

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																			
TOPOGRAFÍA																																					
Tipo de terreno Longitud máxima recomendada para excavar a partir del tipo de terreno Definir longitud máxima de excavación Longitud del tramo Sección del túnel Diámetro túnel Perímetro túnel Topografía. Rendimiento propuesto Tiempo en replanteo de la sección a excavar N° Desplazamientos cuadrilla topográfica Tiempo total Tiempo total	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">I</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">≥ 3</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; color: red;">3,00</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; color: red;">150,0</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; color: red;">88,0</td> <td style="text-align: right;">m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; color: red;">10,6</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">16,7</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">1,0</td> <td style="text-align: right;">min/m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">88,0</td> <td style="text-align: right;">min</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">50,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">4400,0</td> <td style="text-align: right;">min</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">73,3</td> <td style="text-align: right;">h</td> </tr> </table>		I			≥ 3	m		3,00	m		150,0	m		88,0	m ²		10,6	m		16,7	m		1,0	min/m ²		88,0	min		50,0			4400,0	min		73,3	h
	I																																				
	≥ 3	m																																			
	3,00	m																																			
	150,0	m																																			
	88,0	m ²																																			
	10,6	m																																			
	16,7	m																																			
	1,0	min/m ²																																			
	88,0	min																																			
	50,0																																				
	4400,0	min																																			
	73,3	h																																			

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
ROZADO TIPO DE TERRENO I		
<p>Longitud máxima de excavación</p> <p>Sección del túnel</p> <p>$\rho_{in-situ}$</p> <p>Volumen_{in-situ}</p> <p>UCS</p> <p>UTS</p>	<p>3,00</p> <p>88,0 m²</p> <p>2,40 Ton/m³</p> <p>633,60 m³</p> <p>15 MPa</p> <p>1,5 MPa</p>	
Metodo de rozado Gehring		
	<p>Cabeza de corte Transversal</p> <p>ICR 86,97 m³/h</p> <p>Tiempo de rozado 7,29 h</p>	
Metodo de rozado Bilgin		
	<p>Para rozadoras de 71 KW</p> <p>RQD 45</p> <p>ICR 17,54 m³/h</p> <p>Tiempo 36,13 h</p> <p>Sí 90<UCS<100 MPa</p> <p>ICR N/A</p> <p>Tiempo de rozado N/A h</p> <p>HP_{rozadora} 300</p> <p>Bilgin RMCI 1,90 MPa</p> <p>ICR 79,90 m³/h</p> <p>Tiempo de rozado 7,93 h</p>	
Metodo de rozado Copur, Ozdemir, Rostami: Cabeza de corte transversal		
	<p>P 300 KW</p> <p>W 25 Ton</p> <p>RPI 500,0</p> <p>ICR 86,89 m³/h</p> <p>Tiempo de rozado 7,29 h</p>	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
Metodo de rozado Fowell y McFeat-Smith		
	CC 0,5 SE 3,84 Kwh/m ³ HP 300 KW ICR 78,10 m ³ /h CTF 0,55 Varía entre 0,45 y 0,65 OCR 42,95 m ³ /h Tiempo de rozado 14,75 h	
Metodo de rozado Neil et al		
	RQD 45 R 10 B1 0,4 B2 2 f 0,37 P _n 3,65 RPM 360 rpm D 0,70 m ICR 147,3 m ³ /h Tiempo de rozado 4,30 h	
Metodo de rozado Schneider		
	TIPO DE ROCA Arenisca SE 1,9 Kwh/m ³ Potencia del brazo 150 KW Rendimiento de corte teórico 80,00 m ³ /h Tiempo de rozado 7,92 h	
Metodo de rozado Alpine-Westfalia		
	UCS/UTS 10,00 SE 2,20 Kwh/m ³ P 300,00 Kw Rendimiento de rozado 136,12 m ³ /h Tiempo de rozado 4,65 h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																				
Metodo de rozado Thuro y Plinninger																																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 20%;">Tipo de roca</th> <th style="width: 20%;">Otro tipo relevante de roca</th> <th style="width: 30%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UCS/UTS</td> <td>10,0</td> <td>< 20</td> <td>CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>W_z</td> <td>27,14</td> <td>KJ/m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de rozado</td> <td>43,23</td> <td>m³/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de rozado</td> <td>14,66</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca		UCS/UTS	10,0	< 20	CUMPLE	W_z	27,14	KJ/m ³		Rendimiento de rozado	43,23	m ³ /h		Tiempo de rozado	14,66	h																	
	Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca																																				
UCS/UTS	10,0	< 20	CUMPLE																																			
W_z	27,14	KJ/m ³																																				
Rendimiento de rozado	43,23	m ³ /h																																				
Tiempo de rozado	14,66	h																																				
Metodo de rozado Goktan y Gunes																																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">N° rebotes martillo Schmidt (R1)</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">10</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de corte neto</td> <td>36,70</td> <td>m³/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de rozado</td> <td>17,27</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			N° rebotes martillo Schmidt (R1)	10			Rendimiento de corte neto	36,70	m ³ /h		Tiempo de rozado	17,27	h																									
N° rebotes martillo Schmidt (R1)	10																																					
Rendimiento de corte neto	36,70	m ³ /h																																				
Tiempo de rozado	17,27	h																																				
Metodo de rozado Sandvik																																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">Potencia de la cabeza de corte</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">300</td> <td style="width: 30%;">KW</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Rendimiento neto de corte (NCR)</td> <td>118,61</td> <td>m³/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UCS/UTS</td> <td>10,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cabeza de corte</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">Transversal</td> </tr> <tr> <td>Factor K_c</td> <td style="text-align: center;">0,97</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espaciamiento medio</td> <td style="text-align: center;">0,25</td> <td>cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Factor K_p</td> <td>2,33</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>$NCR_{efectivo}$</td> <td>269,1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de rozado</td> <td>2,35</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Potencia de la cabeza de corte	300	KW		Rendimiento neto de corte (NCR)	118,61	m ³ /h		UCS/UTS	10,00			Cabeza de corte	Transversal			Factor K_c	0,97			Espaciamiento medio	0,25	cm		Factor K_p	2,33			$NCR_{efectivo}$	269,1			Tiempo de rozado	2,35	h	
Potencia de la cabeza de corte	300	KW																																				
Rendimiento neto de corte (NCR)	118,61	m ³ /h																																				
UCS/UTS	10,00																																					
Cabeza de corte	Transversal																																					
Factor K_c	0,97																																					
Espaciamiento medio	0,25	cm																																				
Factor K_p	2,33																																					
$NCR_{efectivo}$	269,1																																					
Tiempo de rozado	2,35	h																																				

