



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN
DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO
GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL
TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN
ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA,
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA

AUTORES:

NÚÑEZ MERA, Marlit

ROMERO FLORES, Andrea Nataly

TARAPOTO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Lo dedicó a Dios todo poderoso y a mis padres que día a día guían mis pasos desde el cielo.

A mis hijas Itzel Valentina y Jharith Yexalen que son el motor de mis días y luchas para hacer mis sueños realidad.

NUÑEZ MERA, Marlit

A mi Dios Todopoderoso, que siempre guía mis pasos, a mis padres y hermanos que cada día con su amor me inspiran a llegar cada vez más lejos, y a cumplir cada uno de mis sueños.

ROMERO FLORES, Andrea Nataly

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por darme la oportunidad de poder estudiar con el programa Beca 18, a mis amigos y familiares que día a día me brindaron su apoyo moral y económico, a mis asesores por la labor que cada día realizan para guiar nuestros pasos para poder concluir con mi objetivo profesional.

NUÑEZ MERA, Marlit

A mis asesores por la labor que día a día realizan para guiar nuestros pasos y acciones de concluir con este objetivo profesional.

ROMERO FLORES, Andrea Nataly

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

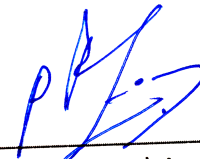
La Tesis titulada:

“EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”

De los alumnos: **NÚÑEZ MERA MARLIT Y ROMERO FLORES ANDREA NATALY**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **8% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 03 de Agosto del 2022.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 490-2022-UCP-FCEI del 25 de mayo del 2022, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- Ing. Caleb Rios Vargas, Dr. Presidente
- Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. Miembro
- Ing. Alberto Alva Arévalo, Dr. Miembro

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día miércoles 21 de diciembre del 2022, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL: TRAMO EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**.

Presentado por los sustentantes:

ANDREA NATALY ROMERO FLORES Y MARLIT NUÑEZ MERA

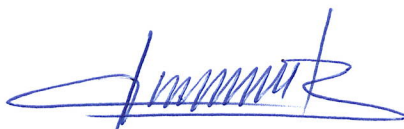
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**.

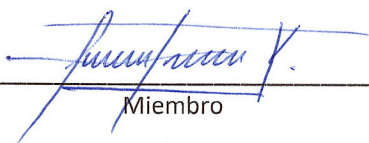
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE (16) DIECISÉIS**.

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



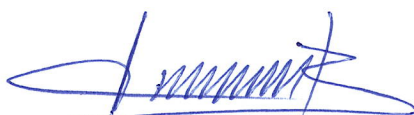
Miembro



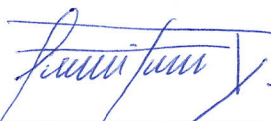
Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 21 de diciembre del 2022 a las 06.00 p.m.



Ing. CALEB RÍOS VARGAS, Dr.
PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO, M.Sc.
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ALBERTO ALVA ARÉVALO, Dr.
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. VICTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.Sc.
ASESOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	4
RESUMEN	10
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	16
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	16
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2 MARCO TEÓRICO	27
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	75
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	75
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	75
3.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	76
3.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	76
3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	76
3.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	76
3.3.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	76
3.4 OBJETIVOS	77
3.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	77
3.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	77
3.5 HIPÓTESIS	77
3.5.1 HIPÓTESIS GENERAL	77
3.6 VARIABLES.....	78
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	79
4.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS.....	79
4.1.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	79
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	79
4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	80
4.4 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	80
CAPÍTULO V: RESULTADOS	81

5.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	81
5.2 INSPECCIÓN VISUAL.....	81
5.3 RESULTADOS	91
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN.....	99
6.1. DISCUSIÓN.....	99
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
7.1 CONCLUSIONES	100
7.2 RECOMENDACIONES.....	101
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	102

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Formas de Muro de Gravedad.....	27
Ilustración 2: Dimensiones de Muro de Gravedad	29
Ilustración 3: Volcamiento por efecto del empuje del suelo.....	30
Ilustración 4: Coeficiente de Fricción	30
Ilustración 5: DIAGRAMA DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE PRESIONES POR EL MÉTODO MOHR-COULOMB.....	31
Ilustración 6: MURO DE GRAVEDAD	33
Ilustración 7: Muros de Gravedad más Comunes	35
Ilustración 8: Base Muro de Gaviones	37
Ilustración 9: CORONA DE MURO GAVIONES	38
Ilustración 10: EMPROTRAMIENTO DE MURO GAVIONES	38
Ilustración 11: MURO GAVIONES.....	40
Ilustración 12: COMPONENTES DEL GAVIÓN.....	42
Ilustración 13: MURO EN GAVIÓN.....	43
Ilustración 14: Esquema de Gavión	43
Ilustración 15: Representación básica de un muro de gravedad del tipo gavión	45
Ilustración 16: Gavión Trabajado.....	47
Ilustración 17: Elementos Constituyentes de los Gaviones Tipo Caja.....	48
Ilustración 18: DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LOS GAVIONES TIPO CAJA.....	49
Ilustración 19: ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LOS GAVIONES TIPO SACO	49
Ilustración 20: DETALLE CONSTRUCTIVO CON GAVIONES TIPO SACO.....	50
Ilustración 21: DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LOS GAVIONES TIPO SACO.....	51
Ilustración 22: SEGURIDAD DE VOLCAMIENTO.....	54
Ilustración 23: Superficie para lograr Mayor Adherencia.....	55
Ilustración 24: Tipos de rotura en muros gaviones.....	63
Ilustración 25: Indicadores que representan la presencia de un movimiento superficial (Creep).....	66
Ilustración 26: Nomenclatura de una Zona de Falla.....	67
Ilustración 27: Distintos Tipos de Fallas.....	68
Ilustración 28: Esfuerzo de Falla y Envolvente de un ensayo de Corte Directo	71
Ilustración 29: CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO	71
Ilustración 30: Drenaje con Dren de Pie	73
Ilustración 31: Drenaje con Barbacanas	74
Ilustración 32: Ubicación de proyecto de investigación	81
Ilustración 33: Ubicación para la presente Investigación.....	82

Ilustración 34: Ubicación para la presente Investigación	82
Ilustración 35: Estudio de Mecánica de Suelos C-1	85
Ilustración 36: Estudio de Mecánica de Suelos C-2.....	86
Ilustración 37: Estudio de Mecánica de Suelos Corte Directo.....	87
Ilustración 38: Estudio de Mecánica de Suelos Grafico de Corte.....	88
Ilustración 39: CAPACIDAD PORTANTE	89
Ilustración 40: TIEMPO DE EJECUCIÓN MURO GAVIÓN = 45 días calendarios	97
Ilustración 41: TIEMPO DE EJECUCIÓN MURO GRAVEDAD 60 días calendarios	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: PESO ESPECÍFICOS.....	53
Tabla 2: Coeficiente de Rozamiento.....	56
Tabla 3: Ángulos de Fricción Interna (\emptyset)	56
Tabla 4: Factor de Seguridad para Análisis Estático.....	57
Tabla 5: Factor de Seguridad para Análisis	57
Tabla 6: Dimensionamiento Muro de Gravedad.....	90
Tabla 7: DIMENSIONAMIENTO MURO GAVIONES	90
Tabla 8: Cuadro Comparativo de Sistemas de Estabilización.....	91
Tabla 9: Cuadro Comparativo de Factor de Seguridad	92
Tabla 10: Comparación de Costos Totales.....	92
Tabla 11: Comparación Económica de Muros	93
Tabla 12: Presupuesto Muro Gavión	94
Tabla 13: PRESUPUESTO MURO DE GRAVEDAD	95
Tabla 14: Comparación de Costos Totales.....	96
Tabla 15: Tiempo de Ejecución de los Muros	96

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito la evaluación del costo y tiempo de las estructuras de contención tipo Gaviones y de Gravedad para su ejecución. La razón fundamental para que la situación actual se presente, radica en el hecho que los conocimientos básicos acerca de lo las técnicas de construcción y el impacto económico que estas puedan generar en la realización de proyectos de obras civiles se encuentren dispersos en muy pocos textos de Investigación. La estrategia general se encuentra basada en la modalidad de investigación aplicada. Posee una población finita ya que es de conocimiento que se analizaron 2 tipos de muros de contención.

Los muros de contención son elementos estructurales de amplio uso en obras civiles, cuya finalidad es la contención de tierras para estabilización de taludes naturales, formación de terraplenes para carreteras, formación de estribos para obras de paso, etc.

En las últimas décadas han tenido un fuerte desarrollo tecnológico, debido principalmente a la aparición de nuevas alternativas de solución como complemento a las de uso más tradicional.

El avance alcanzado en el desarrollo de estas estructuras ha pasado por la incorporación de nuevos materiales para su diseño, la definición de nuevos métodos constructivos y la creación de nuevos elementos estructurales a partir de los materiales de uso tradicional. Es así como gran parte de las actuales aplicaciones en ingeniería están orientadas al refuerzo de suelos y al empleo de los materiales de cada una de ellas.

Los muros de contención tienen como finalidad resistir las presiones laterales o empuje producido por el material retenido detrás de ellos, su estabilidad la deben fundamentalmente al peso propio y al peso del material que está sobre su fundación. Los muros se comportan básicamente como voladizos empotrados en su base.

Designamos con el nombre de empuje, las acciones producidas por las masas que se consideran desprovistas de cohesión, como arenas, gravas, etc. En

general los empujes son producidos por terrenos naturales, rellenos artificiales o materiales almacenados.

El diseño sísmico de muros es importante para minimizar los efectos devastadores de los terremotos sobre las estructuras de contención, el daño en las vías terrestres, en estribos de puentes, el riesgo a las vidas humanas, así como serios problemas económicos, sociales y ambientales.

Aporte de este proyecto de investigación fue determinar cuál de los tres tipos de muros será lo indicado como defensa ribereña con presupuestos menores, cumpliendo con los objetivos propuestos, el diseño de muro contención evitará desbordamiento en un tramo crítico km 12+550 del Camino Vecinal Tramo: Emp. Pe 5n10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.

Una vez concluido el análisis de la problemática de la zona, se realizará un análisis de la posible alternativa de solución, en este caso particular será mediante un muro de gaviones o muro de gravedad.

Palabras claves: Muros tipo Gavión y Gravedad, Estabilidad de Talud, Análisis Técnico Económico y Costos.

ABSTRACT

The purpose of this project is to evaluate the cost and time of the Gabion and Gravity type containment structures for their execution. The fundamental reason for the current situation to arise lies in the fact that basic knowledge about construction techniques and the economic impact that these can generate in carrying out civil works projects are scattered in very few texts of Research. The general strategy is based on the application research modality. It has a finite population since it is known that 2 types of retaining walls were analyzed.

Retaining walls are structural elements widely used in civil works, whose purpose is the containment of land for the stabilization of natural slopes, the formation of embankments for highways, the formation of abutments for passage works, etc.

In recent decades they have had a strong technological development, mainly due to the appearance of new solution alternatives as a complement to those of more traditional use.

The progress achieved in the development of these structures has gone through the incorporation of new materials for their design, the definition of new construction methods and the creation of new structural elements from traditionally used materials. This is how a large part of the current applications in engineering are oriented to the reinforcement of soils and the use of the materials of each of them.

The purpose of retaining walls is to resist the lateral pressures or thrust produced by the material retained behind them, their stability is fundamentally due to their own weight and the weight of the material that is on their foundation. The walls basically behave as cantilevers embedded in their base.

We designate with the name of thrust, the actions produced by the masses that are considered devoid of cohesion, such as sand, gravel, etc. In general los empujes son producidos por terrenos naturales, rellenos artificiales o materiales almacenados.

El diseño sísmico de muros es importante para minimizar los efectos devastadores de los terremotos sobre las estructuras de contención, el daño en

In general, the thrusts are produced by natural terrain, artificial fills or stored materials.

The seismic design of walls is important to minimize the devastating effects of earthquakes on retaining structures, damage to land routes, bridge abutments, the risk to human lives, as well as serious economic, social and environmental problems.

Contribution of this research project was to determine which of the three types of walls will be indicated as riverside defense with lower budgets, meeting the proposed objectives, the retaining wall design will prevent overflow in a critical section km 12 + 550 of the Neighborhood Road Section: Emp. Pe 5n10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, Picota Province, San Martin Department.

Once the analysis of the problem in the area is completed, an analysis of the possible alternative solution will be carried out, in this particular case it will be through a gabion wall or gravity wall.

Keywords: Gabion and Gravity Walls, Slope Stability, Technical Economic Analysis and Costs.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de titulación se presentan 02 métodos aplicadas a la protección provocadas por la presión del suelo en estructuras de contención es uno de los inconvenientes de la mecánica de suelos. A pesar de una investigación teórica y experimental intensa durante más de 200 años, todavía hay grandes discrepancias entre las soluciones teóricas y los resultados experimentales. Además, estas presiones pueden ser dinámicas debido a la influencia sísmica que incrementan las presiones laterales que ponen en riesgo la estabilidad de la estructura y el terreno.

Los muros de contención son estructuras muy comunes e importantes para la protección de vías de comunicación, edificaciones y zonas con alto riesgo de deslizamiento. Son utilizadas para contener las presiones de tierra u otros materiales. En cualquier tipo de estructura de retención, el comportamiento y la respuesta a la carga estática y sísmica depende de las restricciones cinemáticas impuestas sobre la estructura y en su rigidez.

Debido a que todavía existen incógnitas sobre la interacción suelo-estructura y los esfuerzos producidos a partir de esta interacción en condiciones estáticas o dinámicas, el análisis y diseño de muros de contención que se realiza actualmente puede subestimar las cargas y se corre el riesgo de que las estructuras de contención diseñadas puedan fallar.

El fallo de estas estructuras puede afectar vías, presas, viviendas, causar problemas ambientales y sociales, inclusive poner en riesgo vidas humanas. Esto ha generado la necesidad plantear diferentes metodologías para el diseño de estas estructuras aplicando procedimientos y criterios que permitan establecer un adecuado nivel de seguridad.

Los ingenieros pueden calcular y diseñar un muro de contención por medio de varios métodos, pero es muy complejo saber determinar cuál será la recomendación óptima o más correcta para solucionar un problema específico, debido a que influyen varios factores simultáneamente como el tipo de suelo, la

factibilidad de construcción y la solución más económica que define la alternativa seleccionada.

Finalizando con un análisis comparativo de diseño y costos, Finalmente, se llega a las conclusiones respecto a la conveniencia del uso de cada tipo de muros de contención, dependiendo de las condiciones del proyecto y los costos, que la aplicación que cada método constructivo implicará.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El presente trabajo consistirá en la Evaluación del Costo y Tiempo de Ejecución de las estructuras de contención tipo Gaviones y de Gravedad, en este proyecto de investigación nos apoyamos en otras investigaciones relevantes.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

La presente investigación en mención cuenta con estudios similares de carácter internacional, los cuales son los siguientes:

- **(UGALDE MADRIGAL, 2015 págs. 1-66)** Título: “**Alternativas para la estabilización de taludes en el cantón de León Cortés**” Objetivo: Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción. Metodología: Diseño descriptivo – explicativo. Resultados: A partir de la obtención de datos se obtiene el diseño final del muro (muro de gaviones), las dimensiones fueron obtenidas realizando variaciones del mismo hasta lograr el cumplimiento de los requisitos de los factores de seguridad, de tal manera que los factores reales se acercaran lo suficiente al valor de requisito para evitar un sobre diseño del muro. Conclusión: Hoy en día existen múltiples modos de estabilidad de taludes, no obstante, siguen prevaleciendo los métodos convencionales, a su vez se sigue sobre diseñando debido a la falta de interés de realizar pruebas de suelos, las cuales, si bien incurren en un costo, permiten que el diseño realizado con las características reales del suelo pueda resultar más económico. Cumpliendo un proceso de constructivo idóneo para la optimización de costos.
- **(AVILES PILCO, 2015 págs. 1-703)** Título: “**Análisis técnico y económico para muros de contención de hormigón armado comparado con muros de gaviones y sistemas de suelo reforzado para alturas H=5m, H=7.5m, H=10m, H=15m, para una longitud de 80m**” Objetivo: Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil. Metodología: Diseño descriptivo – explicativo. Resultados: Se utilizó tres métodos de estabilización: muro de

hormigón armada, muro de gaviones, y sistema de suelo reforzado; considerando factores muy importantes que afectan a la resistencia al corte de los suelos, nivel freático, tipo de materiales, factores hidrológicos, intensidad de lluvias, factores dinámicos, etc. Conclusión: Con la realización de esta investigación se ha llegado a concluir realizando una comparación entre muro de gaviones y sistema de suelo reforzado Terramesh system; a medida que va aumentando la altura del en el caso de los gaviones requiere de mayor cantidad de cajas para cubrir la base del muro mientras que el sistema Terramesh con una caja con un paramento de 1.00 m de longitud se logra cubrir la altura deseada. Y a la vez económicas.

- **(ESPINOZA VAZQUES, 2014 págs. 1-703)** Título: **“Comparación de Dos Sistemas de Retención de Tierras en Zona de Lomas”** Objetivo: Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil. Metodología: Diseño descriptivo – explicativo. Resultados: Se utilizó dos métodos de estabilización: muro de concreto reforzado y/o mampostería, y sistema de suelo armada; considerando factores muy importantes que afectan a la resistencia al corte de los suelos, nivel freático, tipo de materiales, factores hidrológicos, intensidad de lluvias, factores dinámicos, etc. Conclusión: Con la realización de esta investigación se ha llegado a concluir realizando una comparación la solución más económica para resolver la problemática de la contención del terraplén es la correspondiente al muro de concreto reforzado.
- Según **Luis Carlos Báez Lozada y Pablo Echeverri López (2015)**, en su tesis de grado titulada **“Diseño de Estructuras de Contención Considerando Interacción Suelo-Estructura”**. De la **Pontificia Universidad de Javeriana, Bogotá – Colombia**, Se llegan a las siguientes conclusiones:

A partir de los resultados obtenidos, se pudo concluir lo siguiente:

- Las metodologías analíticas pueden ser menos próximas a la realidad en comparación a los elementos finitos en el cálculo de las presiones laterales generadas en el suelo, debido a que no tienen en cuenta el proceso constructivo, las deformaciones, la interacción suelo estructura y las propiedades de la estructura. El análisis por elementos finitos evalúa estas

condiciones que permite obtener diagramas de esfuerzos y presiones laterales con mejor estimación a la realidad.

- Para el dimensionamiento adecuado de muros de contención los cuales no solo se ven afectador por presiones de tierra estática o seudo - estática, sino que también puede ser influenciada por los parámetros del relleno de la estructura y sus etapas constructivas, se recomienda la simulación en un programa de elementos finitos, ya que facilita representar el proceso constructivo, además de que consideran la evolución de los esfuerzos y las deformaciones de cada fase, aproximándose más a la realidad.
 - Los efectos sísmicos siempre deben ser considerados para el diseño de estructuras de contención, con el fin de asegurar que se diseña para la condición más crítica. A pesar de que todos los muros fueron diseñados teniendo cargas dinámicas, por medio de Mononobe - Okabe, muchas de las estructuras colapsaron o no eran estables al modelarlo por medio de elementos finitos para esta condición.
- **Jaime Soto Contreras.** En su trabajo de investigación titulado: **“Presupuesto para muro en gavión a gravedad – para protección de la rivera del rio magdalena en el corregimiento de puerto Bogotá municipio de guaduas Cundinamarca”, De la Pontificia Universidad de Javeriana, Bogotá – Colombia”,** Se llegan a las siguientes conclusiones:
 - La propuesta y el diseño de los gaviones para solucionar el problema que se presenta en el corregimiento de puerto Bogotá, municipio de Guaduas Cundinamarca, es viable desde el punto de vista técnico.
 - Desde el punto de vista de presupuesto se llevará una propuesta a la Alcaldía municipal para que ellos tomen las medidas correspondientes de ser pertinentes.
 - **Román F. (2009); La Vega** - Republica. Dominicana; realizo la tesis de grado titulado **"Diseño estructural de un muro de contención en el río Camú, para protección de la carretera de La Vega-Rancho Viejo"** cuyo Objetivo es Desarrollar el diseño estructural de un muro de contención en gaviones de 90.00m, en el río Camú, con la finalidad de protección de la carretera La Vega

Rancho Viejo-Ranchito. Luego de la culminación del presente trabajo de Investigación, obtuvo las siguientes conclusiones:

- El muro de gaviones diseñado en este proyecto cumple con cada uno de los factores de seguridad y los requerimientos mínimos de estabilidad (vuelco, deslizamiento y presiones adecuadas en la cimentación o la capacidad de carga) y seguridad estructural exigidos en este tipo de obras. La longitud del mismo contempla toda la extensión de la curva en el tramo destruido de la carretera La Vega-Rancho Viejo, ya que por la misma naturaleza de la curva es que se producen erosiones, socavaciones, transporte de materiales y derrumbamientos de las márgenes en ese punto.
- Este proyecto representa la solución a una serie de problemas que han tenido los lugareños durante muchos años. El muro de gaviones tiene como propósito proteger la margen de la carretera anexa al río Camú, evitando que las aguas del mismo golpeen violentamente el terreno de la ribera y que suba a las fincas del lugar, como muchas veces ha ocurrido en el pasado. Esto ha provocado cuantiosas pérdidas materiales a los campesinos y, especialmente, a los dueños de terrenos y parceleros, que han visto desaparecer cultivos completos por las crecidas del río que llegan a subir a la misma carretera y se extienden por todo el terreno llano de la zona.
- La implementación de muro de gaviones como solución estructural en este proyecto presenta varias ventajas entre las cuales podemos mencionar: se evitarán los encofrados de madera, usados para darle al hormigón y que representan un elevado costo en la construcción. No se requiere personal especializado para la confección de las mallas y de la colocación de las piedras, pudiéndose contratar residentes de la comunidad, abaratando los costos de mano de obra. Se reducen los tiempos de construcción, ya que el llenado de los gaviones define inmediatamente la obra.
- Se considera que el costo del proyecto no es significativo, si se toma en cuenta la relevancia de la carretera para la actividad económica y social de la zona. La ruta alterna a esta vía de transporte es por la carretera que

conduce a San Francisco de Macorís, lo que representa un retraso de aproximadamente una hora. En términos comerciales este tiempo es muy considerable.

Luego de la culminación del presente trabajo de Investigación, se obtuvo las siguientes conclusiones:

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

La presente investigación se presenta como una nueva faceta de investigación dentro de nuestra zona de influencia del estudio, cabe mencionar que cuenta con estudios similares anteriormente realizados, los cuales se mencionan:

- Tenemos tesis del autor **Trinidad Salguero, Harold Gerson**. En su trabajo de investigación titulado: **“Análisis comparativo de muros de contención para la estabilización de talud en el centro poblado La Candelaria - Huaral, Lima 2019”**, de la Universidad Nacional del Antiplano, Puno – Perú 2019, quienes llegaron entre otras a las siguientes conclusiones:
 - Objetivo específico 1: Se pudo determinar en cuanto al comparativo de muro de contención de voladizo y de gravedad para la estabilización de talud que el muro de voladizo satisface en todos los parámetros para estabilizar el talud en el lugar de estudio, mientras que el de gravedad no cumple con la altura correspondiente para la estabilización ya que su altura según CE.020 suelos y taludes nos dice que su altura debe ser ≤ 5 metros.
 - Objetivo específico 2: Se definió utilizar la teoría de empuje de Rankine por la razón que la norma CE.020 suelos y taludes desarrolla esta teoría, y por lo que permite que el dimensionamiento y diseño sea el óptimo, y no exceda cuando no lo requiere.
 - Objetivo específico 3: Se determinó con el estudio de suelo de acuerdo a los análisis de muestras en laboratorio según el sistema Unificado de clasificación de suelos – SUCS, NTP 339.134 el tipo de suelo es GM teniendo una descripción de suelo grava limosa color gris claro en condición parcialmente húmedo con finos de baja plasticidad.

