de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, perjudica la circulación vehicular y peatonal?
Sí _____ No _____
5. ¿Han contemplado en su planificación la implementación de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa?
Sí _____ No _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error; lo anterior debido a que es población infinita cualitativa, compuesta por pobladores en edades de 18 a 50 de las comunidades de Ayarza y Tapalapa, de los cuales se obtuvo 75 elementos como muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2}$$

Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z ² =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
1-p	0.5	
e =	0.095	
e ² =	0.009025	
Z ² p (1-p) =	0.6765063	
n =	74.959141	Muestra

Para la población causa se han identificado a 12 profesionales y miembros de las siguientes dependencias municipales de la Municipalidad de Casillas, Santa Rosa: Oficina de Planificación Municipal; Consejo Municipal; Debido a que su número es reducido se utilizó la técnica del censo.

Anexo 7. Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2018 a 2022); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años.”

Requisito. $+>0.80$ y $+<1$

Año	X (Años)	Y (Cantidad de derrumbes)	XY	X ²	Y ²
2018	1	15	15.00	1	225.00
2019	2	20	40.00	4	400.00
2020	3	18	54.00	9	324.00
2021	4	21	84.00	16	441.00
2022	5	28	140.00	25	784.00
Totales	15	102	333.00	55	2174.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	333
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	2174.00
$\sum Y=$	102
$n\sum XY=$	1665
$\sum X*\sum Y=$	1530
Numerador=	135
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	10870.00
$(\sum Y)^2=$	10404.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	466
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	23300.00
Denominador:	152.6433752
r=	0.884414406

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis:

Debido a que el coeficiente de correlación $r = 0.884$ se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 8. Proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$y = a + bx$

Año	X (Años)	Y (Cantidad de derrumbes)	XY	X ²	Y ²
2018	1	15	15.00	1	225.00
2019	2	20	40.00	4	400.00
2020	3	18	54.00	9	324.00
2021	4	21	84.00	16	441.00
2022	5	28	140.00	25	784.00
Totales	15	102	333.00	55	2174.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	333
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	2174.00
$\sum Y =$	102
$n \sum XY =$	1665
$\sum X * \sum Y =$	1530
Numerador de b:	135
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	2.7
Numerador de a:	
$\sum Y =$	102
$b * \sum X =$	40.5

Numerador de a:	61.5
a=	12.3

Fórmulas:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

Proyecciones por año.

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	12.3	+	2.7	X
Y(2023)=	12.3	+	2.7	6
Y(2023)=	28.6			
Y(2023)=	29 derrumbes			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	12.3	+	2.7	X
Y(2024)=	12.3	+	2.7	7
Y(2024)=	31.5			
Y(2024)=	32 derrumbes			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2025)=	a	+	(b	* X)
Y(2025)=	12.3	+	2.7	X
Y(2025)=	12.3	+	2.7	8
Y(2025)=	34.7			
Y(2025)=	35 derrumbes			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2026)=	a	+	(b	* X)
Y(2026)=	12.3	+	2.7	X
Y(2026)=	12.3	+	2.7	9
Y(2026)=	37.6			
Y(2026)=	38 derrumbes			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2027)=	a	+	(b	* X)
Y(2027)=	12.3	+	2.7	X
Y(2027)=	12.3	+	2.7	10
Y(2027)=	41.3			
Y(2027)=	41 derrumbes			

Proyección con proyecto.

Esto se realiza para identificar el comportamiento de la problemática si se ejecutara la presente propuesta.

Fórmula:

Y (2023) = Año anterior - Porcentaje de resolución propuesto.

Proyección por año.

Y (2023)	=	Y(2022)	-	24%	=
Y (2023)	=	28	-	6.72	21.28
Y (2023)	=	21 derrumbes			

Y (2024)	=	Y(2023)	-	23%	=
Y (2024)	=	21	-	4.83	16.17
Y (2024)	=	16 derrumbes			

Y (2025)	=	Y(2024)	-	21%	=
Y (2025)	=	16	-	3.84	12.16
Y (2025)	=	12 derrumbes			

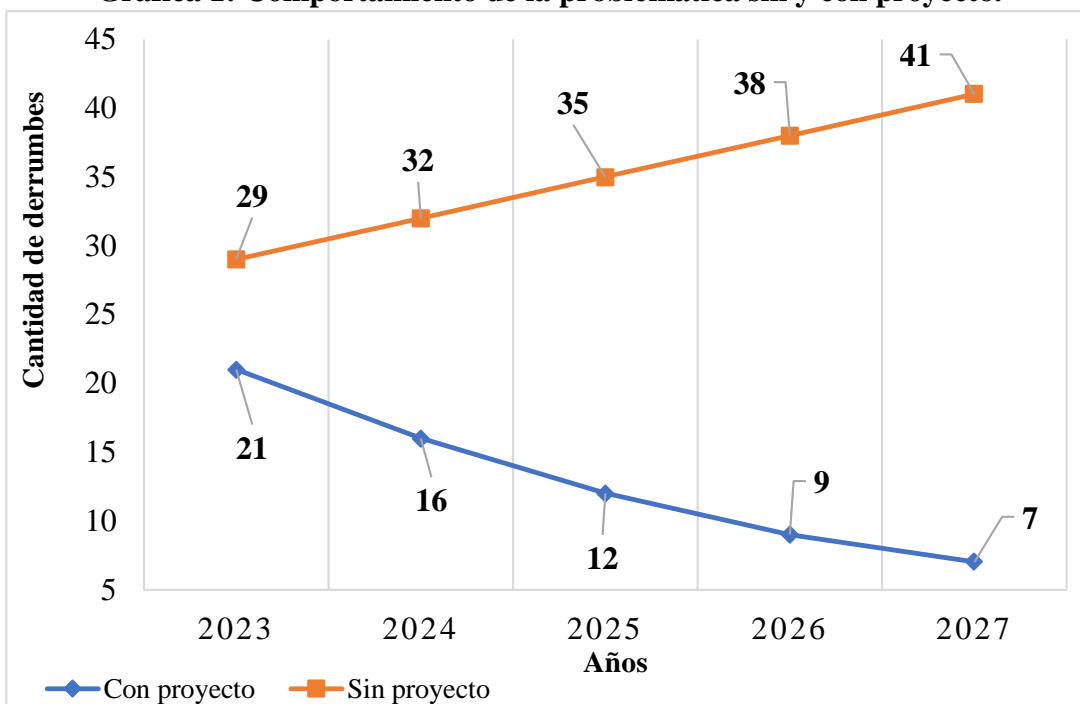
Y (2026)	=	Y(2025)	-	17%	=
Y (2026)	=	12	-	2.64	9.36
Y (2026)	=	9 derrumbes			

Y (2027)	=	Y(2026)	-	13%	=
Y (2027)	=	9	-	1.62	7.38
Y (2027)	=	7 derrumbes			

Cuadro 1: Comparativo sin y con proyecto.

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2023	29 derrumbes	21 derrumbes
2024	32 derrumbes	16 derrumbes
2025	35 derrumbes	12 derrumbes
2026	38 derrumbes	9 derrumbes
2027	41 derrumbes	7 derrumbes

Gráfica 1: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Análisis:

Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de implementar el plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, y así solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Luis Angel Arriaga López.

TOMO II

PLAN PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN DE
CONCRETO CICLÓPEO, EN CARRETERA DE PRIMER ORDEN QUE
CONDUCE DE ALDEA AYARZA HACIA ALDEA TAPALAPA, CASILLAS,
SANTA ROSA.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala mayo de 2023

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciado en Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Prólogo.

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre “Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa”.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con pobladores y profesionales del área de estudio.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

- a) Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.
- b) Ser aplicable como alternativa de solución para otra localidad en condiciones similares.
- c) Proponer una solución práctica basada en conocimientos de obra civil adquiridos durante las clases universitarias aplicados a la infraestructura vial y al mantenimiento preventivo y correctivo.

El propósito fundamental de la presente investigación es promover la reducción de la cantidad de derrumbes presentados en el tramo carretero de estudio, lo que ha comprometido la seguridad de los usuarios y perjudicado sus actividades diarias en muchas ocasiones, por lo cual es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema de infraestructura encontrado.

Presentación.

Este trabajo de graduación del nivel de licenciatura se presenta con el título “Plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de ineficientes estructuras anti-derrumbes.

Por lo tanto, el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el incremento en la cantidad de derrumbes, producto de no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto del tipo ciclópeo.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a profesionales de la municipalidad en función de la implementación de un proyecto constructivo mediante el cual se refuerce la infraestructura vial de la zona.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para hacer más seguro el tránsito por el tramo carretero de estudio, ya que frecuentemente se presenta deslizamientos de suelo, mediante un plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, esta propuesta está dirigida a los profesionales de obras públicas del municipio. De igual forma, se presenta la formación para la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta en general, en cuyo caso fungirá como tal la municipalidad de la zona de estudio.

La investigación realizada es el punto de partida, puesto que permite la detección y diagnóstico del problema basado en metodología y técnicas de estudio, lo cual sugiere la veracidad de dicho problema y que su resolución no es un esfuerzo absurdo.

ÍNDICE GENERAL

No.	Contenido	Página
	Prólogo	
	Presentación	
I.	RESUMEN.....	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
	ANEXOS.	

I. RESUMEN.

En el presente trabajo es de la investigación que se desarrolló en el lugar que conduce de la aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa. Previo a obtener el título universitario de Ingeniería Civil en el grado académico de Licenciado. Universidad Rural de Guatemala y la facultad de ingeniería.

De acuerdo a la investigación a través de encuestas y en la investigación de campo se propuso la propuesta nombrado: “plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa”, en el cual se propone un proceso de planificación y técnicas para resolver el problemas central: Ineficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, que afecta a los pobladores que transitan en el área de estudio.

Se procede con el diseño de muro de contención de concreto ciclópeo utilizando las normas de seguridad asociadas con AASHTO, se aplicó los conceptos básicos requeridos en el área de transporte en la demanda vehicular de la carretera y drenaje en el manejo de aguas superficiales, el cual implica darle una solución técnica al problema, ejecutándose trabajos de campo, y de gabinete las cuales se pueden mencionar visita preliminares, levantamiento topográfico, cálculos topográficos, diseño geométrico de la parte afectada por derrumbes de la carretera, movimiento de tierras, estudio hidrológico, drenajes transversales y longitudinales, elaboración de planos y memoria de cálculo.

Planteamiento del problema.

El presente informe sobre fallas constructivas tiene origen en el incremento en la cantidad de derrumbes, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, esto debido a la falta de plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo; esta

problemática se ha percibido en los últimos cinco años en la carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

El incremento de la cantidad de derrumbes hace referencia a que actualmente los movimientos de tierra, deslizamientos de suelo, desprendimientos y rodamientos de rocas se han vuelto más frecuentes en el tramo carretero de estudio, por lo que la circulación de vehículos y peatones se ve constantemente interrumpida, además del hecho de que esta situación aumenta el riesgo de accidentes de tránsito y compromete la seguridad de los usuarios en general.

Este efecto se ha percibido por ineficientes estructuras anti-derrumbes presentes en el tramo carretero, lo cual significa que la infraestructura vial enfocada en la contención y estabilidad del suelo no cumple con su objetivo debido a que los factores externos (cantidad de lluvia, movimientos sísmicos, etc.) han sobrepasado el límite estructural interno de las obras y están comenzando a ceder y en algunos casos ya han cedido por completo.

