

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS DEL Km 99+000 AL Km 104+000**

ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE DERRUMBES

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOE GAVINO CARBAJAL BLAS

Lima- Perú

2010

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO 1 : ASPECTOS GENERALES	8
1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.	8
1.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.	10
1.3 RESUMEN DEL PERFIL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.	12
1.3.1 Identificación	13
1.3.2 Formulación y Evaluación	17
CAPITULO 2 : ASPECTOS TEÓRICOS REFERENTE A ESTABILIDAD DE TALUDES	30
2.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.	30
2.2 EFECTOS DEL AGUA EN LA RESISTENCIA DEL SUELO.	35
2.3 CAUSAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES.	37
2.4 TIPOS DE FALLA.	40
CAPITULO 3 : SISTEMAS PARA EL CONTROL DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES	43
3.1 MUROS DE CONCRETO SIMPLE.	43
3.2 MUROS DE GAVIONES.	45
3.3 SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES.	47
3.3.1 Sistema de Fajinas de Ladera.	50
3.4 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO.	56
3.5 COMPARACIÓN Y ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.	57

CAPITULO 4 : EXPEDIENTE TÉCNICO	58
4.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.	58
4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	58
4.3 PLANILLA DE METRADOS.	62
4.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.	63
4.5 PRESUPUESTO.	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	70

RESUMEN

El presente trabajo contiene información que es producto de la aplicación de los temas desarrollados en el curso de actualización de conocimientos del programa de titulación profesional. Contiene el estudio de alternativas de solución a los deslizamientos o desprendimientos de material que podrían ocurrir en los taludes que se sitúan entre las progresivas 99+000 y 104+000 de la carretera Cañete – Yauyos - Huancayo.

El primer capítulo está referido al Resumen del Estudio de Perfil, en el que se ha identificado como problema central el bajo nivel de transitabilidad de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo. Dicha identificación nos lleva a proponer de manera integral, tres alternativas de solución con el objetivo de mejorar el nivel de transitabilidad de dicha vía. Se elabora la formulación y evaluación del proyecto bajo la metodología Costo-Beneficio para la selección de la mejor alternativa.

El segundo capítulo presenta el marco teórico referente a la especialidad de geotecnia, específicamente al tema de estabilidad de taludes, el cual comprende el estudio de la resistencia al esfuerzo cortante, los parámetros geotécnicos para el diseño de estructuras de sostenimiento, la influencia del agua en la resistencia del suelo, tipos de falla de taludes, etc.

El tercer capítulo desarrolla los procesos constructivos de tres alternativas de solución a los problemas de estabilidad de taludes, como son: la construcción de un muro de sostenimiento de concreto simple, construcción de un muro de gaviones y construcción de fajinas de ladera. Se presenta además la elaboración de la propuesta económica de las alternativas anteriormente mencionadas, con la finalidad de compararlas y mostrar cual podría ser la más conveniente.

Finalmente el cuarto capítulo presenta la elaboración del expediente técnico de la alternativa que se recomienda, la cual contiene toda la información necesaria para la ejecución del proyecto de la alternativa seleccionada, que por fines prácticos, está referido sólo a las actividades necesarias para la construcción de dicha estructura.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01 Descripción de la ruta Cañete – Yauyos – Huancayo	10
Cuadro N° 1.02: Características de la calicata realizada en campo	12
Cuadro N° 1.03 Población Indirectamente Beneficiada	18
Cuadro N° 1.04 Cálculo de IMDa	20
Cuadro N° 1.05 Proyección del tráfico normal	21
Cuadro N° 1.06 Proyección del tráfico generado	21
Cuadro N° 1.07 Balance Oferta – Demanda	22
Cuadro N° 1.08 Costo de construcción de la alternativa 1	23
Cuadro N° 1.09 Costo de construcción de la alternativa 2	24
Cuadro N° 1.10 Costo de construcción de la alternativa 3	25
Cuadro N° 2.01 Valores de peso específico, fricción y cohesión	30
Cuadro N° 3.01 Ventajas y desventajas de algunos sistemas de bioingeniería	49
Cuadro N° 3.02 Sistemas radiculares de algunas especies vegetales	55
Cuadro N° 3.03 Especificaciones para la implantación de fajinas	56

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01 Mapa de ubicación del tramo evaluado	8
Figura N° 1.02 Mapa de la ruta Cañete – Yauyos – Huancayo	9
Figura N° 1.03 Árbol de causas y efectos	13
Figura N° 1.04 Árbol de medios y fines	14
Figura N° 1.05 Área de Influencia Indirecta	18
Figura N° 1.06 Área de Influencia Directa	19
Figura N° 2.01 Esquema del aparato de corte directo	33
Figura N° 2.02 Recta intrínseca entre esfuerzo normal y esfuerzo tangencial	34
Figura N° 2.03 Susceptibilidad de una masa de terreno a deslizar	37
Figura N° 2.04 Cambios en el contenido de agua del suelo	39
Figura N° 2.05 Esquema de la falla tipo planar	41
Figura N° 2.06 Esquema de la falla tipo cuña	41
Figura N° 2.07 Esquema de la falla tipo rotacional	42
Figura N° 3.01 Esquema de un muro de semi gravedad	43
Figura N° 3.02 Excavación de terreno para la construcción de fajinas	50
Figura N° 3.03 Habilidad de fajinas de ramas vivas	51
Figura N° 3.04 Amarre de fajinas con alambre	51
Figura N° 3.05 Colocación de las fajinas en la zanja previamente excavada	52
Figura N° 3.06 Fijación con estacas de madera	52
Figura N° 3.07 Recubrimiento de fajinas con material propio	53
Figura N° 3.08 Disposición horizontal de las fajinas	53
Figura N° 4.01 Especificaciones para la confección de una fajina	60
Figura N° 4.02 Esquema de la fijación con estacas de madera	62

LISTA DE SÍMBOLOS

γ_0 : Peso específico del agua destilada, a 4°C de temperatura y a la presión atmosférica correspondiente al nivel del mar.

γ_w : Peso específico del agua en las condiciones reales de trabajo; su valor difiere poco de γ_0 y, en muchas cuestiones prácticas, ambos son tomados como iguales.

γ_m : Peso específico de la masa del suelo.

γ_d : Peso específico aparente seco.

S : Grado de saturación.

n : porosidad.

Φ : ángulo de fricción interna

τ : Resistencia al esfuerzo cortante

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, pertenece al programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, el cual, Mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC/02, se crea con la finalidad de mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenible con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

Se realizó una visita de inspección a la mencionada carretera como parte del programa de monitoreo de la serviciabilidad, observándose que existen problemas de inestabilidad de taludes los cuales tienen como consecuencia derrumbes de material. El propósito del presente trabajo es la de desarrollar alternativas de solución frente a estos problemas, es por eso que se desarrolla el estudio de estructuras de retención como muros de concreto y gaviones, los cuales son comúnmente aplicados en este tipo de casos como solución a los problemas mencionados. Pero existen también sistemas alternativos para estabilizar taludes como por ejemplo la construcción fajinas de ladera, la cual es una técnica de bioingeniería que brinda solución a estos problemas utilizando recursos naturales, accesibles y no contaminantes.

El sistema de Fajinas de Ladera consiste en la colocación de fajas constituidas a la vez por ramas vivas, las cuales son colocadas en una zanja cuyo emplazamiento es paralelo a las curvas de nivel del talud, se colocan generalmente cada metro dependiendo de la inclinación del talud y tienen la finalidad de proteger al talud de la erosión que provocan las lluvias, así como densificar la tierra con las raíces volviendo al talud más estable.

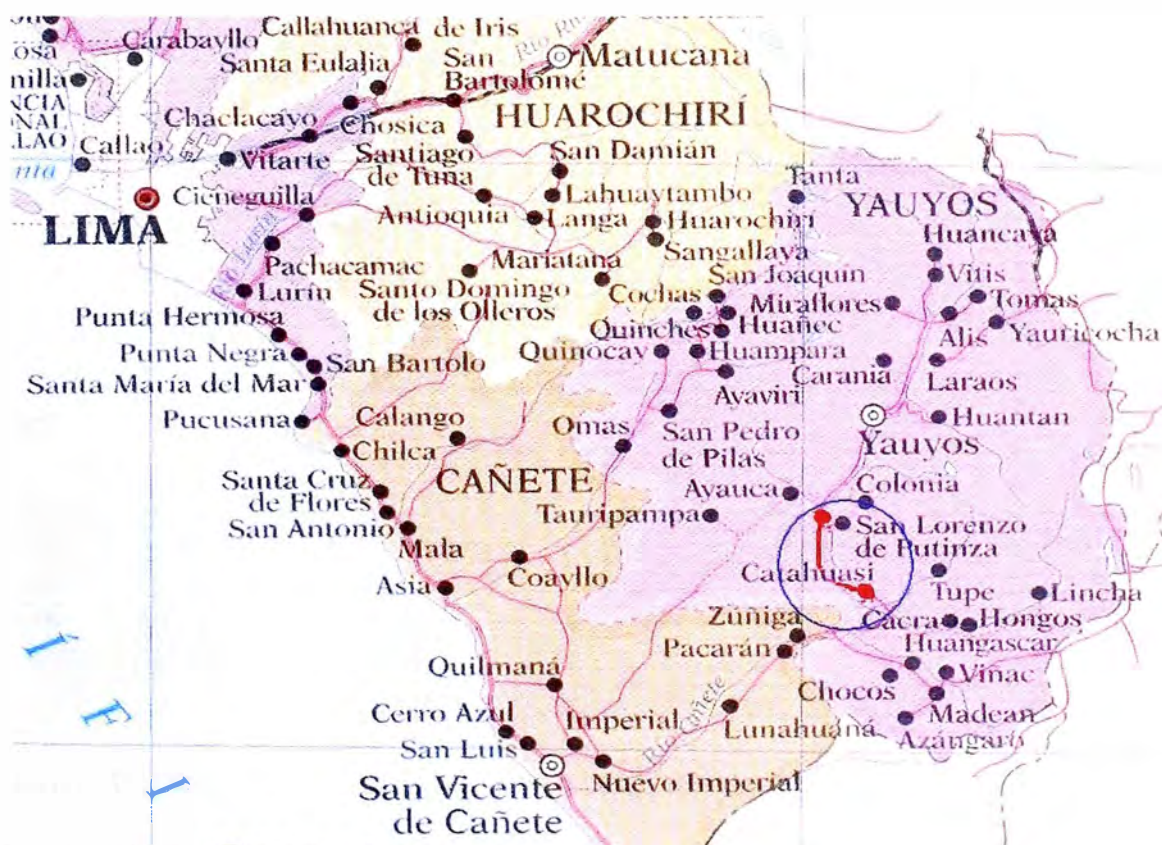
CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Yauyos, entre los poblados de Capillucas y Calachota, entre las progresivas 99+000 y 104+000 de la carretera Cañete – Yauyos - Huancayo, siendo las coordenadas UTM del punto de inicio y final 395041 E, 8595955 S; 395259 E, 8601794 S respectivamente. Su altitud varía desde los 710 m.s.n.m. hasta 4,600 m.s.n.m. y su longitud total es de 294.60 Km aproximadamente.

Figura N° 1.01_Mapa de Ubicación del Tramo a ser evaluado



Fuente: Elaboración Propia

Descripción de la ruta:

La carretera Cañete - Yauyos - Huancayo pertenece a la ruta 22 como se puede observar en la figura N° 1.02 y se desarrolla recorriendo las regiones de Lima y Junín.

La ruta 22 recorre los distritos de San Vicente, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, Yauyos, que pertenecen al departamento de Lima, y se extiende en el departamento de Junín, llegando hasta la ciudad de Huancayo. El tramo a evaluar se encuentra exactamente entre las progresivas 99+000 y 104+000 de dicha carretera, ubicados entre los distritos de Catahuasi y Yauyos, en la provincia de Yauyos.

Figura N° 1.02_ Mapa de la ruta Cañete – Yauyos – Huancayo.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Cuadro N° 1.01 Descripción de la ruta Cañete – Yauyos – Huancayo

DEPARTAMENTO	RUTA	NOMBRE DE CARRETERA	LONGITUD TOTAL (KM)	TIPO DE SUPERFICIE (KM)				
				ASFALTADO	SIN ASFALTAR			EN PROYECTO
					AFIRMADO	SIN AFIRMAR	TROCHA	
Ruta 22: Cañete –Yauyos – Negro Bueno – Huancayo								
Lima	022	Cañete – Yauyos – Tinco	191.60	45.00	0.00	0.00	0.00	146.60
Junín	022	Tinco – Negro Bueno - Huancayo	103.00	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

1.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

A nivel regional el tramo en estudio pertenece a la cuenca del río Cañete, el cual se incluye en dos unidades geológicas principales. La cordillera occidental, y la altiplanicie intramontañosa.

La geología incluye una gran variedad de litologías que abarcan desde el tránsito superior hasta el cuaternario reciente. La estructura geológica de la región es el resultado del tectonismo andino de la cordillera occidental, siendo este especialmente intenso en la zona norte. Las principales estructuras tectónicas presentes son fallas longitudinales, cabalgamientos y alineaciones de pliegues con dirección dominante NO-SE.

La constitución geológica de la zona, como parte de la cordillera occidental, representa unidades litológicas variadas. En el sector de la altiplanicie, la serie mesozoica se complementa hacia abajo con una secuencia calcárea y arenosa del triásico – jurásico y hacia el tope con las capas rojas que llegan hasta el oligoceno. La zona de estudio está compuesta por materiales del cretáceo inferior (ki) y medio (km).

ESTRATIGRAFÍA

En el área de estudio se ha diferenciado dos (2) unidades estratigráficas con edades que van desde el Cretáceo al Cuaternario reciente. A continuación se describe la secuencia de la columna estratigráfica.

Granodiorita tonalita (T-gdt-c)

Consisten en cuerpos de rocas. Se encuentran fracturadas, diaclasadas, meteorizadas, con disyunción esferiodal, generalmente con mediana resistencia al golpe.

Depósitos Aluviales (Qr-al)

Consisten de acumulaciones fluviales de materiales sueltos o poco consolidados de naturaleza heterogénea y heterométrica, conformados por bloques, cantos y gravas sub-redondeadas, envueltos por una matriz areno-limosa, que se depositaron durante el Holoceno.

CANTERAS

Con relación a las canteras cercanas al área de estudio podemos mencionar las siguientes:

Cantera Picamarán (km 56+600)

El material de esta cantera se denomina cuarzomonzonita, presenta una resistencia promedio a la compresión simple de 142 Mpa, lo cual garantiza que este tipo de material es adecuado para protección del cauce de ríos.

Cantera Rio Cañete (km 81+850)

Se caracteriza por presentar bancos de cantos rodados, gravas redondeadas, con 2.5% de material fino (menor a la malla N° 200). Presenta clasificación GW y puede ser utilizado en concretos asfálticos, concreto hidráulico, bases, sub bases y relleno.

Cantera Huantan (km 138+800)

Presenta material granular, con partículas angulosas a sub angulosas, con 9.6% de cantidad de finos (menor de la malla N° 200) con clasificación GP-GC, GW-GC, (SUCS), o A-1a (0), A-2-6 (0), A-2-4 (0) (AASHTO), puede ser utilizado para rellenos, sub base y base granular.

Dentro del programa de monitoreo de serviciabilidad de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, se realizó el análisis de una calicata dentro del tramo designado por la escuela profesional de la facultad de ingeniería civil.

El siguiente cuadro muestra el resumen de dicho ensayo.

Cuadro N° 1.02 Características de la calicata realizada en campo

Calicata	Progresiva	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)
C-1	103+000	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

La muestra representativa del material obtenido de la calicata fue trasladada al laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil, sometiéndose a los siguientes ensayos:

- ✓ Límites de consistencia ASTM D4318
- ✓ Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422

Los resultados obtenidos muestran que el material presenta un 20.8 % de grava, 51.6 % de arena y 27.6 % de finos. Además un límite líquido de 28% no presentando índice plástico, clasificándose según el SUCS (ASTM D-2487) como SM o arena limosa.

