

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

**TOPOGRAFÍA**

Tipo de terreno	<b>II</b>	
Longitud máxima recomendada para excavar a partir del tipo de terreno	2,00	m
Definir longitud máxima de excavación	<b>2,00</b>	m
Longitud del tramo	<b>1609,0</b>	m
Sección del túnel	<b>15,05</b>	m <sup>2</sup>
Diámetro túnel	<b>4,3</b>	m
Perímetro túnel	8,2	m
Topografía. Rendimiento propuesto	<b>1,0</b>	min/m <sup>2</sup>
Tiempo en replanteo de la sección a excavar	15,1	min
N° Desplazamientos cuadrilla topográfica	805,0	
Tiempo total	12115,3	min
Tiempo total	201,9	h

**TOPOGRAFÍA**

Tipo de terreno	<b>IIIa</b>	
Longitud máxima recomendada para excavar a partir del tipo de terreno	1,50	m
Definir longitud máxima de excavación	<b>1,50</b>	m
Longitud del tramo	<b>677,0</b>	m
Sección del túnel	<b>15,05</b>	m <sup>2</sup>
Diámetro túnel	<b>4,3</b>	m
Perímetro túnel	8,2	m
Topografía. Rendimiento propuesto	<b>1,0</b>	min/m <sup>2</sup>
Tiempo en replanteo de la sección a excavar	15,1	min
N° Desplazamientos cuadrilla topográfica	452,0	
Tiempo total	6802,6	min
Tiempo total	113,4	h

**TOPOGRAFÍA**

Tipo de terreno	<b>IIIb</b>	
Longitud máxima recomendada para excavar a partir del tipo de terreno	1,00	m
Definir longitud máxima de excavación	<b>1,00</b>	m
Longitud del tramo	<b>209,0</b>	m
Sección del túnel	<b>15,05</b>	m <sup>2</sup>
Diámetro túnel	<b>4,3</b>	m
Perímetro túnel	8,2	m
Topografía. Rendimiento propuesto	<b>1,0</b>	min/m <sup>2</sup>
Tiempo en replanteo de la sección a excavar	15,1	min
N° Desplazamientos cuadrilla topográfica	209,0	
Tiempo total	3145,5	min
Tiempo total	52,4	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
<b>ROZADO TIPO DE TERRENO</b> II		
<p>Longitud máxima de excavación</p> <p>Sección del túnel</p> <p><math>\rho_{in-situ}</math></p> <p>Volumen<sub>in-situ</sub></p> <p>UCS</p> <p>UTS</p>	<p>2,00</p> <p>15,1</p> <p>2,40</p> <p>72,24</p> <p>52,08</p> <p>5,208</p>	<p></p> <p>m<sup>2</sup></p> <p>Ton/m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p> <p>MPa</p> <p>MPa</p>
<b>Metodo de rozado Gehring</b>		
<p>Cabeza de corte</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p>Transversal</p> <p>32,94</p> <p>2,19</p>	<p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p>
<b>Metodo de rozado Bilgin</b>		
<p>Para rozadoras de 71 KW</p> <p>RQD</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo</p> <p>Sí 90&lt;UCS&lt;100 MPa</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p> <p>HP<sub>rozadora</sub></p> <p>Bilgin RMCI</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p>35</p> <p>13,04</p> <p>5,54</p> <p>N/A</p> <p>N/A</p> <p>268,09</p> <p>5,57</p> <p>64,82</p> <p>1,11</p>	<p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p> <p>h</p> <p>MPa</p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p>
<b>Metodo de rozado Copur, Ozdemir, Rostami: Cabeza de corte transversal</b>		
<p>P</p> <p>W</p> <p>RPI</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p>200</p> <p>25</p> <p>96,0</p> <p>34,31</p> <p>2,11</p>	<p>KW</p> <p>Ton</p> <p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>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
<b>Metodo de rozado Fowell y McFeat-Smith</b>		
	CC 0,5 SE 8,62 Kwh/m <sup>3</sup> HP 268,09 KW ICR 31,10 m <sup>3</sup> /h CTF 0,55 Varía entre 0,45 y 0,65 OCR 17,10 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 4,22 h	
<b>Metodo de rozado Neil et al</b>		
	RQD 35 R 10 B1 0,4 B2 2 f 0,48 P <sub>n</sub> 4,81 RPM 83,56 rpm D 0,80 m ICR 41,0 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 1,76 h	
<b>Metodo de rozado Schneider</b>		
	TIPO DE ROCA Arenisca SE 8,0 Kwh/m <sup>3</sup> Potencia del brazo 200 KW Rendimiento de corte teórico 25,10 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 2,88 h	
<b>Metodo de rozado Alpine-Westfalia</b>		
	UCS/UTS 10,00 SE 10,87 Kwh/m <sup>3</sup> P 200,00 Kw Rendimiento de rozado 18,40 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 3,93 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																																				
