

CONTENIDO

CAPITULO I	Pág.
1.- Resumen	1
2.- Introducción	1
3.- Antecedentes	2
4.- Objetivos	3
4.1.- Objetivos Generales	3
4.2.- Objetivos Específicos	3
5.- Alcances	3
6.- Definiciones de términos aplicados a Mecánica de rocas	4
 CAPITULO II	
2.- Consideraciones geológicas	6
2.1.- Litología	6
2.2.- Rocas y Suelos	6
2.2.1.- Rocas	6
2.3.- Color	7
2.4.- Tamaño de grano	7
2.5.- Textura y Estructura	8
2.6.- Meteorización de las rocas	8
2.6.1.- Roca fresca	10
2.6.2.- Roca débilmente meteorizada	10
2.6.3.- Roca medianamente meteorizada	11
2.6.4.- Roca altamente meteorizada	11
2.6.5.- Roca completamente meteorizada	11
2.7.- Clasificación de las rocas en ingeniería	12
2.7.1.- Ciclo de las rocas	12
2.7.2.- Rocas Igneas	13
2.7.3.- Rocas Metamórficas	13
2.7.3.- Rocas sedimentarias	14
2.8.- Mineral (Química)	15
2.9.- Condición de fractura	15
2.9.1.- Relleno de fracturas	15
2.9.2.- Rugosidad de las superficies de fractura	16
2.9.3.- Fracturas abiertas	16
2.10.- Clasificación de las rocas in-situ	16
2.10.1.- Índice de la calidad de la roca – RQD	16
 CAPITULO III	
3.- Características del Macizo Rocoso	20

3.1.-	Fundamentación	20
3.2.-	Caracterización del Macizo Rocoso	20
3.2.1.-	Levantamiento Litológico-Estructural	20
3.3.-	Características del comportamiento mecánico de la masa rocosa y sus componentes	21
3.3.1.-	Ensayos de Laboratorio	21
3.3.2.-	Ensayos In-situ	22
3.3.2.1.-	Indice de calidad de la roca	22
3.4.-	Clasificaciones Geomecánicas del macizo Rocoso	23
3.5.-	Zoneamiento	23
3.6.-	Aplicaciones	23
3.6.1.-	Diseño de labores mineras	23
3.6.2.-	Método de Explotación	24
3.6.3.-	Perforación y Voladura	24
3.6.4.-	Sostenimiento	24
3.6.5.-	Relleno y Drenaje	24
3.6.6.-	Conservación del medio Ambiente	25
3.6.7.-	Productividad y Loss Control	25
3.6.8.-	Economía y Gestión	25

CAPITULO IV

4.-	Comportamiento de la labor minera	26
4.1.-	Antes de la construcción	26
4.2.-	Durante la construcción	26
4.3.-	Después de la construcción	26
4.4.-	Control instrumental	26
4.5.-	Sistemas de Monitoreo	28
4.5.1.-	Características de los sistemas de monitoreo	28
4.5.2.-	Componentes sensores y/o detectores	29
4.5.3.-	Componentes transmisores	29
4.5.4.-	Componentes de lectura	30
4.6.-	Modos de operación	30
4.7.-	Fases de aplicación de la instrumentación	31
4.7.1.-	Control durante la construcción de labores mineras	31
4.7.2.-	Control después de la construcción	32
4.8.-	Esquema de control instrumental (monitoreo)	32
4.9.-	Factores	32
4.10.-	Consideraciones Generales	33
4.10.1.-	Estudio del medio	33
4.10.2.-	Estudio del campo y su cambio en el tiempo	34
4.10.3.-	Masa rocosa	34
4.10.4.-	Tensiones Internas	34
4.10.5.-	Deformaciones de la masa rocosa	34
4.10.6.-	Filtraciones y Presiones Intersticiales	34
4.10.7.-	Rotura	35
4.10.8.-	Trabajos en Minería	35
4.11.-	Instrumentación	35
4.11.1.-	Medidas de carga	35

4.11.2.- Esfuerzo – Deformación	35
4.11.3.- Presión Intersticial y Tensiones debidas a la humedad del suelo	36
4.11.4.- Presión de tierra, presión dinámica, tensión normal y estado de tensiones en masas de roca o de suelo	36
4.11.5.- Movimientos Subterráneos	36
4.11.6.- Movimientos Superficiales	36

