

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN
DE MACIZOS ROCOSOS APLICADOS EN EL TRAMO
FALDA DE LA QUEÑUA”**

Realizado por:

NELSON SILVA CAMINO

Julio del 2012

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN
DE MACIZOS ROCOSOS APLICADOS EN EL TRAMO
FALDA DE LA QUEÑUA”**

Realizado por:

NELSON SILVA CAMINO

EN LA ASIGNATURA CIV 502 PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

Gestión académica I/S 2012

TARIJA - BOLIVIA

HOJA DE EVALUACIÓN

EVALUACIÓN CONTINUA:

Fecha de presentación:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y Firma docente CIV 502:

Ing. Marcelo Pacheco

EVALUACIÓN FINAL:

Fecha de presentación y defensa:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma tribunal 1:

Ing. Carlos E. Montan Rodríguez

Nombre y firma tribunal 2:

Ing. Ada G. López Rueda

Nombre y firma tribunal 3:

Ing. Luis A. Yurquina Flores

CALIFICACIÓN FINAL:

Evaluación continua (40%):

Evaluación final (60):

Calificación final:

Nombre y firma docente CIV 502:

V°B°

.....
Ing. Marcelo Pacheco
DOCENTE DE LA MATERIA

.....
Ing. Luis A. Yurquina Flores
DECANO – FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....
Lic. Mcs. Gustavo Succi A.
VICEDECANO - FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Mi gratitud está dirigida principalmente a DIOS todo poderoso por haberme dado existencia en esta vida, y concederme la gracia de servirle y demostrar a todos lo inmenso que es su amor.

A mi papá Raul Silva Villena que siempre me motiva a ser mejor cada día, a mi mamá Liliana Camino que me dio la fuerza para seguir adelante en mis estudios, a mis hermanos Anabel, Emir y a todos mis familiares

DEDICATORIA

A todos mis amigos y cada una de las personas que supieron mantenerse constante con su ayuda a lo largo de mi vida y del presente trabajo nutriendo con sus acertados consejos para el logro de mis objetivos.

También a todos los docentes que me acompañaron durante mis estudios, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

ÍNDICE

RESUMEN DEL PROYECTO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 EL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
1.6 MEDIOS Y METODOLOGÍA.....	5

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LOS MACIZOS ROCOSOS Y TÚNELES

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UN MACIZO ROCOSOS.....	7
2.1.1 Introducción.....	7
2.1.2 Definición.....	7
2.1.3 Anisotropía en los macizos rocosos.....	8
2.1.4 Efecto del agua sobre los macizos rocosos.....	8
2.1.5 Identificación.....	9
2.1.6 Matriz rocosa.....	21
2.1.7 Discontinuidades.....	25
2.1.7.1 Definición.....	25
2.1.7.2 Discontinuidades en la masa rocosa.....	25
2.1.7.3 Propiedades de las discontinuidad.....	30
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS.....	38
2.2.1 Introducción.....	38
2.2.2 Características de las clasificaciones geotécnicas.....	39
2.2.3 Criterios para determinar la validez científica de una clasificación.....	40
2.2.4 Métodos de clasificación.....	42
2.2.4.1 Clasificación RQD – (Deere).....	43
2.2.4.2 Clasificación Q - Sistema (Barton).....	45
2.2.4.3 Clasificación RMR – (Bienawski).....	48
2.2.4.4- Clasificación geomecanica SMR (Romana) para taludes.....	52

2.3 ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS.....	55
2.3.1 Estabilidad.....	55
2.3.2 Deformación.....	58
2.3.3 Resistencia.....	62
2.4 TÚNELES.....	70
2.4.1 Definición.....	70
2.4.2 Importancia del diseño de túneles.....	70
2.4.3 Influencias de las condiciones geológicas de un túnel.....	71
2.4.4 Condiciones del macizo rocoso en un túnel.....	75
CAPÍTULO III	
ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS	
3.1 ASPECTOS GENERALES PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS.....	88
3.1.1 Introducción.....	88
3.1.2 Estabilidad.....	89
3.1.3 Deformación.....	89
3.1.4 Tipología y morfología.....	89
3.1.5 Tipos de Fallas en Taludes rocosos.....	94
3.2 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN DE UN TALUD, DESLIZAMIENTO Y DESPRENDIMIENTOS.....	99
3.2.1 Introducción.....	99
3.2.2 Definición de talud.....	100
3.2.3 Procesos de los movimiento (deslizamiento, desprendimientos).....	102
3.2.4 Procesos de deterioro de los movimientos.....	109
3.2.5 Factores que determinan los deslizamientos y desprendimientos.....	113
3.2.6 Detalles de los deslizamientos y desprendimientos.....	115
3.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	116
3.3.1 Introducción.....	116
3.3.2 Análisis de estabilidad de taludes.....	117
3.3.3 Equilibrio límite y factor de seguridad.....	119
3.3.4 Métodos para estabilizar taludes.....	123