<b>Metodo de rozado Thuro y Plinninger</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>Tipo de roca</td> <td>Otro tipo relevante de roca</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>UCS/UTS</td> <td>10,0</td> <td>&lt; 20</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>W_z</math></td> <td>27,14</td> <td>KJ/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rendimiento de rozado</td> <td>43,23</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado</td> <td>1,67</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>CUMPLE</td> </tr> </table>				Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca			UCS/UTS	10,0	< 20		$W_z$	27,14	KJ/m <sup>3</sup>		Rendimiento de rozado	43,23	m <sup>3</sup> /h		Tiempo de rozado	1,67	h				CUMPLE												
	Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca																																				
	UCS/UTS	10,0	< 20																																			
	$W_z$	27,14	KJ/m <sup>3</sup>																																			
	Rendimiento de rozado	43,23	m <sup>3</sup> /h																																			
	Tiempo de rozado	1,67	h																																			
			CUMPLE																																			
<b>Metodo de rozado Goktan y Gunes</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>N° rebotes martillo Schmidt (R1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rendimiento de corte neto</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado</td> <td>h</td> </tr> </table>				N° rebotes martillo Schmidt (R1)			Rendimiento de corte neto	m <sup>3</sup> /h		Tiempo de rozado	h																											
	N° rebotes martillo Schmidt (R1)																																					
	Rendimiento de corte neto	m <sup>3</sup> /h																																				
	Tiempo de rozado	h																																				
<b>Metodo de rozado Sandvik</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>Potencia de la cabeza de corte</td> <td>200</td> <td>KW</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rendimiento neto de corte (NCR)</td> <td>29,53</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>UCS/UTS</td> <td>10,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cabeza de corte</td> <td colspan="2">Transversal</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor <math>K_c</math></td> <td>0,97</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Espaciamiento medio</td> <td>0,15</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor <math>K_p</math></td> <td>1,82</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>NCR_{efectivo}</math></td> <td>52,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado</td> <td>1,38</td> <td>h</td> </tr> </table>				Potencia de la cabeza de corte	200	KW		Rendimiento neto de corte (NCR)	29,53	m <sup>3</sup> /h		UCS/UTS	10,00			Cabeza de corte	Transversal			Factor $K_c$	0,97			Espaciamiento medio	0,15	cm		Factor $K_p$	1,82			$NCR_{efectivo}$	52,2			Tiempo de rozado	1,38	h
	Potencia de la cabeza de corte	200	KW																																			
	Rendimiento neto de corte (NCR)	29,53	m <sup>3</sup> /h																																			
	UCS/UTS	10,00																																				
	Cabeza de corte	Transversal																																				
	Factor $K_c$	0,97																																				
	Espaciamiento medio	0,15	cm																																			
	Factor $K_p$	1,82																																				
	$NCR_{efectivo}$	52,2																																				
	Tiempo de rozado	1,38	h																																			
<b>Resumen</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado promedio</td> <td>2,36</td> <td>h</td> </tr> </table>				Tiempo de rozado promedio	2,36	h																																
	Tiempo de rozado promedio	2,36	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
<b>ROZADO TIPO DE TERRENO</b> IIIa		
<p>Longitud máxima de excavación</p> <p>Sección del túnel</p> <p><math>\rho_{in-situ}</math></p> <p>Volumen<sub>in-situ</sub></p> <p>UCS</p> <p>UTS</p>	<p>1,50</p> <p>15,1</p> <p><b>2,40</b></p> <p>54,18</p> <p><b>52,08</b></p> <p><b>5,208</b></p>	<p></p> <p>m<sup>2</sup></p> <p>Ton/m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p> <p>MPa</p> <p>MPa</p>
<b>Metodo de rozado Gehring</b>		
<p>Cabeza de corte</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p><b>Transversal</b></p> <p>32,94</p> <p>1,64</p>	<p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p>