Toda esta situación tiene como causa principal la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, por medio de la cual se implementarían obras de contención y sostenimiento con mayor capacidad y se fortalecería las ya existentes.

Al proponer que se implementen este plan, se pretende que los profesionales puedan obtener una solución inmediata al problema encontrado y se logre reducir los derrumbes constantes a lo largo del tramo carretero de estudio.

Hipótesis.

Se pudo establecer la hipótesis de trabajo como parte del trabajo de investigación en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

Hipótesis causal.

“El incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”.

Hipótesis interrogativa.

¿Será la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo la causante del incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, ¿por ineficientes estructuras anti-derrumbes?

Objetivos.

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

General.

Disminuir cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Específico.

Contar con eficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Justificación.

En la actualidad, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, se han producido un total de 28 derrumbes, esto son 13 siniestros más de esta índole que hace cinco años; esto supone un riesgo

constante para los usuarios de este tramo carretero y aumento del gasto municipal en la limpieza constante de estos percances.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que el incremento en la cantidad de derrumbes es del 12.74% al año, por indeficientes estructuras anti-derrumbes, como consecuencia de no contar con plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo.

Esta situación tenderá al incremento en la cantidad de derrumbes en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que para el año 2027 la cantidad de este tipo de percances será de 41.

Por lo tanto, la implementación del plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo en el tramo carretero de estudio surge como una solución factible de la problemática, ya que esta permitirá la optimización general de la infraestructura vial enfocada en la contención, sostenimiento y estabilidad del suelo carretero al construir muros de contención con mayor capacidad de resistencia a los factores naturales y artificiales de erosión.

Resulta indispensable para el bienestar de los habitantes en general de las aldeas de estudio la implementación de esta propuesta para la construcción de muros de contención más apropiados para las condiciones del área, de esta forma reducir la cantidad de derrumbes producidos en un 90% en los siguientes cinco años, alcanzándose únicamente un total de 7 percances para el año 2027.

Metodología.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone a continuación:

Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis. Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales de la carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa. Las técnicas utilizadas fueron:

a. Observación directa. Esta se realizó directamente en el tramo carretero de estudio, lo que permitió confirmar el aumento en la cantidad de derrumbes, a cuyo efecto se observó las condicionantes actuales de los muros y otras obras de contención y sostenimiento del suelo carretero, además, se indagó sobre los estudios de ingeniería para la implementación de dichas obras en su momento, por último, sobre los esfuerzos de las autoridades municipales en mejorar la infraestructura vial.

b. Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como,

para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

c. Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los habitantes de las comunidades y a los profesionales de obras públicas del municipio, así como sus respectivos propietarios, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de ineficientes estructuras anti-derrumbes y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: “el incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”.

El método del marco lógico, permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis. Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo,

con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

a. Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

b. Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar un muestreo estadístico para determinar la población efecto (variable Y), cálculo que resultó en 75 pobladores, cuyo nivel de confianza es del 90% y error del 10%; para la población causa (variable X), se censó o investigó la totalidad de la población, pues la misma estaba constituida por 12 profesionales municipales de obras públicas; con lo que se establece que el nivel de confianza en este caso será del 100% y error de 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el

que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

Técnicas.

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

Síntesis de resultados.

Resultado 1: Unidad Ejecutora. Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Casillas, Santa Rosa.

Actividad 1: Espacio físico.

Actividad 2: Material y equipo.

Actividad 3: Personal técnico.

Actividad 4: Gestión de recursos Financieros.

Resultado 2: Se elabora anteproyecto de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Actividad 1: Permisos legales.

Acción 1: Estudio de Impacto Ambiental.

Acción 2: Permiso municipal:

Acción 3: Aval de COCODE:

Actividad 2: Estudios.

Acción 1. Suelos: procedimiento.

Acción 2. Hidrológico: procedimiento.

Acción 3. Cargas: procedimiento.

Acción 4: Granulométrico: procedimiento.

Acción 5: Estudio topográfico:

Actividad 3. Acciones preliminares (limpieza; localización y replanteo).

Acción 1: Remoción de capa vegetal:

Acción 2: Localización. procedimiento.

Acción 3: Replanteo: procedimiento.

Actividad 4. Excavación.

Acción 1.

Acción 2. Remoción de excedentes:

Acción 3. Colocación de piedrín:

Actividad 5. Encofrado.

Acción 1 encofrado parte 1:

Acción 2 encofrado parte 2:

Actividad 6. Colocación de concreto ciclópeo.

Acción 1. Fundición 1:

Acción 2. Fundición 2:

Acción 3. Canales para extraer el excedente hídrico:

Actividad 7. Detalles de acabado final.

Acción 1. Relleno compactado con selecto:

Acción 2. Limpieza:

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis planteada: “el incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo”, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error para la variable efecto, y 100% de confianza y 0% de error para la variable causa.

Mientras que la principal recomendación es implementar plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Se indica que en el anexo 1, se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y además en el anexo 2, se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollada la propuesta.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

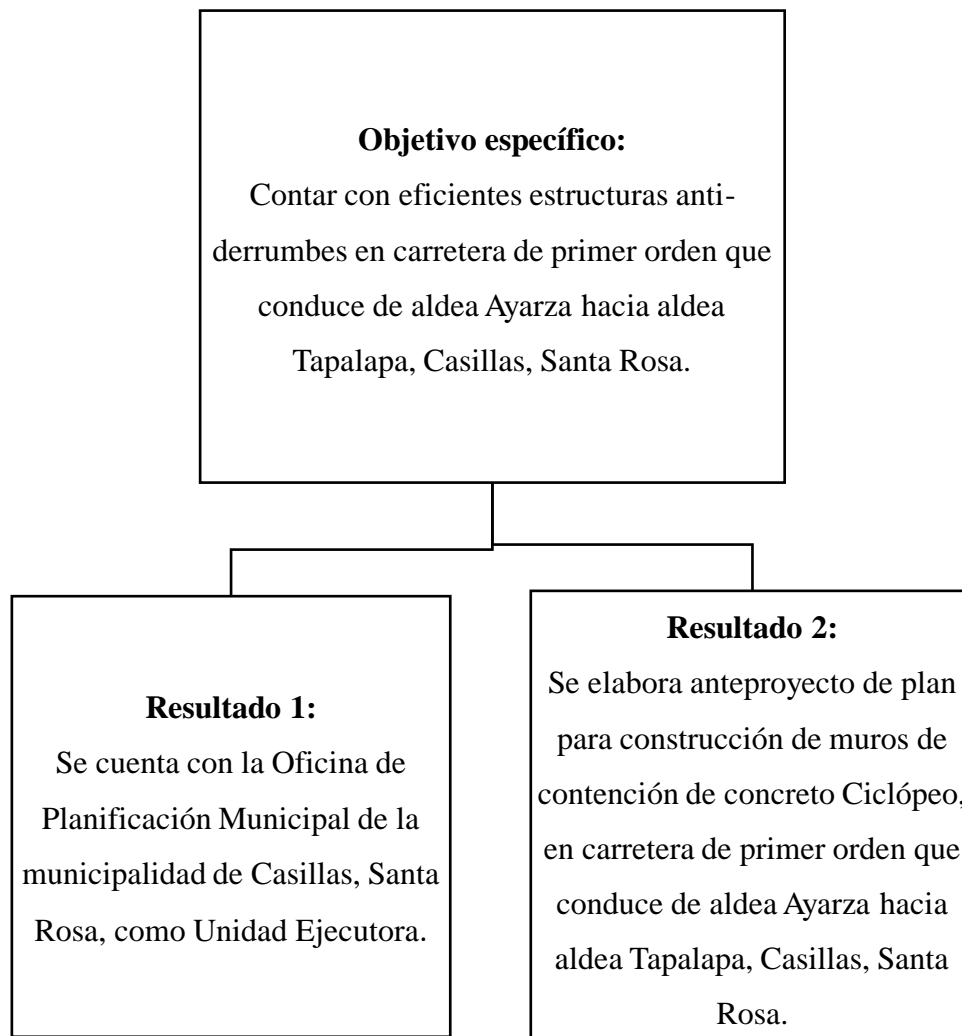
Se comprueba la hipótesis “el incremento en la cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, durante los últimos 5 años, por ineficientes estructuras anti-derrumbes, es debido a la carencia de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo” con el 90% de nivel de confianza y 10% de error para la variable efecto, y 100% de confianza y 0% de error para la variable causa.

Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la implementación del plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa.

ANEXOS.

Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

Disminuir la afluencia de derrumbes en la carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa; que ha generado inconvenientes en la movilización de los habitantes.



Resultado 1: Unidad Ejecutora Oficina de Planificación Municipal de la Municipalidad de Casillas, Santa Rosa.

Actividad 1: Espacio físico. Es necesario contar con una oficina de 12 metros cuadrados, la cual estará ubicada dentro de la municipalidad de Casillas, con el fin de poder diseñar e instalar ampliamente al personal asignado.

Actividad 2: Material y equipo.

2 escritorios tradicionales para oficina color negro de 1.2metros

2 sillas para oficina con ruedas, ajuste de altura a gas de color azul

2 computadoras portátil Dell latitudes 3410 con las características siguientes: memoria RAM 8GB, disco duro de 1TB, Windows 10 y office 2010

1 estantería metálica de 2X1.5 metros con 30cm de ancho y 6 divisiones.

Actividad 3: Personal técnico.

Un gerente con el perfil siguiente: que sea Ingeniero Civil, será quien estará a cargo de la unidad ejecutora.

Una secretaria con perfil de Secretariado Oficinista.

Actividad 4: Gestión de recursos financieros. La Municipalidad de Casillas, Santa Rosa, proporcionará los recursos necesarios para el funcionamiento de la unidad ejecutora.

Resultado 2: Se elabora anteproyecto de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.

Actividad 1: Permisos legales.

Acción 1: Estudio de impacto ambiental (EIA): Se contrata a un regente ambiental quien estará a cargo de realizar el estudio de impacto ambiental correspondiente, esto

con la intención de cumplir con la ley ambiental vigente en Guatemala, así como reducir los efectos ambientales que pueden presentarse.

Acción 2: Permiso municipal: Esta se obtendrá a través de la gestión directa con la Municipalidad de Casillas, Santa Rosa, llevándose a cabo reuniones para presentar el proyecto y su impacto en el área de estudio.

Acción 3: Aval COCODE: Por medio de acercamiento con las autoridades aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa, se les expondrá el proyecto y los beneficios de este, a efectos de impactar positivamente y contar con su colaboración durante las actividades de construcción.

Actividad 2: Estudios.

Acción 1. Suelos: El estudio geotécnico se realiza previamente al proyecto de un edificio y tienen por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesario para definir el tipo y condiciones de cimentación. Consistirá en tomar una calicata de muestra del suelo a cada 20 metros de distancia en la línea de colocación del muro de contención por gravedad para llevarlos en su debido recipiente y sin unir una muestra con la otra los estudios de suelo que realizaron por: Traxial no drenado.