- Objetivo específico 4: Se calculó la demanda económica para el muro de contención de voladizo teniendo una demanda de s/ 771,002.37 y de gravedad teniendo una demanda de s/ 379,857.48, por lo que se concluye que hay un buen margen de diferencia en el costo de ambos.
- Objetivo general: Se analizó el tipo de muro los tipos de muros que solucionen el problema del lugar de estudio, lo cual se concluye que el muro voladizo cumple con todos los parámetros que se exigen para la estabilización de talud del lugar.
- Además, tenemos una Tesis del Autor: **Mario Becerra Salas**, Titulada: **“Eficiencia del Diseño Muro de Contención de Gran Altura con Técnica de Tierra Armada Respecto al Muro de Contención de Concreto Armado en la Ciudad de Puno”**, de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, que llegan a las siguientes conclusiones:
 - Según la evaluación de la eficiencia del diseño del muro de contención de gran altura con la técnica de tierra armada con respecto al muro de contención de concreto armado en la ciudad de Puno, no existe diferencia estadística en cuanto a la eficacia entre ambos muros
 - En la Evaluación de la eficiencia técnica del diseño del muro de contención de gran altura con la técnica de tierra armada con respecto al muro de contención de concreto armado en la ciudad de Puno. Según los parámetros del suelo, los y la normatividad, no existe diferencia estadística, pero si numérica
 - En la evaluación económica del diseño de muro de contención de gran altura con la técnica de tierra armada con respecto al muro de contención de concreto armado en la ciudad de Puno, no existe diferencia económica, estadística según el análisis de costos de ambos muros.
- **Pacheco A. (2006); Lima - Perú;** realizo la tesis de grado titulado **"Estabilización del Talud de la Costa Verde en la Zona del Distrito de San Isidro"** El objetivo del presente Tesis se centra en analizar el problema y presentar alternativas de solución y el diseño de ingeniería para un tramo de

500 m de los taludes de la Costa Verde en la zona del distrito de San Isidro. Se efectuará el análisis para condiciones estáticas y dinámicas, analizando las alternativas de solución para los distintos problemas, tratando de minimizar los costos de la obra de mejoramiento. Es importante comentar lo siguiente: Para solucionar los problemas de estabilidad del talud en la zona en estudio y reducir el riesgo de caída de piedras al mínimo, se ha considerado analizar en detalle las siguientes soluciones estructurales:

- Muro Gaviones
- Muro de Contención Convencional
- Muro ASTM C915 (Crib Walls)

Luego de la culminación del presente trabajo de Investigación, se obtuvo las siguientes conclusiones:

Luego de haber hecho el análisis comparativo económico y de haber analizado las ventajas y desventajas de los 03 tipos de muro de contención analizados, la decisión de utilizar los muros ASTM C915 es clara y contundente la diferencia de estos tipos de muros.

Además, se tiene la experiencia de que es un sistema que ha funcionado bien en la zona en estudio (Catalogo de fallas- Capítulo 4). Esto nos da mayor confianza en su elección, ya que no solo soluciona el problema de la estabilidad del talud, sino que tiene un impacto muy positivo desde el punto de vista ambiental.

Luego de haber realizado los análisis de costos se recomienda el muro de ASTM C 915 por su bajo costo en mano de obra, insumos y equipos en la construcción del muro.

Por lo tanto, por razones económicas, de facilidad de proceso constructivo y de impacto ambiental se recomienda como solución para el problema de estabilidad del talud de la Costa Verde en el Distrito de San Isidro el uso de los muros ASTM C915 (Crib Walls).

- **AGUILAR, Daniel.** “Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña”. En su tesis para obtener (título profesional de ingeniero civil). **Lima: Universidad Pontificia Católica del Perú, escuela profesional de ingeniería civil, 2016, 90 pp.** Propuso como objetivo. Identificar las variables que permitan el comportamiento de los sistemas de revestimiento contra la erosión de colchones de gaviones y de geoceldas con relleno de concreto en el proyecto de defensa ribereña del río Zaramulla y comparar los resultados de análisis de la variable técnicas definidas y establecer, en base a esta comparación, revestimiento contra la erosión más adecuado para el proyecto de defensas ribereñas en el río Zarumilla. La metodología que utilizo en proyecto de tesis es cuantitativa, es decir se basa en una realidad contextualizada y compara datos de medición numérica, sigue un proceso no experimental y los resultados se basan en datos estadísticos medidos en investigaciones anteriores. El alcance es explicativo, se busca recopilar información para sustentar y comparar las variables establecidas. En sus variables cuantitativa. Las poblaciones en la que se realiza el análisis correspondiente únicamente al caso del proyecto de defensas ribereñas del río Zarumilla y lo establecido por la recopilación del marco teórico. Los instrumentos utilizados fueron la revisión de bibliografía en libros y artículos de investigación, bases de datos, expedientes técnicos, guías de diseño catálogos de productos y fuentes de primer orden, teniendo como uno de sus conclusiones Se ha identificado las variables técnicas que permitan la comparación entre ambos revestimientos. Las variables indefinidas son las siguientes: la resistencia a la erosión y durabilidad, la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección.

Es Transcendental el aporte que realiza para defensa ribereña en su tesis, los gaviones y geoceldas constituyen comportamiento adecuado como defensa ribereña.

- Por su parte **EVANGELISTA, Karla.** “Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector salinas km 89 en el río chancay -2017” en su tesis para obtener (título profesional de ingeniero civil). **Lima: universidad Cesar Vallejo, escuela profesional de ingeniería civil. 2107,**

120 pp. Propuso como objetivo general Identificar la influencia de la zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el rio Chancay – 2017. Método usado fue el científico puesto que se determina por los fenómenos observables de la realidad de estudio como son efectos que trae consigo el fenómeno del niño. Tipo estudio utilizado es aplicada, porque nos lleva a resolver problemas existentes. Llego a la conclusión que para determinar los parámetros hidrológicos dependerán de los datos que se tiene del lugar, por ello el método que se usó para el análisis estadístico fue el método de Gumbel con el que se determinó que el caudal es 147.03 m³/s para un periodo de retorno de 100 años el que nos indica que cada año va aumentando esto hace crea la probabilidad de mayores zonas inundables, esto conlleva que para la propuesta que la altura del muro debe ser mayor que la posible avenida obtenida. Es importante el aporte que realiza para tener una referencia del comportamiento de las avenidas, para su diseño de defensa ribera.

- **(TARRILLO MEMBRILLO, 2018 págs. 1-161) Título: “Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera baños del inca - Llacanora”**
Objetivo: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, **Universidad Nacional de Cajamarca.** Metodología: Diseño descriptivo. Resultados: Los taludes críticos de la carretera Baños del Inca – Llacanora presentan una altura de 8 y 25 m por ende es necesario el análisis de estabilidad. Se obtuvo el factor de seguridad de los taludes críticos de la carretera: tres de estos taludes fueron analizados con tensiones totales, efectiva y para los cuatro taludes se evaluó con carga sísmica, por ello se confirma que los taludes fallan en alturas superiores a 6.0 m y con ángulos de inclinación mayores a 45° y que estos dependen de su meteorización y formación geológica tal cual lo dice Mayorga Zelaya y Garay Obregón. Conclusión: Los valores que afectan a la inestabilidad de talud en promedio del tramo analizado son: Ángulo de fricción: 29. 21° y una cohesión de 0.52 Kg/cm² además de los factores hidrogeológicos. Los taludes de la carretera Baños del Inca – Llacanora no son estables ya que en condiciones secas son mayores a 1 (FS<1).

- **(MAMANI LARICO, 2016 págs. 1-370) Título: “Análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya Tramo III-Sub Tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple”** Objetivo: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, **Universidad Nacional del Altiplano**. Metodología: Investigación no experimental de tipo descriptivo y analítico porque se analiza la estabilidad del talud, que están en razón a las variables desarrolladas en la investigación. Resultados: En base a este análisis de estabilidad, se determinó un factor de seguridad, para cada uno de los tramos analizados según el modo de falla probable que presenta cada talud entre las progresivas siguientes: Catarata km 1+400 al 1+580 y 1+580 al 1+700; Mirador km 2+500 al 2+620 y km 2+620 al 6+760; y Huancoiri km 6+400 al 6+700. Los resultados nos dan una idea de que el tramo que comprende km 1+580 al 1+700 se encuentra en condición inestable pues el $FS=1.02$, no garantiza la estabilidad del talud pues el FS es inferior a 1.20; esto indica que se puede sufrir una rotura. Mientras que el tramo entre las progresivas del km 1+400 al 1+580 se encuentra estable debido a que el factor de seguridad es superior a 1.50. Conclusión: El análisis de estabilidad de taludes mediante el equilibrio límite, por métodos exactos se determinó el tipo de rotura y factor de seguridad para cada uno de los tramos analizados.
- **(ALVARADO SALAZAR, 2014 págs. 1-175) Título: “Estabilización de taludes en la Costa Verde - Callao tramo. Av. Santa Rosa – Jr. Virú. (1.3 km)”** Objetivo: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil de la **Universidad San Martín de Porres**. Metodología: Diseño experimental. Resultados: La estabilización del talud no solo depende del tipo de suelo, sino de la morfología del estado actual del mismo; muchas veces no existe desprendimiento de material porque materiales como el limo, canto rodado y grava se juntan compactándose y uniéndose haciendo su porcentaje de vacíos casi 0, cuando se retira el material en vez de estabilizar lo que se logra es todo lo contrario, por tal sentido es muy importante hacer las pruebas correspondientes que amerita el talud. Conclusión: De acuerdo al análisis de costos la mayor incidencia en proyectos de este tipo es la de movimiento de tierras, sobre todo en zonas urbanas como Lima debido a que no se puede

simplemente cortar y rellenar el material a una distancia corta, sino que es necesario mover el material hasta botaderos especiales por lo que de tomar la decisión de realizar un proyecto de este tipo sería justificable la realización de un estudio para la implementación de botaderos más cercanos a la obra.

- **(PAUCAR LLANCARI, y otros, 2014 págs. 1-175) Título: “Propuesta técnica para la protección de la carretera Ocopa – Anchonga – Km 06+500, afectado por la erosión del río Lircay”** Objetivo: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil de la **Universidad Nacional de Huancavelica**. Metodología: Diseño experimental. Resultados: La propuesta técnica de protección está dado de acuerdo a los resultados de estudio de mecánica de suelos, a su vez los cálculos de costos por cada tipo de propuesta de protección. Conclusión: De acuerdo los estudios el sistema constructivo del muro de tipo gravedad y de voladizo se podrá poner en uso después de que se cumpla con su resistencia de diseño, es decir a los 28 días, en cuanto el de los gaviones puede ser utilizado de una vez ya que no es necesario esperar a que se cumpla con resistencia porque viene dado desde el inicio de su construcción.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

- **Suarez, Roger. “Diseño de muro de gaviones para la protección del margen izquierdo del Río Huallaga de la Localidad de teniente Cesar López – Shucshuyacu - Loreto, 2013”**. Para obtener título (profesional de ingeniero civil), **Universidad César Vallejo**, planteo como objetivo diseño de muro de gaviones para la protección del margen izquierdo del río Huallaga, Los métodos que utilizo son ensayos de mecánica de suelos, topografía y generación de caudales. Llego a la conclusión, determino el caudal máximo para un tipo de suelo intermedio teniendo en consideración que las condiciones pluviométricas en la parte oriental de los andes no tienen el mismo comportamiento que el flanco occidental. Bajo esta premisa se analizaron los datos de precipitación en tres sub cuencas en la parte más baja cercana al proyecto obteniéndose un caudal de diseño de 370.689 m³/s.

2.2 MARCO TEÓRICO

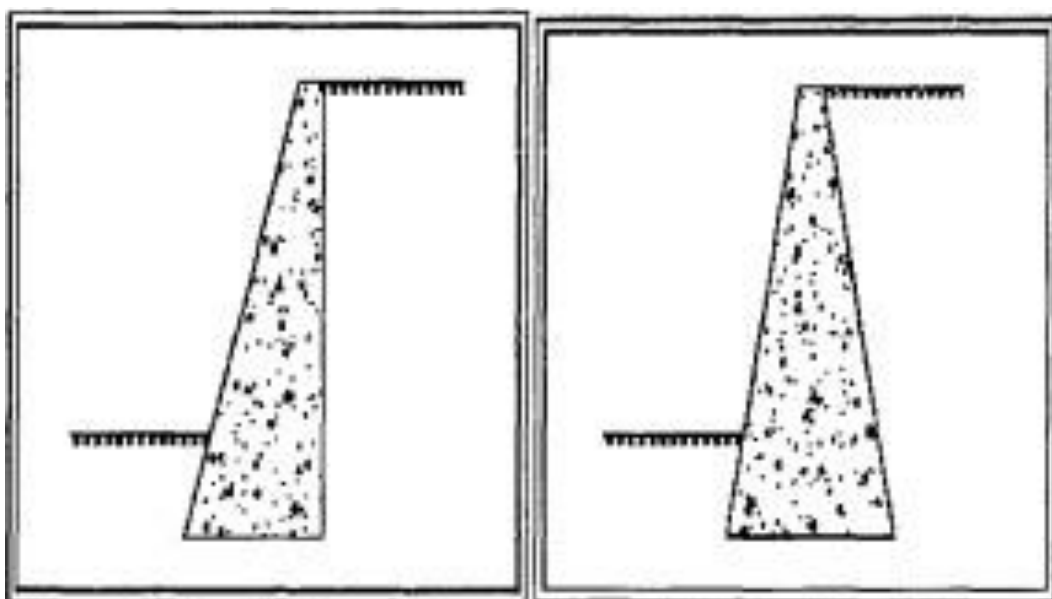
2.2.1 MURO DE GRAVEDAD (ARMADA)

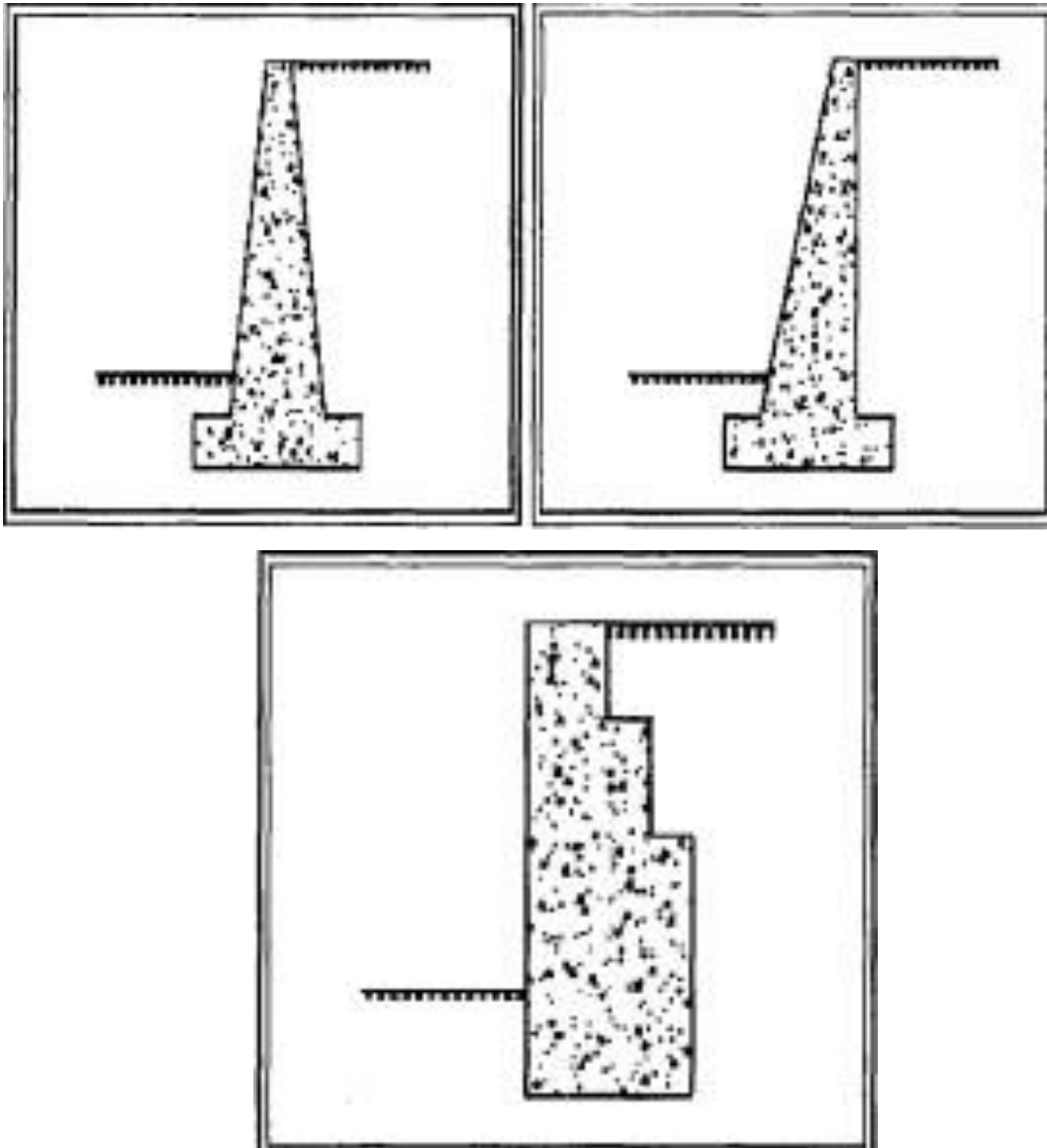
Este tipo de estructuras de contención de gravedad son convencionales que adquieren su soporte por la acción de su peso solamente. Siendo el elemento primario pasivo, los cuales por características soportan cargas laterales por la que tiende a moverse. Su elevación que se puede usar en los muros de gravedad tiene un gran índice de limitación, y en especial la cimentación se encuentra ubicada sobre suelos arcillosos; así mismo, a pesar de las limitaciones que muestra, estos muros a gravedad, y también en voladizo son utilizados con una frecuencia muy alta para prevenir los deslizamientos de las masas de tierras.

En los deslizamientos de tierra que las fuerzas que ejercen en las estructuras de contención son excesivamente grandes, esto se debe a que la superficie tiene una resistencia residual, por lo cual es totalmente complejo el estabilizar un talud con estructuras convencionales.

El análisis estructural de un muro a gravedad consiste en comprobar que todas sus secciones se encuentren sometidas a esfuerzos de compresión y de tensión menor ó a lo más iguales a los valores establecidos por los códigos de construcción.

Ilustración 1: Formas de Muro de Gravedad



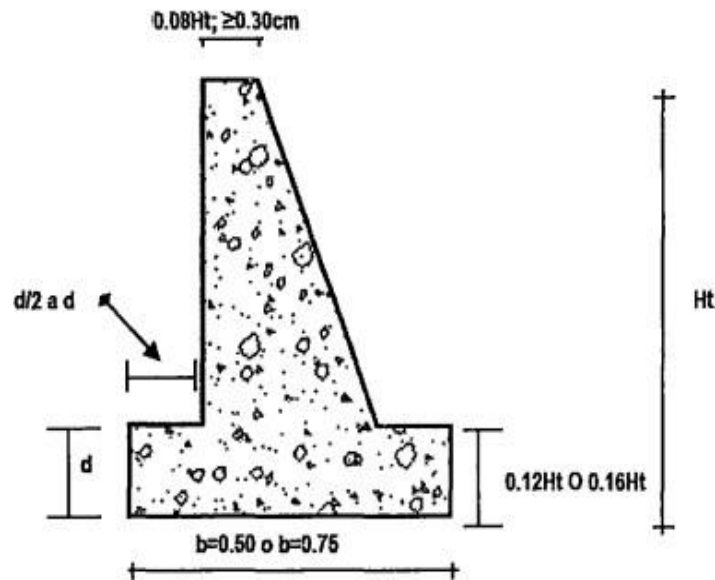


Para los muros de gravedad hay unas diferencias y existen dos tipos de estructura de gravedad en este caso muros:

Tenemos al muro rígido en esta categoría se sitúa los muros de concreto que son reforzado, también el concreto simple y el concreto ciclópeo, por otro lado, tenemos a los muros flexibles estos incluyen la las estructuras como el muro de gaviones, los muros criba, también los terraplenes y así mismos muros de tierra armada.

Las dimensiones iniciales con las cuales parte el proceso de verificación de estos muros, se indica:

Ilustración 2: Dimensiones de Muro de Gravedad



El muro de gravedad es, con mucha frecuencia, eficiente para estabilizar las superficies que son pequeñas, pero es difícil y en muchas de las ocasiones no es variable, estabilizar deslizamientos que grandes magnitudes.

Existen diferentes teorías para la obtención de presiones, en las cuales son más importantes como la son de Coulomb y Rankine.

Para las dos teorías se fijan diferentes hipótesis del problema, la cual conllevan a un cierto grado de error existente, pero ello genera valores de empuje que en el análisis entran en los márgenes de seguridad.

Teoría de Coulomb, hizo público su primera teoría racional para determinar los empujes de la tierra y mecanismos de fallas de la masa del suelo, la validez y la veracidad hasta la actualidad se mantienen, el cual su trabajo se tituló: "Ensayo sobre una aplicación de las reglas de máximos y mínimos a algunos problemas de estática, relativos a la arquitectura".

2.2.1.1. ESTABILIDAD AL VOLCAMIENTO

La componente horizontal del empuje E_{ah} , trata de movilizar al muro en esa dirección, pero encuentra oposición en la fuerza de fricción o de rozamiento que existe entre el muro y el suelo de cimentación. Esa fuerza de rozamiento (F_r) es función tanto de la magnitud de las fuerzas verticales que ejercen presión sobre

el suelo como del coeficiente de fricción entre el material del muro y el suelo de cimentación.