1.3 RESUMEN DEL PERFIL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

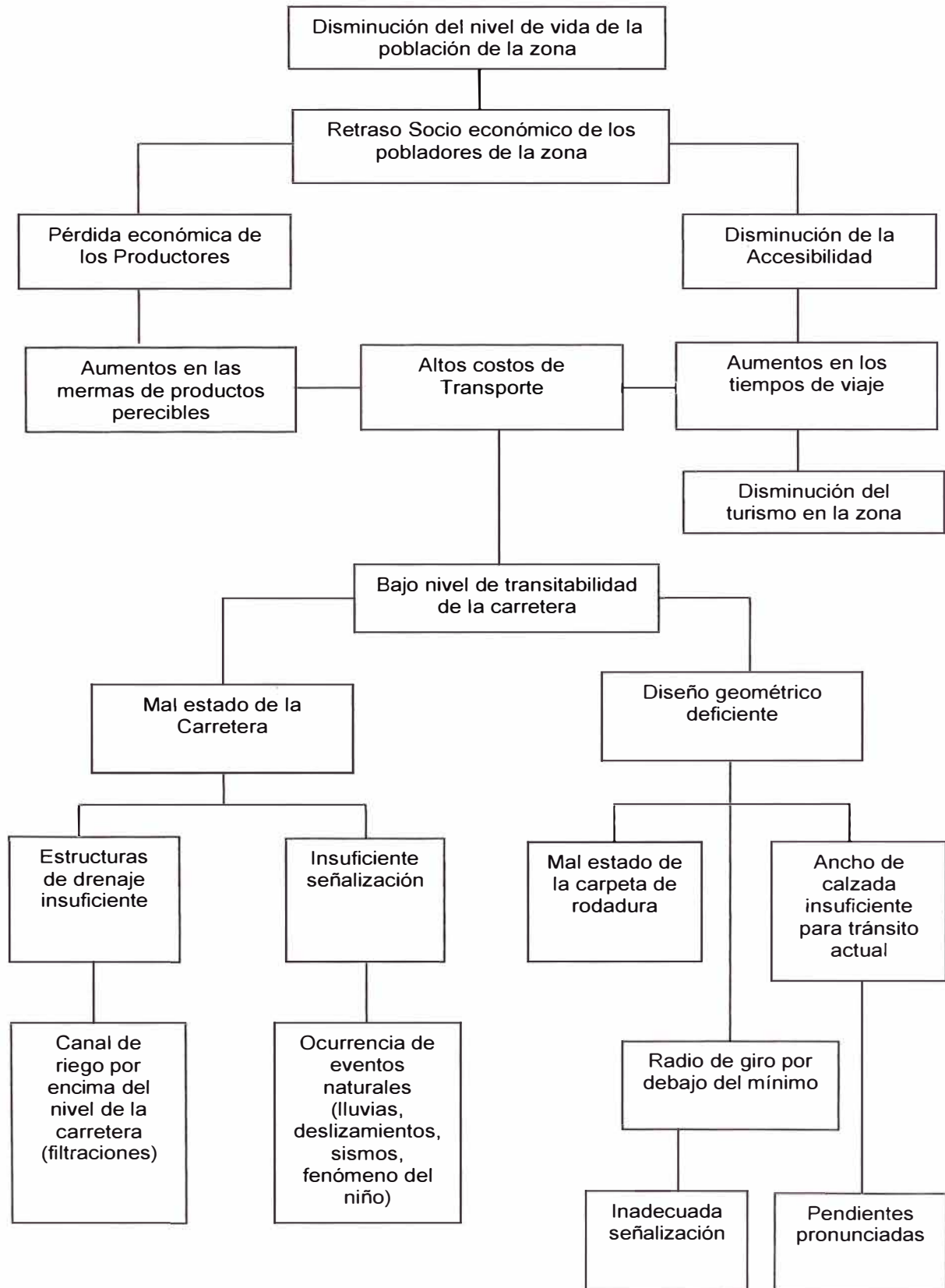
1.3.1 identificación

Descripción del problema y sus causas

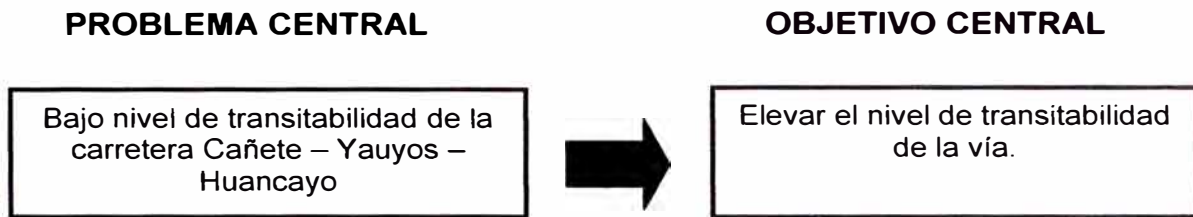
Problema Central

Bajo nivel de transitabilidad de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo debido al mal estado de la carretera y diseño geométrico deficiente, lo que origina altos costos de transportes y tiempos de viaje excesivos, perjudicando con ello las actividades socio económicas de la zona. En seguida se identifica el problema central mediante el árbol de causas y efectos.

Figura N° 1.03_árbol de causas y efectos

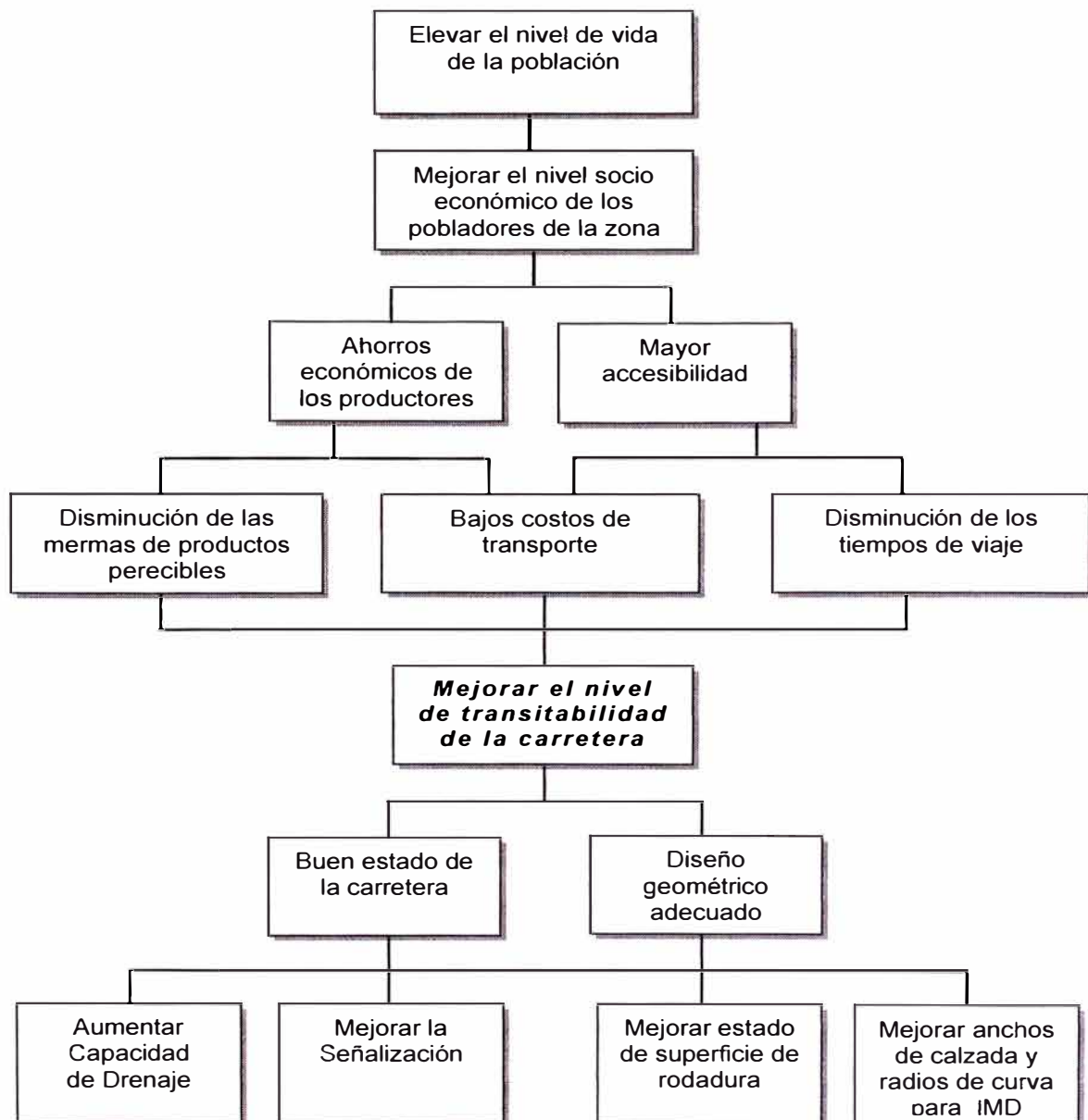


Objetivo Central del proyecto:



Vista la problemática, el objetivo que plantea el proyecto es “Mejorar el nivel de transitabilidad de la carretera”.

Figura 1.04_Árbol de medios y fines



ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Alternativa 1

Se propone tratamiento superficial monocapa (TSM), con un ancho promedio de 4.5m, bombeo de 1%, se propone cunetas no revestidas en un tramo de 3,5 km para encausar las aguas provenientes de las lluvias que a la vez serán evacuadas por las alcantarillas de concreto armado existentes.

Se plantea revestir con mortero impermeabilizado las paredes interiores de un canal en un tramo de 50m, se plantea realizar la limpieza de las alcantarillas existentes, eliminando los elementos que estorban el paso del agua.

Con relación al problema de estabilidad de taludes se plantea la construcción de un Muro de contención mediante el sistema de gaviones, como medida preventiva al derrumbe de material suelto.

Inicialmente, para realizar la evaluación económica de las propuestas de intervención en su conjunto, se ha considerado en los costos de inversión, un plan de mantenimiento de botadero y manejo de canteras. Los montos considerados se mantendrán en las alternativas, ya que cada una de las propuestas tendrá estas partidas y se mantiene constante.

Debido a los problemas encontrados en la visita de campo, se ha considerado un plan de manejo de residuos sólidos, ya que la disposición actual de éstos ocasionará problemas futuros cuando se produzcan las lluvias en la zona. En este plan se planteará realizar campañas educativas, que sensibilicen en el cuidado del medio ambiente, haciendo un uso adecuado de los residuos sólidos.

Con respecto a la seguridad vial, se aprovechará las capacitaciones realizadas para un adecuado manejo de residuos sólidos, para educar en seguridad vial a peatones, lugareños y conductores, sensibilizando para evitar accidentes de tránsito.

Alternativa 2

Se propone tratamiento superficial Slurry Seal, con un ancho promedio de 4.5 m, bombeo de 1%, Se propone cunetas triangulares de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, en una longitud de 50m a los extremos de cada alcantarilla, siendo 700m de cunetas por las 7 alcantarilla existentes. La propuesta técnica es con la finalidad

de evacuar el agua de una manera más eficiente hacia las alcantarillas; estas aguas a la vez serán evacuadas por 01 alcantarilla TMC de Ø36", donde los cabezales, parapeto, alas son de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Se plantea revestir con mortero impermeabilizado las paredes interiores del canal en un tramo de 50m, se plantea realizar la limpieza de las alcantarillas TMC de Ø36".

Con relación al problema de estabilidad de taludes se plantea la construcción de un Muro de contención mediante el sistema de gaviones, como medida preventiva al derrumbe de material suelto.

Inicialmente, para realizar la evaluación económica de las propuestas de intervención en su conjunto, se ha considerado en los costos de inversión, un plan de mantenimiento de botadero y manejo de canteras. Los montos considerados se mantendrán en las alternativas, ya que cada una de las propuestas tendrá estas partidas y se mantiene constante.

Debido a los problemas encontrados en la visita de campo, se ha considerado un plan de manejo de residuos sólidos, ya que la disposición actual de éstos ocasionará problemas futuros cuando se produzcan las lluvias en la zona. En este plan se planteará realizar campañas educativas, que sensibilicen en el cuidado del medio ambiente, haciendo un uso adecuado de los residuos sólidos. Con respecto a la seguridad vial, se aprovechará las capacitaciones realizadas para un adecuado manejo de residuos sólidos, para educar en seguridad vial a peatones, lugareños y conductores, sensibilizando para evitar accidentes de tránsito.

Alternativa 3

Se propone colocar una carpeta asfáltica de espesor 2", sobre el tratamiento superficial existente, el ancho promedio de la vía es 4.5 m longitud del tramo de 5.00 Kms.

Se propone cunetas triangulares de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, en una longitud de 3,500m para encausar las aguas provenientes de las lluvias y no se discurran por la vía causando deterioro de la superficie; estas aguas a la vez serán encausadas por las alcantarillas de TMC de Ø36" existentes, donde los cabezales, parapeto, alas son de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Se plantea revestir con mortero impermeabilizado las paredes interiores del canal en un tramo de 50 m, se plantea realizar la limpieza de las alcantarillas existentes, eliminando los elementos que estorban el paso del agua.

Con relación al problema de estabilidad de taludes se plantea la construcción de un Muro de contención mediante el sistema de gaviones, como medida preventiva al derrumbe de material suelto.

Inicialmente, para realizar la evaluación económica de las propuestas de intervención en su conjunto, se ha considerado en los costos de inversión, un plan de mantenimiento de botadero y manejo de canteras. Los montos considerados se mantendrán en las alternativas, ya que cada una de las propuestas tendrá estas partidas y se mantiene constante.

Debido a los problemas encontrados en la visita de campo, se ha considerado un plan de manejo de residuos sólidos, ya que la disposición actual de éstos ocasionará problemas futuros cuando se produzcan las lluvias en la zona. En este plan se planteará realizar campañas educativas, que sensibilicen en el cuidado del medio ambiente, haciendo un uso adecuado de los residuos sólidos.

Con respecto a la seguridad vial, se aprovechará las capacitaciones realizadas para un adecuado manejo de residuos sólidos, para educar en seguridad vial a peatones, lugareños y conductores, sensibilizando para evitar accidentes de tránsito.

En este aspecto se propone colocar señalización de madera, pues tiene un menor costo de inversión que la señalización de metal, analizando la situación social si colocamos señalización de metal los pobladores pueden retirarlo y vender como material de reciclaje obteniendo un ingreso en esta situación si la señalización es de madera el costo de reposición es menor que el de metal, es por ello que proponemos colocar señalización de madera y no de metal en lo que respecta a señalización vertical.

En el caso de señalización horizontal entiéndase por ello pintura en el pavimento lo que se propone es colocar una pintura al tráfico de mediana calidad.

1.3.2 formulación y evaluación

a) Área de Influencia Indirecta

Se caracteriza a nivel departamental. Los departamentos ubicados dentro del área de influencia son Lima y Junín.

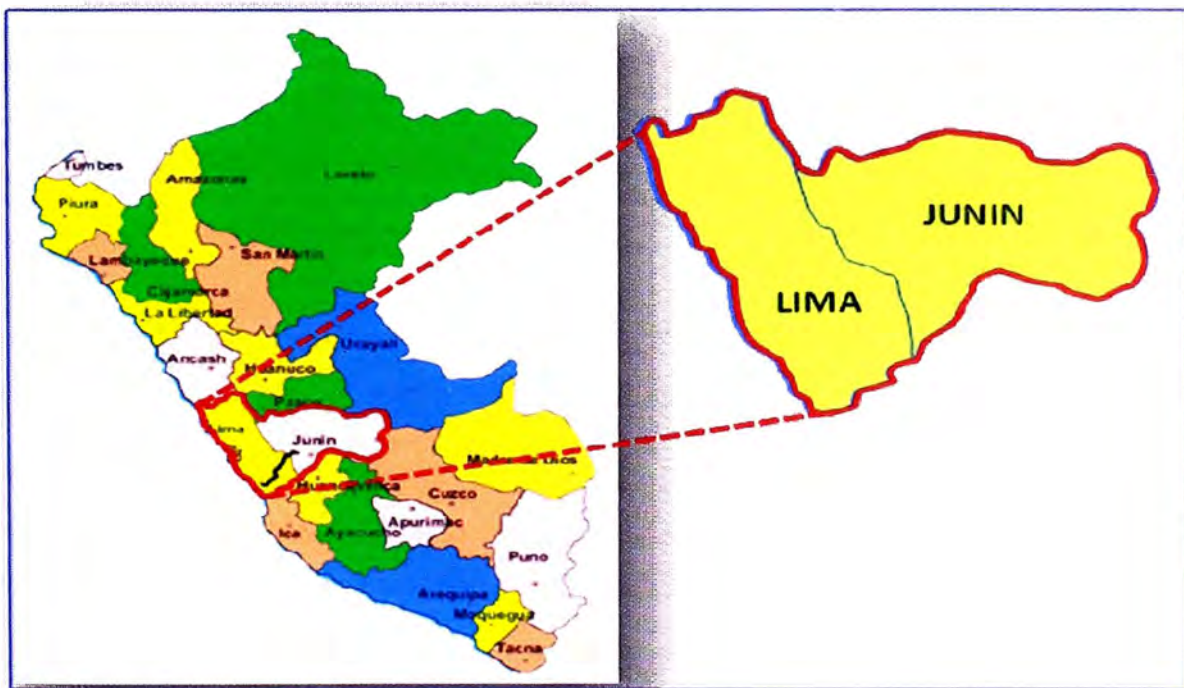
Cuadro N° 1.03 Población Indirectamente Beneficiada

Departamento	Población 2007
Lima	8'445,211
Junín	1'225,474
Total	9'670,685

Elaboración propia

Fuente: Del número de Habitantes INEI Censo 2007

Figura N° 1.05_ Área de Influencia Indirecta



Fuente: Elaboración Propia

b) Área de Influencia Directa

Se caracteriza hasta el nivel distrital. Se lista las cinco (05) provincias y los treinta y dos (32) distritos ubicados dentro del área de influencia.

La población beneficiaria directa de la serviciabilidad de la carretera Cañete – Yauyos - Huancayo, son los que viven a lo largo de ésta, en los distritos de San

Vicente de Cañete, Imperial, Lunahuaná, Nuevo Imperial, Pacarán, Zúñiga, en la provincia de Cañete; y los distritos de Yauyos, Alis, Cochas, Catahuasi, Putinza y Vitis.

Figura N° 1.06_ Área de Influencia Directa



Fuente: Elaboración Propia

En los siguientes cuadros se muestran la población total que se tiene en las provincias de Cañete y Yauyos según los resultados del CENSO del año 2007.

Estudio de Tráfico

El objetivo es estimar el tráfico actual y futuro. Esta información será útil para dimensionar y definir las características técnicas de la carretera.

Cabe señalar que durante el año, el tráfico de una carretera varía constantemente dependiendo del ciclo de actividades y de producción de la zona de influencia del proyecto. Así el tráfico será mayor en estaciones de cosechas y festividades que en otros periodos del año. Por lo que es importante ajustar los resultados por un factor de estacionalidad.

A nivel de perfil, para efectos de determinar el tráfico vehicular diario también llamado Índice Medio Diario Vehicular (IMD), se ha calculado de la siguiente manera:

Cuadro N° 1.04 Cálculo de IMDa

Tipo de Vehículo	May-08							Total Semana	IMDs	FC	IMDa
	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes				
Auto	2	3	1	1	3	1	-	11	2	1.1	2
Station Wagon	2	1	-	2	3	-	2	10	1	1.1	1
Camnt Pick up	22	28	26	9	8	10	16	119	17	1.1	19
Camnt Rural	5	7	1	6	4	2	1	26	4	1	4
Micro	2	7	-	-	-	-	-	9	1	1	1
Omnih 2 ejes	7	2	8	7	11	6	8	49	7	1	7
Omnih +2 ejes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2 ejes	8	19	10	9	8	6	7	67	10	1	10
Camión 3 ejes	11	14	7	13	10	12	13	80	11	1	11
Camión 4 ejes	-	-	-	5	-	-	-	5	-	1	-
Total	59	81	53	52	47	37	47	367	53		55

IMDs: índice medio semanal

IMDa: índice medio diario anual

Fuente: Elaboración propia

Proyección de Tránsito

a) Proyección de Tráfico Normal

Se ha considerado la tasa de crecimiento anual de vehículos de pasajeros equivalente, a la tasa de crecimiento anual de la población en el área de influencia ($R_{pob}=2\%$).