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia		Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.		Elaborado por: Ing. Diego Triana	
VENTILACIÓN					
Sección túnel (s)	88	m ²			
Ventilación soplante					
Purga del frente					
ε	0,35				
d	5	m			
Q	0,5	m ³ /s			
t _s	924	s			
t _s	0,26	h			
N° avances	842				
Tiempo total	216,1	h			
Desplazamiento del tapón de humos por el túnel					
L ₀	50	m			
Q	1,5	m ³ /s			
c	0,5	milésimas			
t	2933	s			
t	0,81	h			
T	1467	T<2000	CUMPLE		
N° avances	842				
Tiempo total	686,1	h			
Ventilación aspirante					
d	5				
L ₀	50				
Q	2	m ³ /s			
δ	1,5	<3			
t ₂	2970	s			
t ₂	0,83	h			
N° avances	842				
Tiempo total	694,7	h			
Ventilación por aspiración e impulsión sucesiva					
d	5				
L ₀	50	L	50	m	
Q	2	m ³ /s		D	1 m
δ	1,5	<3		Q	0,5 m ³ /s
t ₂	2970	s	t ₃	78,54	s
t ₂	0,83	h	t ₃	0,02	h
t _{total}	0,85	h			
N° avances	842				
Tiempo total	713,0	h			