CAPITULO V

5.- Equipos e Instrumentos	37
5.1.- Preparación de probetas	37
5.1.1.- Sonda Sacatestigos	37
5.1.2.- Cortadora de Disco Diamantino	39
5.2.- Ensayos y Mediciones en Laboratorio	40
5.2.1.- Propiedades Físicas	40
5.2.2.- Propiedades Mecánicas	40
5.2.2.1.- Máquina de Compresión de rocas	40
5.2.2.2.- Máquina de Corte Directo	41
5.2.2.3.- Máquina de Carga Puntual	41
5.3.- Ensayos y mediciones In-situ	42
5.3.1.- Sismógrafo	42
5.3.2.- Máquina de Arranque de Pernos	43
5.3.3.- Extensometro de Varillas e Inclinómetro	44
5.3.4.- Extensometro	44
5.3.5.- Inclinómetros	44
5.3.6.- Extensometro de cinta y Barra telescópica	45
5.3.6.1.- Extensometro de cinta	45
5.3.6.2.- Barra telescópica extensometrica	46
5.3.7.- Martillo Schmidt de Dureza	46
5.3.8.- Piezómetros	46
5.3.9.- Estación Total	47

CAPITULO VI

6.- Procedimientos de ensayos	48
6.1.- Laboratorio	48
6.1.1.- Propiedades Físicas	48
6.1.2.- Propiedades Mecánicas	49
6.1.2.1.- Ensayo de Compresión Simple	49
6.1.2.1.1.- Relación de Esbeltez	49
6.1.2.1.2.- Factor de corrección de Protodyakonov	49
6.1.2.1.3.- Factor de Corrección de Overt Duvall	50
6.1.2.1.4.- Formula matemática	50
6.1.2.2.- Ensayo de Tracción Indirecta – Método Brasileiro	51
6.1.2.2.1.- Relación de esbeltez	51

	6.1.2.2.2.- Formula Matemática	51
	6.1.2.3.- Ensayo para determinar Constantes Elásticas	52
	6.1.2.4.- Ensayo de resistencia a la Carga Puntual	52
	6.1.2.4.1.- Ensayo de Carga Puntual "Franklin"	52
	6.1.2.4.1.1.- Relación de Esbeltez	53
	6.1.2.4.1.2.- Fórmula Matemática	53
	6.1.2.4.2.- Ensayo de carga Puntual "Louis"	54
	6.1.2.4.2.1.- Relación de Esbeltez	54
	6.1.2.4.2.2.- Fórmula Matemática	54
	6.1.2.5.- Ensayo de Compresión Triaxial	55
	6.1.2.6.- Ensayo de Corte Directo sobre Discontinuidades	55
	6.1.3.- Condición de Ensayos	57
6.2.-	In-situ	57
	6.2.1.- Ensayo de Rebote "R"	57
	6.2.1.1.- Tipos de Martillos	58
	6.2.1.2.- Procedimiento de Ensayo	58
	6.2.1.3.- Trabajo de Gabinete	59
	6.2.2.- Mediciones durante la Voladura	59
	6.2.2.1.- Criterios para el Control de la Voladura	59
	6.2.2.2.- Equipo para el Control de la Voladura.....	60
	6.2.2.3.- Variables a Considerarse	60
	6.2.2.3.1.- Velocidad Máxima de Onda	60
	6.2.2.3.2.- Desplazamiento de Ondas	61
	6.2.3.- Diseño e Instalación de Piezómetros y Pozos de Monitoreo	61
	6.2.3.1.- Métodos de Perforación	61
	6.2.3.2.- Control de Calidad – Garantía de Calidad	62
	6.2.4.- Sistema de Control Instrumental Subterráneo	63
	6.2.4.1.- Instalación del extensómetro de varillas	64
	6.2.4.1.1.- Detalles de la Perforación	64
	6.2.4.1.2.- Protección de la cabeza del instrumento	64
	6.2.4.4.3.- Secuencia de instalación del anclaje múltiple	64
	6.2.4.1.4.- Equipo de lectura o indicador	66
	6.2.4.2.- Componentes del sistema para mediciones Convergencia	66
	6.2.4.2.1.- Elementos Sensores o detectores	66