Para la tasa de crecimiento anual de vehículos de carga, se ha tomado el crecimiento anual del indicador mensual de la producción anual ($PBI=6.12\%$)

Cuadro N° 1.05 Proyección del tráfico normal

Tipo de Vehículo	PROYECCIÓN DEL TRÁFICO NORMAL (veh/día)								
	Tasa de Crec. %	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Auto	2.00 %	2	2	2	2	2	2	2	2
Station Wagon	2.00 %	1	1	1	1	1	1	1	1
Camnt Pick up	2.00 %	19	19	20	20	21	21	21	22
Camnt Rural	2.00 %	4	4	4	4	4	4	5	5
Micro	2.00 %	1	1	1	1	1	1	1	1
Omnih 2 ejes	6.12 %	7	7	8	8	9	9	10	11
Omnih +2 ejes	6.12 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2 ejes	6.12 %	8	8	9	10	10	11	11	12
Camión 3 ejes	6.12 %	11	12	12	13	14	15	16	17
Camión 4 ejes	6.12 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		53	54	57	59	62	64	67	71

Fuente: Elaboración propia

b) Proyección del Tráfico Generado

Cuadro N° 1.06 Proyección del tráfico generado

Tipo de Vehículo	PROYECCIÓN DEL TRÁFICO GENERADO (veh/día)								
	Tasa de Crec. %	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Auto	2.00 %	-	2	2	2	2	2	2	2
Station Wagon	2.00 %	-	1	1	1	1	1	1	1
Camnt Pick up	2.00 %	-	23	23	24	24	25	25	26
Camnt Rural	2.00 %	-	5	5	5	5	5	6	6
Micro	2.00 %	-	1	1	1	1	1	1	1
Omnih 2 ejes	6.12 %	-	8	8	9	10	10	11	11
Omnih +2 ejes	6.12 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2 ejes	6.12 %	-	10	11	11	12	13	13	14
Camión 3 ejes	6.12 %	-	14	15	16	17	18	19	20
Camión 4 ejes	6.12 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			64	66	69	72	75	78	81

Fuente: Elaboración propia

BALANCE OFERTA – DEMANDA

Cuadro N° 1.07 Balance Oferta - Demanda

CARRETERA	ESTADO ACTUAL 5km	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1. Car. de la Vía				
Longitud (m)	5,000	5,000	5,000	5,000
Tipo de material del superficie	Trocha	TSM	TS.SLURRY	ASFALTO
Ancho de calzada (m)	4.5	4.5	4.5	4.5
Estado de conservación	Malo	----	----	----
Tipo de daño	Erosión lateral	----	----	----
Pendiente (%)	4%	4%	4%	4%
Bombeo (%)	1%	1%	1%	1%
N° de Canteras	2	2	2	2
Muros de sostenimiento	----	Si	Si	Si
Estado de conservación	----	----	----	----
3. Drenaje				
Alcantarillas de TMC	7	Si	Si	Si
Estado de conservación	Regular	----	----	----
Tajeas	2	----	----	----
Estado de conservación	Bueno	----	----	----
Cunetas revestidas	No	Si	Si	Si
4. Impacto Ambiental				
Zonas de Botadero	SI	Si	Si	Si

COSTOS

Costos en la situación “Sin Proyecto” (correspondiente a la situación base)

Con la finalidad de mantener una adecuada transitabilidad de la carretera en la situación base (sin proyecto) se ha considerado actividades de mantenimiento rutinario. El costo anual de mantenimiento rutinario por kilometro se estima en US\$ 1,500. Este costo permitirá poder comparar sus beneficios respecto a la alternativa con Proyecto.

Costos en la situación “Con Proyecto”

Con la finalidad de mantener una adecuada transitabilidad de la carretera en la situación con proyecto, se ha considerado actividades de construcción y

mantenimiento. El costo directo de las actividades a realizar según cada alternativa se muestra a continuación en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 1.08 Costo de construcción de la alternativa 1

MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS DEL KM 99+000 AL KM 104+000 ALTERNATIVA N° 1					
Item	Descripción	Und	Metrado	P.U	Parcial
01.00.00	Obras Preliminares				
01.01.00	Movilización y desmovilización	Glb	1.00	7,147.20	7,147.20
01.02.00	Almacén y Guardianía	Glb	1.00	3,500.00	3,500.00
01.03.00	Trazo Nivelación y Replanteo	Km	5.00	850.00	4,250.00
02.00.00	Superficie de Rodadura				
02.01.00	Corte de Terreno H=30 cm	M3	6,750.00	3.70	24,975.00
02.02.00	Eliminación de Material	M3	8,775.00	30.99	271,937.25
02.03.00	Escarificado y Conformación de Subrasante	M2	22,500.00	1.16	26,100.00
02.04.00	Relleno con Material de Préstamo	M3	4,500.00	43.62	196,290.00
02.05.00	Tratamiento Superficial Bicapa	M2	22,500.00	3.36	75,600.00
03.00.00	Obras de Arte y Drenaje				
03.01.00	Construcción de Cunetas en terreno Natural	MI	3,500.00	4.24	14,840.00
03.02.00	Perfilado y Compactado para Cunetas	M2	3,325.00	2.93	9,742.25
03.03.00	Limpieza de Alcantarilla TMC Ø36	Und	7.00	186.49	1,305.43
03.04.00	Limpieza de Badenes	Und	1.00	300.00	300.00
03.05.00	Mortero Impermeabilizante en canal	M2	50.00	17.15	857.50
03.06.00	Gavión tipo Cajón	M3	325.00	129.50	42,087.50
04.00.00	Medidas de Impacto Ambiental				
04.01.00	Tratamiento de Botaderos	Glb	1.00	2,000.00	2,000.00
04.02.00	Tratamiento de Canteras	Glb	1.00	1,500.00	1,500.00
04.03.00	Plan de Manejo de Impactos Sociales	Glb	1.00	115,000.00	115,000.00
05.00.00	Señales				
05.01.00	Señales Informativas	Und	2.00	650.00	1,300.00
05.02.00	Señales Preventivas	Und	125.00	216.00	27,000.00
05.03.00	Señales Reglamentarias	Und	50.00	254.00	12,700.00
05.04.00	Hitos Kilométricos de Concreto	Und	6.00	92.80	556.80
05.05.00	Postes Delimitadores de Madera	Und	80.00	71.00	5,680.00
05.06.00	Marcas en el Pavimento	M2	1,500.00	7.70	11,550.00
	Costo Directo				856,218.93
	Gastos Generales (10%)				85,621.89
	Utilidades (10%)				85,621.89
	Sub total				1'027,462.72
	Igv (19%)				195,217.92
	Total				1'222,680.63

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 1.09 Costo de construcción de la alternativa 2

MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS					
DEL KM 99+000 AL KM 104+000					
ALTERNATIVA N° 2					
Item	Descripción	Und	Metrado	P.U	Parcial
01.00.00	Obras Preliminares				
01.01.00	Movilización y desmovilización	Glb	1.00	7,147.20	7,147.20
01.02.00	Almacén y Guardianía	Glb	1.00	3,500.00	3,500.00
01.03.00	Trazo Nivelación y Replanteo	Km	5.00	850.00	4,250.00
02.00.00	Superficie de Rodadura				
02.01.00	Corte de Terreno H=30 cm	M3	6,750.00	3.70	24,975.00
02.02.00	Eliminación de Material	M3	8,775.00	30.99	271,937.25
02.03.00	Escarificado y Conformación de Subrasante	M2	22,500.00	1.16	26,100.00
02.04.00	Relleno con Material de Préstamo	M3	4,500.00	43.62	196,290.00
02.05.00	Tratamiento Superficial Slurry	M2	22,500.00	8.05	181,125.00
03.00.00	Obras de Arte y Drenaje				
03.01.00	Cunetas de Concreto $f_c=175$ kg/cm ²	MI	700.00	88.76	62,132.00
03.02.00	Construcción de Cunetas en terreno Natural	MI	2,800.00	4.24	11,872.00
03.03.00	Alcantarilla TMC Ø36	Und	1.00	3,247.30	3,247.30
03.04.00	Limpieza de Alcantarilla TMC Ø36	Und	7.00	186.49	1,305.43
03.05.00	Limpieza de Badenes	Und	1.00	300.00	300.00
03.06.00	Mortero Impermeabilizante en canal	M2	50.00	17.15	857.50
03.07.00	Gavión tipo Cajón	M3	325.00	129.50	42,087.50
04.00.00	Medidas de Impacto Ambiental				
04.01.00	Tratamiento de Botaderos	Glb	1.00	2,000.00	2,000.00
04.02.00	Tratamiento de Canteras	Glb	1.00	1,500.00	1,500.00
04.03.00	Plan de Manejo de Impactos Sociales	Glb	1.00	115,000.00	115,000.00
05.00.00	Señales				
05.01.00	Señales Informativas	Und	2.00	650.00	1,300.00
05.02.00	Señales Preventivas	Und	125.00	216.00	27,000.00
05.03.00	Señales Reglamentarias	Und	50.00	254.00	12,700.00
05.04.00	Hitos Kilométricos de Concreto	Und	6.00	92.80	556.80
05.05.00	Postes Delimitadores de Madera	Und	80.00	71.00	5,680.00
05.06.00	Marcas en el Pavimento	M2	1,500.00	7.70	11,550.00
	Costo Directo				1'014,412.98
	Gastos Generales (10%)				101,441.30
	Utilidades (10%)				101,441.30
	Sub total				1'217,295.58
	Igv (19%)				231,286.16
	Total				1'448,581.74

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 1.10 Costo de construcción de la alternativa 3

MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS					
DEL KM 99+000 AL KM 104+000					
ALTERNATIVA N° 3					
Item	Descripción	Und	Metrado	P.U	Parcial
01.00.00	Obras Preliminares				
01.01.00	Movilización y desmovilización	Glb	1.00	7,147.20	7,147.20
01.02.00	Almacén y Guardianía	Glb	1.00	3,500.00	3,500.00
01.03.00	Trazo Nivelación y Replanteo	Km	5.00	584.78	2,923.90
02.00.00	Superficie de Rodadura				
02.01.00	Corte de Terreno H=30 cm	M3	6,750.00	3.70	24,975.00
02.02.00	Eliminación de Material	M3	8,775.00	30.99	271,937.25
02.03.00	Escarificado y Conformación de Subrasante	M2	22,500.00	1.16	26,100.00
02.04.00	Relleno con Material de Préstamo	M3	4,500.00	43.62	196,290.00
02.05.00	Asfalto en Caliente, E=2"	M2	22,500.00	40.00	900,000.00
03.00.00	Obras de Arte y Drenaje				
03.01.00	Cunetas de Concreto f _c =175 kg/cm ²	MI	3,500.00	88.76	310,660.00
03.02.00	Alcantarilla de Concreto Armado	Und	1.00	4,950.00	4,950.00
03.04.00	Limpieza de Alcantarilla TMC Ø36	Und	7.00	186.49	1,305.43
03.05.00	Limpieza de Badenes	Und	1.00	300.00	300.00
03.06.00	Mortero Impermeabilizante en canal	M2	50.00	17.15	857.50
03.07.00	Gavión tipo Cajón	M3	325.00	129.50	42,087.50
04.00.00	Medidas de Impacto Ambiental				
04.01.00	Tratamiento de Botaderos	Glb	1.00	2,000.00	2,000.00
04.02.00	Tratamiento de Canteras	Glb	1.00	1,500.00	1,500.00
04.03.00	Plan de Manejo de Impactos Sociales	Glb	1.00	115,000.00	115,000.00
05.00.00	Señales				
05.01.00	Señales Informativas	Und	2.00	650.00	1,300.00
05.02.00	Señales Preventivas	Und	125.00	216.00	27,000.00
05.03.00	Señales Reglamentarias	Und	50.00	254.00	12,700.00
05.04.00	Hitos Kilométricos de Concreto	Und	6.00	92.80	556.80
05.05.00	Postes Delimitadores de Madera	Und	80.00	71.00	5,680.00
05.06.00	Marcas en el Pavimento	M2	1,500.00	7.70	11,550.00
	Costo Directo				1'970,320.58
	Gastos Generales (10%)				197,032.06
	Utilidades (10%)				197,032.06
	Sub total				2'364,384.70
	Igv (19%)				449,233.09
	Total				2'813,617.79

Fuente: Elaboración propia

Costos de operación vehicular (COV) (U.S \$ Veh/Km)

Cuadro N° 1.11 Costo de operación vehicular

Sin proyecto		Con proyecto	
Trocha	T.S.M	Slurry	C Asfáltica
0.52	0.30	0.26	0.24
0.56	0.41	0.37	0.6
1.03	0.68	0.58	0.53
1.16	0.87	0.80	0.77
2.09	1.29	1.02	0.87
2.45	1.64	1.38	1.21
2.62	1.93	1.71	1.58

Reducción o ahorros de COV (costo de operación vehicular)

Alternativa n° 1

Años	Auto	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Total
1							
2	1,318.70	6,893.10	699.30	4,131.20	13,024.50	18,132.60	44,199.40
3	1,345.10	7,031.00	713.30	4,384.00	13,821.60	19,242.30	46,537.20
4	1,372.00	7,171.60	727.60	4,652.30	14,667.50	20,419.90	49,010.80
5	1,399.40	7,315.00	742.10	4,937.10	15,565.10	21,669.60	51,628.30
6	1,427.40	7,461.3	756.90	5,239.20	16,517.70	22,995.80	54,398.40
7	1,455.90	7,610.50	772.10	5,559.90	17,528.60	24,403.10	57,330.20
8	1,485.00	7,762.80	787.50	5,900.10	18,601.40	25,896.60	60,433.40

Alternativa n° 2

Años	Auto	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Total
1							
2	1,558.40	8,731.30	899.10	5,128.40	17,420.30	23,952.90	57,690.40
3	1,589.60	8,905.90	917.10	5,442.30	18,486.40	25,418.80	60,760.10
4	1,621.40	9,084.00	935.40	5,775.30	19,617.80	26,974.40	64,008.10
5	1,653.80	9,265.70	954.10	6,128.80	20,818.40	28,625.30	67,446.10
6	1,686.90	9,451.00	973.20	6,503.90	22,092.50	30,377.10	71,084.60
7	1,720.60	9,640.00	992.70	6,901.90	23,444.50	32,236.20	74,936.00
8	1,755.10	9,832.80	1,012.50	7,324.30	24,879.30	24,209.10	79,013.10

Alternativa n° 3

Años	Auto	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Total
1							
2	1,678.30	9,190.80	999.00	5,555.80	19,862.40	27,758.50	65,044.80
3	1,711.90	9,374.60	1,019.00	5,895.80	21,078.00	29,457.30	68,536.50
4	1,746.10	9,562.10	1,039.40	6,256.60	22,367.90	31,260.10	72,232.20
5	1,781.00	9,753.40	1,060.10	6,639.50	23,736.80	33,173.20	76,144.10
6	1,816.70	9,948.40	1,081.30	7,045.80	25,189.50	35,203.40	80,285.20
7	1,853.00	10,147.40	1,103.00	7,477.10	26,731.10	37,357.90	84,669.40
8	1,890.10	10,350.30	1,125.00	7,934.60	28,367.10	39,644.20	89,311.30

REDUCCION DE TIEMPOS DE VIAJE ALTERNATIVA 1

Costo total de Tiempo de viaje sin proyecto	Costo total de Tiempo de viaje alternativa 1	Diferencia de tiempo viaje Tráfico normal	Diferencia de tiempo viaje Tráfico generado	Reducción de tiempo de viaje total
1836.0	734.4	1101.6	97.2	1198.8
1872.7	749.1	1123.6	99.1	1222.8
1910.2	764.1	1146.1	101.1	1247.2
1948.4	779.4	1169.0	103.1	1272.2
1987.3	794.9	1192.4	105.2	1297.6
2027.1	810.8	1216.3	107.3	1323.6
2067.6	827.1	1240.6	109.5	1350.0

REDUCCION DE TIEMPOS DE VIAJE ALTERNATIVA 2

Costo total de Tiempo de viaje sin proyecto	Costo total de Tiempo de viaje alternativa 2	Diferencia de tiempo viaje Tráfico normal	Diferencia de tiempo viaje Tráfico generado	Reducción de tiempo de viaje total
1836.0	612.0	1224.0	108.0	1332.0
1872.7	624.2	1248.5	110.2	1358.6
1910.2	636.7	1273.4	112.4	1385.8
1948.4	649.5	1298.9	114.6	1413.5
1987.3	662.4	1324.9	116.9	1441.8
2027.1	675.7	1351.4	119.2	1470.6
2067.6	689.2	1378.4	121.6	1500.0

REDUCCION DE TIEMPOS DE VIAJE ALTERNATIVA 3

Costo total de Tiempo de viaje sin proyecto	Costo total de Tiempo de viaje alternativa 2	Diferencia de tiempo viaje Tráfico normal	Diferencia de tiempo viaje Tráfico generado	Reducción de tiempo de viaje total
1836.0	459.0	1377.0	121.5	1498.5
1872.7	468.2	1404.5	123.9	1528.5
1910.2	477.5	1432.6	126.4	1559.0
1948.4	487.1	1461.3	128.9	1590.2
1987.3	496.8	1490.5	131.5	1622.0
2027.1	506.8	1520.3	134.1	1654.5
2067.6	516.9	1550.7	136.8	1687.6