El empuje del suelo que actúa sobre el muro tiende a voltearlo alrededor del punto A y las fuerzas que se oponen a que ello ocurra son precisamente todas las verticales capaces de producir momentos de sentido contrario respecto al mismo punto (Momento Estabilizador)

Ilustración 3: Volcamiento por efecto del empuje del suelo

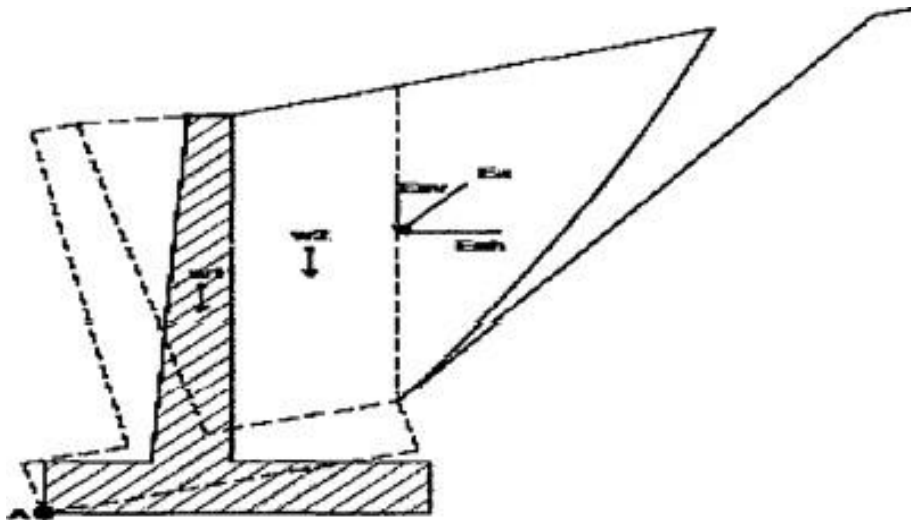


Ilustración 4: Coeficiente de Fricción

MATERIAL	f
Arena o grava gruesa sin limo	0,50 - 0,70
Materiales granulares gruesos con limo	0,45
Arena ó grava fina	0,40 - 0,60
Arcillas densas	0,30 - 0,50
Arcillas blandas ó limo	0,20 - 0,30

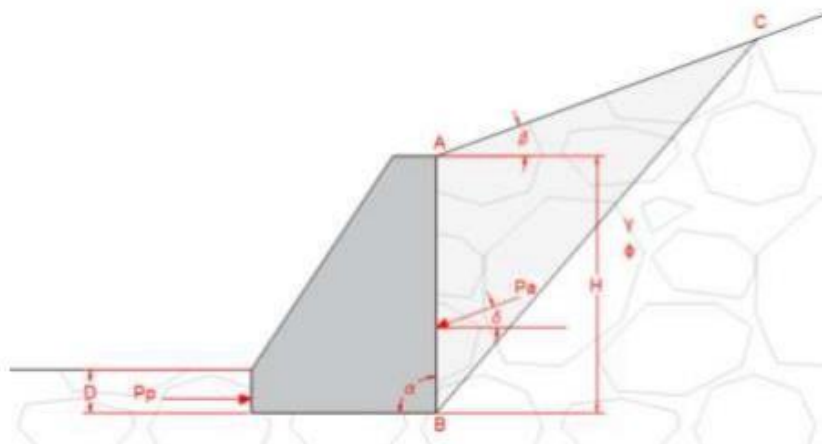
2.2.1.2. PRESIONES LATERALES

Los muros de contención comúnmente conocidos en la ingeniería (gravedad, cantiléver, gaviones, pantalla, etc.) cumplen con la necesidad de soportar masas de suelo. Para el diseño y la construcción de un muro de contención es necesario tener conocimiento sobre las presiones generadas por la interacción suelo-estructura. Estas presiones son denominadas presión activa (P_a) y presión pasiva (P_p) y existen diversos métodos para el cálculo de sus magnitudes.

2.2.1.3. MOHR-COULOMB

El cálculo de las magnitudes de las presiones laterales por el método de Mohr-Coulomb se desarrolla a partir del buzamiento (β), el ángulo formado por el plano AB y la horizontal (α), el ángulo de fricción del muro (δ) y las condiciones iniciales del suelo como su peso específico (γ) y el ángulo de fricción del suelo (ϕ).

Ilustración 5: DIAGRAMA DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE PRESIONES POR EL MÉTODO MOHR-COULOMB



FUENTE: Suarez J, 2012)

2.2.1.4. PRESIÓN ACTIVA (P_a)

La presión activa es la presión que actúa sobre el espaldar del muro y las ecuaciones que la definen, por el Método de Mohr-Coulomb, incluyen la fricción del suelo (δ) a diferencia del Método de Rankine.

Coefficiente de presión activa, K_a .

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \emptyset)}{\text{sen}^2\alpha \text{sen}(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\emptyset + \delta)\text{sen}(\emptyset - \beta)}{\text{sen}(\alpha - \delta)\text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

La fuerza total de la presión activa (P_a) está determinada por el área del diagrama de presiones.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{\text{suelo}} H^2 K_a$$

Donde H es la altura del muro (*Figura 2.1*) y el γ_{suelo} está determinado por el peso específico del suelo.

2.2.1.5. PRESIÓN PASIVA (P_p)

La presión pasiva es la presión que resiste los desplazamientos generados por la presión activa y se encuentra ubicada en la parte frontal de la estructura.

Coefficiente de presión pasiva, K_p .

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\alpha - \emptyset)}{\text{sen}^2\alpha \text{sen}(\alpha + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\emptyset + \delta)\text{sen}(\emptyset + \beta)}{\text{sen}(\alpha + \delta)\text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

La fuerza total de la presión pasiva (P_p) está determinada por el área del diagrama de presiones.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{\text{suelo}} D^2 K_p$$

2.2.1.6. PRESIÓN ACTIVA TOTAL (P_{ae})

Coefficiente dinámico de presión activa (K_{ae}).

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \eta - \theta)}{\cos\eta \cos^2\theta \cos(\delta + \theta + \eta) \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \eta - \beta)}{\cos(\delta + \theta + \eta) \cos(\beta - \theta)} \right]^2}$$

Donde

$$\eta = \tan^{-1} \left[\frac{Kh}{1 - Kv} \right]$$

θ = Ángulo de inclinación de la superficie AB (Figura 2.1) con respecto a la vertical.

La magnitud total de la presión activa en condición pseudo-estática está dada por

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \gamma_{suelo} H^2 (1 - Kv) K_{ae}$$

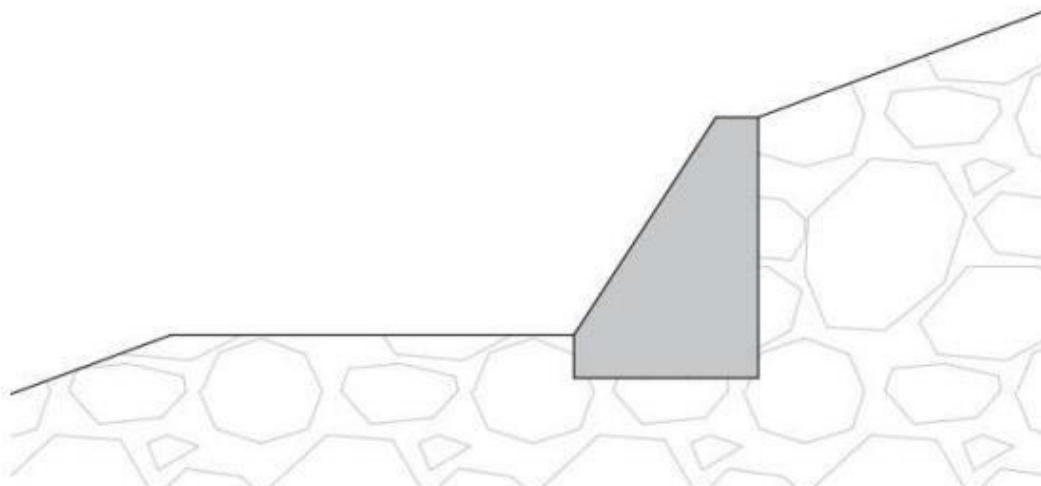
Donde:

P_{ae} es la suma de la presión activa en condición estática (P_a) y la componente dinámica de la presión activa (\bar{P}). La cual se ubica en $H/2$ sobre la superficie AB (Figura 2.1) para fines de diseño y análisis (Murthy 2002).

2.2.2 TIPOLOGÍA DE MUROS DE CONTENCIÓN

2.2.2.1 MURO DE GRAVEDAD

Ilustración 6: MURO DE GRAVEDAD



FUENTE: Suarez J, 2012)

Muros contruidos generalmente con concreto ciclópeo, los cuales dependen de su propio peso y del tipo de suelo en el que encuentran para la estabilidad. Este tipo de estructura no es económico para grandes alturas.

Es la tipología de muro más antigua, y pueden ser fabricados de concreto en masa, mampostería y fábrica. Suelen dotarse de una leve pendiente en el intradós, con el propósito de mejorar la estabilidad de la estructura. El efecto estabilizador de estos muros es logrado por su peso propio y por su resistencia a la compresión, no precisando de armaduras dada estas características. Además, pueden ser de variadas formas y son los más resistentes a los agentes destructivos.

Este tipo de muro es económico hasta una altura aproximada de 25 pies o 8m (Das, 2001).

Dentro de esta categoría también se encuentran los muros criba, los muros de gaviones y los de escollera, que suelen diseñarse como muros de gravedad.

Los muros de gaviones están formados por elementos metálicos confeccionados con redes de malla hexagonal de doble torsión, que son rellenados posteriormente con gravas. Estos muros suelen ser de altura moderada (del orden de 5 m). Las unidades de gaviones son firmemente unidas entre sí con redondos que los conectan, fijados a través de costuras con alambres de iguales características a los que forman las mallas, a modo de formar una estructura continua.

Los muros de escollera están constituidos por bloques pétreos, que son obtenidos generalmente por voladura, con formas más o menos prismáticas y superficies rugosas.

Tanto los muros de gaviones como los muros de escollera presentan la ventaja de su gran flexibilidad al ser empleados en estabilización de taludes, principalmente por su capacidad de sufrir movimientos importantes sin romperse, manteniendo íntegras sus características básicas como elemento de contención.

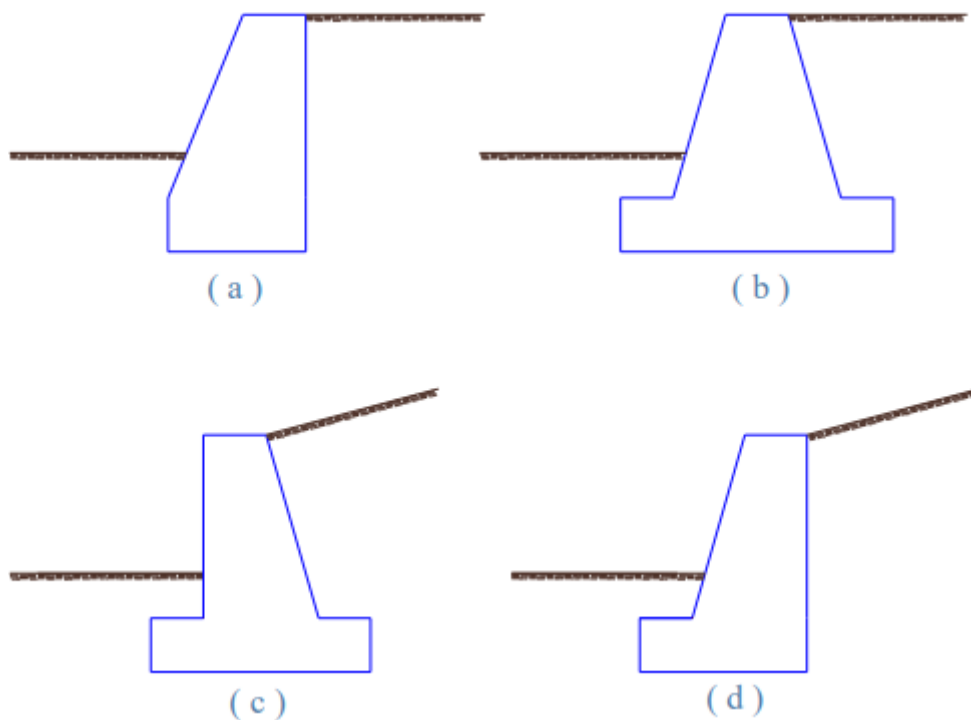
Estos muros son una variante de los denominados muros de gravedad, constituidos fundamentalmente por concreto y que van ligeramente armados,

con lo que se reduce en parte su peso al necesitarse de menos concreto para ser construidos. La reducción de la sección de concreto suele ir asociada a una reducción de su base de apoyo, y por lo tanto a un aumento de las presiones sobre el terreno. Dada sus características, estos muros suelen ser considerados también como muros aligerados.

Los muros de gravedad son aquellos muros que dependen para su estabilidad completamente de su propio peso y el del suelo que se apoye en ellos, y son económicos para alturas menores que varían de tres a cinco metros.

Estos muros, en cuanto a su sección transversal, pueden ser de diferentes formas y pueden ser construidos de piedra o de concreto, que son los materiales que pueden resistir bien esfuerzos de compresión y cortante, pero muy poco los esfuerzos de tracción, de manera que su diseño debe evitar los esfuerzos de este tipo, a continuación, se muestran algunas de las formas más comunes de muros de gravedad.

Ilustración 7: Muros de Gravedad más Comunes



Es la tipología de muro más antigua, y pueden ser fabricados de concreto en masa, mampostería y fábrica. Suelen dotarse de una leve pendiente en el

intradós, con el propósito de mejorar la estabilidad de la estructura. El efecto estabilizador de estos muros es logrado por su peso propio y por su resistencia a la compresión, no precisando de armaduras dada estas características. Además, pueden ser de variadas formas y son los más resistentes a los agentes destructivos.

Los muros a gravedad utilizan su propio peso para resistir las fuerzas laterales de tierra u otros materiales usados como rellenos.

Estos muros, suelen ser macizos y generalmente no necesitan refuerzo. Suelen ser muros muy económicos y se utilizan en alturas moderadas del orden de hasta 3,00 a 3,50 m aproximadamente.

Dadas las grandes dimensiones de la masa de concreto de estos muros, las cargas actuantes producen solo esfuerzos de pequeña magnitud, por lo cual se suele utilizar hormigón de baja calidad en su construcción ($f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$).

El análisis estructural de un muro a gravedad consiste en comprobar que todas sus secciones se encuentren sometidas a esfuerzos de compresión y de tensión menor o a lo más iguales a los valores establecidos por los códigos de construcción.

Las condiciones de tracción y compresión son, respectivamente:

$$f_t = \frac{M}{S} \leq f_t \text{ admisible}$$

$$f_c = \frac{M}{S} \leq f_c \text{ admisible}$$

Dónde:

f_t = Esfuerzo de tracción en una sección de muro.

f_c = Esfuerzo de compresión en una sección de muro.

M = Momento flector.

S = Modulo seccional = Inercia / distancia al punto en análisis.

2.2.2.2 DISEÑO MURO DE GRAVEDAD

Los muros de gavión están formados por la superposición de cajas de forma prismática, fabricado generalmente de alambre galvanizado llenadas con piedras en el sitio de la obra, forman un elemento de gran estabilidad estructural, flexible y permeable al agua.

- **Características**

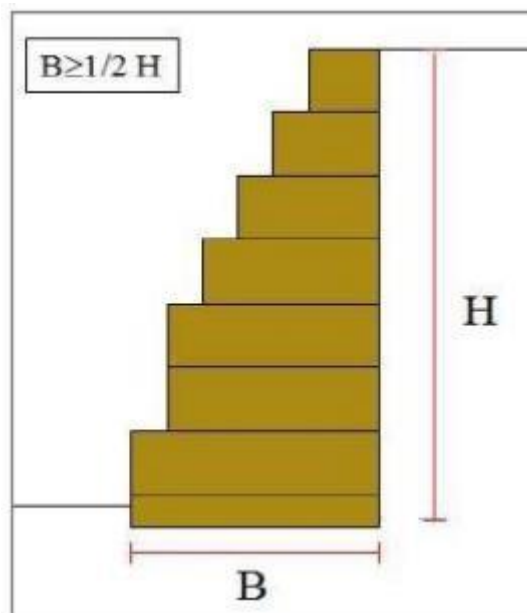
Utilizadas como estructuras de control de cauces de agua, defensas hidráulicas, obras de consolidación y defensa de carreteras, puentes, terraplenes; así como elementos de cimentación en zona de suelos blandos.

- **Pre Dimensionamiento**

El pre dimensionamiento de las estructuras de contención del tipo gavión se toman los siguientes criterios:

- La base del muro de gaviones se recomienda $B \geq 0.5 H$

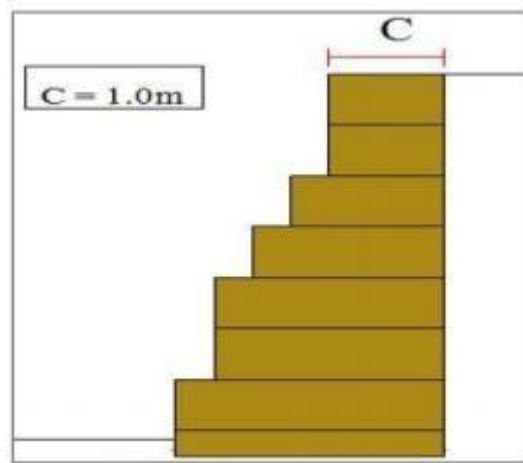
Ilustración 8: Base Muro de Gaviones



Fuente: Maccafferri, 2005

- La parte superior del muro de gaviones se recomienda que sea mínimo de 1m de ancho.

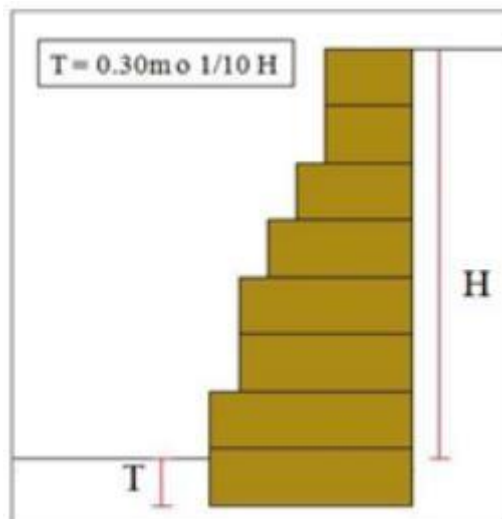
Ilustración 9: CORONA DE MURO GAVIONES



Fuente: Maccafferri, 2005

- El empotramiento de la estructura de contención debe ser mínimo 0.30 m o $H/10$ con la finalidad de aumentar su resistencia al deslizamiento y para promover la retirada de la camada superficial de suelo orgánico, no recomendada como suelo de fundación (Maccafferri, 2005).

Ilustración 10: EMPROTRAMIENTO DE MURO GAVIONES



Fuente: Maccafferri, 2005

- **Criterios de Cálculo**

Es importante la determinación de esfuerzos (empujes) a los que se somete la estructura para evaluar su estabilidad y definir la configuración geométrica, considerar lo siguiente:

- Empujes de las tierras ubicadas fuera de la estructura.
- Eventuales sobrecargas existentes en la superficie del relleno de la estructura.
- Efectos del proceso de compactación en los empujes de tras la estructura.
- Acciones de carácter temporal, como puede ser la acción de un sismo.

- **Empuje Activo por unidad de longitud (E_a)**

Se obtiene en el cálculo el estado límite activo del terreno, por el método de Coulomb, basado al estudio del equilibrio de una cuña de suelo indeformable sobre la que se actúa el peso propio, la fuerza de rozamiento y eventualmente la cohesión.

2.2.2.3 MURO GAVIONES

Los gaviones son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca. Los muros en gaviones son estructuras de gravedad y su diseño sigue la práctica estándar de la ingeniería civil. Debe tenerse en cuenta, de manera muy especial, el amarre entre unidades de gaviones para evitar el movimiento de unidades aisladas y poder garantizar un muro monolítico. Por su flexibilidad el muro de gaviones puede deformarse fácilmente al ser sometido a presiones, diferenciándose un poco su comportamiento de los muros convencionales. El muro puede flectarse sin necesidad de que ocurra su volcamiento o deslizamiento, y es común encontrar deflexiones hasta el 20% de la altura. Algunas de las ventajas de un muro en gaviones son las siguiente:

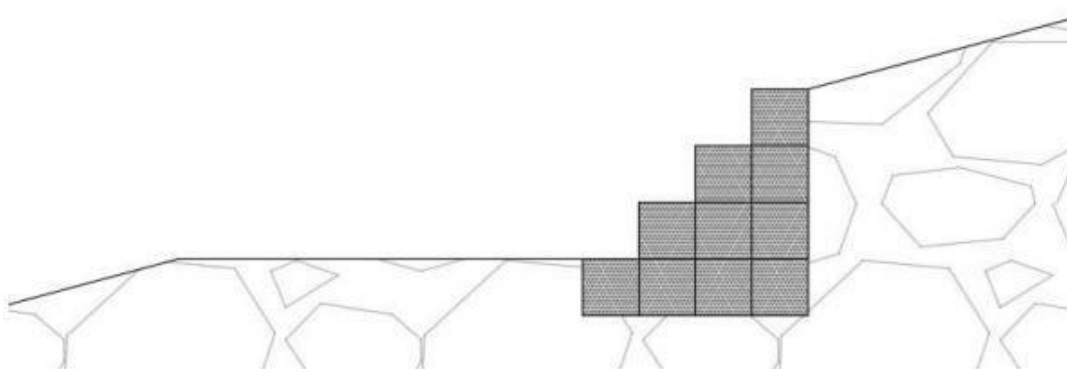
- Simple de construir, mantener y utiliza los cantos y rocas disponibles en el sitio.
- Se puede construir sobre fundaciones débiles.
- Su estructura es flexible, puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler o reparar. Se pueden

emplear tres tipos de mallas diferentes, hexagonales o de triple torsión, electrosoldada y eslabonada simple. Existe una gran cantidad de tamaños de malla disponible para formar las cajas. Generalmente, se utilizan cajas de 2m x 1m x 1m. La forma básica es trapezoidal.

Ventajas: fácil alivio de presiones de agua. Soportan movimientos sin pérdida de eficiencia. Es de construcción sencilla y económica.

Desventajas: Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios. Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad.

Ilustración 11: MURO GAVIONES



Un gavión consiste en una caja de metal o malla de plástico que se llena in situ con material granular grueso proveniente de roca, adoquines triturados o similares. Estos gaviones se ordenan de acuerdo al diseño y conforman el muro de gaviones. Los muros de gaviones funcionan como un muro de gravedad.

Un gavión consiste básicamente en una caja o cesta de forma prismática rectangular, de alambre galvanizado de triple torsión y relleno con material rocoso de dimensiones de 80 a 200 mm, más conocido como piedra cajón. Como las operaciones de armado y relleno de piedras no requieren ninguna pericia, utilizando gaviones se pueden ejecutar obras que de otro modo requerirían mucho más tiempo y operarios especializados. Las ventajas que tiene esta estructura son las siguientes:

- Presentan una amplia adaptabilidad a diversas condiciones, ya que son fáciles de construir aun en zonas inundadas.
- Funcionan como presas filtrantes que permiten el flujo normal de agua y la retención de azolves.
- Debido a que los cajones de gaviones forman una sola estructura tienen mayor resistencia al volteo y al deslizamiento.
- Controlan eficientemente la erosión en cárcavas de diferentes tamaños.
- Tienen costos relativamente bajos, en comparación con muros de mampostería.
- Tienen una alta eficiencia de durabilidad.