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																				
RETIRO DE REZAGA TERRENO TIPO I																																						
<p>1. Volumen de material volado</p> <table> <tr> <td>L_{barreno}</td> <td>3,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Sección del túnel</td> <td>88,0</td> <td>m²</td> </tr> <tr> <td>$\rho_{\text{in-situ}}$</td> <td>2,40</td> <td>Ton/m³</td> </tr> <tr> <td>ρ_{suelto}</td> <td>1,80</td> <td>Ton/m³</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>0,75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen_{in-situ}</td> <td>633,60</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Tipo de material</td> <td colspan="2">Tierra comun y marga mojada</td> </tr> <tr> <td>PE</td> <td>25</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Definir PE</td> <td>33</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Volumen_{suelto}</td> <td>842,69</td> <td>m³</td> </tr> </table>			L_{barreno}	3,0	m	Sección del túnel	88,0	m ²	$\rho_{\text{in-situ}}$	2,40	Ton/m ³	ρ_{suelto}	1,80	Ton/m ³	V	0,75		Volumen _{in-situ}	633,60	m ³	Tipo de material	Tierra comun y marga mojada		PE	25	%	Definir PE	33	%	Volumen _{suelto}	842,69	m ³						
L_{barreno}	3,0	m																																				
Sección del túnel	88,0	m ²																																				
$\rho_{\text{in-situ}}$	2,40	Ton/m ³																																				
ρ_{suelto}	1,80	Ton/m ³																																				
V	0,75																																					
Volumen _{in-situ}	633,60	m ³																																				
Tipo de material	Tierra comun y marga mojada																																					
PE	25	%																																				
Definir PE	33	%																																				
Volumen _{suelto}	842,69	m ³																																				
2. Equipo de transporte																																						
<table> <tr> <td colspan="3">Transporte sobre vía (Tren y vagones)</td> </tr> <tr> <td>Capacidad</td> <td>5,5</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Capacidad</td> <td>9900,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Peso del equipo cargado</td> <td>36388,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Tipo de pista</td> <td colspan="2">Pista de tierra con rodadas, blanda</td> </tr> <tr> <td>% de inclinación de la pista</td> <td>6,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo por inclinación de la pista</td> <td>2183,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la rodadura</td> <td>7,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Definir resistencia a la rodadura</td> <td>2,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de rodadura</td> <td>727,8</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo a tracción del equipo</td> <td>13000,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo a tracción disponible</td> <td>10089,0</td> <td>Kg</td> </tr> </table>			Transporte sobre vía (Tren y vagones)			Capacidad	5,5	m ³	Capacidad	9900,0	Kg	Peso del equipo cargado	36388,0	Kg	Tipo de pista	Pista de tierra con rodadas, blanda		% de inclinación de la pista	6,0	%	Esfuerzo por inclinación de la pista	2183,3		Resistencia a la rodadura	7,5		Definir resistencia a la rodadura	2,0	%	Esfuerzo de rodadura	727,8	Kg	Esfuerzo a tracción del equipo	13000,0	Kg	Esfuerzo a tracción disponible	10089,0	Kg
Transporte sobre vía (Tren y vagones)																																						
Capacidad	5,5	m ³																																				
Capacidad	9900,0	Kg																																				
Peso del equipo cargado	36388,0	Kg																																				
Tipo de pista	Pista de tierra con rodadas, blanda																																					
% de inclinación de la pista	6,0	%																																				
Esfuerzo por inclinación de la pista	2183,3																																					
Resistencia a la rodadura	7,5																																					
Definir resistencia a la rodadura	2,0	%																																				
Esfuerzo de rodadura	727,8	Kg																																				
Esfuerzo a tracción del equipo	13000,0	Kg																																				
Esfuerzo a tracción disponible	10089,0	Kg																																				
<table> <tr> <td>Tipo de rodamiento</td> <td colspan="2">Neumaticos</td> </tr> <tr> <td>Peso sobre el eje motriz</td> <td>30000,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Tipo de material de la pista</td> <td colspan="2">Suelo de cantera sin fragmentar</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de tracción</td> <td>0,75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine</td> <td>22500,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>> 13000,0</td> </tr> </table>			Tipo de rodamiento	Neumaticos		Peso sobre el eje motriz	30000,0	Kg	Tipo de material de la pista	Suelo de cantera sin fragmentar		Coefficiente de tracción	0,75		Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine	22500,0	Kg			> 13000,0																		
Tipo de rodamiento	Neumaticos																																					
Peso sobre el eje motriz	30000,0	Kg																																				
Tipo de material de la pista	Suelo de cantera sin fragmentar																																					
Coefficiente de tracción	0,75																																					
Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine	22500,0	Kg																																				
		> 13000,0																																				
<table> <tr> <td colspan="3">Rendimientos de los motores por altitud</td> </tr> <tr> <td>Tipo de motor</td> <td colspan="2">Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>350,0</td> <td>KW</td> </tr> <tr> <td>msnm proyecto</td> <td>2100,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Perdida de rendimiento</td> <td>0,12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potencia efectiva</td> <td>308,0</td> <td>KW</td> </tr> </table>			Rendimientos de los motores por altitud			Tipo de motor	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural		Potencia	350,0	KW	msnm proyecto	2100,0	m	Perdida de rendimiento	0,12		Potencia efectiva	308,0	KW																		
Rendimientos de los motores por altitud																																						
Tipo de motor	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural																																					
Potencia	350,0	KW																																				
msnm proyecto	2100,0	m																																				
Perdida de rendimiento	0,12																																					
Potencia efectiva	308,0	KW																																				