EVALUACIÓN

Costos de mantenimiento

N°	Sin Proyecto	Con Proyecto		
		1° Alternativa	2° Alternativa	3° Alternativa
	Trocha	TSM	Slurry	C. Asfáltica
1		326,048.20	392,835.70	763,015.00
2	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00
3	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00
4	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00
5	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00
6	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00
7	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00
8	52,500.00	41,250.00	37,500.00	37,500.00

VALOR ACTUAL NETO DEL PROYECTO DE TSM			
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Ahorro por reducción de tiempo de viaje	Flujo Neto del Proyecto
-326048.2			-326048.2
11250.0	44199.4	1198.8	56648.2
11250.0	46537.2	1222.8	59010.0
11250.0	49010.8	1247.2	61508.1
11250.0	51628.3	1272.2	64150.5
11250.0	54398.4	1297.6	66946.0
11250.0	57330.2	1323.6	69903.7
11250.0	60433.4	1350.0	73033.5
			270399.8
VAN ()			-55648.3

VALOR ACTUAL NETO DEL PROYECTO T.S SLURRY			
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Ahorro por reducción de tiempo de viaje	Flujo Neto del Proyecto
-392835.7			-392835.7
15000.0	57690.4	1332.0	74022.4
15000.0	60760.1	1358.6	77118.7
15000.0	64008.4	1385.8	80394.2
7218.7	67446.1	1413.5	76078.4
15000.0	71084.6	1441.8	87526.4
15000.0	74936.0	1470.6	91406.6
15000.0	79013.1	1500.0	95513.2
			348853.2
VAN ()			-43982.5

VALOR ACTUAL NETO DEL PROYECTO CARPETA ASFALTICA			
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Ahorro por reducción de tiempo de viaje	Flujo Neto del Proyecto
-763015.0			-763015.0
22500.0	65044.8	1498.5	89043.3
22500.0	68536.5	1528.5	92565.0
22500.0	72232.2	1559.0	96291.3
22500.0	76144.1	1590.2	100234.3
22500.0	80285.2	1622.0	104407.3
22500.0	84669.4	1654.5	108823.9
22500.0	89311.3	1687.6	113498.9
			422837.5
VAN ()			-340177.5

De los tres cuadros anteriormente mostrados se puede concluir que ninguna alternativa es rentable, pues el valor actual neto (VAN) es negativo (<0). Esto se debe a que la magnitud en los gastos de construcción son elevados, pero de las tres propuestas, la alternativa con tratamiento superficial "Slurry Seal" arroja un VAN mayor a las otras dos alternativas.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS TEÓRICOS REFERENTE A ESTABILIDAD DE TALUDES

2.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

La resistencia al esfuerzo cortante entre dos partículas es la fuerza que debe aplicarse para producir un deslizamiento relativo entre las mismas. El origen de esta resistencia esta en las fuerzas atractivas que actúan entre los átomos superficiales de las partículas. Esta fuerza atractiva da lugar a la formación de enlaces químicos en los puntos de contacto superficiales. Así pues, la resistencia por fricción entre dos partículas es fundamentalmente de la misma naturaleza que la resistencia al esfuerzo cortante de un bloque de material solido intacto.

COHESIÓN

La resistencia tangencial total entre partículas es independiente de la fuerza normal aplicada; es decir, si la fuerza normal se anula, puede medirse una cierta resistencia al deslizamiento tangencial. En tal es caso se dice que existe una cohesión verdadera o real entre partículas. Puede desarrollarse esta cohesión entre partículas que han permanecido en contacto estacionario durante un largo periodo de tiempo. En algunos casos esta cohesión puede ser muy importante, como cuando la cementación transforma la arena en arenisca. Sin embargo el valor de la cohesión verdadera entre partículas es muy pequeña y su contribución a la resistencia del suelo es también muy reducida. ⁽¹⁾

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA

El ángulo de rozamiento tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un talud de dicho material granular.

(1) Wihltlow Roy, Fundamentos de la mecánica de suelos.

En un material granuloso cualquiera, el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas pero en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación al tamaño del talud el ángulo de rozamiento interno coincide con ángulo de reposo.

Es especialmente importante en mecánica de suelos para determinar tanto la capacidad portante como la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso.

RELACIONES DE PESOS Y VOLÚMENES

En Mecánica de Suelos se relaciona el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto de peso específico, es decir, de la relación entre el peso de la sustancia y su volumen.

Se distinguen los siguientes pesos específicos:

γ_o : Peso específico del agua destilada, a 4° C de temperatura y a la presión atmosférica correspondiente al nivel del mar.

γ_w : Peso específico del agua en las condiciones reales de trabajo; su valor difiere poco de γ_o y, en muchas cuestiones prácticas, ambos son tomados como iguales.

γ_m : Peso específico de la masa del suelo.

$$\gamma_m = \frac{\omega}{v}$$

Donde:

ω : Peso de la sustancia

v : Volumen de la sustancia

En la siguiente tabla se muestra para cada tipo de suelo valores del peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión (γ , ϕ y C)

Cuadro N° 2.01 Valores de peso específico, fricción y cohesión

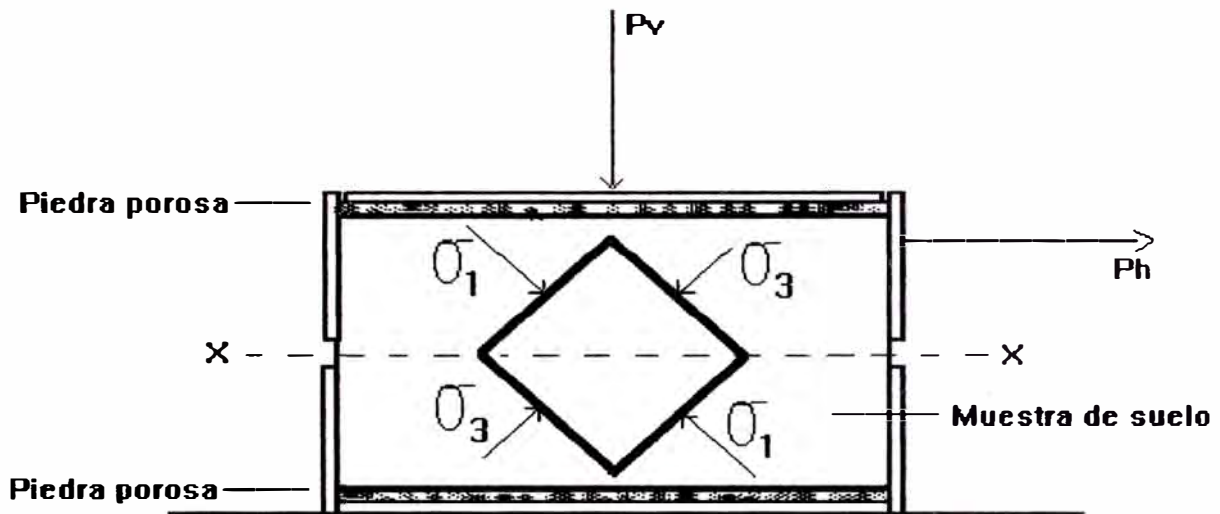
TIPO DE SUELO	γ (kg/cm ³)	ϕ	C (ton/m ²)
Bloques y bolos sueltos	1.7	35 – 40°	-
Grava	1.7	37.5°	-
Grava arenosa	1.9	35°	-
Arena compacta	1.9	32.5 – 35°	-
Arena semicompacta	1.8	30 – 32.5°	-
Arena suelta	1.7	27.5 – 30°	-
Limo firme	2.0	27.5°	1 – 5
Limo	1.9	25°	1 – 5
Limo blando	1.8	22.5°	1 – 2.5
Marga arenosa rígida	2.2	30°	20 – 70
Arcilla arenosa firme	1.9	25°	10 – 20
Arcilla media	1.8	20°	5 – 10
Arcilla blanda	1.7	17.5°	2 – 5
Fango Blando arcilloso	1.4	15°	1 – 2
Suelos orgánicos (turba)	1.1	10 – 15°	-

ENSAYOS DE RESISTENCIA

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga.

Para conocer una de estas resistencias en laboratorio, se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (Pv) y luego una carga horizontal (Ph) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra (figura.).

Figura N° 2.01_Esquema del aparato de corte directo.



El ensayo induce la falla a través de un plano determinado. Sobre este plano de falla actúan dos esfuerzos:

- un esfuerzo normal (δ_n), aplicado externamente debido a la carga vertical (P_v).
- un esfuerzo cortante (τ), debido a la aplicación de la carga horizontal (P_h).

Estos esfuerzos se calculan dividiendo las respectivas fuerzas entre el área de la muestra o de la caja de corte y deberían satisfacer la ecuación de Coulomb:

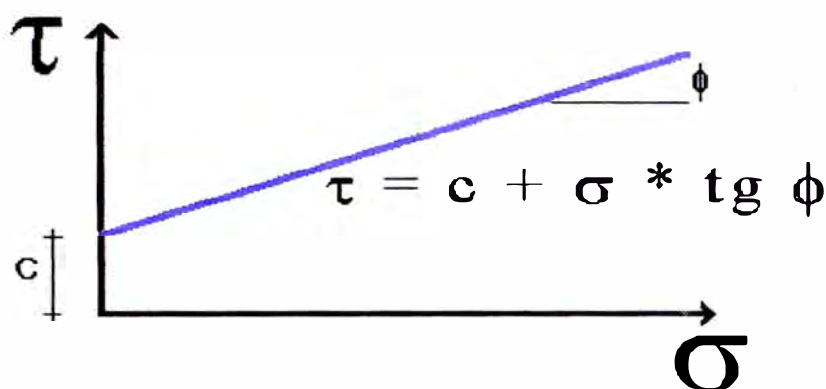
$$\tau = c + \delta_n \tan \varphi$$

Según esta ecuación la resistencia al corte (δ_t) depende de la cohesión (c) y la fricción interna del suelo (φ).

Al aplicar la fuerza horizontal, se van midiendo las deformaciones y con estos valores es posible realizar una gráfica del esfuerzo de corte (τ) en función de la deformación (ϵ). De esta gráfica es posible tomar el punto máximo del esfuerzo al corte como la resistencia del suelo al esfuerzo cortante.

Los valores de τ se llevan a un gráfico en función del esfuerzo normal (δ_n), obteniendo la recta intrínseca (figura 2.02), donde τ va como ordenada y δ_n como abscisa. El ángulo que forma esta recta con el eje horizontal es el ángulo ϕ y el intercepto con el eje τ , la cohesión c .

Figura N° 2.02_ Recta intrínseca entre esfuerzo normal y esfuerzo tangencial



Los ensayos de corte directo en laboratorio se pueden clasificar en tres tipos según exista drenaje y/o consolidación de la muestra, por lo tanto los valores de c y ϕ dependen esencialmente de la velocidad del ensayo y de la permeabilidad del suelo.

Ensayo no consolidado no drenado (UU). Es un ensayo rápido, donde el corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal (P_v); si el suelo es cohesivo y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Generalmente la recta intrínseca en el diagrama de τ contra δ_n es horizontal, donde $\tau = c_u$

No se permite el drenaje de la muestra en todo el ensayo.

Ensayo consolidado no drenado (CU). En este ensayo se permite que la muestra drene ó se consolide durante la aplicación de la carga vertical, de modo que en el momento de aplicar el esfuerzo de corte las presiones intersticiales sean nulas, pero no durante la aplicación del esfuerzo cortante. La tensión de corte es rápida para que la presión de poros no pueda disiparse en el transcurso del ensayo. Estos ensayos no se usan en suelos permeables y es necesario

medir el movimiento vertical durante la consolidación (drenaje) para saber cuándo se ha producido por completo.

Ensayo consolidado drenado (CD). La velocidad de corte es lenta, se permite el drenaje de la muestra durante todo el ensayo siendo las presiones intersticiales nulas durante la aplicación del esfuerzo cortante.

2.2 EFECTOS DEL AGUA EN LA RESISTENCIA DEL SUELO

La mayor parte de las fallas en los taludes se producen por los efectos del agua en el terreno, pues este elemento genera presiones intersticiales, arrastres, erosión superficial, erosión interna, etc. En general, puede decirse que el agua es el mayor enemigo de la estabilidad de los taludes (además de las acciones del hombre cuando se realizan excavaciones inadecuadas sin criterios geotécnicos).

La presencia de agua en un talud reduce su estabilidad al disminuir la resistencia del terreno y aumentar las fuerzas tendentes a la inestabilidad. La presión total, que actúa en un suelo, es la suma de la presión efectiva transmitida a las partículas (esqueleto del suelo) y aquella transmitida a través del agua, que se halla en los poros del suelo, que se denomina “presión de poros”.

De esta forma:

$$\sigma = \sigma' + \mu$$

Donde:

σ : Presión total

σ' : Presión efectiva

μ : Presión de poros

Cuando un suelo está sometido a presiones, solamente el esqueleto del suelo opone resistencia a su deformación. El agua como es incompresible y no tiene

resistencia al corte, no se opone a la deformación, es "neutra"; de ahí que a la presión de poros se la llame también "presión neutra" y a la presión intergranular se le denomine " presión efectiva", pues esta última es la presión real que se opone a la deformación y posterior falla de un suelo.

La reducción de la resistencia al corte de los planos de rotura al disminuir la tensión normal efectiva lo podemos observar en la siguiente ecuación:

$$\tau = c + (\sigma - \mu) \tan \varphi$$

La presión ejercida sobre los planos de falla aumenta las fuerzas que tienden al deslizamiento.

Por otra parte la presencia de agua en el suelo aumenta el peso del material el cual se puede observar en la siguiente relación:

$$\gamma = \gamma_d + s n \gamma_w$$

Donde:

γ_d : Peso específico aparente seco.

S : Grado de saturación.

n : porosidad.

γ_w : Peso específico del agua.

2.3 CAUSAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES

Para el análisis de los movimientos de inestabilidad de un talud o de una ladera es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que actúan como desencadenantes. Su conocimiento permitirá, además, definir las medidas necesarias para evitarlos o corregirlos.

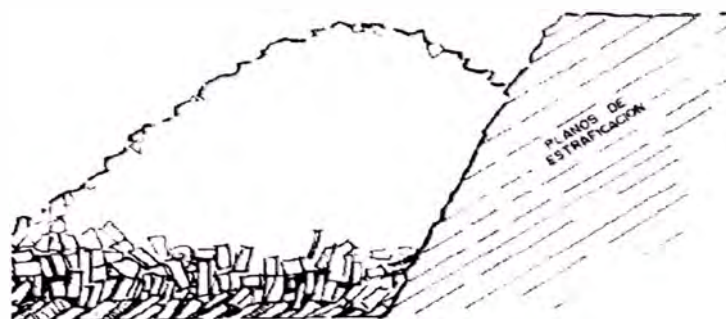
Suele admitirse que los factores o las causas que producen la inestabilidad de taludes o laderas no se presentan de manera aislada, haciéndolo normalmente combinados (lluvias y sismo, excavación, lluvias y sismo etc).

La susceptibilidad de una masa de terreno a deslizar desde un punto de vista global y no como referencia al fenómeno de inestabilidad conocido como deslizamiento depende, básicamente, de los siguientes factores:

1. Geología y Tectónica.

Si las fracturas ligadas a la tectónica tienen una inclinación desfavorable, aun en ausencia de agua, pueden producirse inestabilidades. Lo mismo se podría decir en relación con las fallas, la degradación que pueden sufrir los materiales situados en sus proximidades, es también una causa muy frecuente de producción de inestabilidades. En la figura 2.03 se observa que el movimiento de rocas o masas de suelo estratificado, suceden más fácilmente en la dirección cinemáticamente posible.

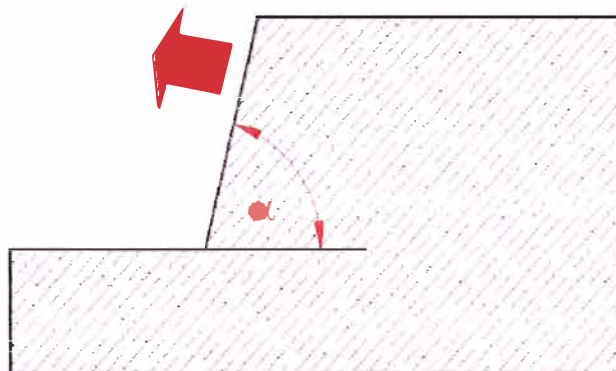
Figura N° 2.03 Susceptibilidad de una masa de terreno a deslizar





2. Geometría.

Altura e inclinación grandes.



3. Sobrecargas puntuales o distribuidas en coronación de taludes o en laderas.

Constituyen ejemplos típicos los rellenos, escombreras, acumulaciones de materiales en general, estructuras, etc. Estas sobrecargas producen un incremento de las tensiones de corte y de las presiones intersticiales en suelos.

4. Cambios en el contenido de agua del suelo.

La saturación de los materiales que constituyen una ladera natural o un talud después de un período de lluvias, implica un incremento de peso de la masa potencialmente inestable y una menor resistencia al corte.

Figura N° 2.04 Cambios en el contenido de agua del suelo



5. Cambios en las condiciones de circulación de aguas profundas.

La excavación de un talud puede dar lugar a unos elevados gradientes de circulación de las aguas subterráneas para adaptarse a las nuevas condiciones geométricas establecidas, y por lo tanto a una variación de las presiones intersticiales existentes.



6. Meteorización.

Son muy numerosos los materiales que ante agentes físicos, químicos o atmosféricos sufren importantes transformaciones de comportamiento.

7. Movimientos sísmicos, voladuras y vibraciones.

Los movimientos de tierra producidos por cualquiera de las causas anteriores, originan un cambio temporal del estado de esfuerzos existente en una masa de terreno que puede afectar a la estabilidad de la misma. En el caso de arenas finas saturadas es frecuente que se produzca el fenómeno de la licuefacción.