3.4 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS...	126
3.4.1 Introducción.....	126
3.4.2 Parámetros geotécnicos.....	127
3.4.3 Influencias de las características estructurales.....	133
3.4.4 Causas de desestabilización de taludes macizos rocosos.....	135
3.4.5 Modos de rotura en los Taludes macizos rocosos.....	138
3.4.6 Métodos de estabilización de taludes en macizos rocosos.....	143
3.4.6.1 Método de equilibrio límite.....	143
3.4.6.1.1 Métodos exactos.....	143
3.4.6.1.1.1 Rotura Planar.....	143
3.4.6.1.1.2 Rotura por cuña.....	146
3.4.6.1.2 Métodos no exactos.....	150
3.4.6.1.2.1 Rotura circular.....	150
3.4.6.1.2.1.1 Método del programa electrónico Slide v 5.0.....	151
3.4.6.1.3 Método por ábacos.....	151
3.4.6.1.3 Método de Grupos Geotécnicos.....	152
3.5 PROTECCIÓN DE LA SUPERFICIE EN TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS.....	153
3.5.1 Introducción.....	153
3.5.2 Medidas de Corrección o Estabilización de Taludes en Macizos Rocosos.....	153
3.5.3 Métodos de Estructuras de Contención superficial para taludes en roca.....	154
3.5.3.1 Mallas y cables metálicas.....	156
3.5.3.2 Pantallas o barreras dinámicas y estáticas.....	169
3.5.3.3 Modificación de la pendiente del talud.....	173
3.5.3.4 Bermas, trincheras, terracedos o banquetas y muros.....	176
3.5.3.5 Cubiertas de protección o túneles falsos.....	187
3.5.3.6 Hormigón proyectado en masa.....	190
3.5.3.7 Anclajes.....	194
3.5.4 Ventajas y desventajas de las estructuras de contención superficial.....	204

CAPÍTULO IV APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	205
4.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	209
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MACIZOS ROCOSOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	219

4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS POR DIFERENTES MÉTODOS EN LA ZONA DE ESTUDIO Y ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS.....	228
4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS SOBRE LA ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	257
4.6 METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN SUPERFICIAL PARA TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS.....	264

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	317
5.2 RECOMENDACIONES.....	320
5.3 BIBLIOGRAFIA.....	323

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I

CONTINUACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS DIFERENTES MÉTODOS, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA FALDA LA QUEÑUA.....	325
---	-----

ANEXO II

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN SIMPLE EN LABORATORIO.....	465
--	-----

ANEXO III

PRESIO UNITARIO PARA EL MÉTODO STEEL GRID.....	466
PRESIO UNITARIO PARA EL MÉTODO DE SOIL NAILING.....	467

ANEXO IV

MAPAS Y FOTOGRAFÍAS.....	468
--------------------------	-----

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro N°1: Escala de la dureza de Mohos.....	13
Cuadro N°2: Color de las rocas.....	14
Cuadro N°3: Clasificación elemental de los tamaños de los granos.....	15
Cuadro N°4: Tamaños de los granos.....	15
Cuadro N°5: Escala de meteorización del macizo rocoso.....	17
Cuadro N°6: Concepto de alteración y desgaste de las rocas.....	18
Cuadro N°7: Principales tipos de Alteración.....	19
Cuadro N°8: Era geológica.....	22
Cuadro N°9: Tabla descripción del espaciado.....	32
Cuadro N°10: Tabla de descripción de la persistencia o continuidad.....	33
Cuadro N°11: Tabla para la descripción de las aperturas.....	35
Cuadro N°12: Tabla descripción de las filtraciones en las discontinuidades.....	37
Cuadro N°13: Clasificación de los macizos rocosos según Deere.....	44
Cuadro N°14: Tabla para encontrar el número de discontinuidades por metro cubico...	44
Cuadro N°15: Tabla para encontrar el parámetro Jn.....	46
Cuadro N°16: Tabla para encontrar el parámetro Jr.....	46
Cuadro N°17: Tabla para encontrar el parámetro Ja.....	46
Cuadro N°18: Tabla para encontrar el parámetro Jw.....	47
Cuadro N°19: Tabla para encontrar el parámetro SFR.....	47
Cuadro N°20: Tabla para la clasificación según Barton.....	48