Acción 2. Hidrológico: El estudio hidrológico para el proyecto, nos proporcionara los caudales de avenidas máximas, la que determinara el diseño de las obras de drenaje, tales como la profundidad de las cunetas. Con este se obtendrá los caudales picos calculados, para distintas probabilidades de ocurrencia en el tramo de la carretera donde se colocará el muro de contención.

Acción 3. Cargas: El análisis de cargas es un procedimiento que permite conocer las cargas que ejercen sobre los distintos elementos estructurales que integran la construcción debido a su funcionamiento; se obtendrán las variables de diseño de las

cargas muertas, vivas, impacto y de sobrecarga. Estas cargas que actuarán para toda la vida sobre el muro de contención de concreto ciclópeo son: serviciabilidad, tráfico de transferencias de vibración, transferencias del peso del suelo en sentido horizontal, drenaje, confiabilidad.

Acción 4: Granulométrico: El análisis se realizará mediante ensayos de laboratorio con tamices de diferente enumeración dependiendo de la separación de los cuadros establecidos que pasen o se queden en el tamiz, ya poseen sus características determinadas, para el ensayo del análisis de granos gruesos será muy recomendado el uso del método del tamiz, pero cuando se trata de granos finos se debe determinar el tamaño de las partículas de cantidad en las muestras de suelo, cada 20 metros y si es de utilidad por sí solo, esto dará la resistencia del suelo, soporte y la permeabilidad en general del comportamiento que tiene.

Acción 5: Estudio topográfico: Son un elemento esencial en la mayoría de los proyectos debido al nivel de detalle y exactitud exigido, actualmente un estudio topográfico asociado a los mismos es imprescindible para llevarlos a cabo. Consiste en un levantamiento topográfico en el lugar donde se va a realizar el muro de contención de concreto ciclópeo, con ello se verificará las dimensiones del proyecto, por las características de este, se determinó que, se debe de realizar un levantamiento topográfico geodésico en el tramo donde se ha de construir el muro de contención en la carretera.

Actividad 3. Preliminares (limpieza y localización y replanteo).

Acción 1: Remoción de capa vegetal: El contratista deberá colocar estacas en el área de trabajo para delimitar los límites de limpieza, consiste en el chapeo que se realizará en la limpieza del terreno superficial de maleza y hierbas para el cual se utilizará machete y azadón. El contratista deberá limpiar o remover del área de construcción toda la maleza, vegetación, arbustos, basura y cualquier otro obstáculo que pueda

interferir o dificultar la construcción y destronque, consiste que tanto los troncos como las raíces de los arbustos deberán ser removidos completamente, eliminando la capa de tierra vegetal, como mínimo hasta una profundidad de 0.30 metros en el caso de ser necesario a ambos lados de la línea central del muro de contención de concreto ciclópeo.

Acción 2: Localización: Es un punto permanente o fijo en el terreno de origen natural o artificial, cuya elevación es conocida y se pueda transportar el nivel de un punto o marca hasta el punto donde se requiera en la construcción, teniendo una mejor instrumentación y control de las estructuras. Se colocarán estacas, como mínimo, una estaca por cada esquina y estación; es recomendable que el terreno donde se colocará el muro de contención tenga una estación adicional cada dos metros formando un triángulo rectángulo que se tenga como base en los lados del terreno.

Acción 3: Replanteo: Este rubro incluye los trabajos de las tareas de nivelación y replanteo según se describe a continuación, comprende de la mano de obra, materiales y todo otro concepto no expresamente mencionado pero necesario para completar los trabajos.

Como primera medida y parte de los estudios preliminares del suelo, se confeccionará una planimetría para comprender los niveles del terreno y proyectar así los desagües de este; los niveles de la obra estarán referidos a una cota 0.00 que fijará la dirección de la obra en el terreno y se materializará en el mismo con un mojón; el replanteo se ejecutará conforme al plano respectivo.

Actividad 4. Excavación.

Acción 1. Excavación en la línea de colocación de muro para la contención: Se elabora una zanja para la respectiva cimentación, se usará una máquina retroexcavadora con cucharón de treinta pulgadas; se debe tener precaución ya que la

zanja debe estar debidamente limpia y a nivel, con los cortes de la altura, en este punto, la tierra que se extraiga no se debe mover, ya que se utilizará para rellenar los espacios que queden en los muros con la zanja, esta misma tendrá una profundidad de un metro con cincuenta centímetros (1.50), tres metros de ancho (3) debido al largo del proyecto.

Acción 2. Remoción de excedentes: Al llegar al área de trabajo se empieza con el movimiento de la materia sobrante, inservible, para esto se contará con maquinaria, la cual será una retroexcavadora para más rapidez y eficiencia, junto a un camión para el transporte del material excedente.

Acción 3. Colocación de piedrín: Consiste en nivelar la parte de la cimentación, en la cual se dará 20 centímetros para la base con piedrín de media pulgada, el cual servirá como un aislante entre el material orgánico y la infraestructura.

Actividad 5. Encofrado.

Un encofrado es el sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al hormigón u otros materiales similares, como el tapial antes de fraguar; son estructuras temporales se emplearan técnicas provenientes de la albañilería y carpintería, la técnica de encofrado de una losa tradicional costa de soportes de madera, troncos de árboles jóvenes, dispuestos en filas de uno a dos metros de distancia, dependiendo del espesor de la losa, que soporta los elementos del encofrado, entre estos elementos, las sopandas, a modo de vigas se colocan aproximadamente cada treinta centímetros junto con madera contrachapada superpuesta, estas vigas de madera sopandas son por lo general a cinco a diez centímetros de ancho y unos quince de alto.

Acción 1 Encofrado parte 1: Al momento de salir de la parte de la zanja, se tendrá que usar un encofrado de madera que será hasta la mitad del muro de contención esto

para que la piedra y el concreto no se salga de donde tiene que ir; para este proceso se deberá de usar madera de pino (tablas y parales). Se deben asegurar los parales, en el suelo se colocarán al ángulo de desplomé que indiquen los planos; ya colocados los parales fijados, se tomará la tabla y se clavará según la secuencia del colocado de las capas, así mismo se irán colocando las tablas; teniendo en cuenta que para dicho trabajo de encofrado se tiene contemplado un lapso de 7 días en total, esto se realizará para el curado.

Acción 2 Encofrado parte 2: Al momento de concluir la segunda mitad de fundición del muro, se tendrá que utilizar un encofrado de madera en la última mitad de la parte superior del muro de contención, esto será para que la piedra y el concreto no se salga de su espacio, para este proceso se deberá usar madera de pino (tablas y parales).

Se aseguran los parales en el suelo se colocarán al ángulo de desplomé que se indique en los planos, ya colocados los parales fijados se tomara la tabla y se clavará según como se coloquen las capas, así mismo se irán colocando las tablas, se dejará el encofrado en un total de 7 días, realizándolo para el curado.

Actividad 6. Colocación de concreto ciclópeo.

Acción 1. Fundición 1: Es la instalación de piedra y concreto en la primera etapa que será desde la cimentación hasta la mitad de su altura del muro de contención; la colocación se realizará por cada cero punto setenta metros cúbicos de piedra bola ($0.70m^3$), se utilizara tres (3) bolsas de concreto de 45.35 kg cada una, se usara cuarenta (40 lbs) de agua por cada bolsa de concreto y cero punto cincuenta metros cúbicos de arena de rio lavada ($0.50m^3$), con esta formulación se hará una resistencia de 3600 psi; para su aplicación se colocara un capa de concreto y luego se colocara la piedra, tener en cuenta que para su colocación deber ser ordenada, para colocar la siguiente capa se debe esperar un lapso de treinta minutos (30 min.) , esto ayudara para que la capa inferior no se mueva.

Acción 2. Fundición 2: Es la instalación de piedra y concreto en la que empezará desde la mitad del muro hasta terminar la corona del mismo; la colocación se dará por cada cero punto setenta metros cúbicos de piedra bola ($0.70m^3$), se utilizara tres (3) bolsas de concreto de 45.35 kg cada una, se usara cuarenta litros de agua (40 lts) por cada bolsa de concreto y cero punto cincuenta metros cúbicos de arena de río lavada ($0.50m^3$), con esta formulación se hará una resistencia de 3600 psi; para su aplicación se colocara un capa de concreto para luego colocar la piedra, tener en cuenta que su colocación deber ser ordenada; para colocar la siguiente capa se tendrá que esperar un lapso de treinta minutos (30 min.) , esto ayudara para que la capa inferior no se mueva.

Acción 3. Canales para extraer el excedente hídrico: Se colocará una tubería de PVC de 3 pulgadas, perforada a cada metro para que tenga una evacuación de las aguas pluviales que se filtran en el suelo, el cual es necesario para que no se encuentren presiones por el peso del agua contra el suelo y que esto no exceda su capacidad; contribuyendo para que se mantenga la calidad del muro de contención de concreto ciclope por más tiempo.

Actividad 7. Detalles de acabado final.

Actividad 1. Relleno compactado con selecto: En el área que necesite reacondicionamiento; el contratista debe escarificar el suelo para el relleno en la parte trasera del muro de contención, en el cual seguidamente se debe proceder con rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, compactado con bailarina y debe humedecerse adecuadamente antes de su compactación; el control de humedad puede efectuarse secando el material o por medio del método con carburo, AASHTO T217.

Acción 2. Limpieza: Se llevará acabo la limpieza del área de trabajo, dándole los últimos retoques al muro de concreto ciclópeo; quitando toda la armadura de madera, las piedras y basura de otras índoles, dando paso a la entrega del respectivo proyecto.

Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

Componentes del Plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general. Disminuir cantidad de derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.	Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuye la cantidad de derrumbes, y a la vez se soluciona la problemática en 95%.	Reportes de la unidad ejecutora; de los COCODES de las aldeas en estudio; encuestas a habitantes.	La unidad ejecutora en conjunto con los COCODES, adopta el programa de Conservación de Suelos, dirigido a productores agrícolas. Cooperantes: COCODES.
Objetivo específico. Contar con eficientes estructuras anti-derrumbes en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.	Al primer año de implementada la propuesta, se cuenta con eficientes estructuras anti-derrumbes y se concreta el 95% de solución identificada al problema central.	Reportes de la unidad ejecutora; de los COCODES de las aldeas en estudio; encuestas a habitantes.	La unidad ejecutora adopta el sistema de mejoramiento al manejo de las aguas pluviales para facilitar la eficiencia de las estructuras instaladas. Se garantiza el mantenimiento permanente.
Resultado 1: Se cuenta con la Oficina de			

<p>Planificación Municipal de la municipalidad de Casillas, Santa Rosa, como Unidad Ejecutora.</p>			
<p>Resultado 2: Se elabora anteproyecto de plan para construcción de muros de contención de concreto Ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.</p>			

Fuente: Arriaga López, L. Á. agosto 2021.

Anexo No.3. Ajuste de costo y tiempo.