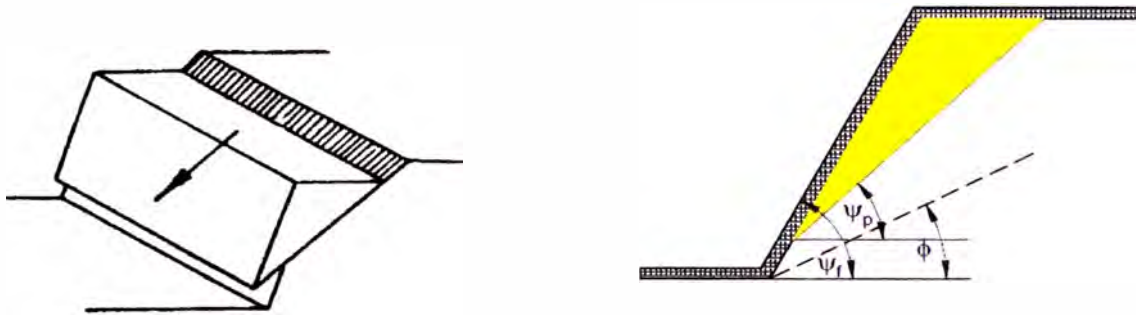
Hay que recalcar la gran importancia que tiene el agua en la estabilidad de un talud. Es quizá el principal agente desencadenante de gran número de movimientos de inestabilidad, debido a la disminución de resistencia a que da lugar y al aumento de presiones intersticiales.

2.4 TIPOS DE FALLA

FALLA PLANA

- Este tipo de falla corresponde a un deslizamiento por traslación de una masa de suelo sobre un plano paralelo a la superficie del talud y de poca profundidad relativa.
- Este tipo de fallas se presenta generalmente en suelos de baja o nula cohesión.
- Sin embargo pueden originarse en suelos cohesivos cuando se presentan discontinuidades paralelas al talud.
- Este tipo de análisis supone que los parámetros de resistencia al corte son constantes a lo largo de la superficie de deslizamientos.

Figura N° 2.05 Esquema de la falla tipo planar



FALLA TIPO CUÑA

- Se presenta debido a la intersección de dos planos de discontinuidad, el cual debe “aflorar” en la cara del talud o corte, por lo tanto la inclinación de esta línea de intersección debe ser menor que el de la cara del talud proyectado.
- Los rumbos de los planos son diferentes al de la cara del talud, (fuera de +/- 20°)
- El buzamiento del talud es mayor al buzamiento de la línea de intersección. ($\psi_t > \psi_i$)
- El factor de seguridad a este tipo de fallas depende de esta inclinación, la resistencia de los planos de discontinuidad y la geometría del bloque deslizante

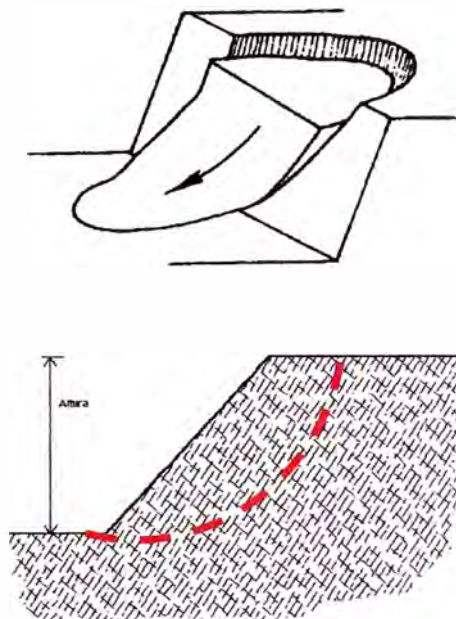
Figura N° 2.06 Esquema de la falla tipo cuña



FALLA ROTACIONAL

- El material falla por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica.
- Se presenta en suelos y rocas blandas así como en macizos rocosos altamente fracturados, meteorizados y alterados.
- Las fallas rotacionales tienden a ocurrir lentamente. Cuando presentan signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.
- Aparecen grietas en la cresta del área inestable así como protuberancias al pie de la masa deslizante.
- La principal causa de falla es el incremento en la inclinación del talud.

Figura N° 2.06 Esquema de la falla tipo rotacional



CAPÍTULO 3

SISTEMAS PARA EL CONTROL DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

3.1 MURO DE CONCRETO SIMPLE

Un muro de sostenimiento es una estructura que proporciona soporte lateral a un talud de suelo. Es una estructura permanente y relativamente rígida que se aplica mayormente en cortes de taludes para la construcción de carreteras, construcciones por debajo del nivel del terreno y sótanos etc.

Los muros de sostenimiento de concreto se clasifican en muros de gravedad, semi gravedad, en voladizo, en voladizo con contrafuertes, concreto reforzado etc.

Figura N° 3.01 Esquema de un muro de semi gravedad.

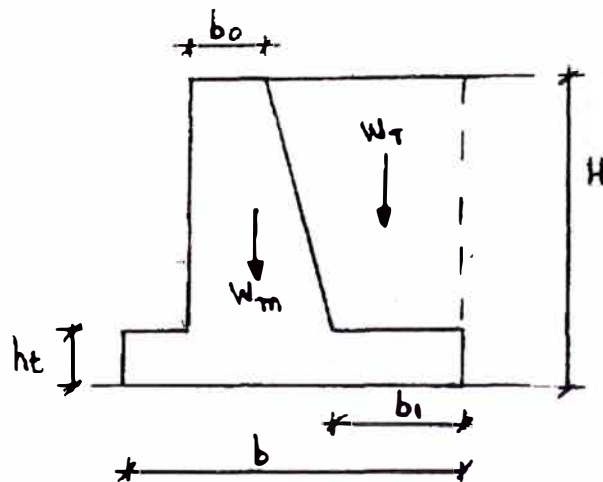
$$b = (0.5 - 0.7) H$$

$$b_0 = 0.3 - 0.5 \text{ m}$$

$$h_t = 1/16 H$$

$$b_1 = 0.5 h_t$$

$$H < 5 \text{ m}$$



PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción de una estructura de retención debe iniciarse con la limpieza del terreno y eliminación de material orgánico que pueda contaminar al concreto que posteriormente será colocado.

Se establecerán las cotas de cimentación mediante el trazo y replanteo así como la ubicación exacta de la estructura según los planos.

Luego se procede a excavar el terreno a la profundidad indicada en los planos para la cimentación. Terminada la excavación se compacta con plancha compactadora, debiendo comprobar la supervisión la base compactada, antes de proceder con el vaciado del concreto.

A continuación se ejecuta el encofrado de la cara interior y exterior de la estructura asegurándose que los puntales estén adecuadamente colocados de tal forma que puedan resistir los esfuerzos que transmitirá el peso del concreto en estado fresco.

Se procederá con la etapa más importante de todo el proceso que es la preparación y colocación del concreto en estado fresco. Se procederá con el vibrado del concreto.

Luego del desencofrado después de 7 días como mínimo, se procederá con el curado mediante la colocación de mantas húmedas o cualquier otro método de curado para lograr que el concreto no pierda sus propiedades de resistencia.

Para mejorar la estabilidad, en lugar de construir un muro macizo y grueso, de sección uniforme, se ejecuta el muro con una sección trapezoidal. Cuando las condiciones de edificación lo permiten, conviene que la parte exterior del muro forme un plano inclinado (escarpa), de esta manera se aumenta el ancho de la base asegurando la estabilidad del conjunto y se baja el centro de gravedad.

3.2 MURO DE GAVIONES

El sistema de gaviones está compuesto por elementos que consisten en cajas de mallas metálicas resistentes amarradas adecuadamente con alambre, en cuyo interior se rellenan con piedra mediana.

Entre las ventajas de este sistema se puede mencionar el hecho de que no pierde contacto con el fondo cuando se va socavando, pues el gavión se va deformando paulatinamente hasta tocar nuevo fondo.

El mayor peligro para los gaviones está en la posible oxidación de la malla cuando ésta se encuentra alternativamente sumergida y al aire, aunque también es cierto que este hecho tarda en producirse, ya que la malla en todos los casos es de alambre galvanizado.

PROCESO CONSTRUCTIVO

En primer lugar limpiar y acondicionar el terreno preparando la superficie donde se colocará la estructura. Esto consiste en retirar material inadecuado para la cimentación del muro como material orgánico, suelos saturados, escombros etc. Se procede al armado de las cajas utilizando los alambres de refuerzo en las aristas, estas deben ser armadas mientras estén vacías, colocando la primera hilera en su ubicación definitiva.

El amarre debe ser realizado pasando el alambre a través de todas las mallas que forman cada una de las aristas de los elementos, alternando una vuelta simple y una vuelta doble. El alambre debe ser tensado de forma tal que los amarres estén firmes y ajustados pero se debe tener mucho cuidado de causar daño al alambre, al utilizar herramientas manuales como alicates.

Luego que los elementos han sido colocados en su ubicación definitiva, armados y sujetos correctamente, se procede con el llenado de las cajas del paramento frontal. El material de relleno deberá consistir en piedras sanas, compactas, limpias y no solubles al agua, de modo que se garantice la resistencia y estabilidad de la cara frontal del muro. El tamaño de las piedras debe estar entre 150 y 250 mm, sin embargo se puede utilizar tamaños mayores siempre y cuando sean aprobados por el ingeniero supervisor.

Una vez que la primera fila del gavión ha sido llenado de piedra, se colocarán 2 tensores horizontales por cada caja, a la misma altura uno del otro, para asegurar la forma cubica del elemento y evitar deformaciones por el proceso de

llenado. En el caso de los elementos de 50 cm de altura, los tensores se colocaran a la mitad de la altura del elemento mientras que para el caso de los elementos de 1 m de altura, se colocaran tensores a los tercios de la altura del mismo.

Una vez terminado el llenado de los gaviones, se toma la tapa del elemento hasta entonces doblada hacia el lado exterior y se coloca sobre su respectiva caja para permitir el cierre definitivo del gavión, amarrando los bordes superiores de la tapa a cada panel vertical. En lo posible, se deberá amarrar los bordes en contacto de elementos adyacentes.

El geotextil no debe ser tejido y se coloca entre la cara interna de las cajas de los gaviones llenas y el relleno estructural. La función de este geotextil es la de separar ambos materiales, evitando que los finos del relleno estructural pasen a través de los gaviones, los cuales están llenos de piedras, formando una pared altamente permeable.

El geotextil será cortado en paños de longitud equivalente a la longitud del muro a construir y con un ancho igual a la altura del gavión más 50 cm de material a desplegarse antes de colocar el relleno estructural y otros 50 cm que irán sobre la ultima capa del relleno ya colocado y compactado.

Luego de colocar el geotextil se utiliza el alambre de amarre para fijar los paños de geotextil a la malla desplegada sobre la base y sobre la cara interna de los gaviones.

El material de relleno debe ser humedecido hasta lograr el máximo contenido de humedad. Luego debe ser colocado, esparcido y compactado en capas sueltas de 25 a 30 cm de espesor, de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas compactándose al porcentaje especificado de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor estándar.

La compactación de las capas debe realizarse con rodillos vibratorios o no vibratorios o equipos de compactación manual. Sin embargo no se recomienda el uso de equipos pesados dentro del área más próxima al paramento frontal considerando un ancho de 1 m.

Realizar la prueba de compactación antes de comenzar a colocar la siguiente capa de relleno.⁽¹⁾

(1) Vega Grande Yasser Jan, Muros de contención con suelo reforzado, Tesis, UNI, Facultad de Ing. Civil, 2007.

3.3 SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Los métodos que se describen a continuación son técnicas de **Bioingeniería**, la cual se utiliza especialmente en el ámbito de la estabilidad de taludes, riberas y para el control de la erosión. Estas Técnicas permiten estabilizar el terreno hasta los 2 m de profundidad y tienen la función de proteger el talud contra el impacto de lluvias intensas, granizo, corrientes de agua, viento, hielo y otras formas de erosión utilizando un gran número de plantas, semillas, o trozos de plantas por unidad de superficie. Las plantas tienen que tener la capacidad de emitir raíces adventicias de manera que formen un entramado que permita la sujeción del terreno.

Dentro de estas técnicas se encuentran:

- Estaquillados de sauces
- Lechos de ramaje
- Sucesión de estacas y fajinas
- Trenzados de mimbre
- Fajinas de ribera
- Esteras de ramas
- Empalizadas

FUNCIONES DE LAS TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA

Funciones Técnicas

- Protección de la superficie del suelo contra la erosión debido al viento, las precipitaciones, el hielo y las corrientes de agua.
- Protección contra la caída de piedras.
- Eliminación y absorción de fuerzas mecánicas nocivas.
- Disminución de la velocidad de la escorrentía en las riberas.
- Drenajes.
- Protección de la superficie contra el viento.
- Favorecer la acumulación de nieve, arenas y arrastres de material.
- Aumento de la rugosidad del terreno, creando así una defensa contra aludes.

Funciones Ecológicas

Las funciones ecológicas cada vez están ganando más importancia, teniendo en cuenta que estas escasamente se pueden alcanzar por parte de la ingeniería clásica.






- Mejora del balance hídrico por un aumento de la interceptación, mejora la capacidad de retención de agua del suelo y mejora del consumo de agua por las plantas.
- Drenaje del suelo.
- Protección contra el viento.
- Protección contra emisiones.
- Disgregación mecánica del suelo por las raíces de las plantas.
- Compensación de las condiciones de temperatura en el suelo.
- Sombreado.
- Mejora de la cantidad de nutrientes en el suelo y así aumento de la fertilidad de suelos pobres.
- Protección contra el ruido.
- Aumento de la productividad en áreas agrarias cercanas.⁽¹⁾

Los métodos de estabilización de suelos deben emplearse cuando existe la amenaza de que se desarrollen en el terreno fuerzas mecánicas peligrosas de tracción o compresión. En tales casos, se necesita inmediatamente una estabilización a fondo del suelo. El efecto de los métodos depende de la profundidad de excavación del material, y de la distancia entre las diversas construcciones. La eficacia comienza con el desarrollo de las raíces, seguido por el aumento del crecimiento de las plantas, y se intensifica después proporcionalmente con el desarrollo de raíces y brotes.

Las construcciones de estabilización consisten en sistemas puntuales o lineales. Por ello, lo normal es complementarlas con una protección superficial que afecta a una superficie mayor.

⁽¹⁾ Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica, Asociación Española de Ingeniería del Paisaje, Jornada de Bioingeniería, Bilbao – España, 2008.

Cuadro N° 3.01 Ventajas y desventajas de algunos sistemas de bioingeniería

APLICACIONES GENERALES EN BIOINGENIERIA DE SUELOS					
VENTAJAS (.) DEVENTAJAS ()	Hidrosiembra con semillas (en suelo) ó HidroMulch (en roca)	Barreras de vegetación con postes y matas	Barreras Vivas con Estacas	Contornos linderos Wartling	Fajinas
Control de erosión por lluvia: El follaje intercepta las gotas y protege la superficie de la pérdida de partículas de suelo.
Control de erosión contra surcos: Las raíces amarran la superficie de partículas de suelo.
Control de erosión por escurrimiento del agua: Las plantas se encargan de detener el arrastre de las partículas de suelo contra la escorrentía.	.			.	.
Control de erosión por viento: La vegetación con plantas reduce la exposición del suelo al viento y por ende su transporte con el viento.
Control de erosión por congelamiento: Las raíces restringen el movimiento del suelo.
Control Inmediato de la erosión y estabilidad de taludes y terraplenes o cuerpos de tierra.	.				
Estabilización de taludes: Suelo reforzado vs. Resistencia a deslizamientos poco profundos.	
Estabilización de taludes: Las plantas ayudan a controlar el efecto del descongelamiento en suelos al final de la estación de invierno.	
Estabilización de taludes: Resistencia a los deslizamientos profundos en laderas.					
Bajo costo inicial de mantenimiento	.				
Bajo costo de mantenimiento a largo plazo
Impacto generado por la construcción del sistema biotécnico	
Costo de construcción relativamente bajo
Capacidad de combinación con otros sistemas de bioingeniería.
Estética / Beneficio para vida animal salvaje	
Prevención de la erosión y protección en líneas costeras contra la inestabilidad por el efecto generado por las olas.					

3.3.1 FAJINAS DE LADERA

PROCESO CONSTRUCTIVO

Se excava una zanja generalmente de 30 cm de ancho por 50 cm de profundidad. Teniendo una disposición generalmente paralelo a las curvas de nivel del talud en tratamiento.

Figura N° 3.02 Excavación de terreno para la construcción de fajinas



Cada fajina debe constar por lo menos de cinco ramas con un diámetro mínimo de 1 cm. Luego se atan las fajinas a intervalos de 50 cm con alambre galvanizado. Las fajinas de ladera se fijan con estacas vivas o muertas de 60 cm de longitud como mínimo, colocadas a intervalos de 80 cm. Las estacas deben clavarse en la ladera verticalmente y con profundidad suficiente para quedar enrasadas con la parte superior de la fajina. Las estacas de acero son mejores que las de madera debido a su menor diámetro con resistencia equivalente.

Figura N° 3.03 Habilitación de fajinas de ramas vivas



Figura N° 3.04 Amarre de fajinas con alambre



Figura N° 3.05 Colocación de las fajinas en la zanja previamente excavada



Figura N° 3.06 Fijación con estacas de madera



Inmediatamente después de la plantación, se vuelven a cubrir las zanjas con tierra de tal modo que sólo una pequeña parte de las ramas sobresale del

terreno. Es conveniente construir las fajinas de ladera comenzando desde la parte superior de ésta.

Figura N° 3.07 Recubrimiento de fajinas con material propio



Figura N° 3.08 Disposición horizontal de las fajinas



Disposición

La disposición de las fajinas de ladera debe ser horizontal o ligeramente inclinada con respecto a la línea horizontal

Materiales

Se emplean fajinas de ramas largas y rectas procedentes de plantas leñosas vivas. Cada fajina debe contener por lo menos cinco ramas con un diámetro mínimo de 1 cm. Para cada metro de longitud de fajina a construir se necesita por lo menos una estaca viva o muerta de 60 cm de longitud.