Cuadro N°21: Tabla para encontrar el parámetro 1.....	49
Cuadro N°22: Tabla para encontrar el parámetro 2.....	50
Cuadro N°23: Tabla para encontrar el parámetro 3.....	50
Cuadro N°24: Tabla para encontrar el parámetro 4.....	50
Cuadro N°25: Tabla para encontrar el parámetro 5.....	51
Cuadro N°26: Tabla para la clasificación según Bienawski.....	51
Cuadro N°27: Tabla para los factores de ajuste para el cálculo de SMR.....	53
Cuadro N°28: Tabla para determinar la calidad del talud rocoso según SMR.....	54
Cuadro N°29: Tabla para determinar los valores para cada forma de falla SMR.....	54
Cuadro N°30: Tabla para determinar la resistencia a compresión simple de acuerdo a identificación de campo.....	63
Cuadro N°31: Tabla de clasificación de la resistencia a compresión simple.....	63
Cuadro N°32: Tabla para la clasificación de las rocas a partir del valor de σ_c	66
Cuadro N°33: Calificación de las rocas según su resistencia.....	67
Cuadro N°34: Tabla para determinar la resistencia de un macizo rocoso, tensión y cortante.....	68
Cuadro N°35: Tabla para determinar la el ángulo de fricción (ϕ) y la cohesión.....	69
Cuadro N°36: Tabla para determinar el tipo de sostenimiento de un túnel en función al valor de RQD.....	73
Cuadro N°37: Tabla para determinar el tipo de sostenimiento de un túnel en función al valor de RMR.....	74
Cuadro N°38: Tabla para determinar el tipo de sostenimiento de un túnel en función al valor de Q de Barton.....	75
Cuadro N°39: Clasificación de los movimientos por Varnes.....	93

Cuadro N°40: Casos que se presentan según el factor de seguridad.....	123
Cuadro N°41: Métodos de cálculo para estabilizar Taludes en macizos rocosos.....	124
Cuadro N°42: Tabla para determinar la densidad de acuerdo a tipos de rocas.....	128
Cuadro N°43: Tabla para determinar la porosidad de acuerdo a tipos de rocas.....	129
Cuadro N°44: Tabla para determinar la alterabilidad de las rocas en función de la porosidad.....	129
Cuadro N°45: Tabla para determinar el peso específico y la porosidad de acuerdo a tipos de rocas.....	131
Cuadro N°46: Ábacos para diferencias entre los planos A y B que Forman una cuña.....	148
Cuadro N°47: Ábaco de grupos geotécnicos para obtener el factor de seguridad.....	152
Cuadro N°48: Tabla para determinar el tipo de tratamiento a emplear Según SMR.....	155
Cuadro N°49: Ángulos de inclinación para taludes recomendados por grupos geotécnicos.....	175
Cuadro N°50: Tabla de acuerdo a criterios de diseño para trincheras de atrape de bloques de roca (Ritchie, 1963).....	178
Cuadro N°51: Tabla de ventajas y desventajas de métodos de estructuras de contencion superficial	204
Cuadro N°52: Tabla de Climas de la zona de estudio.....	221
Cuadro N°53: Tabla de las características de las provincias fisiográficas.....	223
Cuadro N°54: Tabla de las especies principales de la vegetación.....	225
Cuadro N°55: Tabla de las especies principales de la fauna.....	226
Cuadro N°56: Tablas de resumen del análisis de estabilidad de los macizos rocosos...	254

Cuadro N°57: Resumen de análisis de alternativas seleccionadas de estructuras de contención superficial.....	299
Cuadro N°58: Resumen de análisis seleccionadas de de tratamientos de tratamientos de desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.....	300
Cuadro N°59: Resumen de la elección de alternativas recomendables de estructuras de contención superficial.....	301
Cuadro N°60: Resumen de análisis de las alternativas recomendables de estructuras de contención superficial y su respectivo costo.....	302

