

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN LA ZONA**  
**DE LAS PAVAS KM. 153 DEL TRAMO CARRETERO**  
**TARIJA – BERMEJO**

**Por:**

**WALTER HOYOS BENITEZ**

Modalidad de graduación proyecto de grado, presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Octubre de 2010**

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
Ing. Ronald Velásquez Nogales  
PROFESOR GUÍA

.....  
Msc. Lic. Luis Alberto Yurquina F.  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA

.....  
Msc. Lic. Marlene Hoyos M.  
DIRECTORA P.E.T.

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Wilson R. Yucra Rivera

.....  
Ing. Moisés Perales Avilés

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

### **DEDICATORIA:**

A toda mi Familia: Por confiar siempre en mí. Especialmente a mi Padre, mi querido Hermano y a mi Difunta Madre que de algún modo se que guía mis pasos. Finalmente a mí prometida Carola quien es motivación para todo lo que hago y quiero hacer en la vida.

### **AGRADECIMIENTO:**

A Dios por darme la vida, la fe y la esperanza. A mi Padre mi Hermano por brindarme todo su apoyo y a toda mi familia. A mis amigos Rodrigo, Guido, Javier y Luis, por estar siempre conmigo y uno muy especial a mi amigo Sergio el torito Aguirre que me dio su apoyo en los momentos más difíciles.

**PENSAMIENTO:**

La Gloria de un Hombre no está en no haberse caído nunca, sino en haberse levantado de cada caída que tuvo.

(Anónimo)

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

	<b>Página</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación del tema .....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo General. ....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Alcance del trabajo .....	4
1.5. Antecedentes del tramo .....	5

# CAPÍTULO II

## ESTUDIO Y ANALISIS DE LOS TALUDES

	<b>Página</b>
2.1. Características generales. ....	6
2.1.1. Introducción .....	6
2.1.2. Talud.....	7
2.1.3. Estabilidad .....	8
2.2. Características de los macizos rocosos. ....	9
2.3. Geología y Estratigrafía. ....	10
2.3.1. Geología. ....	10
2.3.2. Clasificación de las rocas. ....	10
2.3.2.1. Rocas ígneas. ....	11
2.3.2.2. Rocas sedimentarias. ....	11
2.3.2.3. Rocas metamórficas. ....	12
2.3.3. Estratigrafía. ....	12

2.4. Falla geológica. ....	12
2.5. Diaclasas. ....	13
2.5.1. Características de una diaclasa. ....	13
2.6. Fallas en taludes rocosos. ....	13
2.6.1. Rotura plana. ....	13
2.6.2. Rotura de cuña. ....	15
2.6.3. Rotura por vuelco. ....	15
2.6.4. Rotura circular. ....	16
2.7. Clasificación Geomecánica. ....	17
2.7.1. Clasificación RMR. (Bieniawski). ....	17
2.7.2. Clasificación SMR (Romana). ....	24
2.8. Clases de estabilidad según SMR. ....	28
2.9. Tipos de medidas de sostenimiento. ....	30
2.10. Soluciones para estabilizar taludes. ....	31

### **CAPÍTULO III**

#### **USO DE LOS ANCLAJES COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DEL TALUD**

	<b>Página</b>
3.1. Definición de los anclajes. ....	40
3.2. Generalidades. ....	40
3.3. Aplicaciones generales de los anclajes. ....	43
3.4. Ventajas de los anclajes. ....	48
3.4.1. Ventajas de los anclajes bulones. ....	48
3.4.2. Ventajas de los anclajes con cables. ....	48
3.5. Características generales de los anclajes inyectados. ....	49