Morfología y refuerzo radicular

El desarrollo y la estructura de los sistemas radiculares (raíces), son controlados en general por caracteres genéticos e influenciados por el medio que los rodea. Así como son analizados factores del orden edáfico, climático, social, económico y cultural, la profundidad y la extensión del sistema radicular deben ser asimismo considerados para la elección de plantas a incluir en programas de estabilización de taludes; En general se recomiendan especies con raíces largas, flexibles y de una alta concentración por volumen.

El sistema radicular de arbustivas y arbóreas consiste de una parte radicular lateral y una central vertical; las raíces laterales unen el suelo en una masa unitaria, en tanto que las verticales evitan el deslizamiento en las laderas al hacer las veces de elementos de anclaje.

Los sistemas radiculares han sido clasificados desde diferentes ópticas; una de ellas, la más común y de mayor relevancia para el entendimiento del papel que cumplen desde el punto de vista mecánico en las laderas, es la que se establece con base en su forma. Así, los sistemas radiculares pueden ser agrupados en dos amplias categorías:

Fibrosas, difusas o fasciculadas: sólo para absorción, son delgadas y filiformes, la raíz principal se desarrolla poco, las secundarias y adventicias la sobrepasan en crecimiento. Estas raíces forman un manojito a manera de

cabellera en la cual todas las raíces tienen las mismas dimensiones; crecen sobre los estratos superiores del suelo, logrando más extensión que profundidad.

Pivotantes, fusiformes o axonomorfas: tienen una gran raíz principal; es común en plantas dicotiledóneas y árboles. Debido a su configuración pueden profundizarse en el suelo, teniendo lugar una mayor fijación de la planta a éste.

Es importante el conocimiento detallado de los sistemas radiculares de las especies vegetales para su inclusión en programas de estabilización de laderas y taludes; se buscará que las especies incluídas contribuyan efectivamente a controlar y recuperar la estabilidad, y no por el contrario se constituyan en agentes desestabilizantes.

Cuadro N° 3.02 Sistemas radiculares de alguna especies vegetales

ESPECIE	DESCRIPCION
Pino (Pinus sp)	Sistema radicular radiado; se adapta a condiciones muy precarias de fertilidad. El 85% de las raíces se ha encontrado en los primeros 30 cm de suelo; las raíces verticales, que se desarrollan de las laterales producen brazos lejos del tallo que logran penetrar casi la misma distancia que la raíz principal. Se tienen longitudes radiculares mayores de 3 m con diámetros superiores a los 10 cm.
Eucalipto (Eucalyptus sp)	Especies de crecimiento muy rápido con vida relativamente corta. Se dice que su sistema radicular es superficial, pero hay raíces pivotantes a profundidades mayores de 2 m. Se adaptan a condiciones adversas en forma similar a los pinos. Su evapotranspiración es muy alta, razón por la cual se emplea para el secado de pantanos en algunos lugares del mundo. Durante la primera estación desarrollan una fuerte raíz principal, para luego desarrollar el sistema de raíces laterales; de estas últimas crecen las raíces "chupadoras" que son verticales y que darán el anclaje necesario después de la desaparición de la raíz principal; esta raíz principal sirve de anclaje en los primeros años de vida, pero aproximadamente a los quince años se pudre. El mayor desarrollo radicular está entre los 15-45 cm de suelo, y cerca del 96% de las raíces se concentra en los primeros 60 cm. Se reportan raíces principales hasta de 8 m, con diámetros promedios de 20 cm, y pocas raíces secundarias
Sauce (Salix sp)	Sistema radicular con buena capacidad de amarre y desarrollo en suelos húmedos o sometidos a períodos de inundación (especie hidrófila); sistema denso, grueso y de amplia

	distribución.
Cespedesia macrophylla	Sistema radicular compuesto de raíces primarias fuertes que se extienden en forma de malla, medianamente profunda. La disposición y tamaño de las hojas, así como su tallo recubierto por grandes estípulas hacen de esta especie una excelente protectora contra el impacto directo de las gotas de lluvia.
Helecho marranero (Pteridium aquilinum)	Aun cuando no arbustiva, se destaca su papel en la estabilización, dado que su sistema radicular completamente superficial forma una inmensa red de alta resistencia, llegando a sostener grandes organales y amarrando el suelo.

Cuadro N° 3.03 Especificaciones para la implantación de fajas

ESPECIFICACIONES DE IMPLANTACION DE FAJINAS		
PENDIENTE (L:V)	DISTANCIA ENTRE HILERAS (cm)	LONGITUD MAXIMA DEL TALUD (m)
2.5 : 1 – 3 : 1	180 – 240	12
3.5 : 1 – 4 : 1	240 – 270	15
4.5 : 1 – 5 : 1	270 - 300	18

Fuente: colegio oficial de ingenieros técnicos agrícolas y peritos agrícolas de Cataluña.

3.4 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

Para establecer los costos de construcción de cada uno de los sistemas mencionados debemos partir de un diseño preliminar, el cual consistirá del pre dimensionamiento de las estructuras de acuerdo con las condiciones del terreno. Para el presente informe se estimaron los siguientes datos:

Progresiva: 102+600

Longitud: 12.00 m

Altura: 3.00

Inclinación del talud: $\theta = 35^\circ$

Clasificación del suelo: SM (SUCS) y A-2-4 (AASHTO)

Partiendo de estos datos se realizó un presupuesto estimado (ver anexos) de la construcción de cada uno de los tres sistemas estudiados. Los costos directos se muestran en el siguiente cuadro:

	MURO DE CONCRETO	GAVIONES	FAJINAS
	(S/.)	(S/.)	(S/.)
COSTO DE CONSTRUCCIÓN	30,033.48	17,671.16	4,128.50

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUALES DE LOS TRES SISTEMAS (ver anexos)

PARTIDAS	MURO DE CONCRETO (S/.)	GAVIONES (S/.)	FAJINAS (S/.)
DESBROCE DE RAMAS Y/O LIMPIEZA	1,423.87	1,423.87	1,423.87
RIEGO Y FERTILIZACIÓN	-	-	3,294.72
REPOSICIÓN DE ESTACAS	-	-	40.88
REPARACIÓN DE MALLAS GALVANIZ	-	234.87	-
TOTAL (S/.)	1,423.87	1,658.74	4,759.47

3.5 COMPARACIÓN Y ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

	MURO DE CONCRETO	GAVIONES	FAJINAS
	(S/.)	(S/.)	(S/.)
CONSTRUCCIÓN	30,033.48	17,671.16	4,128.50
MANTENIMIENTO (para 7 años)	9,967.09	11,611.18	21,417.62 (*)
TOTAL	40,000.57	29,282.34	25,546.12

(*) Los dos primeros años se consideró un mantenimiento intensivo (mensual) hasta que las ramas logren enraizarse, los siguientes 5 años se consideró el mantenimiento cada 2 meses.

CAPÍTULO 4

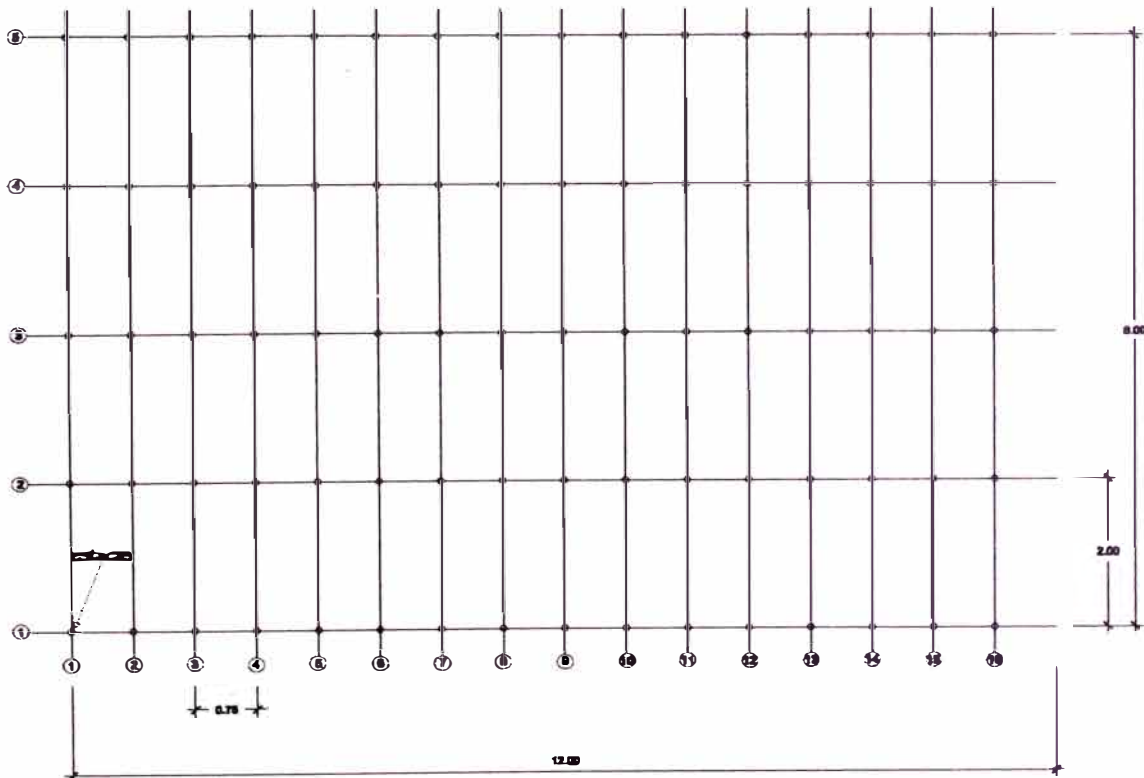
EXPEDIENTE TÉCNICO

4.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto se denominará: “construcción de fajinas de ladera”, el cual propone la construcción de un sistema de fajinas de ramas vivas sobre una superficie aproximada de 96 m² en el talud de corte ubicado en la progresiva 102+600 de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo. Dicho sistema pretende estabilizar el talud controlando así el proceso de derrumbe o desprendimiento de material debido a la erosión producida por las lluvias.

El sistema de fajinas de ladera, consiste en un conjunto de “correas” colocadas horizontalmente sobre el talud. Estas “correas” estarán constituidas por un conjunto de entre 5 a 6 ramas vivas; para este caso se usará el sauce común, el cual tiene propiedades de enraizamiento rápido.

Las fajinas irán enterradas en una zanja aproximadamente de 0.30 m de ancho y 0.50 m de profundidad, los cuales serán rellenados adecuadamente con material propio de tal forma de acondicionar la vida de las ramas.



4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las siguientes Especificaciones Técnicas, deberán ser cumplidas por los constructores que ejecuten obras directa o indirectamente para las Empresas Prestadoras de Servicios, Municipalidades, Gobiernos Regionales y Personerías Jurídica Privada.

Las obras por ejecutar y los equipos por adquirir e instalar, son los que se encuentran indicados en los planos y/o croquis, con las adiciones y/o modificaciones que puedan introducirse posteriormente.

Previamente al inicio de la obra, se efectuará el replanteo del proyecto, cuyas indicaciones en cuanto a trazo, alineamientos y gradientes serán respetadas en todo el proceso de la obra. Si durante el avance de la obra se ve la necesidad de ejecutar algún cambio menor, este sería únicamente efectuado mediante autorización de la supervisión.

Esta técnica puede usarse en los siguientes casos:

- Estabilización de taludes con pendientes de 30° - 35° como máximo.
- Protección contra deslizamientos superficiales (30–60 cm de profundidad)
- Reducción inmediata de la erosión superficial.
- Reducción de la pendiente larga en una serie de pendientes cortas
- Creación de un microclima apto para el desarrollo y el establecimiento de plantas.
- Drenaje de pendientes excesivamente húmedas.

01.00.00 TRABAJOS PRELIMINARES

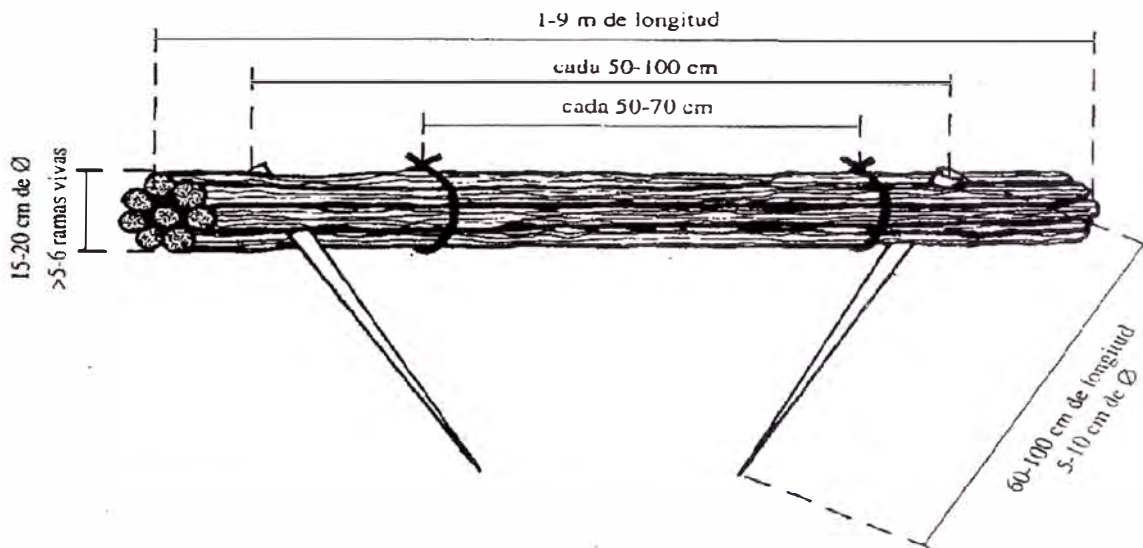
01.01.00 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL

Esta partida es esencial para el inicio de la obra, consistirá en el barrido y eliminación de materiales orgánicos y sueltos del área de ejecución de la obra.

01.02.00 CONFORMACIÓN DE FAJINAS CON SAUCE COMÚN

Se proveerá las ramas vivas con un diámetro aproximado de 15 a 20 mm para la conformación de las fajinas. Cada fajina deberá estar constituida por 5 o 6 ramas vivas de plantas, se deberá usar el sauce, eucalipto o cualquier con un sistema radicular apropiado (de fácil enraizamiento). Cada 50 cm se deberá amarrar con alambre, teniendo cuidado de no dañar las ramas.

Figura N° 4.01 Especificaciones para la confección de una fajina



01.03.00 TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA

Se deberá realizar los trabajos necesarios para el trazo y replanteo de la obra, tales como: ubicación y fijación de ejes y líneas de referencia por medio de puntos ubicados en elementos inamovibles. El constructor no podrá continuar con los trabajos correspondientes sin que previamente se aprueben los trazos.

Se medirá el área efectiva en la cual se ha realizado el replanteo, y para obras lineales se medirá la longitud efectiva. Para el cómputo del área de replanteo no se considerará, las mediciones y replanteo de puntos auxiliares o referenciales.

El pago de la partida se hará por metro cuadrado (m^2), y para obras lineales se hará por metro lineal (ml).

02.01.00 EXCAVACION MANUAL PARA ZANJA EN TERRENO NORMAL

El fondo de la excavación deberá quedar limpio y parejo, siendo las dimensiones finales de la excavación de 30 cm de ancho por 50 cm de profundidad.

Todo material procedente de la excavación que no sea adecuado, o que no se requiera para los rellenos será eliminado de la obra.

En caso que se encuentre el terreno con resistencia o carga de trabajo menor que la especificada en los planos, el Contratista notificará por escrito al Ingeniero Inspector para que tome las providencias que el caso requiera.

Es necesario que se prevea para la ejecución de la obra de un conveniente sistema de regado a fin de evitar al máximo que se produzca polvo.

Cuando se presentan terrenos sueltos y sea difícil mantener la verticalidad de las paredes de las zanjas, se ejecutará el tablestacado o entibado según sea el caso y a indicación del Ingeniero Inspector.

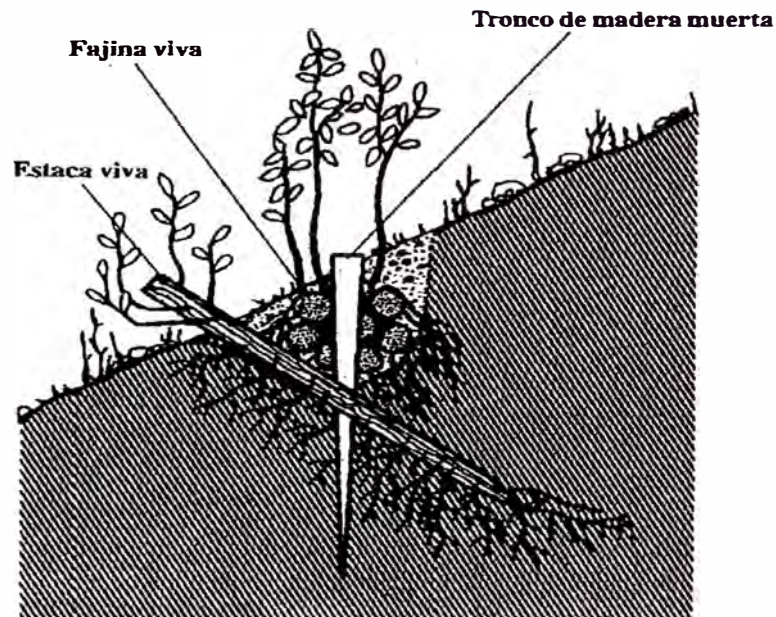
Las excavaciones para cimentación de las obras se medirán en metros cúbicos (m³). Para tal efecto se determinarán los volúmenes excavados de acuerdo al método del promedio de las áreas extremas entre las estaciones que se requieran a partir de la sección transversal del terreno limpio y desbrozado hasta las secciones aprobadas por el Supervisor. El material excavado se retirará hasta una distancia de 50 metros previa indicación de la supervisión a los lugares fuera del área de influencia y que no obstruyan estructuras o caminos existentes.