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

3. Equipo de carga

Cargadora de volteo posterior		
Capacidad (C _c)	2,70	m ³
Estado del material a cargar	Excavabilidad media	
Factor de eficiencia E	0.80-0.95	
Definir factor de eficiencia E	0,83	
TA	10,0	cm
C	50,0	cm
Tamaño relativo	1/5	
Descripción de material	Muy bien volada, suelos	
Factor de llenado	0.8-1.0	
Definir factor de llenado	0,90	
Nivel de excavabilidad	Excavabilidad mala	
T _c	0,60	min
% altura optima	100	
Factor de corrección H	1,00	%
Ángulo de giro	120	°
Factor de giro A	0,91	

4. Producción máxima equipo de carga

	P _{max}	183,54	m ³ /h
Producción bruta equipo de carga			
	P _b	321,19	m ³ /h
	Tiempo de carga	0,63	min
	Producción horaria	578,14	Ton/h

5. Producción máxima equipo de transporte

Condiciones de operación	Favorable		
Tiempo de descarga y maniobra	1,00	min	
Definir tiempo de descarga y maniobra	1,00		
Tiempo espera del equipo de carga	0,15	min	
Condición de trabajo	Buena		
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8	min	

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)
1	Ida	80	6,5	108,3	0,74
	Vuelta	80	10	166,7	0,48
2	Ida				
	Vuelta				
3	Ida				
	Vuelta				
4	Ida				
	Vuelta				
5	Ida				
	Vuelta				
6	Ida				
	Vuelta				
			Promedio	Promedio	Suma
			8,25	137,50	1,22

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
	Tiempo ciclo de transporte 3,17 min P_{max} 86,45 m ³ /h N° de volquetes necesarios 4 ρ_{real} 1,620 Ton/m ³ Peso a transportar 4,4 Ton <= 9900,0 Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo 50,0 min Viajes 16,0 Producción horaria 70,0 Ton/h Tiempo 2,0 h	
6. Cálculo de estaciones de remanipulación (Nichos)		
	Longitud túnel 1000,0 m Peso a desescombrar 1516,8 Ton Tamaño optimo 2,70 m ³ <= 2,70 Tiempo asignado de desescombro 60 min Tiempo fijo 12,80 min Tiempo para limpieza del frente 5 min Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga 80 m Tiempo variable 18,62 min Tiempo Total 36,42 min Tiempo restante del ciclo 23,58 min Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación 101,33 m Distancia entre estaciones 181,33 m N° estaciones 4	
7. Cintas transportadoras		
	Tamaños máximos de bloque recomendados (mm) Material con 80% de finos Ancho de la banda 1000 mm Tamaño máximo de bloque recomendado 375 mm Material Grava y arena seca Inclinación máxima de la cinta 18 a 20 ° Defini inclinación máxima de la cinta 18 ° Tipo de material Materiales finos que fluyen facilmente en seco Ángulo de carga 5 a 10 ° Defini ángulo de carga 5 °	
	Velocidad de la banda 3,0-3,5 m/s Definir velocidad de la banda 3,0 m/s Longitud cinta 100 m P_v 2,7 KW Capacidad 578,1 Ton/h P_h 6,4 KW Elevación 12,5 m P_e 21,3 KW P_T 30,4 KW f 0,95 M_p 32,0 KW $P_{motor\ comercial}$ 37 KW > 32,0 Peso a transportar 1516,8 Ton Tiempo 2,62 h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