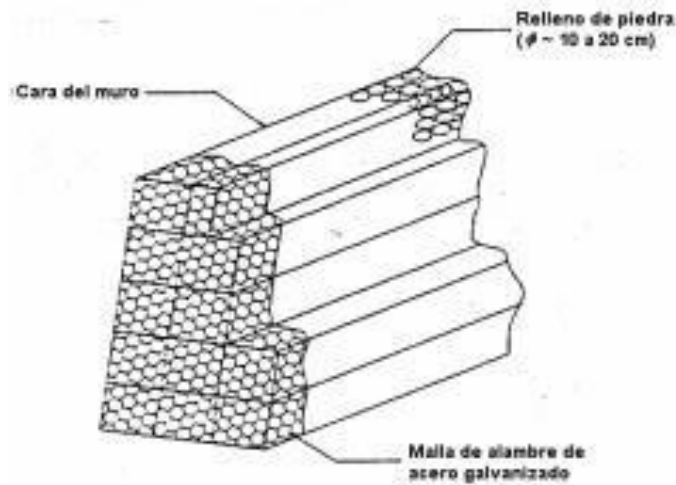
El uso de la ingeniería civil más común de los gaviones es estabilizar las costas, las orillas de los arroyos o laderas contra la erosión que es el desgaste de una superficie producida por una fricción o roce. Los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos.

Los gaviones deben comportarse como estructuras flexibles para soportar grandes deformaciones sin perder su capacidad estructural o sus funciones de revestimiento. Los factores que influyen en la flexibilidad de estas estructuras son:

- Geometría y dimensiones de la malla.
- Propiedades mecánicas del alambre.
- Tamaño y forma de las piedras de relleno.
- Número de tirantes y diafragmas.
- Dimensiones del gavión.

Según (García López, manual de estabilización de taludes de 1996), los muros en gaviones son efectivos en situaciones donde es importante el control de erosión, y deben considerarse como parte de los diseños de bermas y taludes tendidos adyacentes a ríos y corrientes. Los principales componentes de un muro de gaviones se muestran en la siguiente Figura:

Ilustración 12: COMPONENTES DEL GAVIÓN



FUENTE: García López, 1996)

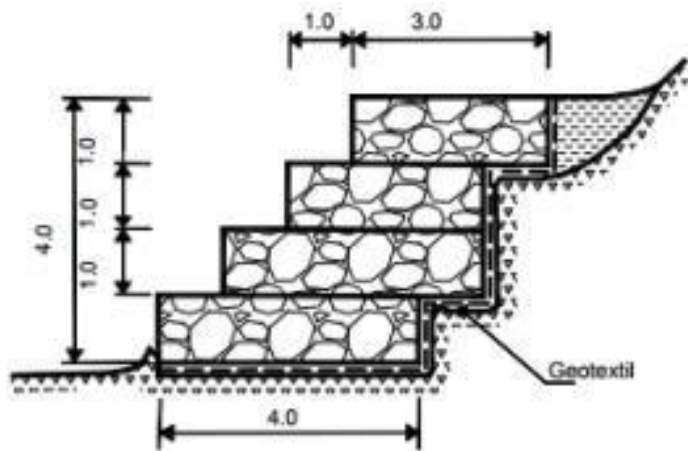
De acuerdo con la Sociedad Peruana de Geotecnia (2000), los tipos de gaviones más empleados en Perú son los siguientes:

TIPO	LONGITUD [m]	ANCHO [m]	ALTURA [m]
Gaviones de base	2.0	1.0	0.5
Gaviones de cuerpo	2.0	1.0	1.0
Colchonetas	4.0	2.0	0.15 a 0.30

El gavión consiste en un recipiente, por lo general en forma de paralelepípedo, de malla de alambre galvanizado y lleno de cantos de roca.

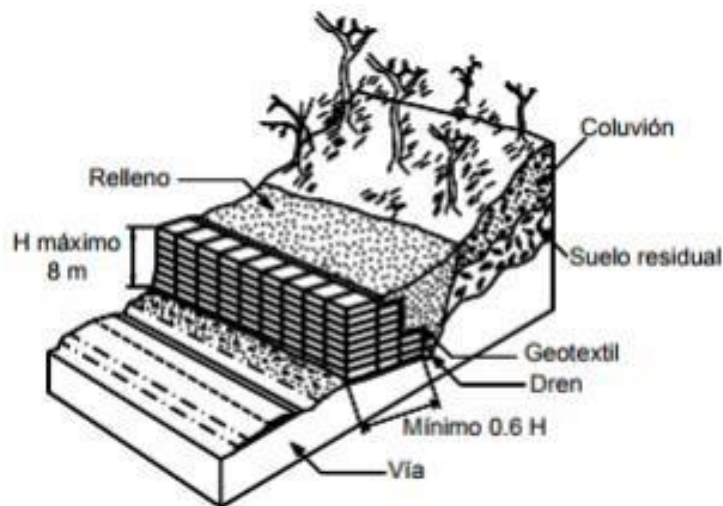
En varios países de Latinoamérica se producen alambres dulces, galvanizados, y se fabrican gaviones de excelente calidad; sin embargo, existen en el mercado mallas utilizadas para gaviones, de fabricación deficiente o con alambres de mala calidad.

Ilustración 13: MURO EN GAVIÓN



Fuente: Jaime Suarez 2009

Ilustración 14: Esquema de Gavión



Fuente: Jaime Suarez 2009

Materiales

A continuación, se enuncian las principales características de los elementos que conforman los gaviones (Alambre, mallas y material de relleno), de acuerdo con lo sugerido por la SCG (2000).

Alambre

Acero dulce recocido, galvanizado en caliente con zinc puro y exento de escamas, grietas, corrosión u otros defectos. Debido a que el zinc es resistente

a la corrosión ante aguas con pH entre 6 y 12.5, en aquellos casos en los que las obras estén en contacto con aguas negras o aguas ácidas, puede contemplarse un revestimiento adicional de asfalto o P.V.C. De igual forma, pueden considerarse recubrimientos en concreto en aquellas zonas del gavión expuestas a aguas negras u otro agente contaminante, y particularmente cuando se requiere protección contra la abrasión producida por corrientes de agua.

Los alambres utilizados en el cosido de los gaviones, los tirantes inferiores y las uniones entre unidades, deben ser del mismo diámetro y calidad que el alambre de la malla. El alambre utilizado en las aristas o bordes del gavión debe tener un diámetro mayor, se recomienda que éste sea un calibre inmediatamente superior al del alambre empleado para la malla.

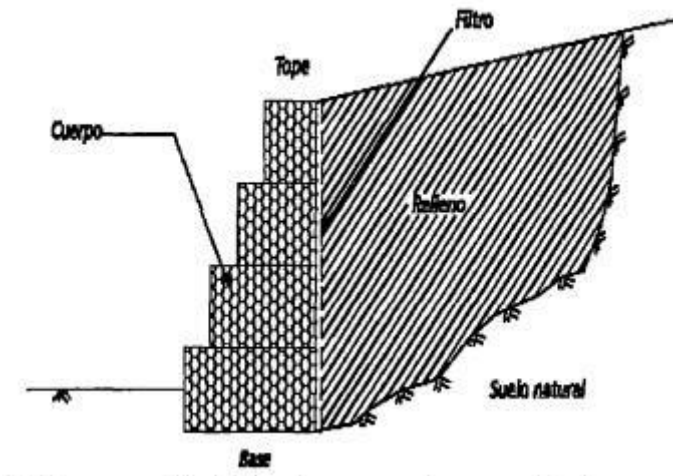
Mallas

Para la construcción de las canastas de gaviones se emplean los siguientes tipos de malla:

- Malla hexagonal de triple torsión.
- Malla hexagonal de doble torsión.
- Malla de eslabonado simple.
- Malla electro soldada.

Se recomienda el uso de mallas hexagonales de triple torsión debido a que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin producirse rotura. Asimismo, no se abre completamente la malla en el caso de roturas en alambres individuales, tal como sucede en las mallas eslabonadas, además de no presentar los inconvenientes de las zonas de soldadura en las mallas electrosoldadas.

Ilustración 15: Representación básica de un muro de gravedad del tipo gavión



Fuente: Maccafferi 2007

Es un contenedor hecho en malla de alambres, en forma de paralelepípedo, uniformemente dividido, de tamaño variable, interconectado con otros contenedores similares y rellenos con piedras o rocas in situ. Después de retirado del fardo, cada elemento debe ser completamente desdoblado y montado en obra, asumiendo la forma de un paralelepípedo

Se debe contar principalmente con el amarre entre las unidades de gaviones para poder evitar el mismo movimiento de dichas unidades aisladas y tener garantía de un muro monolítico. Por la flexibilidad de la estructura del muro de gaviones que como sabemos puede deformarse fácilmente ya que este es sometido a presiones, teniendo diferentes comportamientos diferentes a los que son convencionales.

La estructura puede flectarse sin necesidad de que ocurra una volcadura o un deslizamiento, y es muy normal encontrarse con deflexiones hasta un rango de 20% de altura.

Material de Relleno

La dimensión de cada fragmento de roca debe estar entre 0.1 y 0.3 m, se recomienda evitar la utilización de fragmentos de lutita, arcillolita o pizarra, a menos que éstos cumplan con los siguientes requisitos de durabilidad y resistencia:

El relleno debe efectuarse de manera que los fragmentos más pequeños queden en la parte central del gavión, y los fragmentos más grandes queden dispuestos en contacto con la canasta. Para reducir la deformación del gavión, deben colocarse tirantes horizontales en los tercios medios de la altura en los gaviones de cuerpo y en la mitad de los gaviones de base; estos tirantes deben estar espaciados cada 0.5 m en sentido horizontal procurando alternar la posición de las hiladas.

En los gaviones de base, se deben colocar tirantes verticales que unan la tapa con la base. Adicionalmente, pueden colocarse tirantes diagonales en las esquinas de los gaviones que ocupan los extremos de cada hilera.

Funciones

- Oponerse al movimiento de la masa fallada al inmovilizar la pata del deslizamiento.
- Como muros de contención de tierras y rellenos.
- Proteger las orillas o el lecho de los ríos ante la socavación.

Aplicaciones

- Como medida correctiva en deslizamientos rotacionales en suelos y materiales residuales.
- Como elementos de corrección de deslizamientos trasnacionales ocasionados por pérdida de soporte de la ladera y por los incrementos de esfuerzos o presión de poros.
- Como medida preventiva en caídas de rocas y suelos. (Invias, 2017)

Ilustración 16: Gavión Trabajado



Fuente: Fotografía de trabajos ejecutados

2.2.2.4 CARACTERISTICAS GENERALES

Son elementos modulares con formas variadas, confeccionados a partir de redes metálicas en malla hexagonal de doble torsión que, llenados con piedras de granulometría adecuada y cosidos juntos, forman estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y control de erosión.

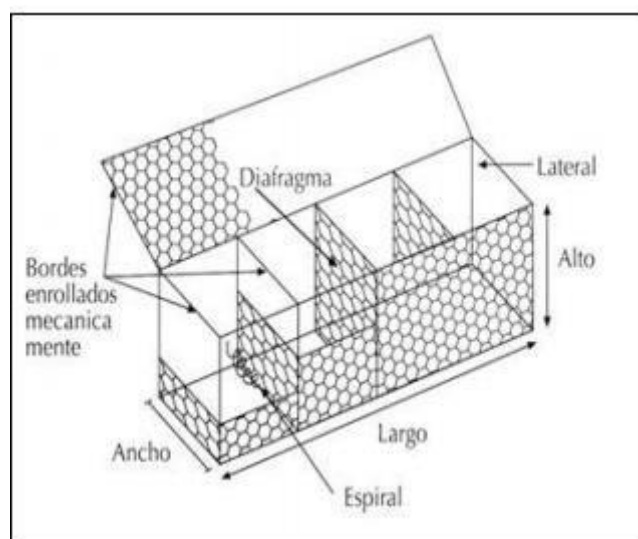
El montaje y el llenado de estos elementos pueden ser realizados manualmente o con equipos mecánicos comunes. Para las estructuras de contención a gravedad pueden ser utilizados los siguientes tipos:

2.2.2.5 GAVIONES TIPO CAJA

Son estructuras flexibles adecuadas para la construcción de obras, el gavión tipo caja es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, producida a partir de un único paño de malla hexagonal de doble torsión, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y trasera.

A este paño base son unidos, durante la fabricación, paneles que formarán las dos paredes de las extremidades y los diafragmas.

Ilustración 17: Elementos Constituyentes de los Gaviones Tipo Caja



El gavión debe ser llenado con material pétreo con diámetro medio, nunca inferior a la menor dimensión de la malla hexagonal.

La red, en malla hexagonal de doble torsión, es producida con alambres de acero con bajo contenido de carbono, revestidos con una aleación de zinc, aluminio (5%) y tierras raras, que confiere protección contra la corrosión.

Cuando está en contacto con agua, es aconsejable que sea utilizada la malla producida con alambres con revestimiento adicional de material plástico, que ofrece una protección definitiva contra la corrosión.

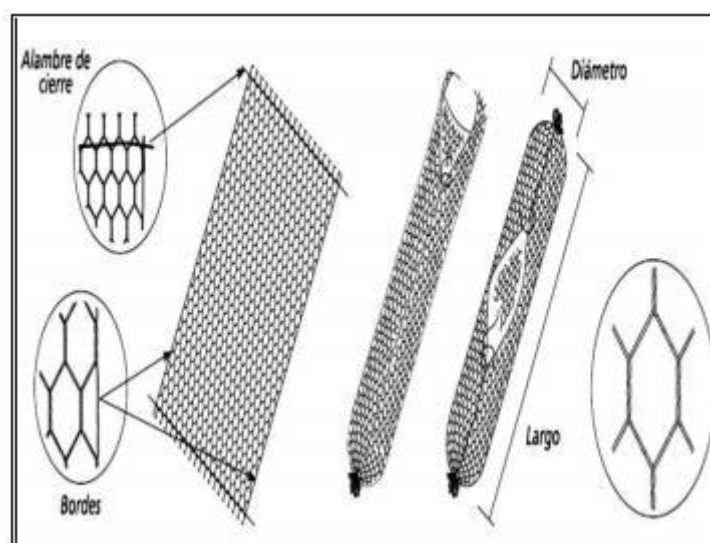
Ilustración 18: DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LOS GAVIONES TIPO CAJA

Gaviones Caja con Diagrama				
Dimensiones Estándar			Volumen (m³)	Diafragmas
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
1,50	1,00	0,50	0,75	-
2,00	1,00	0,50	1,00	1
3,00	1,00	0,50	1,50	2
4,00	1,00	0,50	2,00	3
1,50	1,00	1,00	1,50	-
2,00	1,00	1,00	2,00	1
3,00	1,00	1,00	3,00	2
4,00	1,00	1,00	4,00	3

2.2.2.6 GAVIONES TIPO SACO

Los gaviones tipo saco son estructuras metálicas, con forma de cilindro, constituidos por un único paño de malla hexagonal de doble torsión que, en sus bordes libres, presenta un alambre especial que pasa alternadamente por las mallas para permitir el montaje del elemento en obra.

Ilustración 19: ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LOS GAVIONES TIPO SACO



Es un tipo de gavión extremadamente versátil debido a su formato cilíndrico y método constructivo, permitiendo que las operaciones de montaje y llenado sean

realizadas en obra para su posterior instalación con el auxilio de equipos mecánicos.

Generalmente es empleado como apoyo para estructuras de contención, en presencia de agua o sobre suelos de baja capacidad de soporte, debido a su extrema facilidad de colocación.

Estas características hacen del gavión tipo saco una herramienta fundamental en obras de emergencia.

Después de prepararlo es llenado con rapidez, cerca del lugar de utilización. Su llenado se realiza por el extremo (tipo saco) o por el costado (tipo bolsa).

Después de concluidas estas etapas, los gaviones tipo saco pueden ser almacenados para su posterior utilización o pueden ser inmediatamente colocados en el lugar de la obra con el auxilio de una grúa. La red, en malla hexagonal de doble torsión, es producida con alambres de acero con bajo contenido de carbono, revestidos con una aleación de zinc, aluminio (5%) y tierras raras que confiere protección contra la corrosión.

Como estos elementos trabajan en contacto constante con agua y en ambientes normalmente agresivos, se utiliza, para la fabricación de los gaviones tipo saco, la malla producida con alambres con revestimiento adicional de material plástico, que ofrece una protección definitiva contra la corrosión.

Ilustración 20: DETALLE CONSTRUCTIVO CON GAVIONES TIPO SACO



Ilustración 21: DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LOS GAVIONES TIPO SACO

Gaviones Tipo Saco		
Dimensiones Estándar		Volumen
Largo (m)	Diámetro (m)	(m ³)
2,00	0,65	0,65
3,00	0,65	1,00
4,00	0,65	1,30
5,00	0,65	1,65
6,00	0,65	2,00

2.2.3 GENERALIDADES DE MURO DE CONTENCIÓN

Los muros de contención son estructuras que proporcionan soporte lateral a una masa de suelo y deben su estabilidad principalmente a su propio peso y al peso del suelo que esté situado directamente arriba de su base.

El carácter fundamental de los muros es el de servir de elemento de contención de un terreno, que en unas ocasiones es un terreno natural y en otras un relleno artificial, frecuentemente en la construcción de edificios o puentes es necesario contener la tierra en una posición muy próxima a la vertical; siempre que se requieran rellenos y terraplenes hay necesidad de proyectar muros de contención, así como en los edificios con sótanos la construcción de muros de contención se hace indispensable.

Los muros de contención son estructuras continuas, permanentes y relativamente rígidas, que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno. Los muros de contención constituyen partes propias de muchas cimentaciones y su proyecto es una de las funciones del ingeniero especialista en cimentaciones.

La construcción de muros es una práctica muy antigua, que se inició debido a las múltiples necesidades del hombre, para obtener mayor seguridad en los lugares donde habitaba. Antes de 1900, los muros se construían de mampostería

de piedra. Desde esa época, el concreto con o sin refuerzo, ha sido el material dominante.

Los muros de contención son elementos estructurales que deben proporcionar una adecuada seguridad para soportar todas las fuerzas y presiones que se ejercen sobre él.

Existen diversas teorías para la determinación de estas presiones, entre las que destacan las debidas a Coulomb y Rankine. En ambas teorías se establecen diversas hipótesis simplificativas del problema, que conducen a cierto grado de error, pero producen valores de empuje que entran dentro de los márgenes de seguridad.

En el estado actual de conocimientos se pueden calcular los empujes del terreno con razonable precisión en el caso de suelo granulares. Para otros tipos de suelo la precisión es poco satisfactoria.

Consideraremos a la cohesión de las tierras que es una de las características de los terrenos arcillosos y que está en función de las condiciones de estabilización en las arcillas, y de la cantidad de agua que contienen. Esta característica no es constante, por lo que es mejor no tomarla en cuenta, y calcular el muro en función de las características constantes del suelo o relleno como son su densidad y el ángulo de talud natural.

Los empujes o presiones pasivas (PP), ocurren en la parte delantera de los muros y en los dientes; en el cálculo es preferible no tomarlos en cuenta debido a que es posible que el relleno de la parte delantera del muro sufra una erosión, o que ocurran fuerzas de corte que eliminen la presión pasiva. Al no tomarlos en cuenta se está por el lado de la seguridad.

La calidad del alambre y de la malla son factores determinantes para el buen funcionamiento de las obras en gaviones.

Estas estructuras son de extremada resistencia, ya que al no permitir la acumulación de presiones hidrostáticas alivian las importantes tensiones que se acumulan en los muros de tipo tradicional, debido a esta característica pueden

tener su base incluso bajo el nivel freático siempre que este sea de carácter portante.

Asimismo, debido a su gran flexibilidad soportan movimientos y asentamientos diferenciales sin pérdida de eficiencia.

Además, este tipo de estructuras se integran con gran facilidad dentro del paisaje ya que permite el desarrollo de la vegetación, reduciendo así en gran medida el impacto medioambiental en los mismos y aumentando de forma importante la vida útil del gavión.

2.2.3.1 PESO PROPIO

Como su nombre lo indica el peso propio es el peso del material con que es construido el muro y el peso del suelo o relleno que actúa sobre él.

Los pesos aproximados de los diferentes macizos son:

Hormigón en masa 2.2 Tn/m³

Hormigón armado 2.4 Tn/m³

Para el cálculo por métodos empíricos se tomará en cuenta el tipo de material de relleno. Según Terzaghi indicamos los siguientes pesos específicos de acuerdo al tipo de suelo de relleno.

Tabla 1: PESO ESPECIFICOS

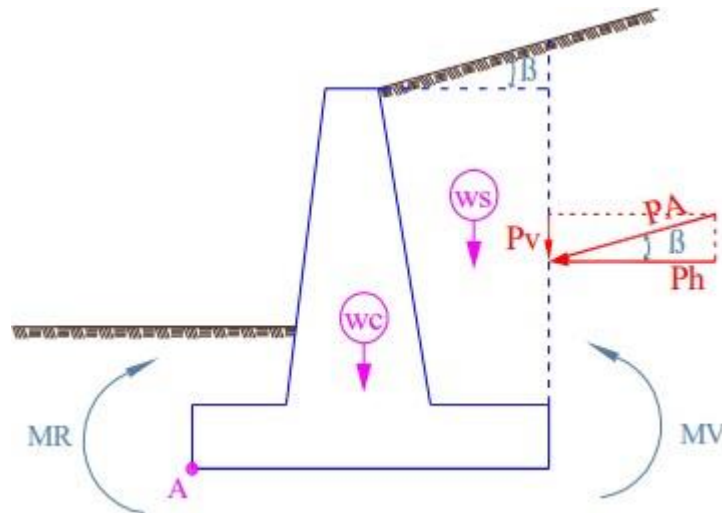
Tipo de suelo		Peso específico γ (Tn/m ³)
I	Granular grueso sin finos	1.73
II	Granular grueso con finos	1.77
III	Residual con cantos, bloques, piedra, grava, arena fina y limos arcillosos en cantidad apreciable	1.77
IV	Arcillas plásticas blandas, limos orgánicos o arcillas.	1.70
V	Fragmentos de arcilla dura o medianamente dura, protegidas del agua	1.70

El peso se aplicará en el centro de gravedad del macizo y junto con la componente vertical del empuje tenderá a la estabilización del muro.

2.2.3.2 SEGURIDAD DE VOLCAMIENTO

Todo muro debido al empuje activo tiende a volcar por la arista de la base del dedo alrededor del punto (A).

Ilustración 22: SEGURIDAD DE VOLCAMIENTO



Este volteo es producido por la componente horizontal de la Presión Activa ($Ph = Pa \cdot \cos \beta$) que ocasiona un momento de volteo (MV) tal como se indica. No se han considerado aquí los empujes pasivos, puesto que, aunque existan tienden a dar seguridad al muro como ya se indicó, por ser de acción opuesta a la Presión Activa. El peso propio del muro WC, el peso del suelo sobre el muro WS, así como la componente vertical de la Presión Activa ($Pv = Pa \cdot \sin \beta$) tienden a equilibrar el efecto del momento de volteo produciendo un momento estabilizador o resistente (MR).

En la práctica se dice que el muro es seguro al volteo, cuando los momentos estabilizadores tomados respecto al punto (A) divididos por el momento de volteo da como resultado un valor mayor a 1.5 en suelos granulares, y 2.0 para suelos cohesivos.