El pago se efectuará al precio unitario contratado para las partidas del Presupuesto y por metrado ejecutado.

03.01.00 SUMINISTRO E INSTALACION DE ESTACAS DE MADERA

Las estacas deben colocarse por encima de la fajina tal como lo muestra el siguiente grafico. Deberán tener una longitud máxima de 1 m y r forma cónica para su fácil penetración en el terreno. Utilizar comba para el aseguramiento de las estacas.

Figura N° 4.02 Esquema de la fijación con estacas de madera



03.02.00 IMPLANTACIÓN DE FAJINAS CON SAUCE COMÚN

Se introduce las fajinas en las zanjas previamente excavadas, asegurando con estacas de madera a cada 2 m de distancia, luego se deberá rellenar con material propio. Se recomienda realizar la operación desde la parte superior hacia la parte inferior del talud. Se recomienda regar las zanjas rellenas de tal forma que compacte el material suelto que se acaba de rellenar.

La forma de pago se realizará por metro lineal de fajina colocada.

4.3 PLANILLA DE METRADOS

Del esquema mostrado anteriormente

OBRA : CONSTRUCCIÓN DE
FAJINAS DE LADERA
LUGAR : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO
KM 99+000 AL 104+000
FECHA : NOVIEMBRE
2009
RESPONSABLE : J.C.B

Item	Elemento Descripcion	Unidad	N° Element.	Concreto / Otros				
				Dimensiones (m)			Parcial	Total
L	A	H						
01.00.00	<u>Trabajos Preliminares</u>							
01.01.00	<u>Limpieza de terreno</u>	m2						96.00
	talud		1.00	12.00	8.00		96.00	
01.02.00	<u>Conformación de fajinas con sauce común</u>	ml						60.00
	de fila 1 a fila 5		5.00	12.00			60.00	
01.03.00	<u>Trazo niveles y replanteo</u>	m2						96.00
	talud		1.00	12.00	8.00		96.00	
02.00.00	<u>Movimiento de tierra</u>							
02.01.00	<u>Excavación de zanja</u>	m3						9.00
	de fila 1 a fila 5		5.00	12.00	0.30	0.50	9.00	
03.00.00	<u>Sistema de fajinas de ladera</u>							
03.01.00	<u>Suministro e instalación de estacas de madera</u>	und						80.00
	de fila 1 a fila 5 (a cada 75 cm)		5.00	16.00			80.00	
03.02.00	<u>Implantación de fajinas con sauce común</u>	ml						60.00
	de fila 1 a fila 5		5.00	12.00			60.00	

4.4 ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

CONSTRUCCION DE FAJINAS DE LADERA

PARTIDA:	LIMPIEZA DE TERRENO				P.U (S/.)	2.53
UND:	M2					
RENDIMIENTO:	150			HH/JORNADA:		8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1 Mano de Obra						2.41
capataz	HH	0.10	0.01	16.34	0.09	
peón	HH	4.00	0.21	10.89	2.32	
1.2 Equipos / Herramientas						0.12
herramientas manuales	%MO		0.05	2.41	0.12	
					Total (S/.)	2.53

PARTIDA:	CONFORMACIÓN DE FAJINAS CON SAUCE COMÚN				P.U (S/.)	39.84
UND:	ML					
RENDIMIENTO:	50			HH/JORNADA:		8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1 Mano de Obra						3.06
capataz	hh	0.10	0.02	16.34	0.26	
oficial	hh	1.00	0.16	12.06	1.93	
peón	hh	0.50	0.08	10.89	0.87	
1.2 Materiales						36.63
sauce comun	ml		6.00	6.00	36.00	
alambre negro N° 8	kg		0.25	2.52	0.63	
1.2 Equipos / Herramientas						0.15
herramientas manuales	%MO		0.05	3.06	0.15	
					Total (S/.)	39.84

PARTIDA:	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO				P.U (S/.)	4.51
UND:	M2					
RENDIMIENTO:	400			HH/JORNADA:		8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1 Mano de Obra						0.87
capataz	HH	0.50	0.01	16.34	0.16	
peón	HH	2.00	0.04	10.89	0.44	
topografo	HH	1.00	0.02	13.62	0.27	
1.2 Materiales						3.60

	yeso (bls 20 kg)	bls		0.10	16.00	1.60	
	estaca de madera	und		2.00	1.00	2.00	
1.2	Equipos / Herramientas						0.04
	herramientas manuales	%MO		0.05	0.87	0.04	
						Total (S/.)	4.51
PARTIDA:	EXCAVACIÓN DE ZANJA					P.U (S/.)	29.74
UND:	M3						
RENDIMIENTO:	4				HH/JORNADA:		8 hr/dia
DESCRIPCION		UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1	Mano de Obra						28.32
	capataz	HH	0.20	0.40	16.34	6.54	
	peón	HH	1.00	2.00	10.89	21.78	
1.2	Equipos / Herramientas						1.42
	herramientas manuales	%MO		0.05	28.32	1.42	
						Total (S/.)	29.74
PARTIDA:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ESTACAS DE MADERA					P.U (S/.)	5.11
UND:	UND						
RENDIMIENTO:	100				HH/JORNADA:		8 hr/dia
DESCRIPCION		UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1	Mano de Obra						1.53
	capataz	HH	0.10	0.01	16.34	0.13	
	oficial	HH	1.00	0.08	12.06	0.96	
	peón	HH	0.50	0.04	10.89	0.44	
1.2	Materiales						3.50
	estacas de madera	UND		1.00	3.50	3.50	
1.3	Equipos / Herramientas						0.08
	herramienta manual	%MO		0.05	1.53	0.08	
						Total (S/.)	5.11
PARTIDA:	IMPLANTACIÓN DE FAJINAS DE SAUCE COMÚN					P.U (S/.)	6.43
UND:	ML						
RENDIMIENTO:	25				HH/JORNADA:		8 hr/dia
DESCRIPCION		UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1	Mano de Obra						6.12
	capataz	HH	0.10	0.03	16.34	0.52	
	oficial	HH	1.00	0.32	12.06	3.86	
	peón	HH	0.50	0.16	10.89	1.74	
1.2	Equipos / Herramientas						0.31
	herramienta manual	%MO		0.05	6.12	0.31	
						Total (S/.)	6.43

MANTENIMIENTO DE FAJINAS DE LADERA

PARTIDA: DESBROCE Y LIMPIEZA GENERAL P.U (S/.) 118.66

UND: MES
RENDIMIENTO: - HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1 Mano de Obra						115.20
	GLB	2.00	96.00	0.60	115.20	
1.2 Equipos / Herramientas herramientas manuales	%MO		0.03	115.20	3.46	3.46

PARTIDA: RIEGO P.U (S/.) 274.56

UND: MES
RENDIMIENTO: - HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1 Mano de Obra						115.20
	HH	4.00	96.00	0.30	115.20	
1.2 Materiales agua	UND	4.00	96.00	0.40	153.60	153.60
1.3 Equipos / Herramientas herramienta manual	%MO		0.05	115.20	5.76	5.76

PARTIDA: REPOSICIÓN DE ESTACAS DAÑADAS P.U (S/.) 5.11

UND: UND
RENDIMIENTO: 100 HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1.1 Mano de Obra						1.53
capataz	HH	0.10	0.01	16.34	0.13	
oficial	HH	1.00	0.08	12.06	0.96	
peón	HH	0.50	0.04	10.89	0.44	
1.2 Materiales						3.50
estacas de madera	UND		1.00	3.50	3.50	
1.3 Equipos / Herramientas						0.08
herramienta manual	%MO		0.05	1.53	0.08	

4.5 PRESUPUESTO

Obra : CONSTRUCCION DE EMPALIZADAS TRENZADAS O FAJINAS DE LADERA
Ubicación : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL KM 104+000
Plazo : 30_Dias
Precios : Nov_09

Item	Descripción de la Partida	Presupuesto Oferta				
		Und	Metrado	P.U (S/.)	Parcial	SubTotal
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					3,066.24
01.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	96.00	2.53	242.88	
01.02.00	CONFORMACIÓN DE FAJINAS CON SAUCE COMÚN	ML	60.00	39.84	2,390.40	
01.03.00	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	M2	96.00	4.51	432.96	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRA					267.66
02.01.00	EXCAVACIÓN DE ZANJA	M3	9.00	29.74	267.66	
03.00.00	SISTEMA DE EMPALIZADAS O FAJINAS DE LADERA					794.60
03.01.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ESTACAS DE MADERA	UND	80.00	5.11	408.80	
03.02.00	IMPLANTACIÓN DE FAJINAS DE SAUCE COMÚN	ML	60.00	6.43	385.80	
	TOTAL COSTO DIRECTO				(S/.)	4,128.50

Obra : MANTENIMIENTO DE FAJINAS DE LADERA
Ubicación : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL KM 104+000
Plazo : 30_Dias
Precios al : Nov_09

Item	Descripción de la Partida	Presupuesto Oferta				
		Und.	Metrado	P.U (S/.)	Parcial	Sub_Total
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					4.759.47
01.01.00	DESBROCE DE RAMAS Y LIMPIEZA	MES	12.00	118.66	1,423.87	
01.02.00	RIEGO Y FERTILIZACIÓN	MES	12.00	274.56	3,294.72	
01.03.00	REPOSICIÓN DE ESTACAS DAÑADAS (10%)	UND	8.00	5.11	40.88	
	TOTAL COSTO DIRECTO				(S/.)	4,759.47

CONCLUSIONES

- ✓ En el primer capítulo se realizó la evaluación económica del proyecto de inversión a nivel de perfil de tres alternativas, de las cuales se puede concluir que ninguna alternativa es rentable, pues el valor actual neto (VAN) es negativo (<0). Esto se debe a que el valor de la inversión (gastos de construcción) para cada propuesta son elevados para un horizonte de 7 años, pero de las tres propuestas, la alternativa con tratamiento superficial "Slurry Seal" arroja un VAN mayor a las otras dos alternativas.
- ✓ Después de la visita de inspección a la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, se puede concluir que entre las progresivas 102+600 y 102+800 se observó socavación del talud de relleno por efecto erosivo del río Cañete, de igual forma entre las progresivas 99+430 y 99+530 se observó material deslizado, lo cual evidencia la inestabilidad del talud de corte.
- ✓ El sistema de gaviones como protección del talud de relleno es un sistema conveniente, pues por causa del peso propio esta estructura se amolda al terreno de cimentación debido a la flexibilidad que proporciona la malla galvanizada, además los cantos rodados que es un recurso esencial para su construcción es de fácil obtención, pues generalmente se encuentra en situ.
- ✓ Del capítulo 3, donde se elaboró las propuestas económicas de las tres alternativas planteadas para estabilizar taludes, se puede concluir que la construcción de un sistema de fajas de ladera (s/.4,128.30) presenta un costo directo menor en comparación con la construcción de un muro de concreto simple (s/.30,033.48) y de un muro de gaviones (s/.17,671.16).
- ✓ El costo de mantenimiento de las fajas de ladera es mayor que el de los muros de concreto y gaviones, pues constantemente se debe cuidar que las ramas vivas enraícen. El mantenimiento consiste en la poda, fertilización y riego, mientras que en los otros dos sistemas solo es necesario la limpieza y reparaciones simples.
- ✓ Se realizó un cuadro resumen de costos de construcción y mantenimiento para un periodo de 7 años, obteniéndose que desde el punto de vista

económico la alternativa más conveniente es la de construcción de fajinas de ladera con un costo total de (S/.) 25,546.12 versus (S/.) 40,000.57 y (S/.) 29,282.34 correspondientes a la construcción de muros de concreto y gaviones respectivamente.

- ✓ Para el caso de taludes inestables mayores a 35° el sistema de fajinas de ladera no es conveniente debido a que resulta dificultosa la instalación ya que el personal tendría que realizar excavaciones y colocación de las fajas lo cual representa una acción de riesgo para la seguridad del personal.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la utilización de especies vegetales como el Pino, Eucalipto y Sauce en la construcción de fajinas, debido a que presentan sistemas radiculares (raíces) que son convenientes para lograr la estabilización de taludes.
- ✓ Se recomienda la construcción de sistemas de bioingeniería para estabilizar taludes por ser generalmente más económicos, utilizar recursos que mayormente se encuentran en situ y por no ser contaminantes
- ✓ Se recomienda difundir la investigación acerca de los sistemas de bioingeniería para estabilizar taludes como por ejemplo: la Hidrosiembra, Barreras de vegetación, empalizadas trenzadas etc.
- ✓ Para taludes de relleno o taludes que están en las márgenes de los ríos se recomienda construir un sistema de gaviones, ya que ha sido comprobado su utilización como defensa ribereña. Los cantos rodados son más resistentes a las corrientes de agua además de que este sistema está constituido por unidades o volúmenes de piedra enmallada que presentan gran porosidad por los espacios entre cantos rodados.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN DE CARRETERAS DEL JAPÓN, Serie de trabajos de tierra en carreteras. Manual de protección de taludes, Japón, 1984.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE INGENIERÍA DEL PAISAJE, Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica, Jornada de Bioingeniería, Bilbao - España, 2008.
- FAO, Manual de Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Estabilización de laderas con tratamiento del suelo y Vegetación. Guía FAO conservación 13/1, 1987
- INGEMMET, Estudio Geodinámico de la cuenca del Río Cañete, Boletín, Lima, Perú, 1985.
- VEGA GRANDE YASSER JAN, Muros de contención con suelo reforzado, Tesis de grado, UNI, Facultad de Ingeniería Civil, Perú, 2007.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

- www.cismid-uni.org
- www.proviasnac.gob.pe
- www.maccafferri.com.mx
- http://www2.uah.es/dep_ecologia_pcastro/Master/2008T9propagacion/Coitapac%201998.pdf

ANEXOS

Anexo N° 1 Ensayo de laboratorio (granulométrico y límites de consistencia)

Anexo N° 2 Esquema del sistema de fajas de ladera

Anexo N° 3 Presupuesto correspondiente a la propuesta: construcción de muro de concreto simple

Anexo N° 4 Planilla de Metrados de la propuesta: construcción de muro de concreto simple

Anexo N° 5 Análisis de costos unitarios de la propuesta: construcción de muro de concreto simple

Anexo N° 6 Presupuesto correspondiente a la propuesta: construcción de un sistema de gaviones

Anexo N° 7 Planilla de Metrados de la propuesta: construcción de un sistema de gaviones

Anexo N° 8 Análisis de costos unitarios de la propuesta: construcción de un sistema de gaviones

Panel Fotográfico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S09-729

SOLICITANTE : JOE CARBAJAL BLAS , CHRISTIAN ASCONA CANALES, ANA KARINA HUAMAN CARBAJAL RAUL
CAUTI AGREDA Y JOSE URBINA ROJAS

PROYECTO : TITULACION PROFESIONAL

UBICACIÓN : CARRETERA CAÑETE -YAUYOS KM 99+00-KM 104+00

FECHA : 23 de Setiembre del 2009

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

GRUPO: N° 9

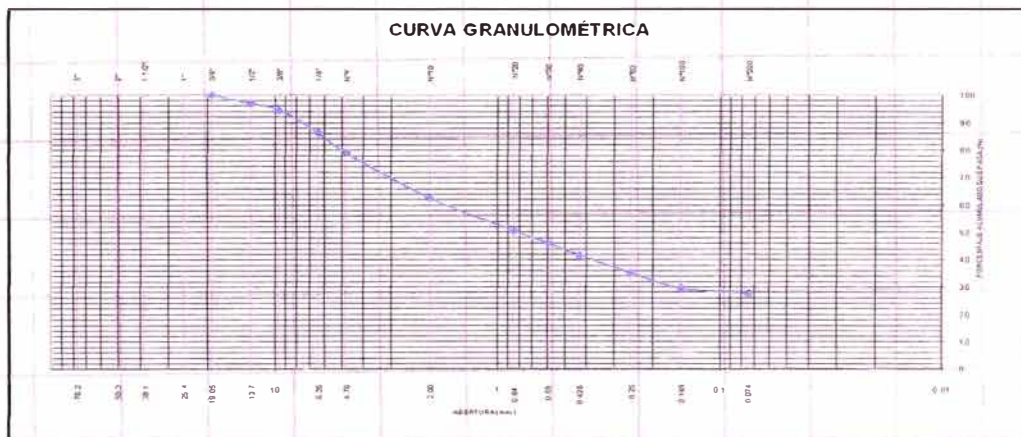
ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	100.0
1/2"	12.700	3.0	3.0	97.0
3/8"	9.525	2.3	5.3	94.7
1/4"	6.350	8.3	13.6	86.4
N°4	4.760	7.2	20.8	79.2
N°10	2.000	16.5	37.3	62.7
N°20	0.840	12.1	49.4	50.6
N°30	0.590	4.5	53.9	46.1
N°40	0.426	4.4	58.3	41.7
N°60	0.250	6.5	64.8	35.2
N°100	0.149	5.6	70.4	29.6
N°200	0.074	2.0	72.4	27.6
- N°200		27.6		

% grava	: 20.8
% arena	: 51.6
% finos	: 27.6

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LIQUIDO (%)	: 28
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: NP
INDICE PLÁSTICO (%)	: NP