Ajuste costo y tiempo.										
No. Activada	Actividad de trabajo	Costo	Tiempo de trabajo en (Meses)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Resultado No. 1	Se cuenta con la Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Casillas, Santa Rosa, como Unidad Ejecutora.									
A.1	Espacio físico.	Q5,000.00								
A.2	Material y Equipo.	Q10,000.00								
A.3	Personal Técnico.	Q20,000.00								
A.4	Gestion de recursos financieros.	Q5,000.00								
Resultado No. 2	Plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.									
A.1	Pemisos legales									
A.1.1	Estudio de impacto ambiental (EIA)	Q 5,000.00								
A.1.2	Permiso municipal	Q 5,000.00								
A.1.3	Aval COCODE	Q 10,000.00								
A.2	Estudios									
A.2.1	Suelos	Q 5,550.00								
A.2.2	Hidrológico	Q 3,500.00								
A.2.3	Cargas	Q 10,000.00								
A.2.4	Granulométrico	Q 10,000.00								
A.2.5	Estudio topográfico	Q 5,000.00								
A.3	Preliminares (limpieza y localizacion, replanteo)									
A.3.1	Remocion de capa vegeetal	Q 35,000.00								
A.3.2	localizacion y replanteo	Q 25,000.00								
A.3.3	Replanteo	Q 35,000.00								
A.4	Excavación									
A.4.1	Excavación en la linea de colocacion de muro de contención	Q 25,000.00								
A.4.2	Remoción de excedentes	Q 20,500.00								
A.4.3	Colocación de piedrín en la base	Q 15,000.00								
A.5	Encofrado									
A.5.1	Encofrado parte 1	Q 20,000.00								
A.5.2	Encofrado parte 2	Q 22,500.00								
A.6	Colocación de concreto ciclopeo									
A.6.1	Fundición 1	Q 125,000.00								
A.6.2	Fundición 2	Q 115,000.00								
A.6.3	Canales para extraer el excedente hídrico	Q 3,000.00								
A.7	Detalles de acabado final									
A.7.1	Relleno compactado con selecto	Q 35,000.00								
A.7.2	Limpieza	Q 10,250.00								
TOTAL		Q580,300.00								

Anexo No.4. Plan de trabajo.

Conograma de resultados y actividades										
No.	Resultado y actividades	Responsables	Tiempo de trabajo en (Meses)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
R.1	Se cuenta con la Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Casillas, Santa Rosa, como Unidad Ejecutora.									
A.1	Espacio físico.	Luis Arriaga								
A.2	Material y Equipo.	Luis Arriaga								
A.3	Personal Técnico.	Luis Arriaga								
A.4	Gestión de recursos financieros.	Luis Arriaga								

Continuación anexo 4.

Conograma de resultados y actividades										
No.	Resultado y actividades	Responsables	Tiempo de trabajo en (Meses)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
R.2	Plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.									
A.1	Pemisos legales	Luis Arriaga								
A.1.1	Estudio de impacto ambiental (EIA)	Luis Arriaga								
A.1.2	Permiso municipal	Luis Arriaga								
A.1.3	Aval COCODE	Luis Arriaga								
A.2	Estudios	Luis Arriaga								
A.2.1	Suelos	Luis Arriaga								
A.2.2	Hidroológico	Luis Arriaga								
A.2.3	Cargas	Luis Arriaga								
A.2.4	Granulométrico	Luis Arriaga								
A.2.5	Estudio topográfico	Luis Arriaga								
A.3	Preliminares (limpieza y localizacion y replanteo)	Luis Arriaga								
A.3.1	Remocion de capa vegetal	Luis Arriaga								
A.3.2	Localizacion y replanteo	Luis Arriaga								
A.3.3	Replanteo	Luis Arriaga								
A.4	Excavación	Luis Arriaga								
A.4.1	Excavación en la linea de colocacion de muro de contención	Luis Arriaga								
A.4.2	Remoción de excedentes	Luis Arriaga								
A.4.3	Colocación de pedrín en la base	Luis Arriaga								
A.5	Encofrado	Luis Arriaga								
A.5.1	Encofrado parte 1	Luis Arriaga								
A.5.2	Encofrado parte 2	Luis Arriaga								
A.6	Colocación de concreto ciclopeo	Luis Arriaga								
A.6.1	Fundición 1	Luis Arriaga								
A.6.2	Fundición 2	Luis Arriaga								
A.6.3	Canales para extraer el excedente hídrico	Luis Arriaga								
A.7	Detalles de acabado final	Luis Arriaga								
A.7.1	Relleno compactado con selecto	Luis Arriaga								
A.7.2	Limpieza	Luis Arriaga								

Anexo 5. Presupuesto general.

Presupuesto integrado por resultados		
Plan de trabajo	Descripción	Total (Q)
R.1	Se cuenta con la Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Casillas, Santa Rosa, como Unidad Ejecutora.	Q40,000.00
R.2	Plan para construcción de muros de contención de concreto ciclópeo, en carretera de primer orden que conduce de aldea Ayarza hacia aldea Tapalapa, Casillas, Santa Rosa.	Q515,300.00
COSTO TOTAL		Q555,300.00

Anexo 6. Otros anexos

Anexo 6.1 Memoria de cálculo.

Parámetros y especificaciones de diseño.

Para el diseño de los muros de contención que se verán en el presente documento, se estudiara el talud y sus características son las siguientes:

Talud de 3.4 mts. De altura libre y 0.60 enterrado.

Con una sobrecarga de $q = 700 \text{ kg/cm}^2$

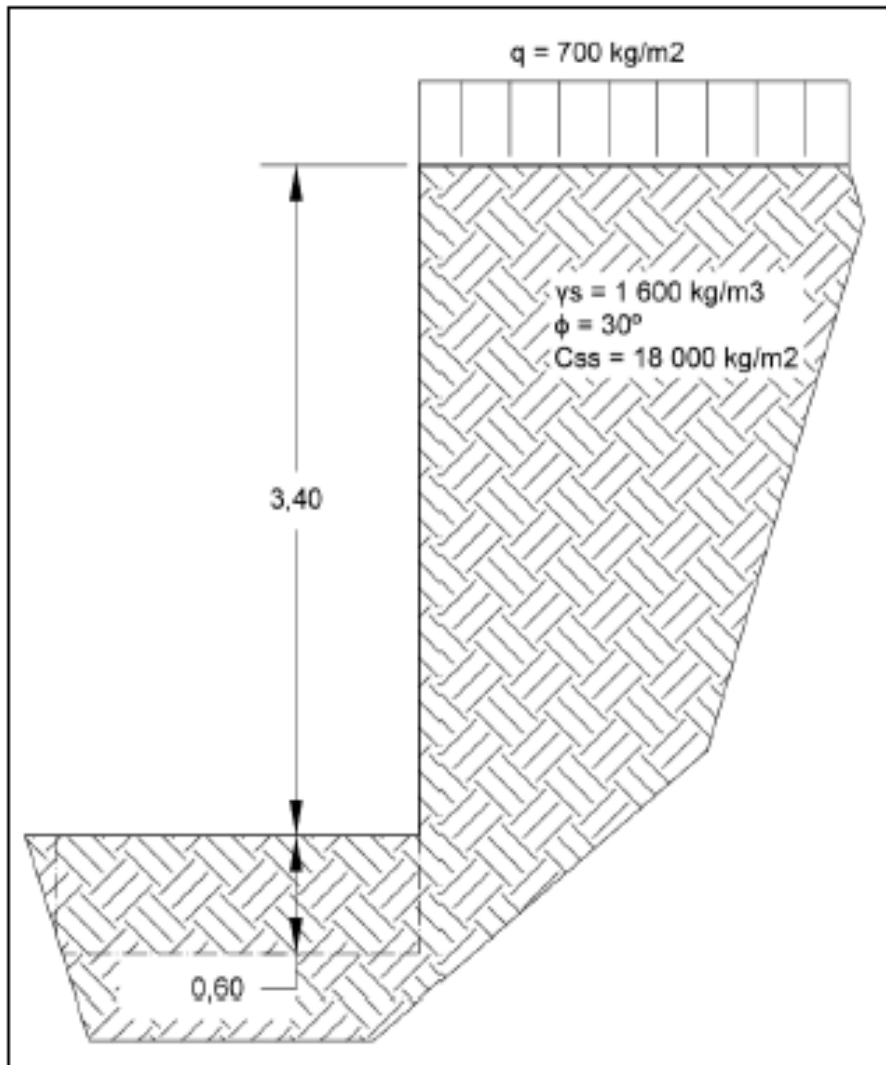
El concreto ciclópeo a utilizar posee un peso específico de $\gamma_{cc} = 2,200 \text{ kg/m}^3$. Se utilizará piedra bola en una proporción de 40% complementado con 60% de concreto.

El suelo posee un ángulo de fricción interna de 30 grados y un valor cohesión aproximado a 0

Una capacidad soporte del suelo $C_{ss} = 18000 \text{ kg/cm}^2$.

En la figura puede apreciarse el talud sin el sistema de protección, en donde, además se indican los valores de propiedades y características.

Ilustración 1: Corte de talud.



Fuente: Arriaga, L., noviembre de 2021

Para hacer uso de teoría de Rankine, deberán determinarse el coeficiente de empuje activo (k_a) y el coeficiente de empuje pasivo (k_p) respectivamente serán:

$$k_a = \left(\frac{1 - \text{sen}(\phi)}{1 + \text{sen}(\phi)} \right)$$

$$k_a = \left(\frac{1 - \text{sen}(30)}{1 + \text{sen}(30)} \right) = \frac{1}{3}$$

$$k_p = \left(\frac{1 + \text{sen}(\emptyset)}{1 - \text{sen}(\emptyset)} \right)$$

$$k_p = \left(\frac{1 + \text{sen}(30)}{1 - \text{sen}(30)} \right) = 3$$

El procedimiento de diseño para el muro por gravedad de concreto ciclópeo, será:

Dimensionamiento

Diagrama de cuerpo libre

Chequeos de estabilidad.

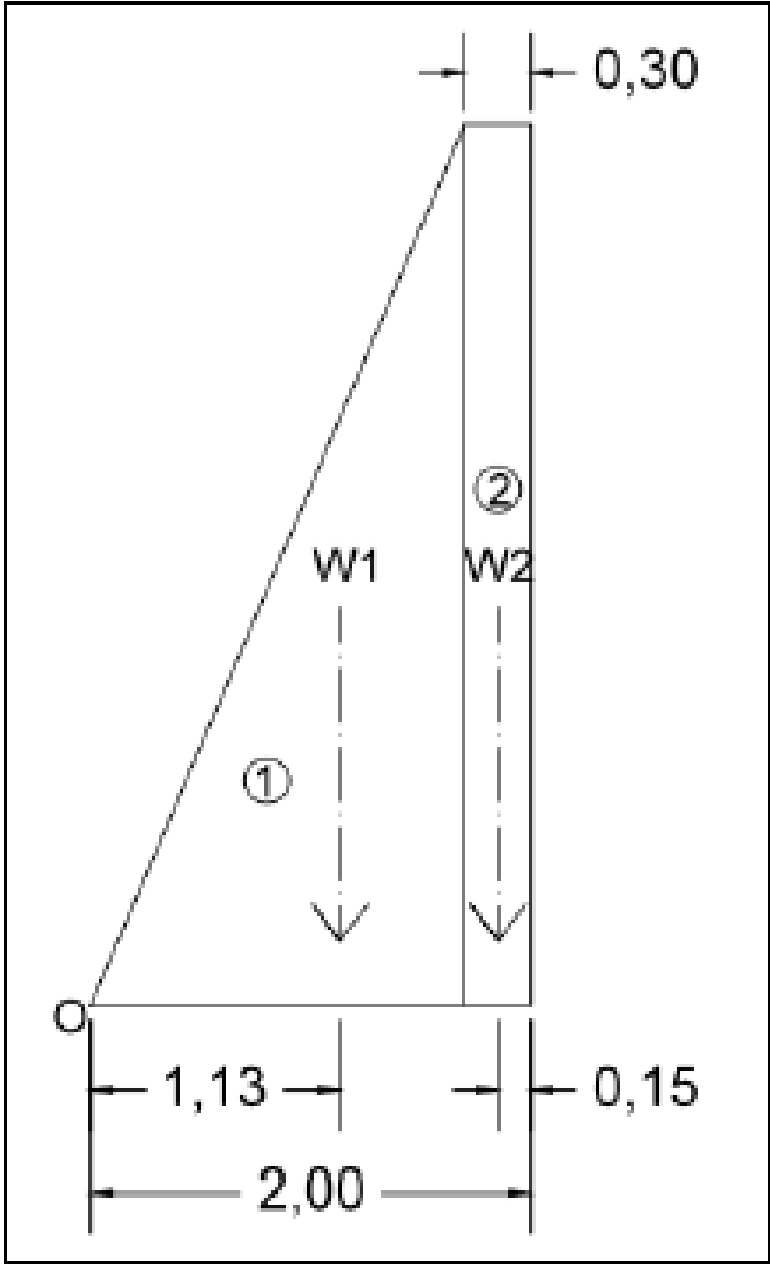
Dimensionamiento de muro por gravedad.