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

FIG. 2.1: Imagen de un Macizo Rocoso.....	7
FIG. 2.2: Imagen del efecto del agua en los Macizos Rocosos.....	9
FIG. 2.3: Imágenes de rocas ígneas.....	10
FIG. 2.4: Imágenes de rocas Sedimentarias.....	10
FIG. 2.5: Imágenes de rocas Metamórficas.....	11
FIG. 2.6: Esquema para identificar los tres tipos de roca.....	11
FIG. 2.7: Esquema para identificar las rocas ígneas.....	12
FIG. 2.8: Esquema para identificar las rocas metamórficas.....	12
FIG. 2.9: Esquema para identificar las rocas sedimentarias.....	13
FIG. 2.10: Talud en una carretera que muestra el macizo rocoso fracturado y alterado.....	19
FIG. 2.11: Fotografía de un macizo rocoso.....	20
FIG. 2.12: Esquema de discontinuidades en un macizo rocoso.....	20
FIG. 2.13: Matriz rocosa.....	21

FIG. 2.14: Discontinuidad en un macizo rocoso.....	25
FIG. 2.15: Planos de estratificación.....	26
FIG. 2.16: Falla.....	27
FIG. 2.17: Diaclasa.....	27
FIG. 2.18: Esquistosidad.....	28
FIG. 2.19: Contactos litológicos.....	28
FIG. 2.20: Pliegues.....	29
FIG. 2.21: Diques.....	29
FIG. 2.22: Diferentes propiedades en las discontinuidades.....	30
FIG. 2.23: Orientación en un plano de discontinuidad.....	30
FIG. 2.24: Descripción del rumbo, buzamiento y dirección de inclinación.....	31
FIG. 2.25: Espaciado.....	32
FIG. 2.26: Persistencia o continuidad.....	33
FIG. 2.27: Rugosidad.....	34
FIG. 2.28: Apertura.....	35
FIG. 2.29: Relleno.....	36
FIG. 2.30: Filtración.....	36
FIG. 2.31: Imagen del esquema de la clasificación según Deere.....	43
FIG. 2.32: Aptitud de una estructura geológica y la dirección de un túnel.....	56
FIG. 2.33: Estabilidad de cuñas de roca.....	57
FIG. 2.34: Deformación de un macizo rocoso.....	59

	Página
FIG. 2.35: Tipos de esfuerzo en un macizo rocoso.....	61
FIG. 2.36: Ensayo con Esclerómetro.....	64
FIG. 2.37: Esquema del ensayo a compresión simple.....	65
FIG. 2.38: Túneles en carreteras.....	70
FIG. 2.39: Condiciones naturales de inestabilidad en excavación de túneles en roca.....	71
FIG. 2.40: Condiciones del macizo rocoso en un túnel.....	72
FIG. 2.41: Estabilidad de las rocas de falla en un túnel (Hansen y Martha 1988).....	76
FIG. 2.42: Secciones típicas de túneles y sus denominaciones.....	77
FIG. 2.43: Secuencia de excavación y sostenimiento en avance por perforación y voladura.....	79
FIG. 2.44: Distintos tipos de maquinarias para la realización para la perforación de túneles.....	80
FIG. 2.45: Proceso para la detonación mediante explosivos para realización para la voladura.....	81
FIG. 2.46: Descarga del material excavado.....	82
FIG. 2.47: Ventilación mediante manga de aire.....	82
FIG. 2.48: Dren profundo vertiendo agua.....	83
FIG. 2.49: Cuneta de drenaje lateral.....	83
FIG. 2.50: Perforación e instalación de perno, cementado con resina.....	84
FIG. 2.51: Pernos instalados en el techo y paredes.....	84
FIG. 2.52: Hormigón lanzado o shotcrete.....	85
FIG. 2.53: Shotcrete con malla metálica.....	85

FIG. 2.54: Cerchas metálicas.....	86
FIG. 2.55: Acabado y finalización de un túnel.....	86