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : SM



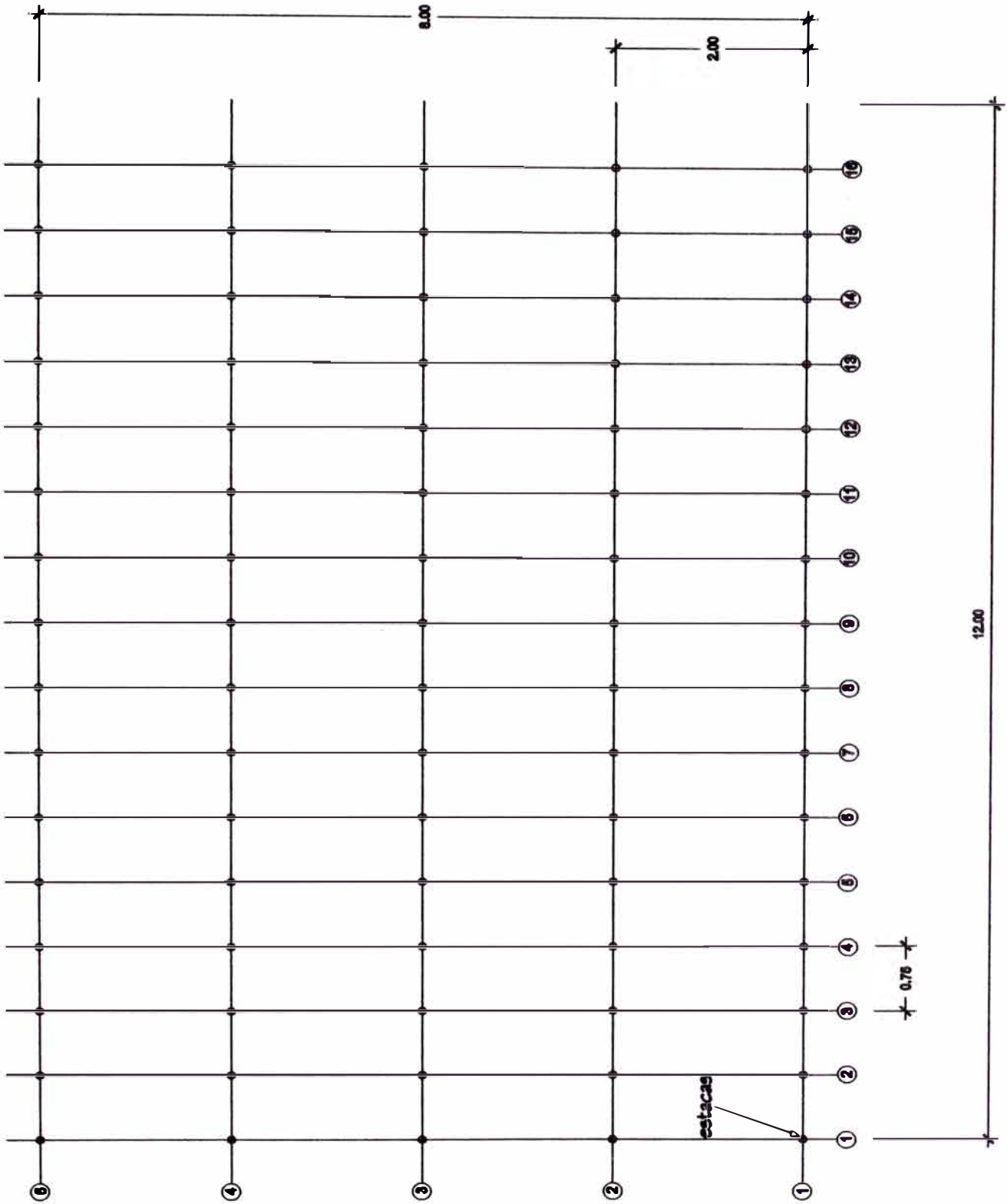
Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución: Tec. E. Navarro S.



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UII

ANEXO N° 2 ESQUEMA DEL SISTEMA DE FAJINAS DE LADERA



ANEXO N° 3

Cliente :
Obra : CONSTRUCCION DE MURO DE CONCRETO SIMPLE
Ubicación : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL KM 104+000

Elaborado : J.C.B
Plazo : 45_Dias
Precios al : Nov_09

Item	Descripción de la Partida	Presupuesto Oferta				
		Und.	Metrado	P.U (S/.)	Parcial	Sub_Total
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					230.40
01.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	30.00	2,53	75,90	
01.03.00	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	M2	30.00	5,15	154,50	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRA					4.453,68
02.01.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL AFIRMADO	M3	66.00	67,49	4.453,69	
03.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					24.899,40
03.01.00	CONCRETO F'c= 210 KG/CM2	M3	49.50	392,58	19.432,71	
03.02.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	109.05	46,57	5.078,46	
03.03.00	CURADO DE CONCRETO	M2	113.85	3,41	388,23	
04.00.00	VARIOS					450,00
04.01.00	PRUEBAS DE COMPACTACION	UND	3.00	150,00	450,00	
TOTAL COSTO DIRECTO					(S/.)	30.033,48

Cliente :
Obra : MANTENIMIENTO DE FAJINAS DE LADERA
Ubicación : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL KM 104+000

Elaborado : J.C.B
Plazo : 30_Dias
Precios al : Nov_09

Item	Descripción de la Partida	Presupuesto Oferta				
		Und.	Metrado	P.U (S/.)	Parcial	Sub_Total
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					1.423,87
01.01.00	LIMPIEZA GENERAL	MES	12.00	118,66	1.423,87	
TOTAL COSTO DIRECTO					(S/.)	1.423,87

ANEXO N° 4

PLANILLA DE METRADOS

OBRA : CONSTRUCCION DE MURO DE CONCRETO SIMPLE
 LUGAR : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL 104+000
 FECHA : NOVIFMBRF 2009
 RESPONSABLE : J.C.B

Item	Elemento		Concreto / Otros					Parcial	Total
	Descripción	Unidad	N° Element.	Dimensiones (m)					
			L	A	H				
01.00.00	Trabajos Preliminares								
01.01.00	Limpieza de terreno	m2						30.00	
	base de la estructura		1.00	12.00	2.50		30.00		
01.02.00	Trazo niveles y replanteo	m2						30.00	
	base de la estructura		1.00	12.00	2.50		30.00		
02.00.00	Movimiento de tierra								
02.01.00	Relleno compactado con material afirmado	m3						66.00	
	1		1.00	12.00	0.70	2.50	21.00		
	2		1.00	12.00	0.30	2.50	9.00		
	3		1.00	12.00	1.00	3.00	36.00		
03.00.00	Obras de concreto simple								
03.01.00	Concreto f'c= 210 kg/cm2	m3						49.50	
	I		1.00	12.00	2.50	0.50	15.00		
	II		1.00	12.00	1.15	2.50	34.50		
03.02.00	Encofrado y desencofrado	m2						109.05	
			1.00	12.00		4.10	49.20		
			1.00	12.00		4.30	51.60		
			2.00	2.50		0.50	2.50		
			2.00	1.15		2.50	5.75		
03.03.00	Curado de concreto	m2						113.85	
			1.00	12.00		4.10	49.20		
			1.00	12.00		4.30	51.60		
			2.00	2.50		0.50	2.50		
			2.00	1.15		2.50	5.75		
			1.00	12.00		0.40	4.80		

ANEXO N° 5

CONSTRUCCION DE MURO DE CONCRETO SIMPLE

PARTIDA:	LIMPIEZA DE TERRENO				PRECIO UNITARIO (S/.)	2,53
UND:	M2					
RENDIMIENTO:	150				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						2,41
capataz	hh	0,10	0,01	16,34	0,09	
peón	hh	4,00	0,21	10,89	2,32	
1,2 Equipos / Herramientas						0,12
herramientas manuales	%MO		0,05	2,41	0,12	
PARTIDA:	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO				PRECIO UNITARIO (S/.)	5,15
UND:	M2					
RENDIMIENTO:	400				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						0,87
capataz	hh	0,50	0,01	16,34	0,16	
peón	hh	2,00	0,04	10,89	0,44	
topografo	hh	1,00	0,02	13,62	0,27	
1,2 Materiales						3,60
yeso (bls 20 kg)	bls		0,10	16,00	1,60	
estaca de madera	und		2,00	1,00	2,00	
1,2 Equipos / Herramientas						0,68
herramientas manuales	%MO		0,05	0,87	0,04	
teodolito	hm	1	0,02	32,00	0,64	
PARTIDA:	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL AFIRMADO				PRECIO UNITARIO (S/.)	67,48
UND:	M3					
RENDIMIENTO:	18				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						17,18
capataz	hh	0,20	0,09	16,34	1,45	
operario	hh	1,00	0,44	13,62	6,05	
peón	hh	2,00	0,89	10,89	9,68	
1,2 Materiales						40,86
material afirmado	m3		1,05	36,00	37,80	
agua	m3		0,12	8,00	0,96	
gasolina	gln		0,20	10,50	2,10	
1,2 Equipos / Herramientas						9,44
herramientas manuales	%MO		0,05	17,18	0,86	
plancha compactadora 4	hm	1,00	0,44	19,30	8,58	

ANEXO N° 6

Cliente :
Obra : CONSTRUCCION DE GAVIONES
Ubicación : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL KM 104+000

Elaborado : J.C.B
Plazo : 30_Dias
Precios al : Nov_09

Item	Descripción de la Partida	Presupuesto Oferta				Sub_Total
		Und.	Metrado	P.U (S/.)	Parcial	
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					2.508,60
01.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	30,00	2,53	75,90	
01.02.00	RECOLECCION Y ACOPIO DE PIEDRA MEDIANA	M3	60,00	37,97	2.278,20	
01.03.00	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	M2	30,00	5,15	154,50	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRA					4.463,69
02.01.00	RELLENO CON PLANCHA COMPACTADORA	M3	66,00	67,48	4.453,68	
03.00.00	SISTEMA DE GAVIONES					10.258,88
03.01.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE CELDAS 3.0 X 1.5 X 1.0, INC. MALLA	UND	8,00	623,68	4.989,44	
03.02.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE CELDAS 3.0 X 1.0 X 1.0, INC. MALLA	UND	8,00	550,68	4.405,44	
03.03.00	FILTRO GEOTEXTIL	M2	72,00	12,00	864,00	
04.00.00	VIARIOS					450,00
04.01.00	PRUEBAS DE COMPACTACION	UND	3,00	150,00	450,00	
TOTAL COSTO DIRECTO					(S/.)	17.671,16

Cliente :
Obra : MANTENIMIENTO DE MUROS DE GAVIONES
Ubicación : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. TRAMO KM 99+000 AL KM 104+000

Elaborado : J.C.B
Plazo : 30_Dias
Precios al : Nov_09

Item	Descripción de la Partida	Presupuesto Oferta				Sub_Total
		Und.	Metrado	P.U (S/.)	Parcial	
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					1.658,74
01.01.00	LIMPIEZA GENERAL	MES	12,00	118,66	1.423,87	
01.02.00	REPARACION DE MALLAS GALVANIZADAS	GLB	1,00	234,87	234,87	
TOTAL COSTO DIRECTO					(S/.)	1.658,74

ANEXO N° 7

PLANILLA DE METRADOS

OBRA : CONSTRUCCION DE GAVIONES
 LUGAR : CARRETERA CAÑETE - YAUAYOS, TRAMO KM 99+000 AL 104+000
 FECHA : NOVIEMBRE 2009
 RESPONSABLE : J. C. B

Item	Elemento Descripcion	Unidad	N° Element.	Concreto / Otros Dimensiones (m)			Parcial	Total
				L	A	H		
01.00.00	Trabajos Preliminares							
01.01.00	Limpieza de terreno	m2						30.00
	base de la estructura		1.00	12.00	2.50		30.00	
01.02.00	Recoleccion y acopio de piedra	m3						60.00
	fila 1		1.00	12.00	1.50	1.00	18.00	
			1.00	12.00	1.00	1.00	12.00	
	fila 2		1.00	12.00	1.50	1.00	18.00	
	fila 3		1.00	12.00	1.00	1.00	12.00	
01.03.00	Trazo niveles y replanteo	m2						30.00
	base de la estructura		1.00	12.00	2.50		30.00	
02.00.00	Movimiento de tierra							
02.01.00	Relleno con material afirmado	m3						66.00
	area 1		1.00	12.00	1.00	1.00	12.00	
	area 2		1.00	12.00	2.00	1.00	24.00	
	area 3		1.00	12.00	2.50	1.00	30.00	
03.00.00	Sistema de gaviones							
03.01.00	Celdas de 3.00 x 1.50 x 1.00	und						8.00
	fila 1		4.00				4.00	
	fila 2		4.00				4.00	
03.02.00	Celdas de 3.00 x 1.00 x 1.00	und						8.00
	fila 1		4.00				4.00	
	fila 3		4.00				4.00	
03.03.00	Filtro geotextil	m2						72.00
	fila 1		1.00	12.00	2.00		24.00	
	fila 2		1.00	12.00	2.00		24.00	
	fila 3		1.00	12.00	2.00		24.00	

ANEXO N° 8

CONSTRUCCIÓN DE GAVIONES

01.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO				PRECIO UNITARIO (S/.)	2,53
UND:	M2					
RENDIMIENTO:	150				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1	Mano de Obra					2,41
	capataz	HH	0,10	0,01	16,34	0,09
	peón	HH	4,00	0,21	10,89	2,32
1,2	Equipos / Herramientas					0,12
	herramientas manuales	%MO		0,05	2,41	0,12
					Total (S/.)	2,53
01.02.00	RECOLECCIÓN Y ACOPIO DE PIEDRA				PRECIO UNITARIO (S/.)	37,97
UND:	M3					
RENDIMIENTO:	10				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1	Mano de Obra					36,16
	capataz	HH	0,10	0,08	16,34	1,31
	peón	HH	4,00	3,20	10,89	34,85
1,2	Equipos / Herramientas					1,81
	herramientas manuales	%MO		0,05	36,16	1,81
					Total (S/.)	37,97
01.03.00	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO				PRECIO UNITARIO (S/.)	5,15
UND:	M2					
RENDIMIENTO:	400				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1	Mano de Obra					0,87
	capataz	HH	0,50	0,01	16,34	0,16
	peón	HH	2,00	0,04	10,89	0,44
	topografo	HH	1,00	0,02	13,62	0,27
1,2	Materiales					3,60
	yeso (bls 20 kg)	bls		0,10	16,00	1,60
	estaca de madera	und		2,00	1,00	2,00
1,2	Equipos / Herramientas					0,68
	herramientas manuales	%MO		0,05	0,87	0,04
	teodolito	HM	1	0,02	32,00	0,64
					Total (S/.)	5,15
02.01.00	RELLENO CON PLANCHA COMPACTADORA				PRECIO UNITARIO (S/.)	67,48
UND:	M3					
RENDIMIENTO:	18				HH/JORNADA:	8 hr/dia
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1	Mano de Obra					17,18
	capataz	HH	0,20	0,09	16,34	1,45
	operario	HH	1,00	0,44	13,62	6,05
	peón	HH	2,00	0,89	10,89	9,68
1,2	Materiales					40,86
	material afirmado	m3		1,05	36,00	37,80
	agua	m3		0,12	8,00	0,96
	gasolina	gln		0,20	10,50	2,10
1,3	Equipos / Herramientas					9,44
	herramientas manuales	%MO		0,05	17,18	0,86

plancha compactadora 4 hp HM 1,00 0,44 19,30 8,58

Total (S/.) 67,48

03.01.00 CELDAS DE GAVIONES DE 3.00 X 1.50 X 1.00 PRECIO UNITARIO (S/.) 623,68

UND: UND
RENDIMIENTO: 3,5 HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						180,65
capataz	HH	0,10	0,23	16,34	3,73	
oficial	HH	1,00	2,29	12,06	27,57	
peón	HH	6,00	13,71	10,89	149,35	
1,2 Materiales						434,00
celdas de 3.0X0.5X1.0	UND		1,00	245,00	245,00	
pedra mediana	M3		4,50	42,00	189,00	
1,3 Equipos / Herramientas						9,03
herramienta manual	%MO		0,05	180,65	9,03	
Total (S/.)						623,68

03.02.00 CELDAS DE GAVIONES DE 3.00 X 1.10 X 1.00 PRECIO UNITARIO (S/.) 550,68

UND: UND
RENDIMIENTO: 3,5 HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						180,65
capataz	HH	0,10	0,23	16,34	3,73	
oficial	HH	1,00	2,29	12,06	27,57	
peón	HH	6,00	13,71	10,89	149,35	
1,2 Materiales						361,00
celdas de 3.0X1.0X1.0	UND		1,00	235,00	235,00	
pedra mediana	M3		3,00	42,00	126,00	
1,3 Equipos / Herramientas						9,03
herramienta manual	%MO		0,05	180,65	9,03	

03.03.00 FILTRO GEOTEXTIL PRECIO UNITARIO (S/.) 550,68

UND: UND
RENDIMIENTO: 3,5 HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						180,65
capataz	HH	0,10	0,23	16,34	3,73	
oficial	HH	1,00	2,29	12,06	27,57	
peón	HH	6,00	13,71	10,89	149,35	
1,2 Materiales						361,00
celdas de 3.0X1.0X1.0	UND		1,00	235,00	235,00	
pedra mediana	M3		3,00	42,00	126,00	
1,3 Equipos / Herramientas						9,03
herramienta manual	%MO		0,05	180,65	9,03	

MANTENIMIENTO DE MUROS DE GAVIONES

PARTIDA LIMPIEZA GENERAL PRECIO UNITARIO (S/.) 118,66

UND: MES
RENDIMIENTO: - HH/JORNADA: 8 hr/dia

DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 Mano de Obra						115,20
	HH	2,00	96,00	0,60	115,20	
1,2 Equipos / Herramientas						3,46

herramientas manuales	%MO	0.03	115,20	3,46
-----------------------	-----	------	--------	------

PARTIDA	REPARACION DE MALLAS GALVANIZADAS		PRECIO UNITARIO (S/.)	234,87
----------------	--	--	------------------------------	---------------

UNID:	GLB			
RENDIMIENTO:			HH/JORNADA:	8 hr/dia

DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
1,1 reparacion de celdas (5 %) costo de mallas	GLB	4,00	0,05	1174,36	234,87	234,87

PANEL FOTOGRAFICO



KM 99+530 – SE OBSERVA DESLIZAMIENTO DE MATERIAL SUELTO



KM 102+600 – TALUD VULNERABLE A LA EROSION EN EPOCA DE CRECIDA DEL RIO



KM 103+000 – CALICATA DE EXPLORACIÓN



KM 102+500 - SE OBSERVA MALA VISIBILIDAD EN LA CURVA