8. Transportadores blindados (Cintas con racletas)

R_0	1500	Kg
v	2,0	m/s
K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2
η	0,96	
P	35,23	KW

9. Transporte sobre vía (Tren y vagones)

R	0,08	KN/Ton
g	9,81	m/s^2
Tipo de vagón	Vagones para roca	
μ	0,15	
Capacidad vagón	3,6	m^3
Capacidad vagón	6,5	Ton
ρ	2,5	%
Peso a transportar	1516,8	Ton
M_T	18,0	Ton
M_L	110,4	Ton
F_z	10,6	
ζ	89	%
V_{max}	13,2	Km/h
Potencia locomotora	43,6	KW

Condiciones de operación	Favorable
Tiempo de descarga y maniobra	1,00 min
Definir tiempo de decarga y maniobra	1,00 min
Tiempo espera del equipo de carga	0,15 min
Condición de trabajo	Buena
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8 min

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	80	13,2	220,0	0,36
	Vuelta	Vacío	80	26,4	440,0	0,18
2	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
3	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
4	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
5	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
6	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
			Promedio	Promedio	Suma	
			19,80	330,00	0,55	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
	<p>Tiempo ciclo de transporte 2,50 min</p> <p>P_{max} 71,84 m³/h</p> <p>N° de vagones 4</p> <p>ρ_{real} 1,620 Ton/m³</p> <p>Peso a transportar 4,4 Ton <= 6,5</p> <p>Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo 50,0 min</p> <p>Viajes 20,0</p> <p>Producción horaria 87,6 Ton/h</p> <p>Tiempo 1,33 h</p>	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
SOPORTE TIPO DE TERRENO I		
Longitud del barreno	3,00 m	Verificar
Trabajos de soporte	Inyección de consolidación Pernos en bóveda Pernos en paredes Concreto lanzado Cerchas metálicas fijas Enfilajes Cerchas metálicas deformables Pernos en solera curva	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Inyección de consolidación APLICA TIPO DE SOPORTE		
Diametro inyección Área inyección Longitud inyección (L _{barreno}) Módulo de elasticidad del macizo Sección túnel Separación Módulo de la inyección Área mejorada Nº inyecciones Módulo del macizo mejorado ml perforación VP promedio Tiempo de perforación Rendimiento propuesto de inyección y fraguado Tiempo inyección y fraguado Tiempo total	0,051 m 0,00204 m ² 3,00 m 80000 KN/m ² 23,2 m ² 5,00 m 18114220 KN/m ² 0,0613 m ² 5 127639 KN/m ² 15,0 m 2,65 m/min 5,67 min 0,60 m/min 25,00 min 0,5 h	
Pernos en bóveda APLICA TIPO DE SOPORTE		
	F 2,25 Varía entre 1,5 y 3 s 1,00 m c 1,00 m h 8,00 m ρ 2,55 Ton/m ³ W 45,90 Ton/m ²	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

N° de pernos		
B	60,0	Ton
L	3,0	m
Área	3,5	m ²
N	7	
ml perforación	21,0	m
VP promedio	2,50	m/min
Tiempo de perforación	8,4	min
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min
Tiempo instalación y fraguado	35,00	min
Tiempo total	0,72	h