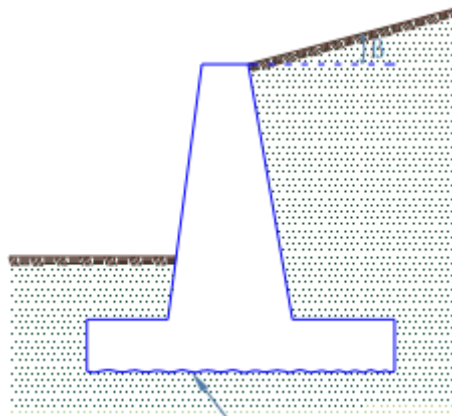
$$FSV = MR / MV \geq 1.5 \text{ Suelos granulares} \\ \geq 2.0 \text{ Suelos cohesivos}$$

La seguridad al volteo tiene que estar comprendida entre estos valores, cuando resulte menor hay que tomar medidas contra ello, pudiéndose hacer un muro más grueso y por lo tanto de más peso o cambiando la forma del muro ya sea colocando un talón o un dedo en el muro en caso de no tenerlos para que el peso total del muro se desplace hacia su cara interior, con lo que se logrará un aumento del momento resistente.

2.2.3.3 SEGURIDAD DE DESLIZAMIENTO

Como ya se ha indicado el muro tiende a deslizarse por el efecto producido por la componente horizontal de la Presión Activa ($P_h = P_a \cdot \cos \beta$). Lo que hace que el muro no se deslice es la fuerza de rozamiento (f_r) que se produce entre el muro y el suelo de cimentación, de ahí que convenga que la superficie de sustentación del muro sea lo más rugosa posible para lograr mayor adherencia.

Ilustración 23: Superficie para lograr Mayor Adherencia



Para calcular el factor de seguridad al deslizamiento necesitamos conocer el valor del coeficiente de fricción (μ). El verdadero factor o coeficiente de fricción (μ) que debería emplearse para obtener la fuerza que se opone al deslizamiento es la resistencia del suelo al esfuerzo secante. En la práctica, el coeficiente empleado es el de fricción entre el suelo y el concreto para el caso de suelos granulares gruesos, y la resistencia al esfuerzo secante o cohesión para el caso de materiales con cohesión.

En ausencia de datos experimentales se recomienda los valores de la tabla para los coeficientes de fricción (μ) de deslizamiento para el concreto.

Tabla 2: Coeficiente de Rozamiento

Tipo de Suelo	Coeficiente μ
Suelos granulares sin limo	0.55
Suelos granulares con limo	0.45
Limos	0.35
Roca sana con superficie rugosa	0.65

Los valores verdaderos del ángulo de fricción interna sólo pueden obtenerse por medio de ensayos con el material. En ausencia de datos de laboratorio, el ángulo puede tomarse aproximadamente como se indica en la tabla.

Tabla 3: Ángulos de Fricción Interna (ϕ)

Tipo de Suelo	(ϕ)
Arena seca suelta, con granos redondos, gradación uniforme	28.5°
Arena seca densa, con granos redondos, gradación uniforme	35°
Arena seca suelta, con granos angulosos, bien gradada	34°
Arena seca densa, con granos angulosos, bien gradada	46°
Limo seco y suelto	27° a 30°
Limo seco y denso	30° a 35°

Una vez obtenido el coeficiente de rozamiento (μ) podemos determinar la fuerza de rozamiento entre el muro y el suelo, y calcular el Factor de Seguridad al Deslizamiento (FSD), que es igual al cociente entre la división de la fuerza de rozamiento (f_r) y la componente horizontal de la Presión Activa ($Ph = Pa \cdot \cos \beta$).

2.2.3.4 FACTOR DE SEGURIDAD

Definida como la división entre condiciones reales que presenta un talud y las condiciones que podrían generar falla (Mendoza, 2016, p.20).

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad \text{Definida por la siguiente ecuación:}$$

También es definido como el cociente de la cohesión del terreno o el ángulo de rozamiento de talud actual y cohesión o ángulo de fricción de talud requerido para mantener estable el talud.

De acuerdo a Suarez se establece diferentes métodos para el cálculo del factor de seguridad:

Tabla 4: Factor de Seguridad para Análisis Estático

FACTOR DE SEGURIDAD FS	Mínimo especificado por la AASHTO
Deslizamiento	1.5
Volteo	1.5 - 2.0
Capacidad de carga	2.5
Estabilidad Global	1.3
Estabilidad Interna	1.5
Excentricidad L/6	

Fuente: Avilés P. 2014

Tabla 5: Factor de Seguridad para Análisis

FACTOR DE SEGURIDAD FS	Mínimo especificado por la AASHTO
Deslizamiento	1.125 - 1.13
Volteo	1.2
Estabilidad Global	1.1
Estabilidad Interna	1.125

Fuente: Avilés P. 2014

2.2.3.5 USO DE LOS MUROS GAVIONES

Los principales usos que pueden dárseles a los muros hechos con gaviones son los siguientes:

2.2.3.5.1. Muros de contención:

Son diseñados para mantener una diferencia en los niveles del suelo en sus dos lados, de tal forma que constituyan un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos. Usualmente se utiliza en carreteras, caminos forestales, líneas férreas, zonas urbanas y obras de todo tipo que precisen contención de tierras junto con una adecuada integración en el entamo.

2.2.3.5.2. Conservación de suelos:

La erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden, ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento o sedimentación de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja.

2.2.3.5.3. Encauzamiento y Control de ríos:

Protección y defensa de márgenes, incluida su integración medioambiental. En los ríos, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes del río, además el gavión controla crecientes protegiendo valles, áreas de cultivo y poblaciones contra inundaciones.

Los muros de contención con gaviones ofrecen las siguientes ventajas sobre las tradicionales estructuras de contención:

- Resistencia estructural confirmada. El conjunto de gaviones forma una estructura estable a todos los esfuerzos de tracción, compresión y torsión.
- Diseño económico debido a la naturaleza económica de las piezas.
- Su instalación y confección resultan económicas, ya que la mano de obra puede ser no especializada, lo que influye en el costo de la mano de obra. Por no exigir mano de obra especializada, son extremadamente ventajosas en lugares con pocos recursos, pudiendo también ser

construidas bajo el régimen comunitario, trayendo, en ambos casos, beneficios sociales a la comunidad local.

- No precisan cimentación para la transmisión de las cargas al terreno.
- Su diseño estructural resulta fácil.
- Trabajan por gravedad.
- Su montaje se realiza con mucha rapidez.
- Son estructuras durables y ecológicas. Los gaviones colocados en obra tienen un periodo de más de 20 años de vida, tiempo en que los arrastres depositados en los intersticios de las piedras y la sedimentación de los mismos originan la formación de un bloque compacto y sólido.
- Poseen una alta flexibilidad y adaptación, acomodándose paulatinamente al terreno de fundación, a medida que va soportando su peso propio.
- Tienen una capacidad altísima de permeabilidad. Son estructuras drenantes que desalojan el agua que pueden contener las obras que protegen, eliminando de esta manera una de las principales causas de la inestabilidad de las obras. El gavión relleno no contiene aglutinantes ni cementantes, por lo que quedan huecos o intersticios. Disipa la energía del agua, disminuye los empujes hidrostáticos. Permite tener saneados los terrenos aledaños a las estructuras.
- Puede incluir técnicas de bioingeniería de suelo para promover el crecimiento de la vegetación y ser más estético.
- Fácil de acoplar a condiciones de campo especiales

2.2.3.5.4. Pruebas de Resistencia

Las pruebas que se han realizado a los productos de malla a doble y triple torsión comprueban que los esfuerzos se transfieren en dos dimensiones. Este fenómeno existe aun cuando la malla dentro de la estructura sea cortada. La malla a doble y triple torsión puede por lo tanto deformarse, transferir esfuerzos, dar alta fuerza de unión y aceptar cargas puntuales sin romperse, deshilarse o

fallar. Cuando la estructuración gaviones será usada en una aplicación demandante, un río, bajo grandes cargas o donde un diseño de larga vida útil es requerido, la malla galvanizada puede tener un recubrimiento adicional de PVC.

Según el manual de la compañía Maccafferi (2007), "el alambre es recubierto antes de ser tejido en la malla para generar una conexión totalmente protegida. Si se recubre la malla con PVC después de ser tejida, puede ser difícil mantener la integridad del recubrimiento si la estructura se contrae por asentamientos o por su función misma en el lugar de la obra. El producto con recubrimiento de PVC dura aproximadamente de 2 a 3 veces más que el recubrimiento galvanizado".

2.2.3.5.5. Resistencia de la unión

Actualmente, se usa un alambre de cocido más grueso para unir el perímetro de los paneles de malla a doble y triple torsión. Las piezas completas van unidas unas a otras a través del mismo alambre, las cargas son transferidas entre gaviones adyacentes a través de este.

Si la conexión es más débil que el alambre, se debe considerar lo siguiente:

La resistencia entre unidades puede que no sea continua. Si durante la construcción se presentan asentamientos diferenciales, la malla tendría que soportar la transferencia de carga, lo cual resultaría perjudicial en su conjunto.

2.2.3.5.6. Asentamientos Diferenciales

Los asentamientos diferenciales prevalecen en proyectos constructivos, particularmente donde hay presencia de agua. Los asentamientos diferenciales producen que una parte de la estructura se asiente mientras que lo restante permanece estático. Las cargas son inducidas en la malla del gavión mientras estas deflexionan para ajustarse a las condiciones cambiantes del suelo. Estos esfuerzos requieren ser transferidos a toda la estructura de gavión para que no estén concentrarlas en las uniones, particularmente en las juntas entre alambres; es fundamental que exista una buena resistencia en las uniones de la malla y entre piezas.

Los gaviones de malla a doble y triple torsión ajustan más fácil a los asentamientos diferenciales que los electrosoldados. Los gaviones tejidos no se romperán y deshilarán bajo cargas como aquellas concentradas en las juntas entre alambres.

Una estructura de gavión es exitosa cuando se forma una masa continua, porque de existir debilidad en una parte del sistema puede comprometer a la solución completa.

2.2.3.5.7. Piezas Pre Ensambladas

Los gaviones producidos de acuerdo con las normas ASTM tienen que ser preensamblados por el fabricante bajo condiciones controladas, no suministrados en partes al lugar de la obra ni ensamblados por el contratista. Las piezas preensambladas tienen ventajas significativas: La conexión en cada unidad no tendrá que ser inspeccionada en el sitio de la obra.

2.2.3.5.8. Fuerzas Puntuales

Una estructura alta en gaviones estará expuesta a cargas internas de compresión altas. Esta sobrecarga tiende a hacer que la roca salga y cargue la cara vertical de los gaviones. Es por tanto fundamental que los gaviones sean capaces de repartir estas fuerzas. La malla a doble y triple torsión puede repartir cargas puntuales altas gracias a las características de la malla y a la fuerza de las uniones.

2.2.3.5.9. Ensamble

Los gaviones son llenados con piedras. Las piedras, por ser un material granular, tienen poco asentamiento cuando se mantienen juntas. La norma ASTM 06711 proporciona detalles amplios sobre el llenado de los gaviones con piedras. Para permitir un buen acomodo del material, este debe medir de 25-50 mm (1-2 pulgadas) de espesor. La tapa es forzada sobre la piedra y cocida. Conjuntamente, se usa una palanca o alguna herramienta especializada para forzar la tapa de manera apropiada sobre el material.

Si no se permite un ligero asentamiento al momento del llenado, la piedra puede provocar la presencia de espacios en la parte superior de la caja. Esto puede causar problemas en la instalación; por ejemplo, un asentamiento de 2.54cm (1 pulgada) en un gavión de 1m, se traduce en un asentamiento de 12.5cm en una estructura de 5m (15 pies).

2.2.3.5.10. Aplicación de las teorías de los Muros Gaviones

Los muros de gaviones son estructuras que trabajan por gravedad. Por lo tanto, pueden ser dimensionadas en una forma bastante precisa. Las teorías clásicas de Rankine y de Coulomb pueden ser utilizados en la determinación de los empujes actuantes.

Para los casos más simples, la teoría de Coulomb es generalmente empleada en la determinación del empuje activo, pues abarca una variedad razonable de situaciones encontradas en la práctica.

Las características del suelo contenido deben ser analizadas cuidadosamente, ya que de ellas dependen los resultados del análisis. Se debe tratar que el macizo sea generalmente un relleno, preferentemente ejecutado con material no cohesivo y así se considera como nula la cohesión del suelo.

"Para el cálculo del empuje pasivo, que es la resistencia al desplazamiento horizontal ofrecida por el terreno delante del muro, cuando este está apoyado en una cota inferior a la superficie la teoría de Rankine es generalmente suficiente".

No obstante, se debe tener cautela en la consideración de esta resistencia. Solamente debe considerarse la disponibilidad del empuje pasivo al frente del muro cuando es posible garantizar que no ocurren excavaciones o posible erosión del suelo situado frente a la estructura.

2.2.3.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN

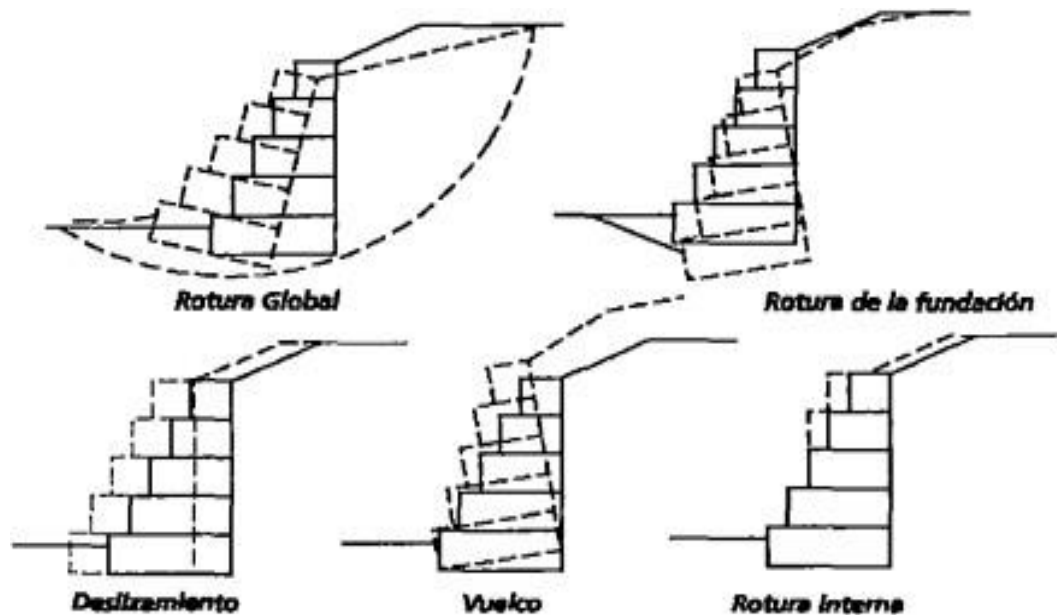
2.2.3.6.1 Tipo de Rotura

Los diversos tipos de rotura. En el caso de muros de gaviones, los tipos principales de rotura que pueden ocurrir están mostrados de la siguiente manera:

❖ Deslizamiento sobre la base

Ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro, sumada al empuje pasivo disponible al frente de la estructura, es insuficiente para neutralizar el efecto del empuje activo actuante.

Ilustración 24: Tipos de rotura en muros gaviones



❖ Vuelco

Ocurre cuando el momento estabilizante o estabilizador del peso propio del muro en relación al punto de vuelco es insuficiente para neutralizar el momento del empuje activo o momento de vuelco o volteamiento.

❖ Rotura de Fundación o Asentamientos Excesivos

Ocurre cuando las presiones aplicadas por la estructura sobre el suelo de fundación son superiores a su capacidad de carga. El terreno de fundación es incapaz de soportar las presiones a las que está siendo sometido.

❖ **Rotura Global del Macizo**

Es el deslizamiento a lo largo de una superficie de rotura que envuelve a la estructura de contención la verificación de rotura global se realiza en caso de obras importantes como estribo de puentes o terrenos arcillosos.

❖ **Rotura Interna de la Estructura**

Rotura de las secciones intermedias entre gaviones, que puede ocurrir tanto por deslizamiento como por exceso de presión normal o por una inadecuada unión entre gaviones.

Los elementos lineales que se asocian con la tierra para soportar fuerzas de tensión, mayor mente son tiras metálicas o también de plástico. Las tiras tienen un esfuerzo que en grupo da una resistencia a tensión de las cuales el suelo adolece en sí mismo, contando con una ventaja adicional que el área de la masa se reforzara en únicamente en las direcciones que más convengan. La fuente de resistencia a tensión es nada menos que la fricción interna de la masa del suelo, y eso se debe a las fuerzas que actúan en la masa y por lo cual se transfieren del suelo directamente a las tiras de esfuerzo de fricción.

Para determinar las longitudes de las tiras de refuerzo es necesario hacer un análisis básico de la estabilidad interna, para así también determinar la separación tanto como horizontal como vertical, para que no ocurra un deslizamiento terreo del material utilizado.

En los deslizamientos las fuerzas que se ejerce sobre los muros son específicamente muy grandes, debido a que la masa de suelo en deslizamiento solamente posee la porción de resistencia conocida como residual y siendo así muy dificultoso la estabilización de un desprendimiento de masa de tierra con una estructura convencional de contención.

El principal objetivo del desarrollo se fija en suponer que, el muro al estar en movimiento bajo la acción del empuje ya a llevar a un deslizamiento en forma de cuña teniendo como referencia tres puntos que sería MNC, que se encuentra limitada por el tramo MN, por un tramo que pase por las faldas del pie del muro y también por la superficie que desarrolla el terreno. Por lo cual se plantea una

de las principales hipótesis, se deduce que en la superficie se origina un deslizamiento plano, por lo tanto, no es del todo verdadero esta suposición ya que existe un pequeño rango de error.

Las siguientes características que se desarrolla y se pueden sintetizar en estas:

La existencia de fricción si es considerada tanto en el terreno como en la estructura del muro.

Describe una suposición de la existencia de que el terreno contiene un material granular, homogéneo y también que el drenaje es lo suficientemente bueno para así no tomar en cuenta intersticiales en la superficie del terreno.

2.2.4 TEÓRIAS RELACIONADAS AL TEMA

2.2.4.1 SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD

2.2.4.1.1 ESTABILIDAD DE TALUDES

Estabilidad es el nivel de seguridad determinada a una porción o masa de tierra frente a algún tipo de falla o movimiento. Para ello es sumamente importante definir criterios de estabilidad.

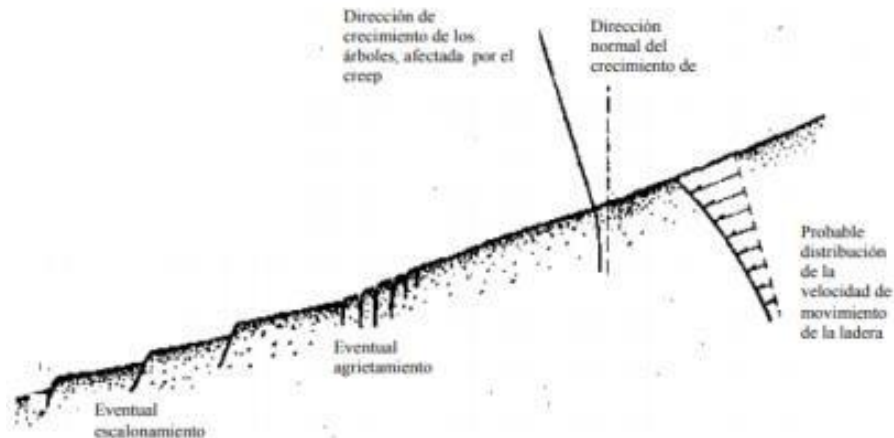
La estabilidad del talud natural de corte o relleno es evaluada mediante métodos de estabilidad contemplando el equilibrio límite del suelo, así como diversos factores que influyen en la resistencia del suelo. Para ello es importante definir un sistema de estabilización apropiado, considerando las circunstancias in-situ del talud en estudio.

2.2.4.1.2 CLASIFICACIÓN DE FALLAS

- **Fallas por deslizamiento superficial (creep)**

El creep está relacionado a grandes áreas y el movimiento superficial la cual produce sin alguna transición fuerte entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas.

Ilustración 25: Indicadores que representan la presencia de un movimiento superficial (Creep)



Fuente: Geología y Geotecnia - Estabilidad de taludes, 2003

Todo talud está expuesto a diversas fuerzas naturales las cuales hacen que partículas y porciones de suelo se deslicen en dirección hacia abajo. Este tipo de falla presenta un proceso más o menos continuo y lento.

- **Fallas por movimiento de cuerpo de talud**

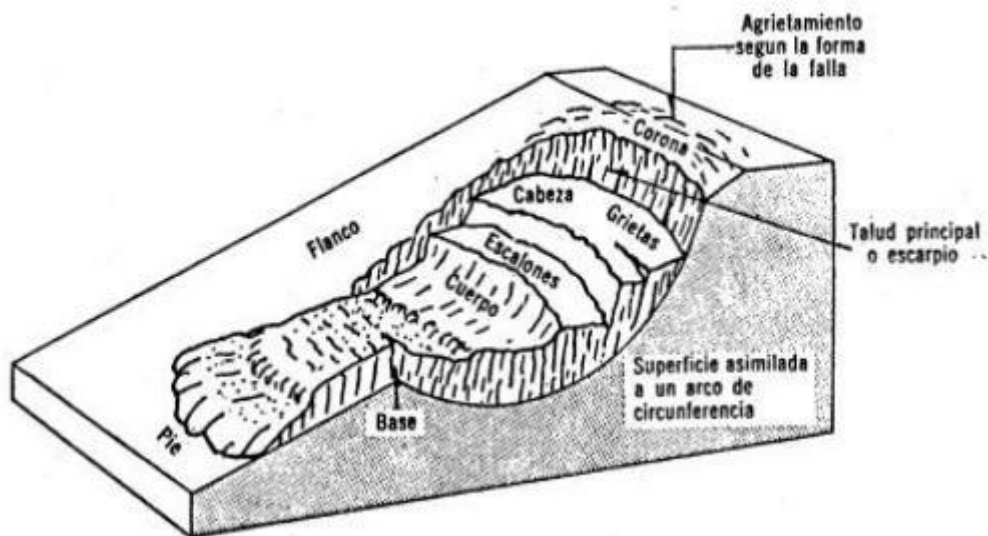
Conocido también como deslizamiento de tierras, este tipo de falla se puede presentar en taludes con presencia de movimiento fuerte/brusco, con superficies de falla que penetran a gran profundidad en un cuerpo. Contempla dos tipos de fallas bastante diferenciados:

- **Falla rotacional**

Se forma a partir de una curva cuyo centro de giro está por encima del centro de gravedad del cuerpo de movimiento, por lo cual se visualiza diversos agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. Por ello la movilidad produce un área superior de hundimiento y otro inferior llamado deslizamiento.

También llamados fallas de rotación, generalmente influye en el perfil estratigráfico, la secuencia geológica local y la naturaleza de los materiales.