<b>Metodo de rozado Bilgin</b>		
<p>Para rozadoras de 71 KW</p> <p>RQD</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo</p> <p>Sí 90&lt;UCS&lt;100 MPa</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p> <p>HP<sub>rozadora</sub></p> <p>Bilgin RMCI</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p><b>35</b></p> <p>13,04</p> <p>4,16</p> <p>N/A</p> <p>N/A</p> <p><b>268,09</b></p> <p>5,57</p> <p>64,82</p> <p>0,84</p>	<p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p> <p>h</p> <p>MPa</p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p>
<b>Metodo de rozado Copur, Ozdemir, Rostami: Cabeza de corte transversal</b>		
<p>P</p> <p>W</p> <p>RPI</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p><b>200</b></p> <p><b>25</b></p> <p>96,0</p> <p>34,31</p> <p>1,58</p>	<p>KW</p> <p>Ton</p> <p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>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																														
<b>Metodo de rozado Fowell y McFeat-Smith</b>																																
	<table> <tr><td>CC</td><td>0,5</td><td></td></tr> <tr><td>SE</td><td>8,62</td><td>Kwh/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>HP</td><td>268,09</td><td>KW</td></tr> <tr><td>ICR</td><td>31,10</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>CTF</td><td>0,55</td><td>Varía entre 0,45 y 0,65</td></tr> <tr><td>OCR</td><td>17,10</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo de rozado</td><td>3,17</td><td>h</td></tr> </table>	CC	0,5		SE	8,62	Kwh/m <sup>3</sup>	HP	268,09	KW	ICR	31,10	m <sup>3</sup> /h	CTF	0,55	Varía entre 0,45 y 0,65	OCR	17,10	m <sup>3</sup> /h	Tiempo de rozado	3,17	h										
CC	0,5																															
SE	8,62	Kwh/m <sup>3</sup>																														
HP	268,09	KW																														
ICR	31,10	m <sup>3</sup> /h																														
CTF	0,55	Varía entre 0,45 y 0,65																														
OCR	17,10	m <sup>3</sup> /h																														
Tiempo de rozado	3,17	h																														
<b>Metodo de rozado Neil et al</b>																																
	<table> <tr><td>RQD</td><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>R</td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>B1</td><td>0,4</td><td></td></tr> <tr><td>B2</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>f</td><td>0,48</td><td></td></tr> <tr><td>P<sub>n</sub></td><td>4,81</td><td></td></tr> <tr><td>RPM</td><td>83,56</td><td>rpm</td></tr> <tr><td>D</td><td>0,80</td><td>m</td></tr> <tr><td>ICR</td><td>41,0</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo de rozado</td><td>1,32</td><td>h</td></tr> </table>	RQD	35		R	10		B1	0,4		B2	2		f	0,48		P <sub>n</sub>	4,81		RPM	83,56	rpm	D	0,80	m	ICR	41,0	m <sup>3</sup> /h	Tiempo de rozado	1,32	h	
RQD	35																															
R	10																															
B1	0,4																															
B2	2																															
f	0,48																															
P <sub>n</sub>	4,81																															
RPM	83,56	rpm																														
D	0,80	m																														
ICR	41,0	m <sup>3</sup> /h																														
Tiempo de rozado	1,32	h																														
<b>Metodo de rozado Schneider</b>																																
	<table> <tr><td>TIPO DE ROCA</td><td>Arenisca</td><td></td></tr> <tr><td>SE</td><td>8,0</td><td>Kwh/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Potencia del brazo</td><td>200</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Rendimiento de corte teórico</td><td>25,10</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo de rozado</td><td>2,16</td><td>h</td></tr> </table>	TIPO DE ROCA	Arenisca		SE	8,0	Kwh/m <sup>3</sup>	Potencia del brazo	200	KW	Rendimiento de corte teórico	25,10	m <sup>3</sup> /h	Tiempo de rozado	2,16	h																
TIPO DE ROCA	Arenisca																															
SE	8,0	Kwh/m <sup>3</sup>																														
Potencia del brazo	200	KW																														
Rendimiento de corte teórico	25,10	m <sup>3</sup> /h																														
Tiempo de rozado	2,16	h																														