Pernos instalados en paredes APLICA TIPO DE SOPORTE

Condiciones del suelo	Residual		
	$h_{cobertura}$	450,0	m
	ρ	2,24	Ton/m ³
	σ	1008	Ton/m ²
	c	5	Ton/m ²
	A	3	m
	α	20	°
	β	70	°
	ϕ	24	°
	ϕ'	18	°
	Área	2,5	m ²
	N	8	
	L	3,0	m
	D	0,025	m
	σ_A	42000	Ton/m ²
	F_A	20,62	Ton
F_T	77,17	Ton	
W	43,13	Ton/m ²	
τ	328	Ton/m ²	
VP promedio	2,50	m/min	
ml perforación	24,4	m	
Tiempo de perforación	9,7	min	
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min	
Tiempo instalación y fraguado	40,61	min	
Tiempo total	0,84	h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																																																								
Pernos en solera curva APLICA TIPO DE SOPORTE																																																																										
	<table> <tr><td>ml perforación</td><td>2,4</td><td>m</td></tr> <tr><td>VP promedio</td><td>2,50</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo de perforación</td><td>1,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto instalación y graguado</td><td>0,60</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación y fraguado</td><td>4,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo total</td><td>0,08</td><td>h</td></tr> </table>	ml perforación	2,4	m	VP promedio	2,50	m/min	Tiempo de perforación	1,0	min	Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,60	m/min	Tiempo instalación y fraguado	4,0	min	Tiempo total	0,08	h																																																							
ml perforación	2,4	m																																																																								
VP promedio	2,50	m/min																																																																								
Tiempo de perforación	1,0	min																																																																								
Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,60	m/min																																																																								
Tiempo instalación y fraguado	4,0	min																																																																								
Tiempo total	0,08	h																																																																								
Concreto lanzado APLICA TIPO DE SOPORTE																																																																										
	<table> <tr><td>Perimetro</td><td>7,65</td><td>m</td></tr> <tr><td>Espesor concreto lanzado</td><td>0,51</td><td>m</td></tr> <tr><td>Área</td><td>22,95</td><td>m²</td></tr> <tr><td>m³ concreto</td><td>11,70</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto</td><td>2,75</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>4,26</td><td>h</td></tr> </table>	Perimetro	7,65	m	Espesor concreto lanzado	0,51	m	Área	22,95	m ²	m ³ concreto	11,70	m ³	Rendimiento propuesto	2,75	m ³ /h	Tiempo	4,26	h																																																							
Perimetro	7,65	m																																																																								
Espesor concreto lanzado	0,51	m																																																																								
Área	22,95	m ²																																																																								
m ³ concreto	11,70	m ³																																																																								
Rendimiento propuesto	2,75	m ³ /h																																																																								
Tiempo	4,26	h																																																																								
SopORTE metálicos fijos APLICA TIPO DE SOPORTE																																																																										
<p>Metodo de Hoek & Brown</p> <table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del macizo</th> <th colspan="3">Datos del túnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$h_{cobertura\ max}$</td><td>1100,0</td><td>m</td> <td>R</td><td>3,50</td><td>m</td> </tr> <tr> <td>ρ</td><td>2,55</td><td>Ton/m³</td> <td>b, r</td><td>5,1</td><td>m</td> </tr> <tr> <td>σ_x</td><td>2805</td><td>Ton/m²</td> <td>a</td><td>0,35</td><td>m</td> </tr> <tr> <td>c</td><td>2,5</td><td>Ton/m²</td> <td>b</td><td>7,00</td><td>m</td> </tr> <tr> <td>ϕ</td><td>37</td><td>°</td> <td>σ_c</td><td>3,4</td><td>Ton/m²</td> </tr> <tr> <td>K_0</td><td>2,5</td><td></td> <td>q</td><td>736,31</td><td>Ton/m</td> </tr> <tr> <td>K</td><td>1,33</td><td></td> <td>σ_1</td><td>7047,9</td><td>Ton/m²</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> <td>σ_r</td><td>7061,8</td><td>Ton/m³</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> <td>σ_e</td><td>7080,1</td><td>Ton/m⁴</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> <td>R*</td><td>2,69</td><td>m</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> <td>S</td><td>1,00</td><td>m</td> </tr> </tbody> </table>			Datos del macizo			Datos del túnel			$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	R	3,50	m	ρ	2,55	Ton/m ³	b, r	5,1	m	σ_x	2805	Ton/m ²	a	0,35	m	c	2,5	Ton/m ²	b	7,00	m	ϕ	37	°	σ_c	3,4	Ton/m ²	K_0	2,5		q	736,31	Ton/m	K	1,33		σ_1	7047,9	Ton/m ²				σ_r	7061,8	Ton/m ³				σ_e	7080,1	Ton/m ⁴				R*	2,69	m				S	1,00	m
Datos del macizo			Datos del túnel																																																																							
$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	R	3,50	m																																																																					
ρ	2,55	Ton/m ³	b, r	5,1	m																																																																					
σ_x	2805	Ton/m ²	a	0,35	m																																																																					
c	2,5	Ton/m ²	b	7,00	m																																																																					
ϕ	37	°	σ_c	3,4	Ton/m ²																																																																					
K_0	2,5		q	736,31	Ton/m																																																																					
K	1,33		σ_1	7047,9	Ton/m ²																																																																					
			σ_r	7061,8	Ton/m ³																																																																					
			σ_e	7080,1	Ton/m ⁴																																																																					
			R*	2,69	m																																																																					
			S	1,00	m																																																																					
	<table> <tr><td>σ_e</td><td>42000</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>W_{xx}</td><td>0,0076</td><td>m³</td></tr> <tr><td>W_{xx}</td><td>76,38</td><td>cm³</td></tr> <tr><td>S</td><td>2,50</td><td>m</td></tr> <tr><td>Tipo de soporte</td><td>TH58-29</td><td></td></tr> <tr><td>Peso del soporte</td><td>29</td><td>Kg/m</td></tr> <tr><td>Rendimiento instalación</td><td>3,50</td><td>Kg/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td>190,16</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td>3,17</td><td>h</td></tr> </table>	σ_e	42000	Ton/m ²	W_{xx}	0,0076	m ³	W_{xx}	76,38	cm ³	S	2,50	m	Tipo de soporte	TH58-29		Peso del soporte	29	Kg/m	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min	Tiempo instalación	190,16	min	Tiempo instalación	3,17	h																																														
σ_e	42000	Ton/m ²																																																																								
W_{xx}	0,0076	m ³																																																																								
W_{xx}	76,38	cm ³																																																																								
S	2,50	m																																																																								
Tipo de soporte	TH58-29																																																																									
Peso del soporte	29	Kg/m																																																																								
Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																																								
Tiempo instalación	190,16	min																																																																								
Tiempo instalación	3,17	h																																																																								