Ilustración 26: Nomenclatura de una Zona de Falla



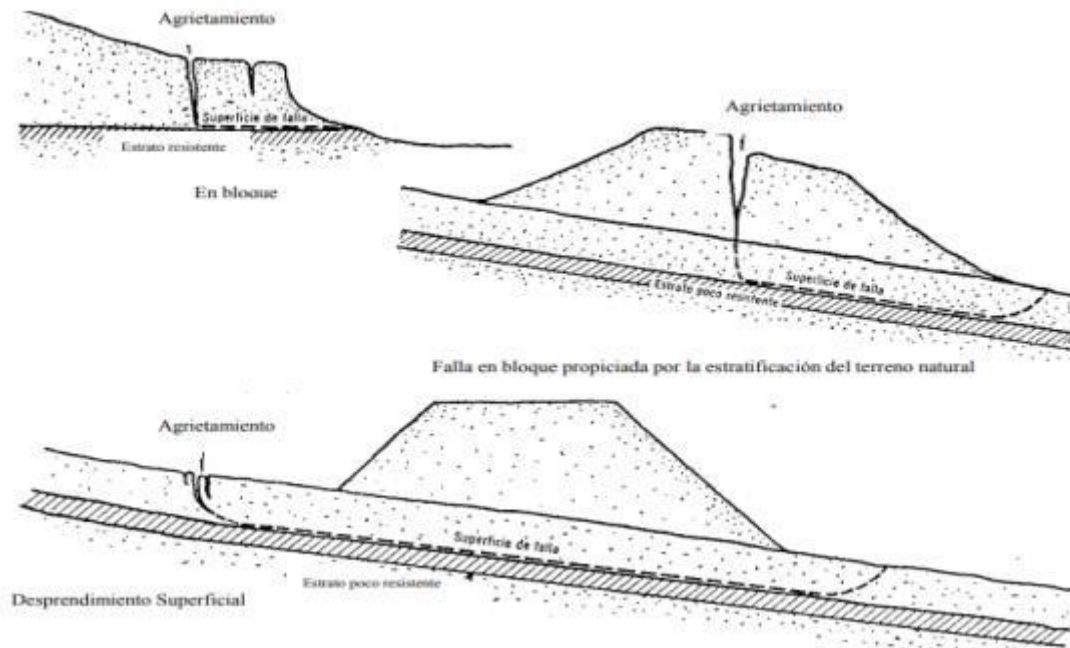
Fuente: Geología y Geotecnia - Estabilidad de taludes, 2003

- **Falla Traslacional**

El movimiento de la masa se desplaza hacia abajo o hacia fuera, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

Dichos movimientos generalmente son controlados por superficies de debilidad como juntas, fallas, estratificación y zonas que tienen cambio de estado de meteorización, si lo cuantificamos vendría a ser los cambios en resistencia al corte de los materiales o contacto de roca y materiales blandos. Afecta al paralelamente al estrato débil (arcilla blanda, limos no plásticos sueltos y arenas finas) y a los extremos remata formando así al interior agrietamientos.

Ilustración 27: Distintos Tipos de Fallas



Fuente: Geología y Geotecnia - Estabilidad de taludes, 2003

2.2.4.2 PARÁMETROS DE ESTUDIO

2.2.4.2.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

- **Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S)**

Presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general al sistema de clasificación propuesta anteriormente en 1942 para aeropuertos.

Dentro de las clasificaciones de puede observar en la imagen tanto suelo de partículas gruesas (retenidos en la malla #200) y finas (cuando más del 50% de partículas en de tamaño menor a la malla #200). Designado por símbolos de grupo los cuales constan de prefijos (considerado los 6 principales tipos de suelo en su traducción en inglés: grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos y turba) y sufijos (subdivisiones de los grupos mencionados líneas arriba).

- **Índice de Plasticidad**

Denominado a la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico e indica el margen de humedades dentro de los que se encuentra el estado plástico tal cual es definido en los ensayos.

Por ello se deduce que es la capacidad de deformarse sin agrietarse ante un esfuerzo mecánico conservando la deformación al retirarse la carga. Considerar que en suelos arcillosos depende básicamente del agua, si esta seca no es plástica, se disgrega, y con exceso de agua se separan las láminas.

- **Determinación de los parámetros mecánicos**

Existen dos parámetros de suelos importantes para el análisis de estabilidad de taludes, los cuales se encuentran en ensayos de laboratorio como Corte Directo y ensayos Triaxiales.

- **Cohesión**

De acuerdo al MTC (2012) indica que es una “La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal”.

Es una medida básica de adherencia, cementación entre las partículas del suelo, es utilizada en diversos campos para matemáticas (útil para representar la resistencia al cortante producida por la adherencia) en física (representa la tensión).

Por lo cual se deduce que es la propiedad que presenta los elementos del suelo para permanecer unidos. Mayormente se da en arcillas y limos que en suelos gruesos los cuales son denominados suelos no cohesivos.

- **Angulo de fricción o de rozamiento interno**

Considerado como la representación matemática del coeficiente de rozamiento, así mismo depende de diversos factores como: tamaño, forma, distribución de los granos y densidad.

Depende de forma directa de la capacidad y rugosidad de las partículas del suelo. En base a este parámetro se deriva la fuerza friccional y la determinación de las presiones que ejerce un suelo para vencer un obstáculo.

- **Ensayo de corte directo**

Considerado como un método de laboratorio (NTP 339.171(ASTM D3080)). Es una de las más antiguas y simples que permiten determinar la resistencia al corte de los suelos, debe ser utilizada únicamente para el control de rellenos granulares.

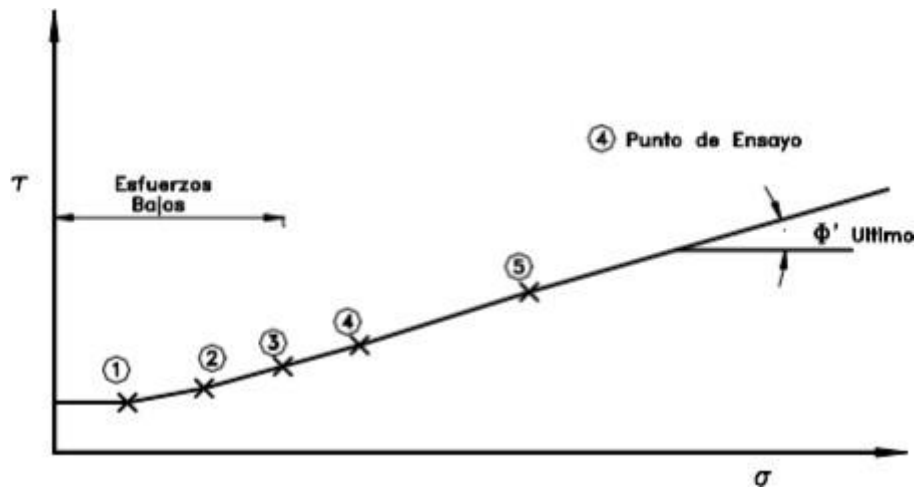
Uno de los ensayos más comunes que permite obtener la resistencia de los suelos, considerado como simple y económico, pero presenta los inconvenientes del poco control que se tiene sobre las condiciones de drenaje, la dificultad para medir presiones de poros y algunos problemas inherentes a los mecanismos de las máquinas que realizan los ensayos.

Su facilidad de ejecución permite realizar una cantidad grande de pruebas en menor tiempo y la posibilidad de realizar ensayos sobre superficies de discontinuidad. Es obligatorio cuando el estudio es en niveles bajos esfuerzos o si se desea obtener la resistencia a lo largo de la discontinuidad.

La muestra obtenida es colocada sobre una caja con dos anillos tanto en el lado superior e inferior, con posibilidad de desplazarse horizontalmente cada uno respecto al otro al recibir la fuerza de cortante.

De acuerdo a la deformación presentada esta es representada sobre una curva esfuerzo-deformación para cada ensayo realizado, proceso que permite definir la resistencia máxima y residual.

Ilustración 28: Esfuerzo de Falla y Envolvente de un ensayo de Corte Directo



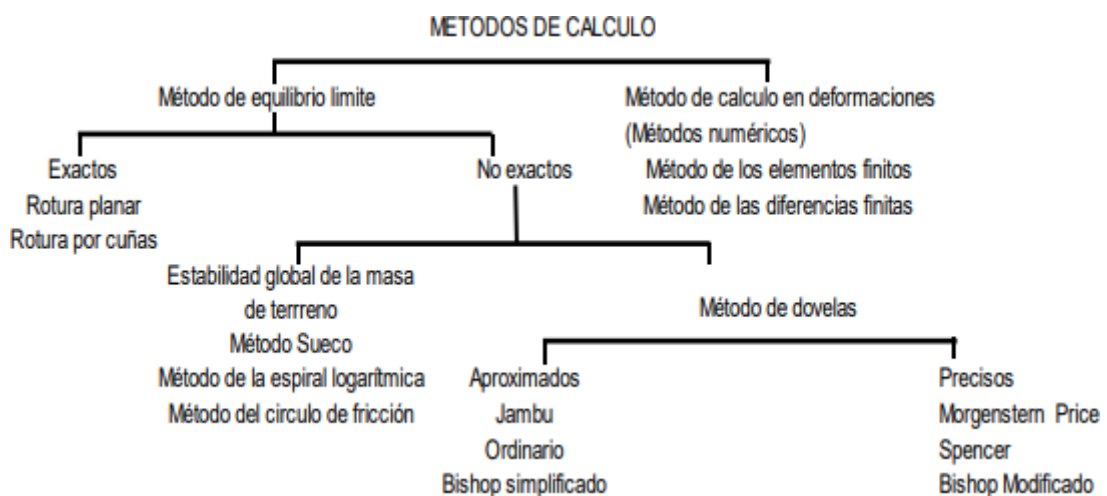
2.2.4.2.2 SISTEMAS O MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN

Habiendo culminado el estudio del talud se define los niveles de amenaza o riesgos pasando así al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención control o estabilización.

De forma general los métodos de cálculo utilizados para analizar la estabilidad de taludes y laderas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Métodos basados en el equilibrio límite de la masa de suelo que desliza.
- Métodos que consideran las deformaciones del terreno

Ilustración 29: CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO



Fuente: Briceño 2013

2.2.4.3 DRENAJE Y SUB DRENAJE

En la práctica se ha observado que los muros de contención fallan por una mala condición del suelo de cimentación y por un inadecuado sistema de drenaje.

Se debe determinar cuidadosamente la resistencia y compresibilidad del suelo de cimentación, así como realizar un estudio detallado de los flujos de agua superficiales y subterráneos, que representan aspectos muy fundamentales para el proyecto de muros de contención.

Cuando parte de la estructura del muro de contención se encuentra bajo el nivel freático, la presión del agua actúa adicionalmente sobre él.

La presión en la zona sumergida es igual a la suma de la presión hidrostática más la presión del suelo calculada con la expresión de empuje efectivo, de esta manera la presión resultante es considerablemente superior a la obtenida en la condición de relleno no sumergido

Estos criterios no han sido tomados muy en cuenta por los consultores o proyectistas, la cual ha generado fallas más comunes en muros de contención.

Resulta más económico proyectar muros de contención que no soporten empujes hidrostáticos, colocando drenes ubicados adecuadamente para que canalicen el agua de la parte interior del muro a la parte exterior.

En condiciones estables de humedad las arcillas contribuyen a disminuir el empuje de tierra, sin embargo, si éstas se saturan generan empujes muy superiores a los considerados en el análisis.

Por esta razón es conveniente colocar material granular ($\emptyset > 0$) como relleno en los muros de contención. Las estructuras sumergidas están sujetas a empujes hacia arriba, denominados sub presión.

Si la sub presión equilibra parte del peso de las estructuras es beneficiosa, ya que disminuye la presión de contacto estructura-suelo, pero si la sub presión supera el peso de estructura se produce una resultante neta hacia arriba, la cual es equilibrada por la fricción entre las paredes de la estructura y el suelo.

Esta fricción puede ser vencida inmediatamente al saturarse el suelo, produciendo la emersión de la estructura.

2.2.4.3.1 INSTALACIÓN DE DRENAJES EN LOS MUROS

Con la finalidad de mantener el suelo libre de agua subterránea, la cual provoca empujes adicionales en los muros de contención, se debe disponer de adecuados drenajes con tuberías atravesando la pantalla.

De esta manera se facilita un rápido escurrimiento y evacuación del agua fuera de las paredes del muro hasta llevarla a un canal colector exterior, que recoge las aguas pluviales.

Siempre resulta más económico instalar un sistema de drenaje, que diseñar un muro que soporte el empuje del suelo y el agua de saturación no drenada.

En la superficie del talud inferior se procederá a limpiar y a retirar los escombros, para colocar una manta de geo textil NT 160, entre el material de relleno y el talud. Durante este proceso de tendido y de compactación del relleno se colocará adicionalmente una capa de material filtrante.

El agua que pueda ser captada por los sistemas de sub drenaje, será conducida hacia el frente del muro mediante tuberías que lo atraviese, para que descarguen las aguas en una cuneta frontal y evacuar el agua fuera del área del muro de contención.

Ilustración 30: Drenaje con Dren de Pie

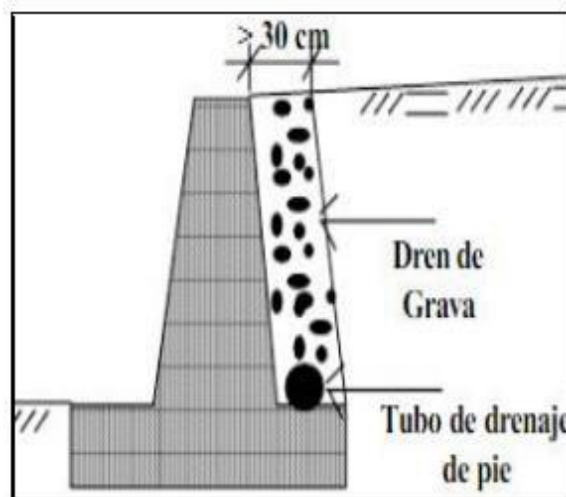
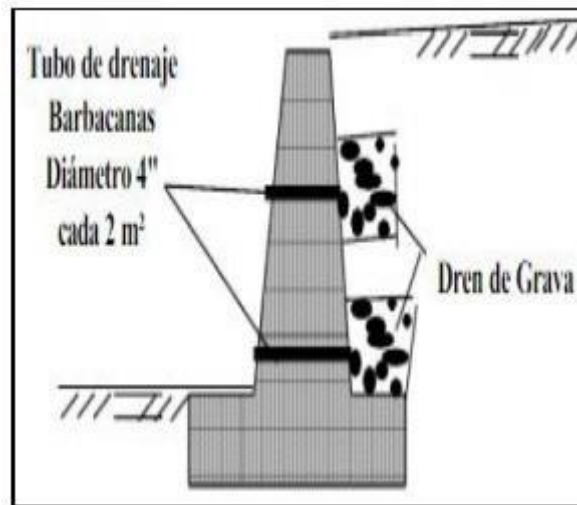


Ilustración 31: Drenaje con Barbacanas



CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La falta de estabilización de taludes en los caminos vecinales es una problemática que se puede apreciar en muchos lugares de la provincia, por lo que superarlas constituye un reto para los pobladores y las mismas autoridades, las cuales se han planteado diversas técnicas para solucionar esta problemática.

En nuestra provincia sin duda, se han incrementado los trabajos en los caminos vecinales tanto en la construcción como en el mantenimiento, esto ha originado que nos toquemos con tramos de taludes superiores e inferiores que necesitan estructuras para su contención, muchos de los tramos intervenidos con cortes representan un peligro para los usuarios de la vía, igualmente los rellenos que se desplazan por diversos motivos en distintos tramos de las vías, sin duda son temas que debemos solucionar para brindar a los usuarios un servicio de calidad y seguridad en las carreteras.

En nuestro tramo en estudio, es la vía del CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 - (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN, también tenemos tramos de taludes de la vía que necesitamos estabilizar con algún tipo de estructura de contención, ya que, sin ellas, prontamente esta carretera sería interrumpida en su servicio, poniendo en riesgo la seguridad de los usuarios. Un problema de derrumbe de un talud superior o deslizamiento de un talud inferior, cuando se produce intempestivamente pone en riesgo la vida de los usuarios de la vía, siendo este factor muy sensible para la sociedad.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta lo ya expuesto, ¿se puede determinar el costo y tiempo de ejecución en solucionar el problema consistente al progreso de la erosión, haciendo el respectivo diseño para esta obra de ingeniería. Se puede decir que los muros en gaviones, cantiléver y gravedad tienen como uno de sus objetivos proteger al talud del movimiento eólico y también del agua, o en este caso la lluvia.

3.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se determinará la evaluación del costo y tiempo de ejecución de las estructuras de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín?

3.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será la variación del costo en el proceso constructivo, entre las estructuras de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín?
- ¿Cómo varía el tiempo de ejecución en el proceso constructivo, entre las estructuras de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín?

3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Esta investigación tiene como objetivo brindar una solución a una necesidad o problemática (estado de la vía), obteniendo la alternativa más idónea en cuanto a costo y tiempo de ejecución para la estabilidad del talud.

3.3.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En toda investigación es importante contemplar el aspecto social, más allá de resolver un problema técnicamente este permite dar solución a una problemática con una alternativa idónea, factible beneficiando a la población directa e indirecta de la zona.

Se justifica porque nos permitirá evaluar dos tipos de estructuras de contención, en los aspectos de costos y tiempo de ejecución, a fin de tener

los parámetros de comparación al momento de definir un diseño para una determinada estructura de contención y de esta manera solucionar un problema puntual en una vía, ya que podremos también observar las ventajas y desventajas de cada uno de los diseños propuestos.

3.4 OBJETIVOS

3.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el costo y tiempo de ejecución de las estructuras de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.

3.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la variación del costo en el proceso constructivo, entre las estructuras de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.
- Determinar la variación del tiempo de ejecución en el proceso constructivo, entre las estructuras de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.

3.5 HIPÓTESIS

3.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

La evaluación del costo y tiempo de ejecución incide significativamente en la elección de la estructura de contención tipo gaviones y de gravedad, del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.

3.6 VARIABLES

Variable Independiente

Costo y tiempo de ejecución.

Variable Dependiente

Estructuras de contención.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS

Para el diseño de muros de contención se propone dimensionarlo con el método tradicional cumpliendo con los requisitos propuestos por la NSR-10, además de realizar un análisis de interacción suelo-estructura y de estabilidad teniendo en cuenta las fases de construcción.

4.1.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de Investigación

La investigación es de tipo descriptivo, que tiene como objetivo determinar el costo y tiempo de ejecución para la ejecución de muros de contención y determinar la posibilidad de la construcción de un muro, además de tener mejores ventajas especialmente económicas en su diseño y ejecución.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación corresponde a un estudio descriptivo cuyo esquema está dedicado al estudio del costo y tiempo en la ejecución de las estructuras de contención.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

El conjunto de todas las estructuras de contención del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 - (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.

Muestra

Estructuras de contención planteadas en el Km 12+550 del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 - (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín.

4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas:

Conocimiento del proceso de construcción de los dos tipos de estructuras de contención.

Instrumentos:

Formatos, reglamentos y normas que se utilizan para la construcción de los dos tipos de estructuras de contención.

Procedimientos:

Nos basamos en los enunciados de las normas técnicas que corresponden a la materia en investigación.

4.4 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

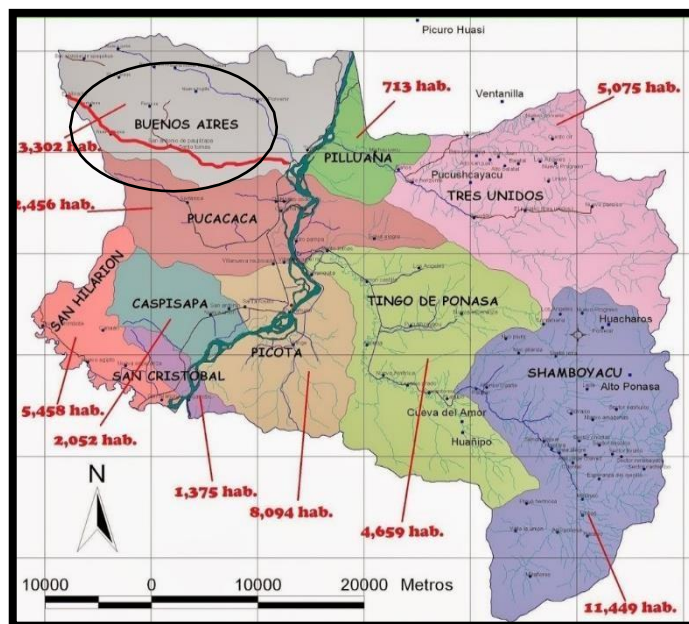
La recopilación de los datos de campo se hará en forma manual y luego se hará un procedimiento computarizado. El análisis e interpretación de datos se realizará de acuerdo con las normas técnicas correspondientes.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El estudio trata de la evaluación de costos y tiempo de ejecución de un tramo del Camino Vecinal Tramo: Emp. PE 5N10 – (Buenos Aires), San Antonio de Paujilzapa, provincia de Picota, departamento de San Martín, ubicada en el Km 12+550.

Ilustración 32: Ubicación de proyecto de investigación



Fuente: Elaboración Propia

5.2 INSPECCIÓN VISUAL

5.2.1 INSPECCIÓN GENERAL

En esta etapa se procede a realizar el primer recorrido a lo largo de la vía el cual nuestro proyecto de tesis es un tramo del camino vecinal que se encuentra ubicada en el km 12+550, de esta manera se tiene la primera impresión del tramo crítico sobre el estado actual y las zonas más afectadas en cuanto a deslizamiento.

Ilustración 33: Ubicación para la presente Investigación



Fuente: Fotografía del tramo - propia

Ilustración 34: Ubicación para la presente Investigación





Fuente: Fotografía del tramo - propia

5.2.2 INSPECCIÓN DETALLADA – RECOPIACIÓN DE DATOS

Se continuó con la inspección detallada de camino vecinal. Este proceso consiste en la inspección visual detallada de la zona específica de estudio por cada unidad de muestra determinada, el cual se toma como punto crítico para nuestro

estudio de investigación es en la progresiva km 12+550 considerado como tramo crítico.

FICHA DE DATOS			
FICHA DE EVALUACION DE DATOS - TRAMO CRITICO KM 12+550			
PROYECTO DE TESIS			
EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN			
DATOS GENERALES			
TESISTAS	NUÑEZ MERA, Marlit - ROMERO FLORES, Andrea Nataly	FECHA	1/05/2022
DISTRITO	BUENOS AIRES	ALTITUD	12°38'40"S
PROVINCIA	PICOTA	LATITUD	74°57'28.4"W
REGION	SAN MARTIN	LONGITUD	30M
DATOS COMPLEMENTARIOS			
ZONA	CARRETERA YURIMAGUAS-MUNICHIS		
		MUESTREO	U1
		AREA	
		KM. INICIAL	12+550
		KM. FINAL	12+570
DATOS DE ESTUDIO			
TIPO DE FALLA			
Fallas por deslizamiento superficial (creep)			
Fallas por movimiento de cuerpo de talud			
TIPO DE ENSAYO			
Ensayo de corte directo			
Ensayo triaxial			
Otros			
PANEL FOTOGRAFICO			
			
Desprendimiento de Talud		Presencia de Suelo Irregular	

5.2.3 DETERMINAR EL TIPO DE FALLA

En este proceso se utiliza la ficha de recolección de datos para registrar la información básica requerida para el proyecto en estudio.