CAPÍTULO III

FIG. 3.1: Imagen de desestabilidad de un talud rocoso.....	88
FIG. 3.2: Esquena de un talud natural.....	90
FIG. 3.3: Esquena de un talud artificial.....	90
FIG. 3.4: Representación de la morfología de los macizos rocosos en 3D.....	91
FIG. 3.5: Distintos tipos de morfología de los macizos rocosos.....	91
FIG. 3.6: Desprendimientos en los macizos rocosos.....	94
FIG. 3.7: Deslizamientos en los macizos rocosos.....	95
FIG. 3.8: Coladas en los macizos rocosos.....	96
FIG. 3.9: Vuelcos en los macizos rocosos.....	96
FIG. 3.10: Movimientos complejos en los macizos rocosos.....	97
FIG. 3.11: Esquema geomorfológico y movimientos en un macizo rocoso.....	98
FIG. 3.12: Imagen de un talud en macizo rocoso.....	99
FIG. 3.13: Elementos de un talud en rocas macizas	101
FIG. 3.14: Deslizamiento en una carretera de un talud macizo rocoso.....	102
FIG. 3.15: Elementos de un deslizamiento.....	103
FIG. 3.16: Deslizamiento rotacional	106
FIG. 3.17: Deslizamiento de traslación... ..	107
FIG. 3.18: Desprendimiento de rocas en una carretera	107

FIG. 3.19: Dibujo esquemático de un desprendimiento... ..	108
FIG. 3.20: Ejemplo de vertiente rocosa y acumulación de bloques desprendidos.....	109
FIG. 3.21: Procesos de deterioro en los macizos rocosos (Nicholson y hencher1997).....	113
FIG. 3.22: Ejemplo de deslizamientos en los macizos rocosos... ..	115
FIG. 3.23: Ejemplo de desprendimientos en los macizos rocosos... ..	115
FIG. 3.24: Realización de varios cortes en un talud macizo rocoso... ..	123
FIG. 3.25: Tipos de equipo para el ensayo de compresión simple... ..	132
FIG. 3.26: Dirección correcta de escarificación de la maquinaria... ..	133
FIG. 3.27: Dirección incorrecta de escarificación de la maquinaria... ..	133
FIG. 3.28: Configuración estructural de un macizo rocoso... ..	134
FIG. 3.29: Dirección de las discontinuidades los macizos rocosos... ..	134
FIG. 3.30: Sobre excavación de la base de un Talud en en una carretera.....	135
FIG. 3.31: Deslizamiento de un Talud en una carretera debido a la constante lluvia.....	136
FIG. 3.32: Presencia de agua subterránea en un talud macizo rocoso.....	137
FIG. 3.33: Fracturas y discontinuidad en los macizos rocosos en un talud.....	138
FIG. 3.34: Rotura planar en talud macizo rocoso en una carretera... ..	139
FIG. 3.35: Rotura en cuña en un talud macizo rocosos en una carretera... ..	140
FIG. 3.36: Rotura por vuelco en un talud macizo rocosos en una carretera.....	141
FIG. 3.37: Rotura circular en un talud macizo rocoso en una carretera.....	141
FIG. 3.38: Rotura por pandeo de estratos.....	142

FIG. 3.39: Esquema de los tipos de movimientos que pueden presentar en taludes de macizos rocosos.....	142
FIG. 3.40: Esquema de una rotura planar en un macizo roco.....	143
FIG. 3.41: Esquemas de una rotura en cuña en un talud rocoso.....	146
FIG. 3.42: Estabilización de taludes rocosos con malla triple torsión.....	156
FIG. 3.43: Colocación de la malla triple torsión en un talud.....	157
FIG. 3.44: Malla triple torsión.....	158
FIG. 3.45: Detalles de la malla triple torsión.....	159
FIG. 3.46: Colocación de Anclas en “T “.....	160
FIG. 3.47: Anclaje con placa de acero	161
FIG. 3.48: Amarre continuo (Espiral) Amarre mecánico Amarre de moño.....	162
FIG. 3.49: Mallas de triple torsión reforzadas con cables.....	163
FIG. 3.50: Estabilidad de taludes con Mallas de triple torsión y cable.....	165
FIG. 3.51: Malla de Triple Torsión con anclaje tipo gancho.....	165
FIG. 3.52: Cable de Acero.....	166
FIG. 3.53: Bulones y anclajes de cable.....	166
FIG. 3.54: Placas de fijación.....	167
FIG. 3.55: Sujeta cables.....	167
FIG. 3.56: Picas de sujeción o anclaje (En coronación y pie).....	168
FIG. 3.57: Pantalla dinámicas y estáticas.....	169
FIG. 3.58: Croquis de barreras dinámicas anti desprendimientos.....	171
FIG. 3.59: Pantallas fijas o estáticas.....	172