Base es igual a $0.50 \cdot h$, por lo que será igual a $0.50 \cdot 4.00 \text{ mts} = 2$

Se realizará sin talón y con la forma básica, como se muestra en la siguiente figura, para el ancho de la corona se dimensionará al mínimo 0.30 mts.

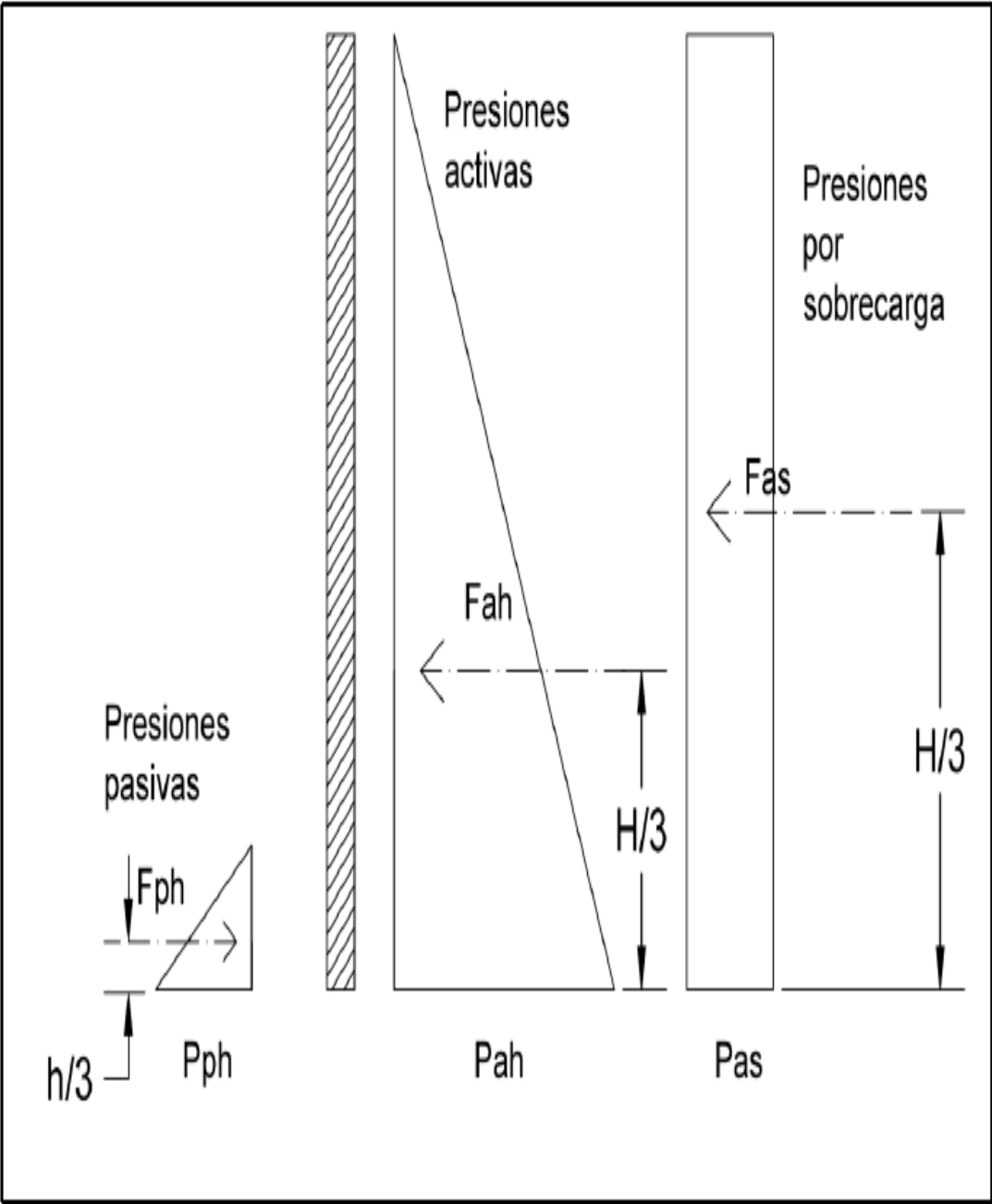
Altura completa del muro 4.00 mts y altura enterrada igual a 0.60 mts.

Ilustración 2: Dimensionamiento de muro por gravedad.



Fuente: Arriaga, L., noviembre de 2021

Ilustración 3: Caída de cuerpo libre.



Fuente: Arriaga, L., noviembre de 2021

De manera que se procede a determinar los valores de las presiones y fuerzas, así también de momentos, con sus respectivas ecuaciones.

Cálculo de las presiones horizontales.

$$\begin{aligned}
 P_{ph} &= K_p \cdot \gamma_s \cdot h = 3,00 \cdot 1\,600,00 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,60 \text{ m} &= 2\,880,00 \text{ kg/m}^2 \\
 P_{ah} &= K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 1/3 \cdot 1\,600,00 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,00 \text{ m} &= 2\,133,33 \text{ kg/m}^2 \\
 P_{as} &= K_a \cdot q = 1/3 \cdot 700 \text{ kg/m}^2 &= 233,33 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Cálculo de las fuerzas debidas a las presiones horizontales.

$$\begin{aligned}
 F_{ph} &= 0,50 \cdot P_{ph} \cdot h = 0,50 \cdot 2\,880,00 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m} = 864,00 \text{ kg/m} \\
 F_{ah} &= 0,50 \cdot P_{ah} \cdot H = 0,50 \cdot 2\,133,33 \text{ kg/m}^2 \cdot 4,00 \text{ m} = 4\,266,66 \text{ kg/m} \\
 F_{as} &= P_{as} \cdot H = 233,33 \text{ kg/m}^2 \cdot 4,00 \text{ m} = 933,33 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Cálculo de los momentos al pie del muro.

$$\begin{aligned}
 M_{ph} &= F_{ph} \cdot h / 3,00 = 0,60 \text{ m} / 3,00 \cdot 864,00 \text{ kg/m} = 172,80 \text{ kg}^*\text{m/m} \\
 M_{ah} &= F_{ah} \cdot H / 3,00 = 4,00 \text{ m} / 3,00 \cdot 4\,266,66 \text{ kg/m} = 5\,688,89 \text{ kg}^*\text{m/m} \\
 M_{as} &= F_{as} \cdot H / 2,00 = 4,00 \text{ m} / 2,00 \cdot 933,33 \text{ kg/m} = 1\,866,67 \text{ kg}^*\text{m/m}
 \end{aligned}$$

Conociendo las presiones, las fuerzas y momentos actuantes es necesario determinar las fuerzas equilibradas y los momentos resistentes del muro.

De forma que puede determinarse mediante la división geométrica de una sección transversal del muro, como se aprecia en la siguiente figura en ellas también se puede visualizar las fuerzas que se producen debidas al peso de la estructura mismas, así como el momento resultante, con respecto al punto 0.

Tabla 1: Cálculo de fuerzas y momentos debidos al muro por gravedad.

Figura	Área (m ²)	Peso específico (kg/m ³)	W (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg*m/m)
1	0,50 * 4,00 * 1,70 = 3,40	2 200,00	7 480,00	1,13	8 477,33
2	4,00 * 0,30 = 1,20	2 200,00	2 640,00	1,85	4 884,00
		Wt =	10 120,00	Mr =	13 361,33

Chequeo de estabilidad contra volteo.

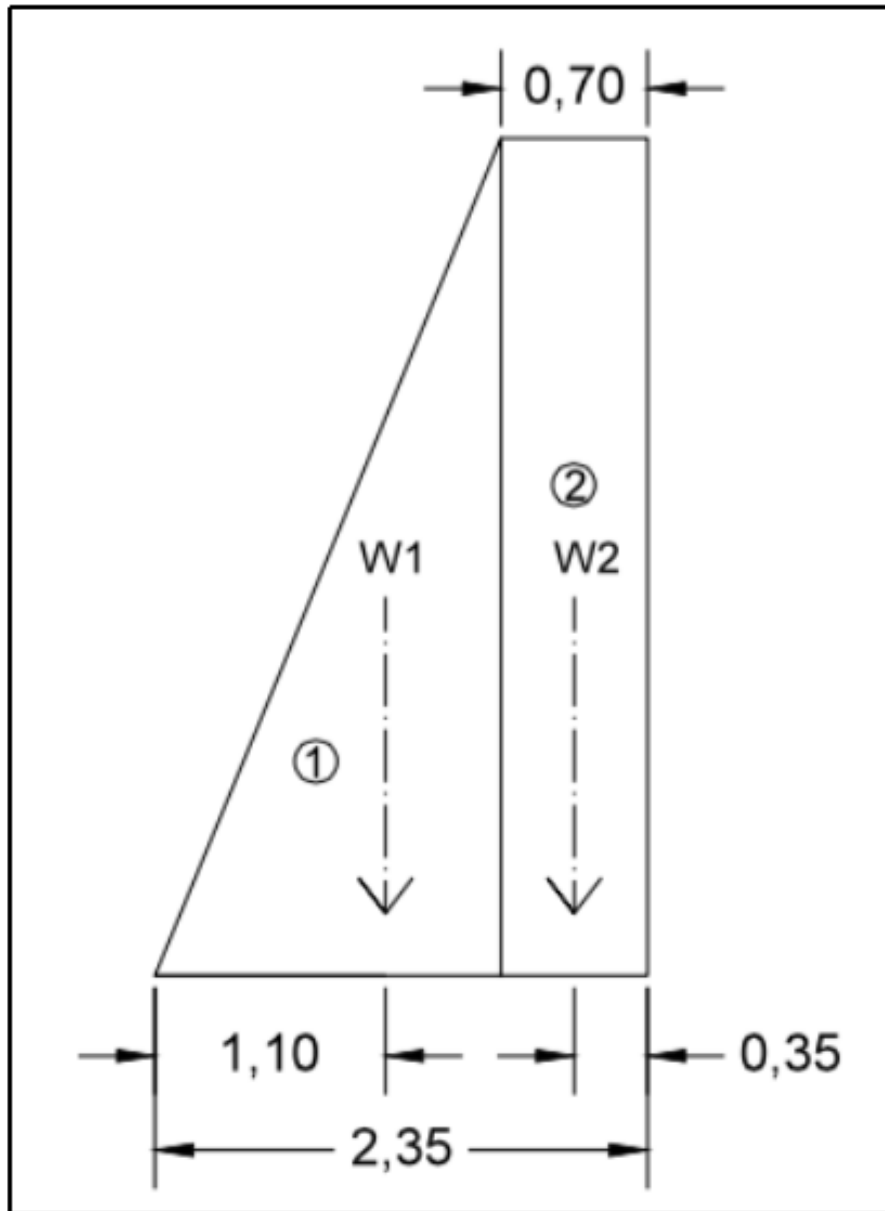
La estabilidad al volteo está dada por la sumatoria de los momentos resistentes Mr que permiten en equilibrar momentos actuantes debidos a las presiones del suelo Ma, los efectos del empuje pasivo, que como es evidente, realizan un momento en contra del momento actuante de volteo.