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

Cerchas metálicas deformables	APLICA TIPO DE SOPORTE
-------------------------------	------------------------

Metodo de arcos cendentes		
Datos del macizo		Selección del tipo de soporte
f(ϕ)	4 °	σ_e 420 MPa
P _i	2174,5 Ton/m ²	Tipo de soporte TH58-21
		S 0,90 m
		D 398 mm
		I _s 127 cm ⁴
		θ 0,05
		tb 0,1 m
		A _s 0,27 m ²
	PS _{max} 1726,2 Ton/m ²	
	Peso del soporte 21 Kg/m	
	Rendimiento instalación 3,50 Kg/min	
	Tiempo instalación 153,0 min	
	Tiempo instalación 2,55 h	

Enfilajes	APLICA TIPO DE SOPORTE
-----------	------------------------

Perímetro túnel	7,65	m ²
H _f	12,0	m
α_f	60	°
L _f	171,61	m
E _e	18000000	KN/m ²
D _e	0,20	m
I _e	7,854E-05	m ⁴
E _m	120000	KN/m ²
L _e	0,43	m

Tipo de cercha Fija		
L _a	2,5	m
L _d	174,63	m
Definir L _d	10	m
S _e	0,5	m
N° enfilajes	4,0	
ml perforación	40,0	m
VP promedio	2,50	m/min

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
Resumen	<p style="text-align: right;"> Tiempo de perforación 15,97 min Rendimiento propuesto de inyección 1,80 m/min Tiempo inyección 22,22 min Tiempo total 0,6 h </p> <p style="text-align: right;"> Tiempo total de soporte 12,77 h </p>	