5.2.4 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

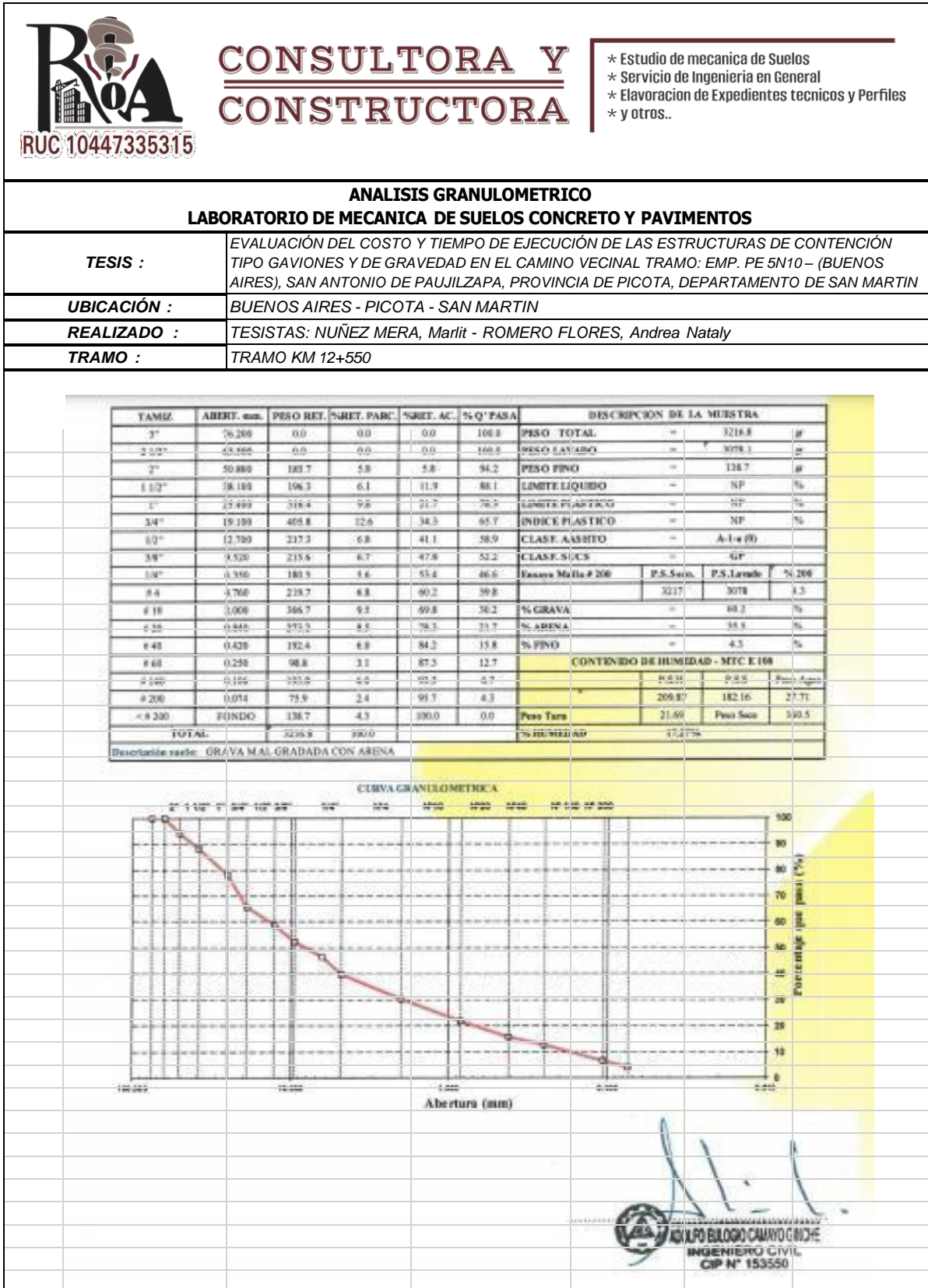
Los instrumentos de medición son todos los elementos que permite la obtención de datos (papel o digital), donde se registra y almacena la información obtenida en campo.

De acuerdo a la investigación se establece el ítem que llevara la ficha de datos. Para el estudio en mención se considera una ficha de datos que contempla longitud, características de la zona, temperatura, datos de ensayo.

5.2.5 OBTENER DATOS


Para el proceso de cálculo y obtención de datos se desarrolló lo establecido en el diagrama de flujo para calculo automatizado (Excel). Se inicia con la consolidación y registro de la información obtenida en campo en el archivo

Ilustración 35: Estudio de Mecánica de Suelos C-1



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 36: Estudio de Mecánica de Suelos C-2



RUC 10447335315

CONSULTORA Y CONSTRUCTORA

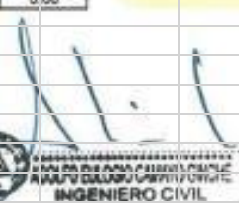
- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS :	EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
UBICACIÓN :	BUENOS AIRES - PICOTA - SAN MARTIN
REALIZADO :	TESISTAS: NUÑEZ MERA, Marlit - ROMERO FLORES, Andrea Nataly
TRAMO :	TRAMO KM 12+550

Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	1 kg	2 kg	4 kg
Altura (cm)	2	2	2
Diámetro (cm)	6	6	6
Cont. Humedad (%)	7.1	7.1	7.1
Peso específico (g/cm ³)	2.53	2.53	2.53
Velocidad (mm/min)	0.25	0.25	0.25
Estado:	Dispersión	Dispersión	Dispersión

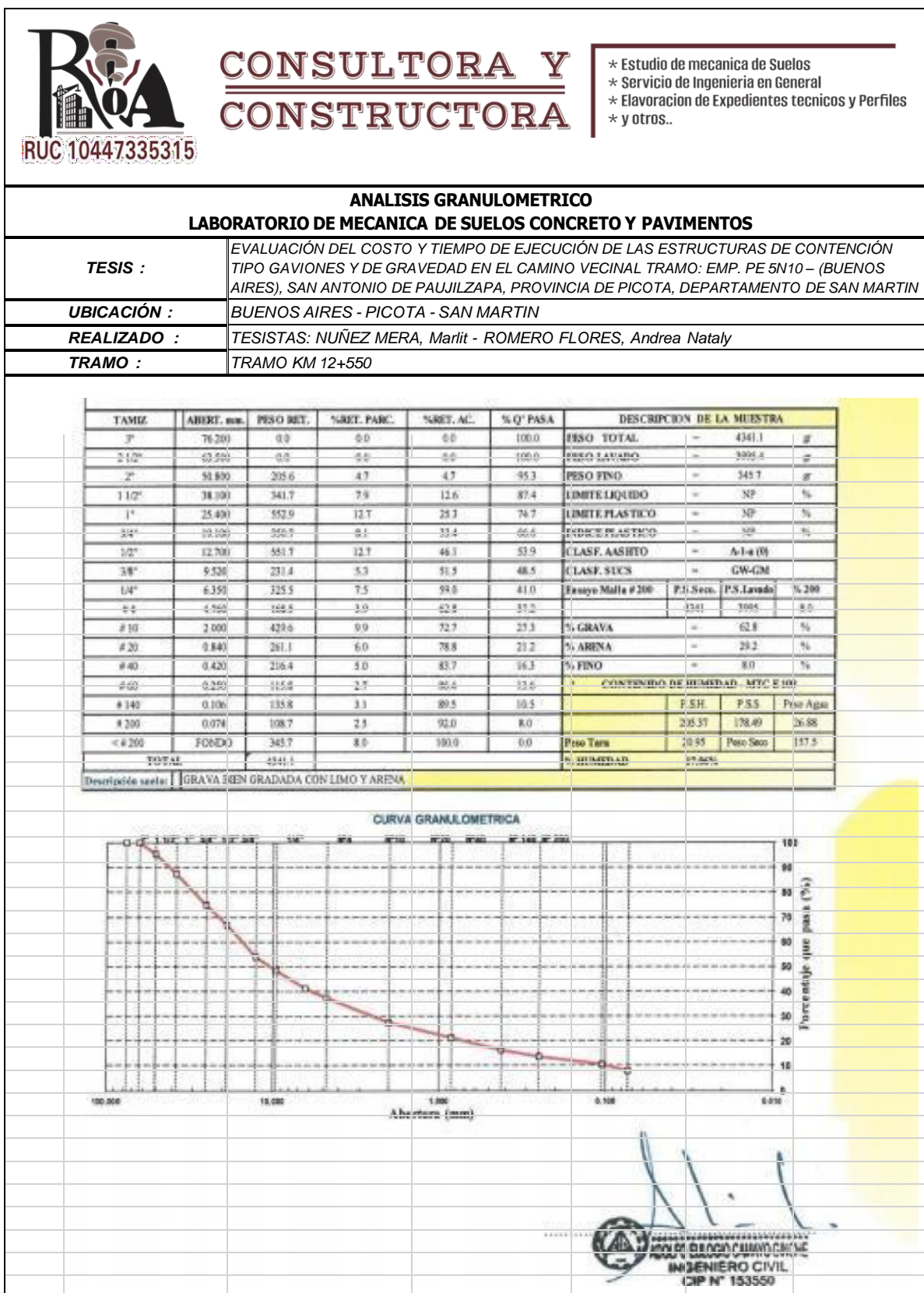
Deformación (%)	1 Kg		2 Kg		4 Kg	
	Esf. Corte	Esf. Norma.	Def. (%)	Esf. Corte	Esf. Norma.	Def. (%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.13	0.13	0.05	0.23	0.12	0.05
0.10	0.17	0.17	0.10	0.30	0.15	0.10
0.20	0.20	0.20	0.20	0.40	0.20	0.20
0.35	0.24	0.24	0.35	0.48	0.24	0.35
0.50	0.29	0.29	0.50	0.54	0.27	0.50
0.75	0.33	0.33	0.75	0.63	0.30	0.75
1.00	0.35	0.35	1.00	0.71	0.36	1.00
1.25	0.40	0.40	1.25	0.80	0.40	1.25
1.50	0.40	0.40	1.50	0.86	0.43	1.50
1.75	0.43	0.43	1.75	0.90	0.45	1.75
2.00	0.46	0.46	2.00	0.93	0.46	2.00
2.50	0.50	0.50	2.50	0.98	0.49	2.50
3.00	0.57	0.57	3.00	1.07	0.53	3.00
3.50	0.59	0.59	3.50	1.12	0.56	3.50
4.00	0.60	0.60	4.00	1.16	0.59	4.00
4.50	0.62	0.62	4.50	1.22	0.61	4.50
5.00	0.65	0.65	5.00	1.26	0.63	5.00
6.00	0.69	0.69	6.00	1.30	0.65	6.00
7.00	0.69	0.69	7.00	1.37	0.69	7.00
8.00	0.69	0.69	8.00	1.37	0.69	8.00
9.00	0.69	0.69	9.00	1.37	0.69	9.00
10.00	0.68	0.68	10.00	1.38	0.69	10.00
11.00	0.68	0.68	11.00	1.38	0.69	11.00
12.00	0.68	0.68	12.00	1.38	0.69	12.00



INGENIERO CIVIL
CIP N° 153550

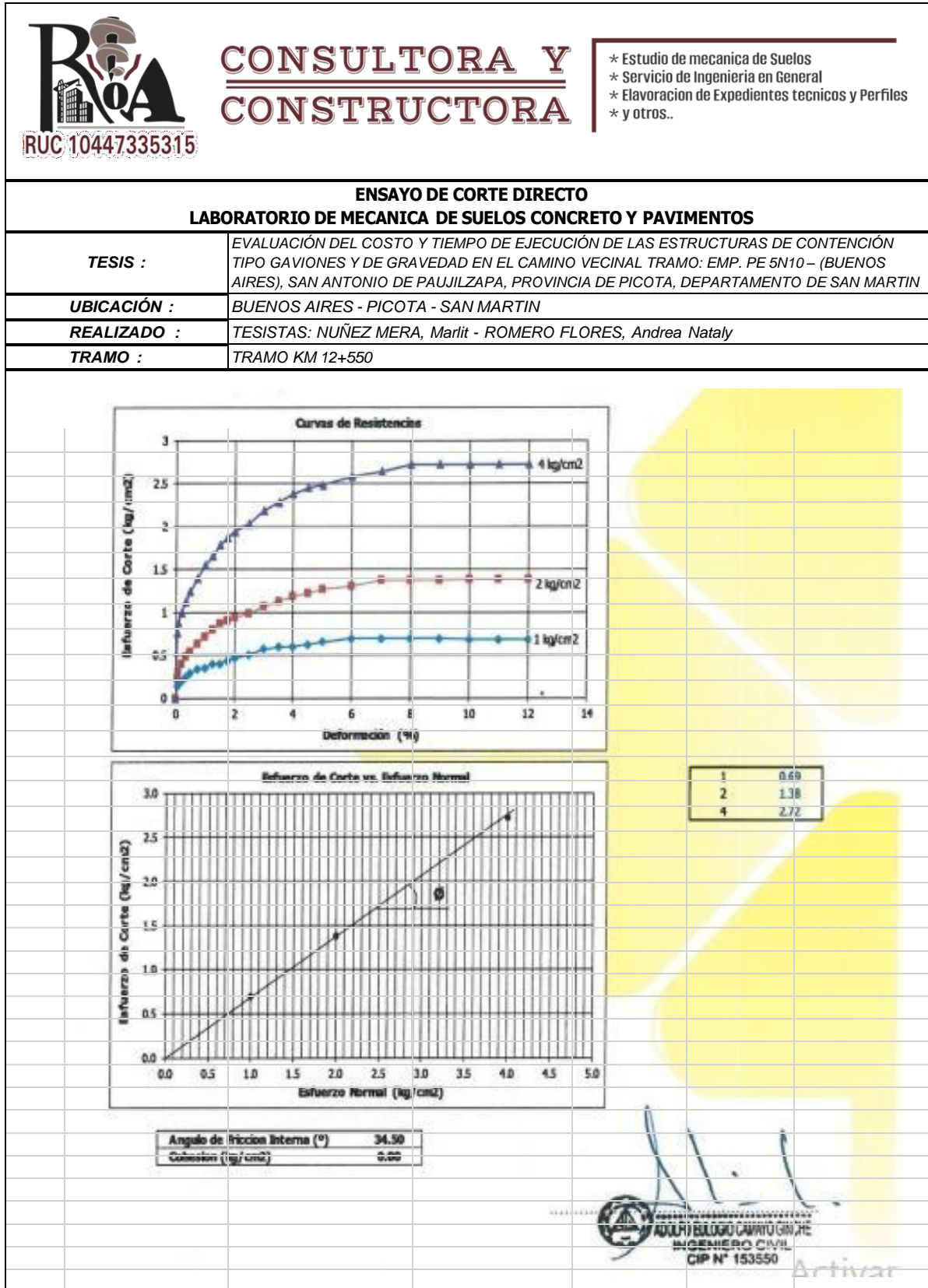
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 37: Estudio de Mecánica de Suelos Corte Directo




FUENTE: Elaboración Propia

Ilustración 38: Estudio de Mecánica de Suelos Grafico de Corte



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 39: CAPACIDAD PORTANTE



RUC 10447335315

CONSULTORA Y CONSTRUCTORA

- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS


TESIS :	EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
UBICACIÓN :	BUENOS AIRES - PICOTA - SAN MARTIN
REALIZADO :	TESISTAS: NUÑEZ MERA, Marlit - ROMERO FLORES, Andrea Nataly
TRAMO :	TRAMO KM 12+550

CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE - TEORIA DE TERZAGHI

Datos Generales		Nivel freático	
C (Cohesión)	= 0.98 kg/cm ²	h1	= 0.00 m
φ (Ángulo de fricción)	= 34.4 °	h'1	= 0.00 m
γ (Peso unitario del SPT)	= 2.53 t/m ³	h2	= 0.00 m
γ' (Peso unitario del agua)	= 0.88 t/m ³	h'2	= 2.53 t/m ³
B (Anchura de cimentación)	= 1.00 m		
Falso de cimentación	= Cimentado		
Factor de Seguridad	= 3.00		

Escribir el tipo de cimentación:
"Cemento, Cuadrado o Circular"

Factores de Capacidad de Carga	
N ₁	= 32.04
N ₂	= 36.5
N ₃	= 36.04



*** Cimiento Circular:**

$$Q_u = \alpha \cdot N_1 + \gamma_1 \cdot D \cdot N_2 + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_3$$


*** Cimiento Cuadrado:**

$$Q_u = 2.25 \cdot \alpha \cdot N_1 + \gamma_1 \cdot D \cdot N_2 + 0.4 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_3$$

*** Cimiento Cilíndrico:**

$$Q_u = 1.30 \cdot N_1 + \gamma_1 \cdot D \cdot N_2 + 0.3 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_3$$

h	N ₁	N ₂	N ₃
0	5.3	1	0
1	8	1.3	0.21
2	9.61	1.35	0.58
4	9.87	1.49	0.5
5	7.34	1.61	0.54
6	7.73	1.61	0.2
7	5.27	2	0
8	8.8	2.21	0.20
9	9.26	2.44	0.49
10	9.91	2.69	0.59
11	10.08	2.86	0.68
12	10.72	3	0.72
13	11.41	3.83	1.04
14	12.11	4.82	1.36
15	12.88	4.93	1.52
16	13.88	4.82	1.62
17	14.9	4.67	1.74
18	15.13	4.84	2.80
19	16.56	5.7	3.02
20	17.88	7.04	3.24
21	18.80	8.28	4.21
22	20.27	9.18	5.69
23	21.75	10.23	6
24	22.22	11.2	7.22
25	26.13	12.72	8.34
26	27.06	14.21	9.84
27	28.28	15.8	10.6
28	31.81	17.81	12.7
29	34.28	19.86	14.98
30	37.16	22.48	18.13
32	42.22	26.22	22.22
33	44.64	28.52	24.87
34	48.66	32.23	28.84
36	53.64	36.5	33.84
38	57.73	41.44	40.41
39	59.64	42.79	42.29
40	78.84	53.8	62.27
41	79.5	54.66	58.61
42	83.87	78.81	85.83
43	95.86	81.27	113.21
44	106.81	83.66	140.81
45	118.87	108.75	171.86
46	122.22	112	211.22
47	154.85	147.18	281.8
48	173.86	173.86	321.84
49	195.22	204.19	467.11
50	334.53	261.8	513.84
51	350.28	287.86	660.47
52	386.71	344.83	811.86
53	427.5	414.74	1000.8



INGENIERO CIVIL
CIP N° 82350

Fuente: Elaboración Propia

5.2.6 DIMENSIONAMIENTO Y FACTOR DE SEGURIDAD

5.2.6.1 MURO DE GRAVEDAD

El muro de gravedad fue dimensionado como se muestra en la Tabla 6, variando las dimensiones a y D. Adicionalmente se enuncian los valores de los factores obtenidos para dichos dimensionamientos en condición estática y pseudo estática para las diferentes combinaciones de suelo.

Tabla 6: Dimensionamiento Muro de Gravedad

		B=15								B=20				
		c=0 kPa		c=10 kPa		c=20 kPa		c=30 kPa		c=0 kPa	c=10 kPa	c=20 kPa	c=30 kPa	
		phi=30	phi=35	phi=30	phi=35	phi=30	phi=35	phi=30	phi=35	phi=35	phi=35	phi=35	phi=35	
MURO GRAVEDAD	Dimensiones	a (m)	3,50	3,10	3,50	3,20	3,50	3,20	3,50	3,10	3,30	3,30	3,30	3,30
		D (m)	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00
	F.S Estático	Vol	5,70	6,14	5,70	6,41	5,70	6,41	5,70	6,14	6,20	6,20	6,20	6,20
		Des	2,95	6,59	3,20	2,33	3,45	2,63	3,71	2,87	10,29	10,57	2,47	2,75
		C.P.	8,92	18,25	14,73	28,25	20,85	38,42	27,24	48,53	17,55	27,26	37,35	47,76
	F.S Seudo-estático	Vol	1,96	2,00	1,96	2,08	1,96	2,07	1,96	2,00	2,01	2,01	2,01	2,01
		Des	1,26	2,50	3,70	1,05	1,48	1,17	1,59	1,27	3,75	3,86	1,09	1,20
		C.P.	6,05	14,53	9,44	23,54	13,10	31,18	17,01	35,21	15,75	22,51	29,74	37,42

5.2.6.2 MURO GAVIONES

El dimensionamiento para muro gaviones es el mismo para todos los modelos. En la Tabla 7 se enuncian los valores de los factores obtenidos para el dimensionamiento único en condición estática y pseudo estática para las diferentes combinaciones de suelo.

Tabla 7: DIMENSIONAMIENTO MURO GAVIONES

		B=15								B=20				
		c=0 kPa		c=10 kPa		c=20 kPa		c=30 kPa		c=0 kPa	c=10 kPa	c=20 kPa	c=30 kPa	
		phi=30	phi=35	phi=30	phi=35	phi=30	phi=35	phi=30	phi=35	phi=35	phi=35	phi=35	phi=35	
MURO GAVIONES	F.S Estático	Vol	7,47	9,48	7,47	9,48	7,47	9,48	7,47	9,48	8,79	8,79	8,79	8,79
		Des	4,14	10,35	4,64	11,00	5,14	11,64	5,65	12,29	17,00	17,59	18,18	18,78
		C.P.	14,04	30,56	24,63	48,91	35,81	67,97	47,41	87,54	28,07	45,94	64,57	83,76
	F.S Seudo-estático	Vol	3,01	3,93	3,01	3,93	3,01	3,93	3,01	3,93	3,35	3,35	3,35	3,35
		Des	2,06	5,23	2,33	5,59	2,60	5,96	2,87	6,32	7,57	7,86	8,16	8,45
		C.P.	2,22	3,46	3,51	5,06	4,89	6,76	6,36	8,54	3,31	4,87	6,54	8,29

5.3 RESULTADOS

Para el cálculo del presupuesto se consideró la misma altura para los dos sistemas de estabilización, las estructuras serán construidas en un terreno con similares características para los dos sistemas de estabilización.

El diseño, geometría y detalles se indicarán en los anexos de la presente tesis

5.3.1 ANALISIS TÉCNICO

Tabla 8: Cuadro Comparativo de Sistemas de Estabilización

	MURO GAVION	MURO DE GRAVEDAD
DESCRIPCIÓN	Son estructuras metálicas con formas variadas construidas por mallas de alambre en forma hexagonal de doble torsión que usualmente suelen ser galvanizado, el material de relleno es roca, formando de esta manera un elemento de gran estabilidad estructural	Son estructuras de contención convencionales que obtienen su soporte por la acción de su peso propio y de cualquier suelo que descansa sobre la mampostería para su estabilidad, son elementos principalmente pasivos, los cuales soportan cargas laterales por la tendencia del suelo a moverse
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	Demarcación topográfica. Excavación Preparación del terreno para la cimentación. Montaje. Colocación de relleno. Atirantamiento. Cierre	Excavación y movimiento de tierras. Nivelación del terreno Colocación del solado Encofrado del muro Vaciado del muro
VENTAJAS	Flexibilidad. Permeabilidad Durabilidad Sencillez Constructiva. Resistencia. Poco mantenimiento. Estética y economía	No van armados Son efectivos a pequeñas alturas. Su diseño es sencillo. Tienen mayor durabilidad y resistencia al deterioro ambiental.
DESVENTAJAS	Obtención de la roca. Tamaño y tolerancia. Deterioro. Colocación de plantas y animales	No es económico para muros altos. No trabajan a flexión. No estabilizan grandes deslizamientos. No se pueden establecer en terreno de baja resistencia y cohesión

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 COMPRACIONES DE FACTOR DE SEGURIDAD

Tabla 9: Cuadro Comparativo de Factor de Seguridad

	VALORES MINIMOS	MURO GAVION	MURO GRAVEDAD
FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA DESLIZAMIENTO	1.5	1.627	3.04
FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA VOLTEO	2.0	3.578	5.978

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar los factores de seguridad obtenidos para cada tipo de muro, la cual se observa que el mayor factor contra deslizamiento tiene el muro de gravedad ciclópeo, también el factor de seguridad contra volteo presenta el este último muro.