<b>Metodo de rozado Alpine-Westfalia</b>																																
	<table> <tr><td>UCS/UTS</td><td>10,00</td><td></td></tr> <tr><td>SE</td><td>10,87</td><td>Kwh/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>P</td><td>200,00</td><td>Kw</td></tr> <tr><td>Rendimiento de rozado</td><td>18,40</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo de rozado</td><td>2,94</td><td>h</td></tr> </table>	UCS/UTS	10,00		SE	10,87	Kwh/m <sup>3</sup>	P	200,00	Kw	Rendimiento de rozado	18,40	m <sup>3</sup> /h	Tiempo de rozado	2,94	h																
UCS/UTS	10,00																															
SE	10,87	Kwh/m <sup>3</sup>																														
P	200,00	Kw																														
Rendimiento de rozado	18,40	m <sup>3</sup> /h																														
Tiempo de rozado	2,94	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																																				
<b>Metodo de rozado Thuro y Plinninger</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>Tipo de roca</td> <td>Otro tipo relevante de roca</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>UCS/UTS</td> <td>10,0</td> <td>&lt; 20 CUMPLE</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>W_z</math></td> <td>27,14</td> <td>KJ/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rendimiento de rozado</td> <td>43,23</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado</td> <td>1,25</td> <td>h</td> </tr> </table>				Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca			UCS/UTS	10,0	< 20 CUMPLE		$W_z$	27,14	KJ/m <sup>3</sup>		Rendimiento de rozado	43,23	m <sup>3</sup> /h		Tiempo de rozado	1,25	h																
	Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca																																				
	UCS/UTS	10,0	< 20 CUMPLE																																			
	$W_z$	27,14	KJ/m <sup>3</sup>																																			
	Rendimiento de rozado	43,23	m <sup>3</sup> /h																																			
	Tiempo de rozado	1,25	h																																			
<b>Metodo de rozado Goktan y Gunes</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>N° rebotes martillo Schmidt (R1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rendimiento de corte neto</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado</td> <td>h</td> </tr> </table>				N° rebotes martillo Schmidt (R1)			Rendimiento de corte neto	m <sup>3</sup> /h		Tiempo de rozado	h																											
	N° rebotes martillo Schmidt (R1)																																					
	Rendimiento de corte neto	m <sup>3</sup> /h																																				
	Tiempo de rozado	h																																				
<b>Metodo de rozado Sandvik</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>Potencia de la cabeza de corte</td> <td>200</td> <td>KW</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rendimiento neto de corte (NCR)</td> <td>29,53</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>UCS/UTS</td> <td>10,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cabeza de corte</td> <td>Transversal</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor <math>K_c</math></td> <td>0,97</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Espaciamiento medio</td> <td>0,15</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor <math>K_p</math></td> <td>1,82</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>NCR_{efectivo}</math></td> <td>52,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado</td> <td>1,04</td> <td>h</td> </tr> </table>				Potencia de la cabeza de corte	200	KW		Rendimiento neto de corte (NCR)	29,53	m <sup>3</sup> /h		UCS/UTS	10,00			Cabeza de corte	Transversal			Factor $K_c$	0,97			Espaciamiento medio	0,15	cm		Factor $K_p$	1,82			$NCR_{efectivo}$	52,2			Tiempo de rozado	1,04	h
	Potencia de la cabeza de corte	200	KW																																			
	Rendimiento neto de corte (NCR)	29,53	m <sup>3</sup> /h																																			
	UCS/UTS	10,00																																				
	Cabeza de corte	Transversal																																				
	Factor $K_c$	0,97																																				
	Espaciamiento medio	0,15	cm																																			