6.2.4.2.2.-	Elementos de Transmisión de datos	68
6.2.4.2.3.-	Equipos o unidades de lectura y/o registro	68
6.2.4.2.4.-	Instalación de los elementos sensores	69
6.2.4.2.5.-	Metodología del monitoreo subterráneo	69

CAPITULO VII

7.-	Resultados de los Ensayos	74
-----	---------------------------------	----

CAPITULO VIII

8.-	Clasificaciones Geomecánicas	79
8.1.-	Clasificación Geomecánica de Protodyakonov	79
8.2.-	Clasificación geomecánica de Bieniawski	80
8.2.1.-	Resistencia Compresiva de la roca	80
8.2.1.1.-	Primer Procedimiento	81
8.2.1.2.-	Segundo Procedimiento	81
8.2.1.3.-	Tercer Procedimiento	81
8.2.2.-	Indice de la Calidad de la Roca – RQD	81
8.2.2.1.-	Primer Procedimiento	81
8.2.2.2.-	Segundo procedimiento	81
8.2.2.2.1.-	Fórmula matemática	81
8.2.3.-	Espaciamiento de Juntas	82
8.2.4.-	Condición de Juntas	82
8.2.4.1.-	Apertura	83
8.2.4.2.-	Tamaño	83
8.2.4.3.-	Rugosidad	83
8.2.4.4.-	Dureza de los labios de la discontinuidad	83
8.2.4.5.-	Relleno	83
8.2.5.-	Presencia de agua	83
8.2.6.-	Corrección por orientación	83
8.3.-	Corrección de Laubscher and Taylor	85
8.3.1.-	Meteorización	85
8.3.2.-	Esfuerzos in-situ e inducidos	86
8.3.3.-	Cambios de los Esfuerzos	86
8.3.4.-	Influencia de las orientaciones del rumbo y buzamiento	86
8.3.5.-	Efectos de la voladura	87
8.3.6.-	Ajustes combinados	87
8.3.7.-	Recomendaciones para el sostenimiento	87
8.4.-	Clasificación Geomecánica de Barton	89
8.4.1.-	Recomendaciones para el uso de los cuadros	93
8.5.-	Clasificación Geomecánica SMR para taludes	95
8.5.1.-	RMR	96
8.5.2.-	F1	96
8.5.3.-	F2	96

8.5.4.- F3	96
8.5.5.- El factor de ajuste según el método de excavación	98
8.6.- GSI – Índice de Resistencia Geológica	100
8.6.1.- Estimación de las propiedades del macizo rocoso	100
8.7.- Propiedades Físico-Mecánicas del macizo rocoso	101
8.7.1.- Datos iniciales	102
8.7.1.1.- Clasificaciones Geomecánicas	102
8.7.1.2.- Ensayo de laboratorio	102
8.7.1.3.- Cálculo de constantes	102
8.7.2.- Para determinar las constantes	102
8.7.3.- Uso de las clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso para la estimación del GSI	105
8.7.4.- Clasificación Geomecánica de Bieniawski de 1976	106
8.7.5.- Clasificación Geomecánica de Bieniawski de 1989	106
8.7.6.- Clasificación Geomecánica “Q” modificada	108

CAPITULO IX

9.- Aspectos de la Minería Peruana	109
9.1.- Modelo Geomecánico	109
9.2.- Mina Raura	109
9.3.- Mina Quiruvilca	110
9.4.- Mina Raúl	111
9.5.- Mina Iscaycruz	112
9.6.- Mina Pierina	112
9.7.- Mina San Nicolás	113
9.8.- Cementos Norte Pacasmayo	114
9.9.- Túnel Kovire	114
9.10.- Túnel de Carhuaquero	115
9.11.- Oleoducto Nor Peruano	115
9.12.- Irrigación de Lunahuana	116
9.13.- Proyecto Chavimochic	116
9.14.- Mina Colquijirca	117
9.15.- Mina Casapalca	117
9.16.- Mina San Vicente	118
9.17.- Mina Huanzala	118
9.18.- Hidroeléctrica Machupichu	119
9.19.- Presa Lagunillas	119
9.20.- Mina San Miguel	120
9.21.- Mina Juanita	120
9.22.- Mina Cerro de Pasco	121
Conclusiones	124
Recomendaciones	131
Referencias Bibliográficas	133
Anexos	135