FIG. 3.60: Tendido del talud.....	173
FIG. 3.61: Talud con una fuerte pendiente (Empinada).....	174
FIG. 3.62: Ángulos de cortes en Taludes rocosos.....	175
FIG. 3.63: Berma.....	176
FIG. 3.64: Componentes de las bermas.....	177
FIG. 3.65: Trincheras para control de macizos rocosos.....	179
FIG. 3.66: Esquema de un terraceo en un talud rocoso.....	179
FIG. 3.67: Imágenes de terraceos en un talud rocoso.....	180
FIG. 3.68: Imágenes de la fallas en terraceos en un talud rocoso debido a la exageración de corte.....	180
FIG. 3.69: Ejemplos de muro alcancía.....	182
FIG. 3.70: Esquema de un muro de gravedad reforzada con concreto.....	184
FIG. 3.71: Muro de gravedad reforzada con concreto en una carretera.....	184
FIG. 3.72: Muro de gavión.....	185
FIG. 3.73: Muro de gavión reteniendo fragmentos de rocas macizas.....	186
FIG. 3.74: Muros alcancía de tierra armada con geotextil para protección contra caídos de rocas maciza.....	186
FIG. 3.75: Cubierta de protección para roca y macizos rocosos mostrando anclaje y la cimentación.....	187
FIG. 3.76: Tipos de cubiertas protectoras o túneles Falsos.....	188
FIG. 3.77: Cubiertas de protección protegiendo la calzada de una vía de los caídos de los macizos rocosos.....	189
FIG. 3.78: Protección de taludes en macizos rocosos aplicando hormigón proyectado.....	190

FIG. 3.79: Obrero realizando el lanzado de hormigón sobre un talud.....	192
FIG. 3.80: Detalle de anclaje en un talud rocoso.....	194
FIG. 3.81: Tipos de estructuras ancladas.....	195
FIG. 3.82: Anclajes para rocas macizas.....	196
FIG. 3.83: Anclajes reforzados con concreto de Hormigon.....	196
FIG. 3.84: Anclaje reforzado con malla hexagonal triple torsión.....	197
FIG. 3.85: Anclajes con cables de acero.....	198
FIG. 3.86: Muro con Anclajes.....	198
FIG. 3.87: Los anclajes tensionados están destinados principalmente a sostener grandes masas de macizo.....	199
FIG. 3.88: Estabilización de un manto rocoso utilizando pernos de anclaje.....	200
FIG. 3.89: Tipos de pernos de anclaje.....	201
FIG. 3.90: Colocación de Pernos de anclaje.....	201

CAPÍTULO IV

FIG. 4.1: Ubicación geográfica del lugar de estudio” zona de la FALDA LA QUEÑUA” dentro del contexto internacional.....	205
FIG. 4.2: Ubicación geográfica del lugar de estudio” zona de la FALDA LA QUEÑUA” dentro del contexto nacional.....	206
FIG. 4.3: Ubicación geográfica del lugar de estudio” zona de la FALDA LA QUEÑUA” dentro del contexto departamental.....	207
FIG. 4.4: Ubicación geográfica específica del lugar de estudio” zona de la FALDA LA QUEÑUA”.....	208
FIG. 4.5: Imagen del talud N°1 (Emboque lado Iscayachi).....	209
FIG. 4.6: Imagen del talud N°2 (Emboque lado San Lorenzo).....	210

	Página
FIG. 4.7: Imagen del talud N°3 (Faldeo Falda La Queñua).....	211
FIG. 4.8: Imagen del talud N°4 (Faldeo Falda La Queñua).....	212
FIG. 4.9: Imagen del talud N°5 (Faldeo Falda La Queñua).....	213
FIG. 4.10: Imagen del talud N°6 (Cerca de la Comunidad de Cochas).....	214
FIG. 4.11: Imagen del talud N°7 (Faldeo Falda La Queñua).....	215
FIG. 4.12: Imagen del talud N°8 (Faldeo Falda La Queñua).....	216
FIG. 4.13: Imágenes del Túnel Falda la Queñua.....	218
FIG. 4.14: Personal especializado para la estabilización mediante Soil Nailing.....	304
FIG. 4.15: Pernos de anclaje.....	304
FIG. 4.16: Malla electro soldada.....	305
FIG. 4.17: Drenajes horizontales profundos.....	305
FIG. 4.18: Equipo para perforación para los pernos de anclaje	306
FIG. 4.19: Equipo para realizar el hormigón proyectado.....	306
FIG. 4.20: Esquema del diseño del Soil Nailing.....	307
FIG. 4.21: Perforación para los pernos de anclaje.....	308
FIG. 4.22: Colocación de la malla electrosoldada.....	308
FIG. 4.23: Colocación de los pernos de anclaje.....	309
FIG. 4.24: Ejecución del hormigón lanzado	309
FIG. 4.25: Colocación de los drenajes... ..	310
FIG. 4.26: Acabado y finalización mediante el Soil Nailing.....	310
FIG. 4.27: Personal especializado para la realización de la estabilización mediante el Steel Grid.....	312