3.6. Anclajes comercializados más usados. ....	57
3.6.1. Anclajes a Base de resina .....	57
3.6.2. Anclajes a base de cemento .....	59
3.6.3. Anclajes mecánicos o de fricción.....	61
3.6.4. Anclajes de Cables .....	62
3.7. Tipos de clasificación de los anclajes. ....	63
3.7.1. Según su vida útil. ....	63
3.7.2. Según el nivel de carga inicial. ....	65
3.7.3. Según la variación de carga durante su vida útil. ....	67
3.7.4. Según se efectúe o no la re-inyección. ....	67
3.7.5. Según los elementos constituyentes del anclaje. ....	70
3.7.6. Según su mecanismo de sostenimiento. ....	72
3.8. Elementos que forman el anclaje. ....	73
3.8.1. Zona de bulbo o anclaje. ....	73
3.8.2. Zona libre. ....	78
3.8.3. Cabeza y placa de apoyo. ....	79
3.9. Materiales constituyentes de los anclajes. ....	81
3.9.1. Aceros. ....	81
3.9.2. Lechadas de cemento. ....	83
3.10. Determinación de la estabilidad en taludes con rotura plana. ....	83
3.11.1. Factor de seguridad dinámico en función del estático. ....	90
3.12. Fuerza del anclaje. ....	92
3.12.1. Caso activo. ....	94
3.12.2. Caso pasivo. ....	98
3.13. Cálculo de la separación entre anclajes. ....	100
3.14. Cálculo de la longitud del anclaje. ....	101
3.15. Parámetros de rotura fundamentales para los anclajes. ....	103
3.15.1 Ruptura de la barra o torones de acero .....	104
3.15.2. Ruptura en el contacto roca/suelo-lechada de cemento .....	105
3.15.3. Ruptura en la interface acero-lechada de cemento .....	109

3.16. Sistemas y elementos de protección contra la corrosión. ....	110
3.16.1. Elementos de protección. ....	113
3.17. Diámetros y profundidades. ....	114
3.17.1. Tolerancias. ....	116
3.18. Instalación de los Anclajes y bulones ....	116
3.18.1. Montaje de los anclajes ....	117
3.18.2. Tesado del anclaje ....	119
3.19. Trabajos de acabado ....	122

## **CAPÍTULO IV**

### **SOLUCIÓN AL TALUD DE ESTUDIO.**

	<b>Página</b>
4.1. Ubicación de la zona de estudio. ....	123
4.2. Importancia de la zona de estudio. ....	125
4.3. Características geológicas de la zona. ....	126
4.4. Descripción de la zona de estudio. ....	127
4.5. Clasificación Geomecánica de la roca del sector de estudio. ....	135
4.5.1. Clasificación RMR (Bieniawski). ....	135
4.5.2. Clasificación SMR (Bieniawski) ....	140
4.6. Factor de seguridad ....	142
4.7. Determinación de la fuerza del anclaje ....	145
4.8. Separación y longitud entre anclajes ....	146
4.8.1. Cálculo de la separación y longitud entre anclajes de barra ....	146
4.8.2. Cálculo de la separación y longitud entre anclajes de cable ....	149
4.9. Dimensionamiento de los tirantes anclados. ....	152
4.9.1. Ruptura de los torones de acero ....	152
4.9.2. Ruptura en la interface acero lechada de cemento ....	152

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	<b>Página</b>
5.1. Conclusiones .....	155
5.2. Recomendaciones .....	158
Bibliografía. ....	160
Anexos.	

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla N° 2.1 Criterios de valoración en la clasificación RMR .....	18
Tabla N° 2.1.2 Factores de ajuste (Bieniawski). .....	19
Tabla N° 2.2 Clases de roca según su RMR. ....	19
Tabla N° 2.3 Clasificación de las rocas según su resistencia a la compresión. ....	21
Tabla N° 2.4 Criterios para la valoración paramétrica parcial de las condiciones de una junta. ....	23
Tabla N° 2.5 Factor de ajuste para las juntas (Romana 1985). ....	26
Tabla N° 2.6 Factor de ajuste según el método de excavación (Romana 1985) .....	27
Tabla N° 2.7 Clases de estabilidad según el SMR (Romana 1985). ....	28
Tabla N° 2.8 Valores límites de SMR. ....	29
Tabla N° 2.9 Intervalos de SMR de aplicación de las medidas de sostenimiento. ..	31
TABLA 3.1 Características mecánicas de barras, cordones y alambres según Pfister. ....	54
Tabla N° 3.2 Características mecánicas del acero (MPa). ....	82
TABLA N° 3.3 Parámetros involucrados para determinar (fs) .....	90
Tabla N° 3.4 Valores de Xanthakos .....	106
Tabla N° 3.5 Factores de seguridad de acuerdo a la norma española. ....	106
TABLA N° 3.6. Protección anticorrosión en anclajes provisionales. ....	111
TABLA N° 3.7 Protección anticorrosión en anclajes permanentes. ....	112
Tabla N° 3.8 Diámetros mínimos de perforación en anclajes de cables(*). ....	114
Tabla N° 3.9. Diámetros mínimos de perforación en anclajes de barra. ....	115
Tabla N° 4.1. Resumen de Separación y longitudes de bulones. ....	148
Tabla N° 4.2. Resumen de Separación y longitudes de anclajes con cables .....	151
Tabla N° 4.3. Cantidades de anclajes .....	151