5.3.3 COMPARACIÓN DE COSTOS

Tabla 10: Comparación de Costos Totales

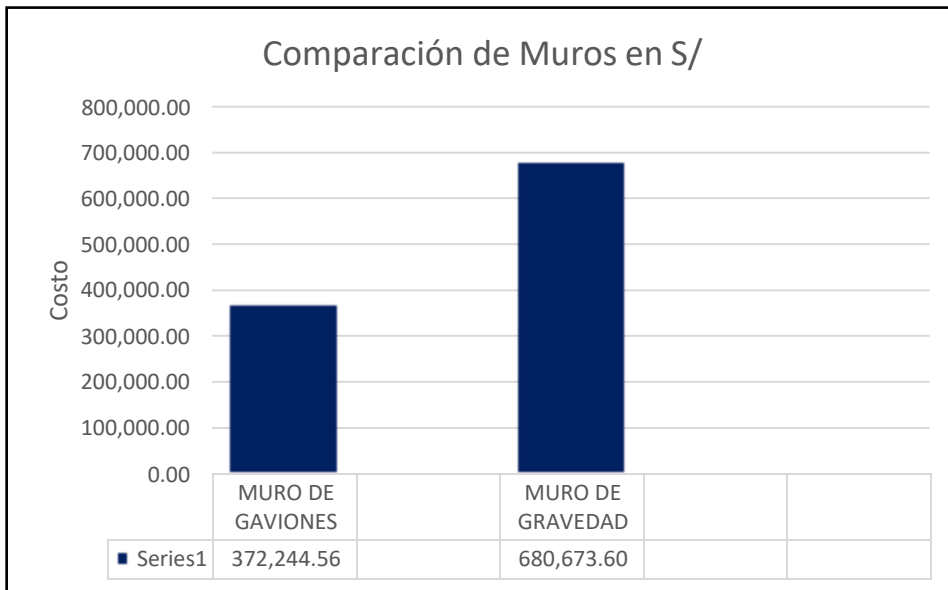
H(m)	COSTO TOTAL	
	MURO GAVIÓN	MURO DE GRAVEDAD
H=4.00m	S/ 372,244.56	S/ 680,673.60

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar la cuantificación de los materiales de construcción, equipos y mano de obra integrados en una gráfica, la cual se observa el menor costo viene hacer el muro de gavión, y el de mayor costo el muro de gravedad y muro cantiléver, estos datos según la base de datos del software S10.

Cabe indicar que el presupuesto de cada uno de los muros es en base a 40 metros lineales que es la muestra de la investigación.

Tabla 11: Comparación Económica de Muros



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Presupuesto Muro Gavión

Presupuesto					
Presupuesto	1101010 "EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN"				
Subpresupuesto	001 PRESUPUESTO - MURO GAVIÓN				
Tesistas	NUÑEZ MERA, Marlit - ROMERO FLORES, Andrea Nataly				
Lugar	CAMINO VECINAL - BUENS AIRES A PAUJILZAPA KM 12+550				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				5,612.78
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO	ha	0.10	2,850.25	285.03
01.03	CASETA DE ALMACENAMIENTO	und	1.00	1,515.25	1,515.25
01.04	TRAZO Y REPLANTEO	m2	350.00	3.75	1,312.50
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				46,366.50
02.01	EXCAVACION DE ZANJA PARA GAVIONES DE PROTECCION	m3	140.00	18.75	2,625.00
02.02	EXCAVACION DE ZANJA PARA COLCHON ANTISOCAVANTE	m3	175.00	21.30	3,727.50
02.03	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL DE PRESTAMO	m2	360.00	95.90	34,524.00
02.04	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BASE DE GAVIONES	m2	360.00	15.25	5,490.00
03	GAVIONES DE PROTECCIÓN				207,405.30
03.01	SELECCIÓN Y ACOPIO DE PIEDRA	m3	630.00	29.35	18,490.50
03.02	CARGUIO Y TRANSPORTE DE PIEDRAS PARA GAVIONES HASTA LA OBRA	m3	630.00	49.10	30,933.00
03.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN GAVION COLCHON RENO 5.00x2.00x0.30m	und	30.00	1,348.38	40,451.40
03.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN GAVION CAJA 5.00x1.00x1.00m	und	60.00	1,005.60	60,336.00
03.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN GAVION CAJA 5.00x1.50x1.00m	und	45.00	1,115.52	50,198.40
03.06	NIVELACIÓN Y TEJIDO DE CIERRE DE GAVIONES	m	240.00	19.35	4,644.00
03.07	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL	m2	240.00	9.80	2,352.00
04	FLETE TERRESTRE				3,500.00
04.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	3,500.00	3,500.00
	COSTO DIRECTO (CD)				262,884.58
	GASTOS GENERALES 10.00% (CD)				26,288.46
	UTILIDAD 10.00% (CD)				26,288.46
					=====
	COSTO PARCIAL (CP)				315,461.49
	I.G.V. 18.00% (CP)				56,783.07
					=====
	COSTO DE EJECUCIÓN DE OBRA (CO)				372,244.56
	SON : TRECIENTOS SETENTA Y DOS MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO Y 56/100 SOLES				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: PRESUPUESTO MURO DE GRAVEDAD

Presupuesto					
Presupuesto	1101010 "EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES Y DE GRAVEDAD EN EL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE 5N10 – (BUENOS AIRES), SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN"				
Subpresupuesto	002 PRESUPUESTO - MURO GRAVEDAD				
Tesis	NUÑEZ MERA, Marlit - ROMERO FLORES, Andrea Nataly				
Lugar	CAMINO VECINAL - BUENS AIRES A PAUJILZAPA KM 12+550				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				5,612.78
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO	ha	0.10	2,850.25	285.03
01.03	CASETA DE ALMACENAMIENTO	und	1.00	1,515.25	1,515.25
01.04	TRAZO Y REPLANTEO	m2	350.00	3.75	1,312.50
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				192,358.00
02.01	EXCAVACION EN TERRENO NORMAL	m3	350.00	28.75	10,062.50
02.02	PERFILADO EN TERRENO NORMAL	m2	350.00	23.30	8,155.00
02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	1,620.00	85.90	139,158.00
02.04	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	m3	720.00	35.25	25,380.00
02.05	CARGIO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	200.00	12.55	2,510.00
02.06	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	250.00	28.37	7,092.50
03	CONCRETO SIMPLE				10,605.00
03.01	SOLADOS DE CONCRETO EN ZAPATAS f'c=100kg/cm2	m2	300.00	35.35	10,605.00
04	CONCRETO ARMADO				265,125.92
03.03	CONCRETO F'c=210KG/CM2 EN ZAPATA Y MURO	m3	166.50	575.54	95,827.41
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CON PANELES	m2	785.00	95.90	75,281.50
03.05	ACERO CORRUGADO FY=4200KG/CM2 GRADO 60	kg	11,526.45	7.35	84,719.41
03.06	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN CON WATER STOP	m	120.00	31.80	3,816.00
03.07	DRENAJE CON GRAVA	m3	120.00	45.68	5,481.60
04	FLETE TERRESTRE				7,000.00
04.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	7,000.00	7,000.00
	COSTO DIRECTO (CD)				480,701.69
	GASTOS GENERALES 10.00% (CD)				48,070.17
	UTILIDAD 10.00% (CD)				48,070.17
					=====
	COSTO PARCIAL (CP)				576,842.03
	I.G.V. 18.00% (CP)				103,831.57
					=====
	COSTO DE EJECUCIÓN DE OBRA (CO)				680,673.60
	SON : SEICIENTOS OCHENTA MIL SEISCIENTOS SETENTA Y TRES Y 60/100 SOLES				

Fuente: Elaboración Propia

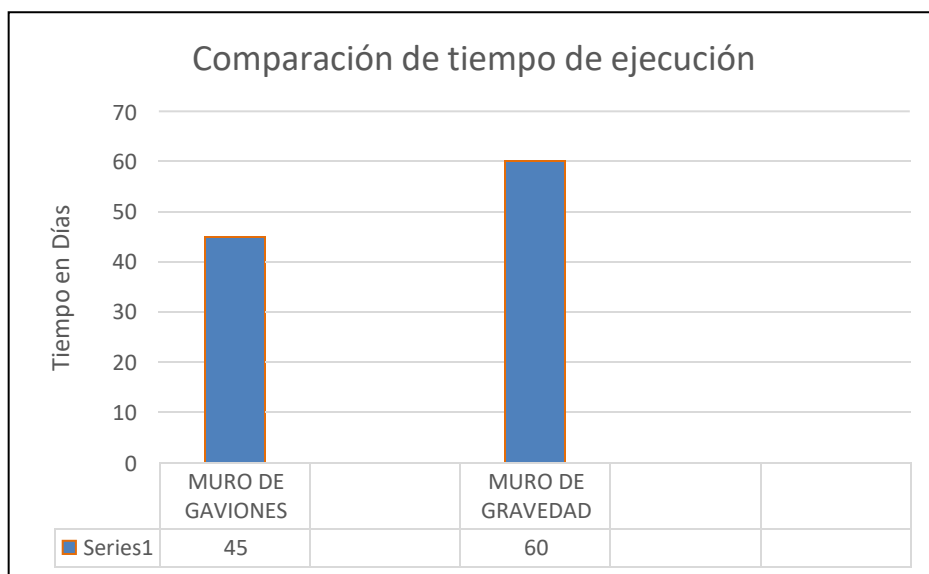
5.3.4 COMPARACIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN

Tabla 14: Comparación de Costos Totales

H(m)	TIEMPO DE EJECUCIÓN	
	MURO GAVIÓN	MURO DE GRAVEDAD
H=4.00m	45 DIAS	60 DIAS

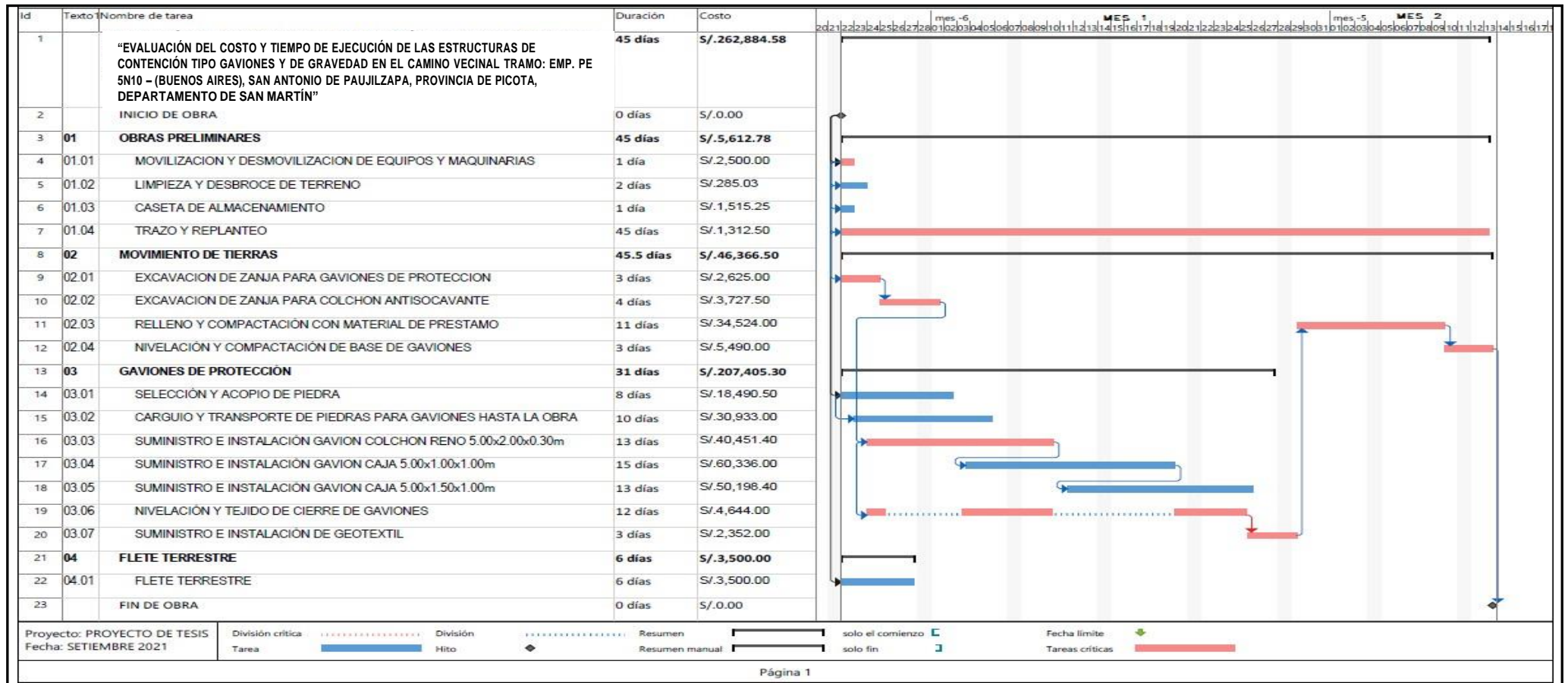
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Tiempo de Ejecución de los Muros



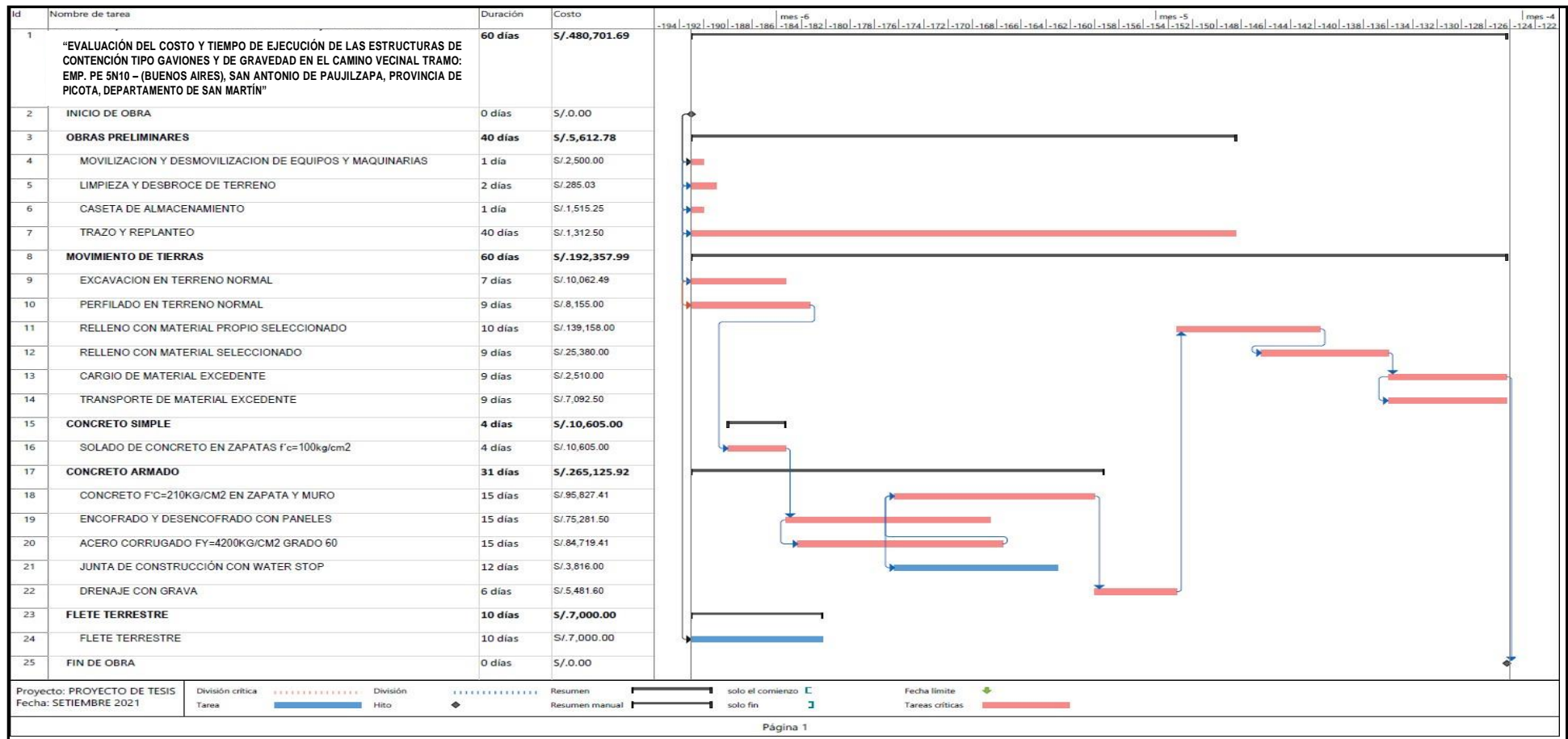
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 40: TIEMPO DE EJECUCIÓN MURO GAVIÓN = 45 días calendarios



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 41: TIEMPO DE EJECUCIÓN MURO GRAVEDAD 60 días calendarios



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

6.1. DISCUSIÓN

Se realiza la discusión según los objetivos planteados para la presente investigación.

6.1.1. DISCUSIÓN N°01

Los resultados de dicho estudio a partir de los datos de campo se obtiene el diseño final del muro de gaviones como alternativa de estabilización, así mismo logrando los requisitos de los factores de seguridad, toda vez que su objetivo de estudio es proponer un sistema de estabilidad de talud mediante muros de gaviones. Lo cual es el mismo propósito en que se enfoca la presente investigación.

6.1.2. DISCUSIÓN N°02

El autor (AVILES PILCO, 2015 págs. 1-703) en su proyecto: "ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONOMICO PARA MUROS DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO COMPARADO CON MURO DE GAVIONES Y SISTEMAS DE SUELO REFORZADO PARA ALTURAS $h=5m$, $h=7.5m$, $h=10m$, $h=15m$, PARA UNA LONGITUD DE 80m" realiza la investigación tomando en cuenta las características técnicas y estructurales de los muros para así lograr el sistema de estabilidad. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de Avilés (2014), el cual no solo se enfocó en el diseño de muros de gaviones y muros de tierra reforzada, sino además realizó un análisis técnico y económico, lo cual le permitió obtener resultados adicionales en cuanto a los dos sistemas de estabilización.

En la presente investigación se puede observar claramente en la tabla N°10, la diferencia de costos que existe en los sistemas de estabilización, dando ventaja al muro de gavión con un costo menor de S/ 372,244.56, por lo tanto, el sistema de estabilización sería en base a muro de gaviones, con una diferencia entre el muro de gravedad S/ 680,673.60, las cuales existen diferencias entre cada una de ellas.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

7.1.1 Primera

El sistema constructivo de muro de tipo gravedad solo se podrá poner en servicio después de que cumpla la resistencia de diseño, es decir a los 28 días, en cuanto al de gaviones puede ser utilizado de una vez ya que no es necesario esperar a que se cumpla con resistencia porque esto viene dado desde el inicio de su construcción, además de ello tienen más tiempo de ejecución que el muro gavión.

7.1.2 Segunda

Los resultados del cálculo de los muros de gavión, cumplen con los parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones y con ello se garantiza la seguridad y funcionalidad del muro, y el costo obtenido con el software S10 V. 2005 resulta: S/ 372,244.56 Soles y el tiempo de ejecución para su ejecución es de 45 días calendarios.

7.1.3 Tercera

Los resultados del cálculo de los muros de gravedad y gavión, cumplen con los parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones y con ello se garantiza la seguridad y funcionalidad del muro, y el costo obtenido con el software S10 V. 2005 resulta: S/ 680,673.60 Soles y el tiempo de ejecución es de 60 días respectivamente.

7.1.4 Cuarta

De acuerdo a los resultados se concluye que los sistemas de estabilización propuestos son seguros y funcionan perfectamente, pero en cuanto al costo y puesta en operación el muro de gavión es el más económico por lo cual el sistema de estabilización de talud y análisis de costos del km 12+550, es el muro de gavión.

7.2 RECOMENDACIONES

7.2.1 Primera

Se recomienda el muro de gaviones debido a su menor costo que resulta su ejecución y la factibilidad de construcción, también es importante tener en cuenta cuando se construye un muro de gavión seleccionar cuidadosamente los canto rodados y piedras que vayan a ser utilizados en dicho muro, esto para garantizar su durabilidad en el tiempo d duración.

7.2.2 Segunda

Para la elaboración del proyecto de construcción el cual requiere la construcción de muros de contención es recomendable hacer un estudio de la ubicación de donde se requiere realizar el proyecto para que así se pueda determinar el costo de los materiales y también del tiempo que pueda demorar el suministro de los mismos.

7.2.3 Tercera

El muro al momento de construirse se debe realizar en base a la presente investigación con la supervisión de un personal técnico para garantizar las especificaciones técnicas

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] ABIANCHINI, ingeniero. Lima: Basada a la investigación de gaviones Lemac SAC. Inc., 2006.
- [2] AGUILAR, Daniel. Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña. Tesis (Titulo de Ingeniería Civil). Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú, 2016.
- [3] APACLLA, Ricardo. Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la zona centro de la vertiente del pacifico [en línea]. diciembre 2010, n°.1. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2018].
- [4] ALVARADO SALAZAR, ALAN ALEXIS. 2014. "Estabilización de taludes en la costa Verde- Callao Tramo Av. Santa Rosa - Jr. Viru (1.3 Km)". Lima: s.n., 2014. 175
- [5] Ibáñez, Walter. 2010. Costos y tiempos en Carreteras. Lima: Macro, 2010. 544.
- [6] Capuñay, Sofia. (2016) Alternativas De Contención En Las Mz D1 Y E1 Del Sector Arica, Distrito De Coishco – Santa – Ancash”. Universidad Nacional del Santa.
- [7] MAMANI LARICO, ROGER RENE. 2016. “Análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya Tramo III- Sub Tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple”. Puno: s.n., 2016. 370
- [8] Rafael Menéndez, José. 2003. Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico. Lima: OIT/Oficina Subregional de los Países Andinos, 2003. 69.

- [8] HARSEM Teodoro "Diseño de estructuras de concreto armado" Pontificia Universidad Católica del Perú. 3RA EDICION.
- [9] LOPEZ, Javier. Simulación hidráulica de inundación en la zona urbana de la cuenca baja del rio Higueras – Huánuco – 2014. Tesis (Titulo de Ingeniería Civil). Perú: Universidad de Huánuco, 2014.
- [10] PUÑO, Napoleón. Control de las inundaciones en el valle del Rio Tumbes mediante la habilitación de un cauce de alivio – Simulación hidráulica. Revista de Investigación Científica Manglar [en línea]. 2016.