FIG. 4.28: Malla hexagonal triple torsión.....	313
FIG. 4.29: Cable de acero para refuerzo.....	313
FIG. 4.30: Bulones o anclajes para sujetar la malla	313
FIG. 4.31: Placas de fijación para los anclajes.....	314
FIG. 4.32: Sujeta cables para sujetar las redes.....	314
FIG. 4.33: Picas de sujeción o anclaje (En coronación y pie).....	314
FIG. 4.34: Esquema del diseño del Steel Grid.....	315
FIG. 4.35: Colocación de la malla hexagonal triple torsión.....	315
FIG. 4.36: Perforación y colocación de anclajes para mallas.....	316
FIG. 4.37: Acabado y finalización mediante el Steel Grid.....	316

ANEXOS

FIG. 1: Imagen fisiográfico del departamento de Tarija... ..	468
FIG. 2: Mapa político del departamento de Tarija.....	468
FIG. 3: Mapa del relieve del departamento de Tarija... ..	469
FIG. 4: Mapa del departamento de Tarija referido al clima... ..	469
FIG. 5: Mapa del departamento de Tarija referido a la precipitación.....	470
FIG. 6: Imagen satelital de la zona de estudio	470
FIG. 7: Imagen satelital emboque lado San Lorenzo	471
FIG. 8: Imagen satelital emboque lado Iscayachi	471
FIG. 9: Imagen satelital de la Comunidad Rancho Cochas	472
FIG. 10: Imagen satelital de la cordillera de Sama... ..	472

FIG. 11: Imagen satelital de la comunidad del Rancho... ..	473
FIG. 12: Imagen satelital del pueblo de San Lorenzo... ..	473
FIG. 13: Imagen satelital de la ciudad de Tarija... ..	474
FIG. 14: Imagen del plano geológico del Túnel Falda la Queñua.....	475
FIG. 15: Imagen del plano geológico de la zona Falda la Queñua.....	476
FIG. 16: Imagen de la obtención de muestras.....	476
FIG. 17: Imagen de la comunidad Rancho Cochabamba	477
FIG. 18: Imagen de la medición de las discontinuidades... ..	478
FIG. 19: Imagen de los materiales para tomar los datos de campo.....	478
FIG. 20: Imagen de la medición del rumbo del talud... ..	479
FIG. 21: Imagen de la medición de la dirección de buzamiento o del ángulo del talud... ..	479
FIG. 22: Imagen de la medición del ángulo del talud o buzamiento... ..	480
FIG. 23: Imagen de la medición de altura del talud y la longitud del talud a estabilizar	481
FIG. 24: Imágenes del hormigón proyectado con anclajes en el talud cerca del túnel... ..	482
FIG. 25: Imagen de la comunidad del Molino.....	482
FIG. 26: Imagen sobre la realización del corte de las muestras.....	483
FIG. 27: Imagen de las muestras.....	484
FIG. 28: Imagen de la balanza electrónica.....	484
FIG. 29: Imagen del equipo para el ensayo a compresión simple... ..	485
FIG. 30: Imagen de la muestra en la balanza electrónica para obtener el peso.....	485

	Página
FIG. 31: Imagen de la muestra dentro del equipo de compresión... ..	486
FIG. 32: Imagen sobre el uso del equipo de compresión... ..	487
FIG. 33: Imagen de la rotura de la muestra después de aplicarle una carga hasta su rotura	487
FIG. 34: Imagen de la lectura tomada a la hora de rotura de la muestra.....	488
FIG. 35: Proceso repetitivo con las demás muestras	489