$$FS = \frac{Mr}{Ma} \geq 2,00$$

$$FS = \frac{13\,361,33 + 172,80}{5\,688,89 + 1\,866,67} = 1,79$$

Como no cumple que sea mayor que dos o igual a dos según la AASHTO 5.5.5 teniéndose que aumentar la base del muro o el ancho de corona para solución de ellos, se recurrirá a aumentar las dimensiones, de forma que ahora sus valores en como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 4: Fuerzas y momentos al muro de gravedad.



Fuente: Arriaga, L., noviembre de 2021

Los valores que se ven alterados son los de las fuerzas debidas al peso y los momentos resistentes.

Tabla 2: Cálculo de fuerzas y momentos debidos al muro por gravedad con dimensiones aumentadas.

Figura	Área (m ²)	Peso específico (kg/m ³)	W (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg*m/m)
1	0,50 * 4,00 * 1,65 = 3,30	2 200,00	7 260,00	1,10	7 986,00
2	4,00 * 0,70 = 2,80	2 200,00	6 160,00	2,00	12 320,00
		Wt =	13 420,00	Mr =	20 306,00

Fuente: Arriaga, L., noviembre de 2021

Por lo que, el valor del factor de seguridad deberá ser calculado nuevamente como:

$$FS = \frac{20\,300,00 + 172,80}{5\,688,89 + 1\,866,67} = 2,71$$

Con lo cual se cumple con el valor mínimo del factor de seguridad de estabilidad al volteo.

Chequeo de estabilidad por deslizamiento.

El factor de seguridad que se utiliza en este chequeo es directamente proporcional a las fuerzas resistentes f_r , debidas al peso e inversamente proporcional a las fuerzas actuantes f_a .

$$FS = \frac{F_r}{F_a} \geq 1,50$$

Sin embargo, el valor de la fuerza resistente no es directamente proporcional al peso del muro, el valor puede ser determinado como la fuerza generada por el rozamiento, siendo así se puede determinar cómo:

$$fr = \text{Coeficiente de fricción} * Wt$$

$$fr = 0,90 * \tan(30) * 13\,420,00 = 6\,973,24 \text{ kg/m}$$

El coeficiente de fricción se ha calculado como un valor dependiente del valor del ángulo de fricción interna. Adicionalmente se deben sumar los efectos del empuje pasivo, por lo que el valor de las fuerzas resistentes es:

$$Fr = fr + Fph = 6\,972,24 + 864,00 = 7\,837,24 \text{ kg/m}$$

Entonces el valor del factor de seguridad es igual a:

$$FS = \frac{7\,837,24}{4\,266,66 + 933,33} = 1,51$$

Con lo que se cumple con el valor mínimo del factor de seguridad de deslizamiento.

Chequeo de capacidad soporte del suelo.

El muro realiza una presión sobre el suelo, de modo que puede incurrir en asentamientos o fallas de estabilidad, lo cual sucede al superarse el límite de la capacidad soporte del suelo C_{ss} .

Debido a que la figura del muro no es simétrica, se generan esfuerzos excéntricos, es decir, que las presiones en los extremos inferiores del muro serán distintas. Siendo así se realiza una idealización de las presiones bajo la base del muro, las cuales se determinan como:

$$q_m = \frac{W_t}{BL} * \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

Donde la excentricidad es igual a:

$$e = \frac{B}{2} - x$$

Donde x es igual a:

$$x = \frac{M_r - M_a}{W_t}$$

Por lo tanto, para los valores dados se determina:

$$x = \frac{20\,306,00 + 172,80 - 5688,89 - 1\,866,67}{13\,420,00} = 0,96 \text{ m}$$

$$3x = 0,96 * 3 = 2,89$$

$$e = \left| \frac{2,35}{2} - 0,96 \right| = 0,22 \text{ m}$$

Si $3x$ es mayor a B , no existirán presiones negativas, por lo que se comprueba que es correcto su cálculo, con las ecuaciones enunciadas.

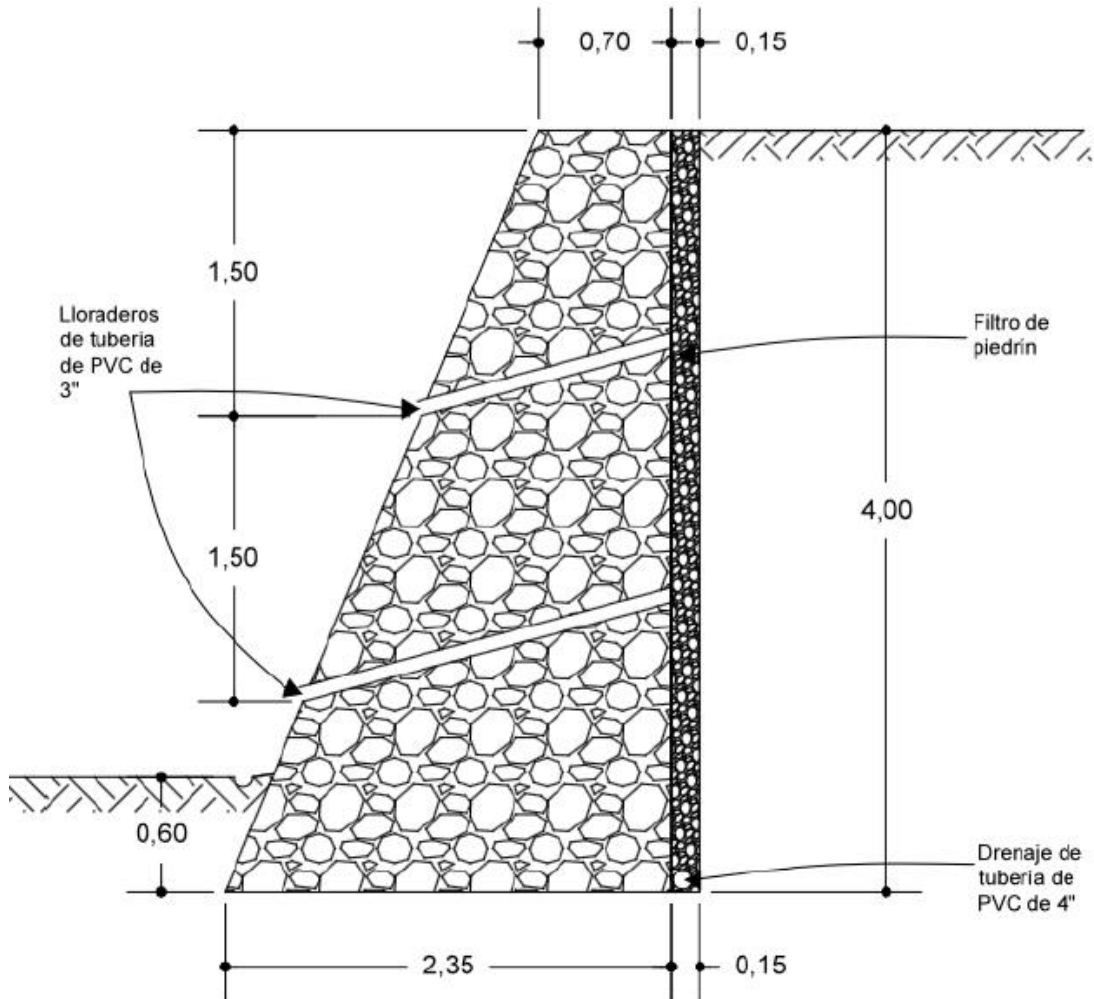
Entonces las presiones máximas q_{max} y mínima q_{min} , serán:

$$q_{max} = \frac{13\,420,00}{1,00 * 2,35} * \left(1 + 6 * \frac{0,22}{2,35}\right) = 8\,801,91 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{13\,420,00}{1,00 * 2,35} * \left(1 - 6 * \frac{0,22}{2,35}\right) = 2\,619,36 \text{ kg/m}^2$$

Siendo así el valor máximo, no supera la capacidad soporte del suelo y el valor mínimo es mayor a cero. Por lo que se comprueba la estabilidad.

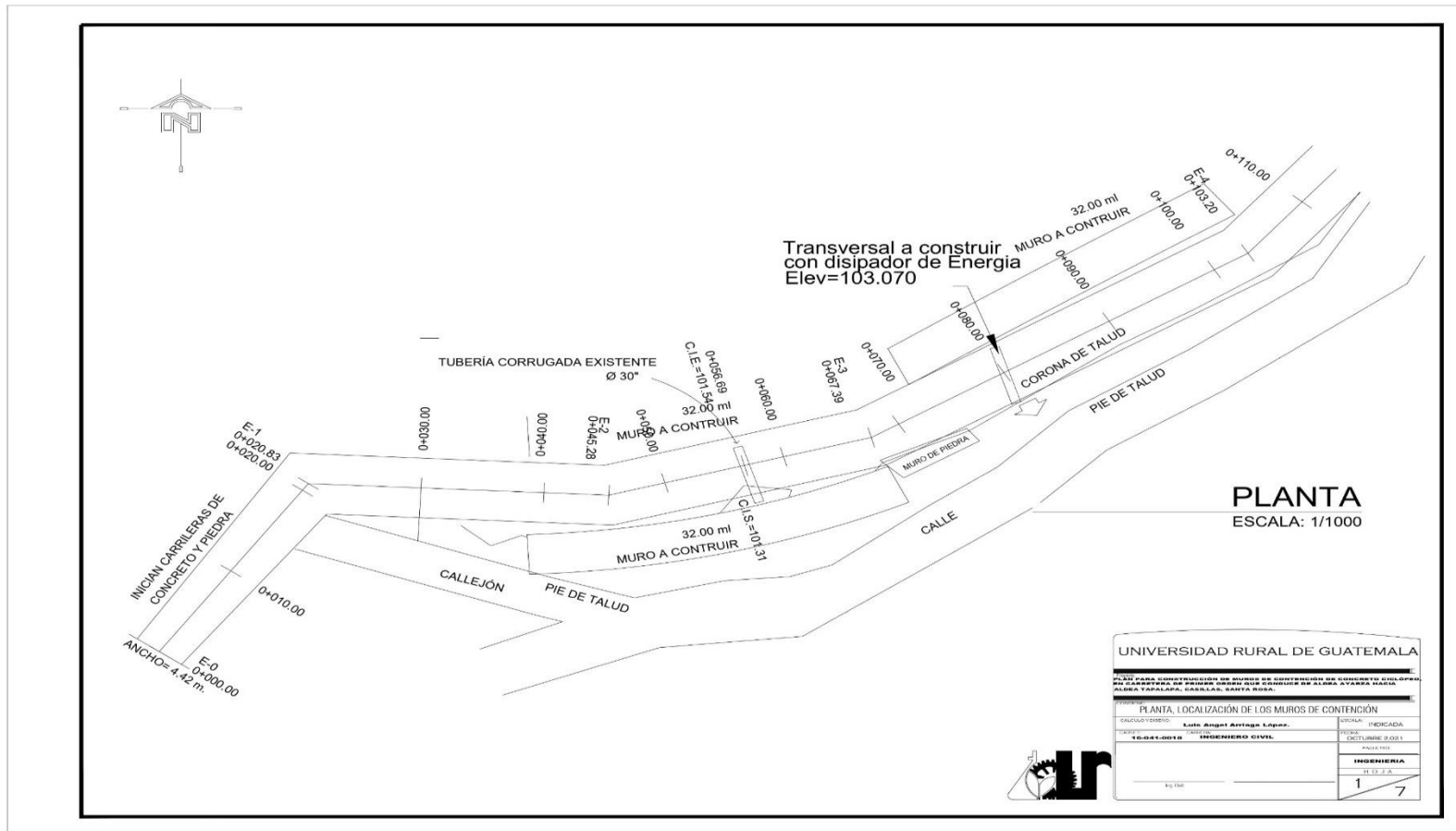
Ilustración 5: Detalle final del muro por gravedad.



Fuente: Arriaga, L., noviembre de 2021

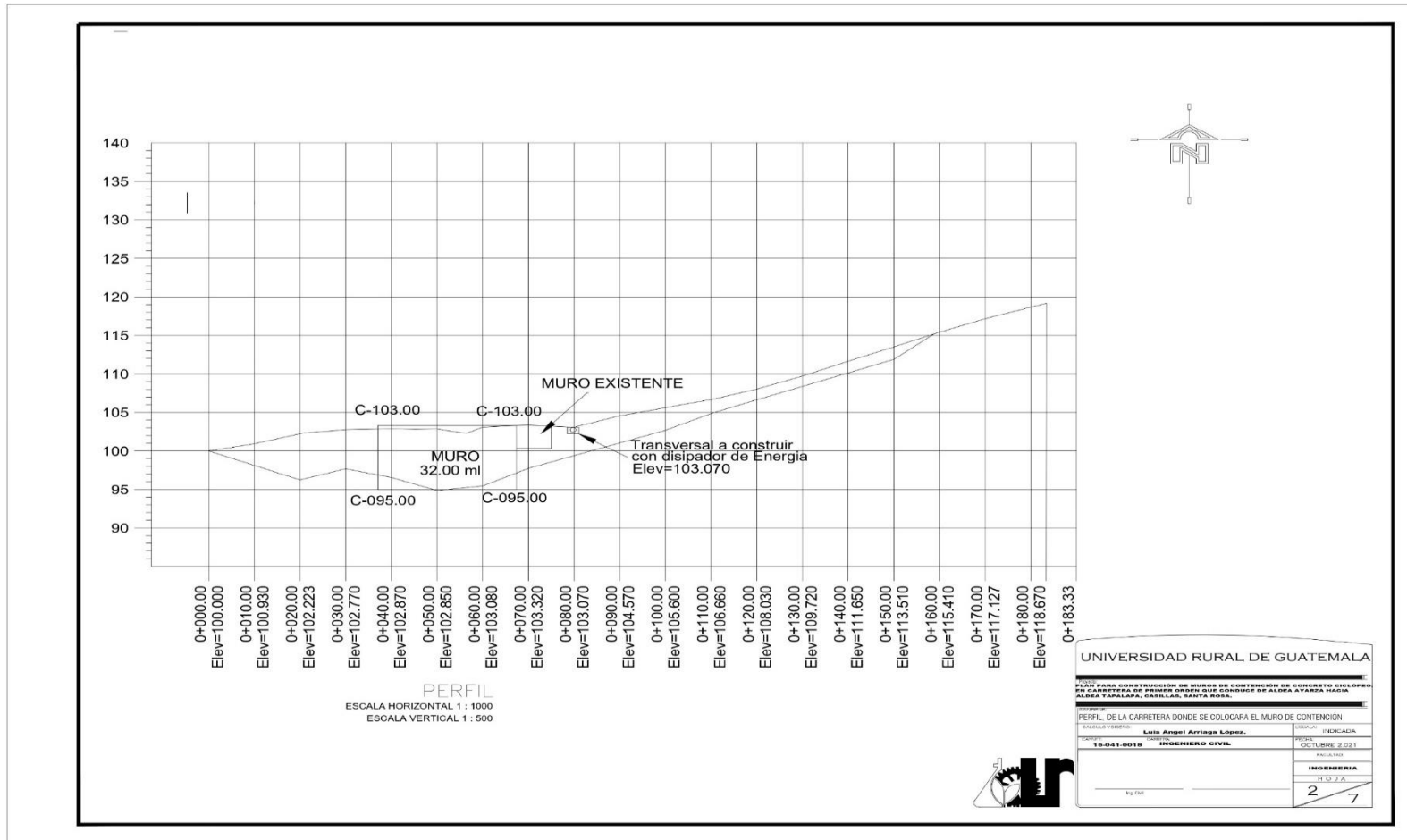
Anexo 6.2 Planos

Plano 1: Planta general.



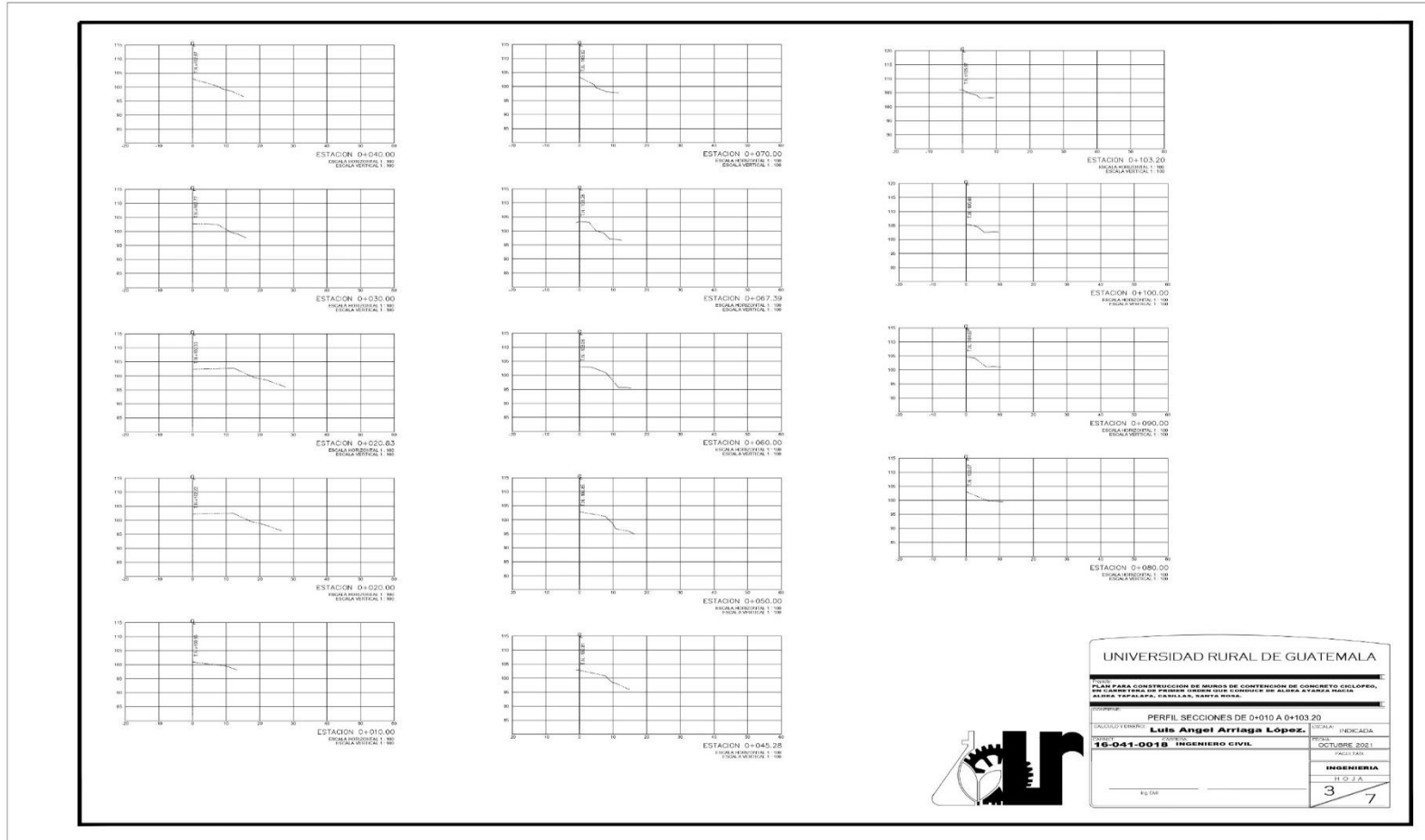
Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021

Plano 2: Perfil muro de contención.



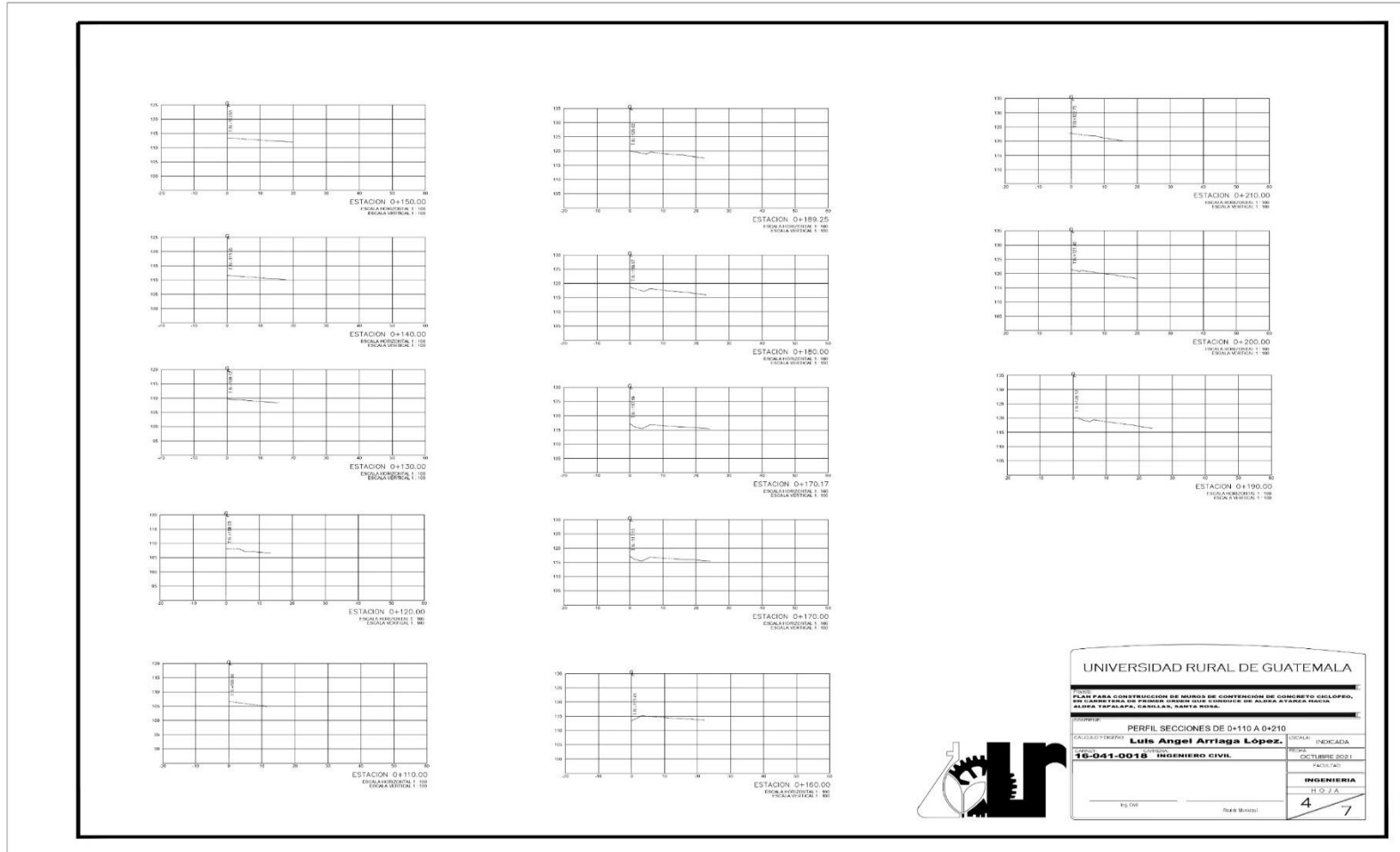
Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021

Plano 3: Perfil de cortes donde colocaran el muro (1)



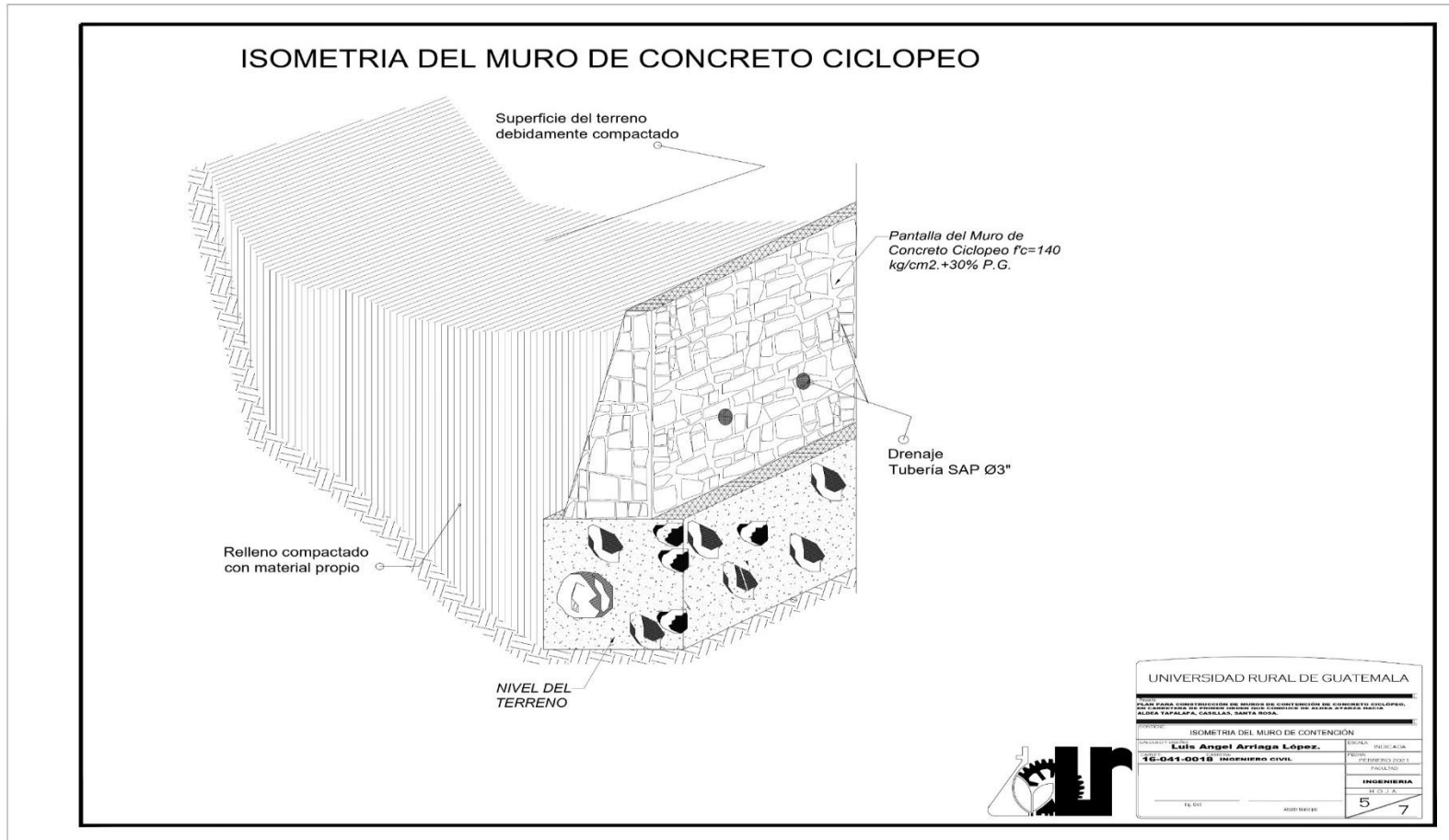
Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021

Plano 4: Perfil de cortes donde colocaran el muro (2)



Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021

Plano 5: Isometría de muro de concreto ciclópeo.



Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021

Plano 6: Detalle de junta de construcción.

DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION

- Las juntas serán de tecnopor de espesor 2", el cual se colocara cada 5 m. en la cara lateral del muro.
- Para el sellado de la junta, se utilizará mezcla asfáltica RC 250, el cual se colocara a lo largo de la pantalla, corona (C) y borde libre (BL), con un espesor de 2".

Plancha de poliestireno expandido (tecnopor)

CIMENTO

AREA SECCION

Altura de pantalla

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA

PLAN PARA CONSTRUCCION DE MURAS EN CONSTRUCCION DE CONCRETO COLADO EN LUGAR EN EL CANTON DE SAN JUAN DEL SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN JUAN DEL SACATEPEQUEZ, GUATEMALA.

CONTEXTO: DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION

INGENIERO: Luis Angel Arriaga López.

IDENTIFICACION: 10-041-0010 INGENIERO CIVIL

FECHA: OCTUBRE 2021

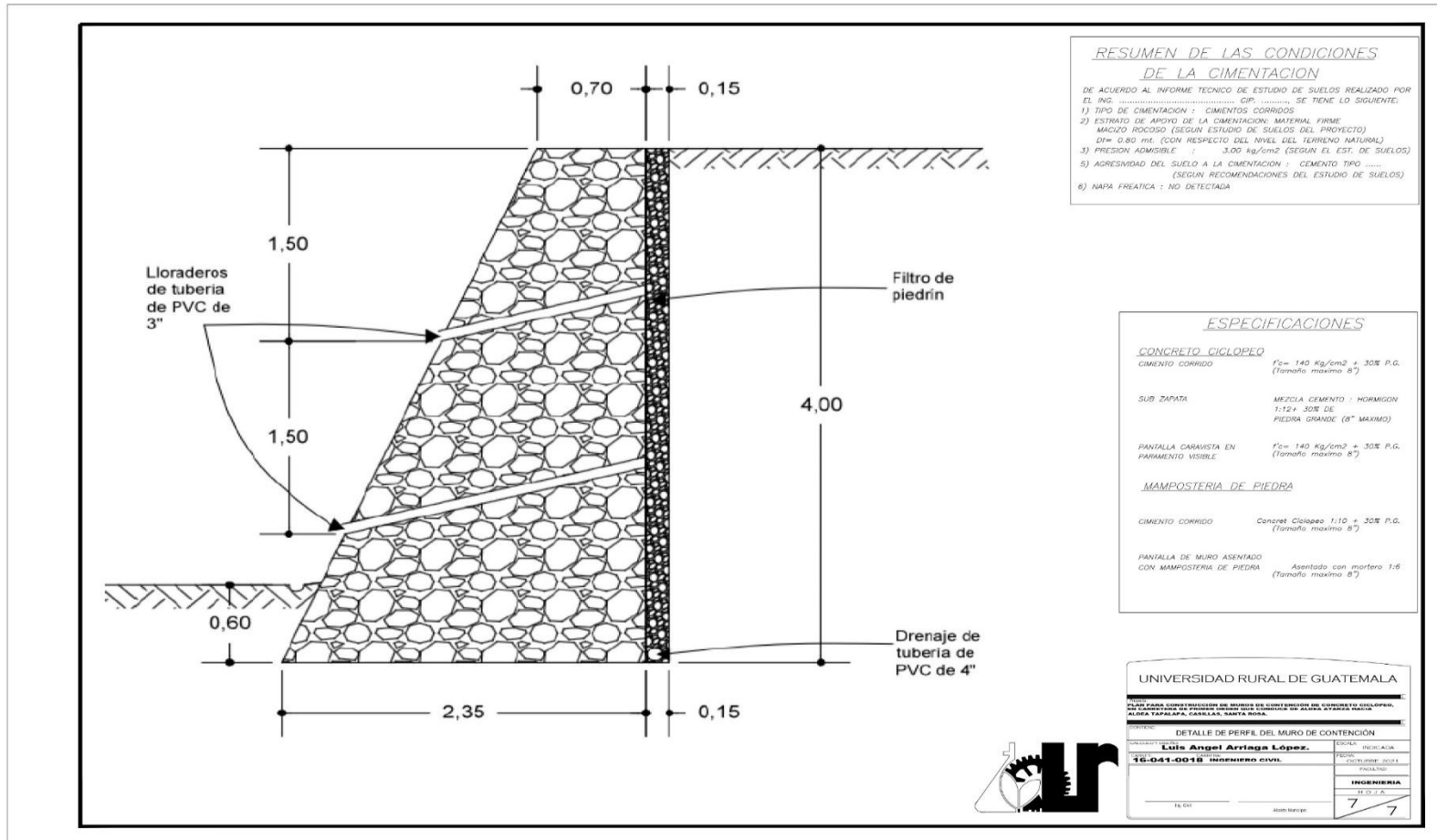
INDICADA: 6

INGENIERIA: U.R.G.

6 7

Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021

Plano 7: Plano de detalle de dimensionamiento de muro de contención.



Fuente: Arriaga L., diciembre de 2021