	Factor $K_p$	1,82																																				
	$NCR_{efectivo}$	52,2																																				
	Tiempo de rozado	1,04	h																																			
<b>Resumen</b>																																						
<table> <tr> <td></td> <td>Tiempo de rozado promedio</td> <td>1,77</td> <td>h</td> </tr> </table>				Tiempo de rozado promedio	1,77	h																																
	Tiempo de rozado promedio	1,77	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
<b>ROZADO TIPO DE TERRENO</b> IIIb		
<p>Longitud máxima de excavación</p> <p>Sección del túnel</p> <p><math>\rho_{in-situ}</math></p> <p>Volumen<sub>in-situ</sub></p> <p>UCS</p> <p>UTS</p>	<p>1,00</p> <p>15,1</p> <p>2,40</p> <p>36,12</p> <p>52,08</p> <p>5,208</p>	<p></p> <p>m<sup>2</sup></p> <p>Ton/m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p> <p>MPa</p> <p>MPa</p>
<b>Metodo de rozado Gehring</b>		
<p>Cabeza de corte</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p>Transversal</p> <p>32,94</p> <p>1,10</p>	<p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p>
<b>Metodo de rozado Bilgin</b>		
<p>Para rozadoras de 71 KW</p> <p>RQD</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo</p> <p>Sí 90&lt;UCS&lt;100 MPa</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p> <p>HP<sub>rozadora</sub></p> <p>Bilgin RMCI</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p>35</p> <p>13,04</p> <p>2,77</p> <p>N/A</p> <p>N/A</p> <p>268,09</p> <p>5,57</p> <p>64,82</p> <p>0,56</p>	<p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p> <p></p> <p>h</p> <p>MPa</p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>h</p>
<b>Metodo de rozado Copur, Ozdemir, Rostami: Cabeza de corte transversal</b>		
<p>P</p> <p>W</p> <p>RPI</p> <p>ICR</p> <p>Tiempo de rozado</p>	<p>200</p> <p>25</p> <p>96,0</p> <p>34,31</p> <p>1,05</p>	<p>KW</p> <p>Ton</p> <p></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>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
<b>Metodo de rozado Fowell y McFeat-Smith</b>		
	CC 0,5 SE 8,62 Kwh/m <sup>3</sup> HP 268,09 KW ICR 31,10 m <sup>3</sup> /h CTF 0,55 Varía entre 0,45 y 0,65 OCR 17,10 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 2,11 h	
<b>Metodo de rozado Neil et al</b>		
	RQD 35 R 10 B1 0,4 B2 2 f 0,48 P <sub>n</sub> 4,81 RPM 83,56 rpm D 0,80 m ICR 41,0 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 0,88 h	
<b>Metodo de rozado Schneider</b>		
	TIPO DE ROCA Arenisca SE 8,0 Kwh/m <sup>3</sup> Potencia del brazo 200 KW Rendimiento de corte teórico 25,10 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 1,44 h	
<b>Metodo de rozado Alpine-Westfalia</b>		
	UCS/UTS 10,00 SE 10,87 Kwh/m <sup>3</sup> P 200,00 Kw Rendimiento de rozado 18,40 m <sup>3</sup> /h Tiempo de rozado 1,96 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																											
<b>Metodo de rozado Thuro y Plinninger</b>																													
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>Tipo de roca</td> <td>Otro tipo relevante de roca</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>UCS/UTS</td> <td>10,0</td> <td>&lt; 20</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>W_z</math></td> <td>27,14</td> <td>KJ/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de rozado</td> <td>43,23</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de rozado</td> <td>0,84</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </table>				Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca			UCS/UTS	10,0	< 20		$W_z$	27,14	KJ/m <sup>3</sup>	Rendimiento de rozado	43,23	m <sup>3</sup> /h		Tiempo de rozado	0,84	h								
	Tipo de roca	Otro tipo relevante de roca																											
	UCS/UTS	10,0	< 20																										
	$W_z$	27,14	KJ/m <sup>3</sup>																										
Rendimiento de rozado	43,23	m <sup>3</sup> /h																											
Tiempo de rozado	0,84	h																											
<b>Metodo de rozado Goktan y Gunes</b>																													
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>N° rebotes martillo Schmidt (R1)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de corte neto</td> <td></td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de rozado</td> <td></td> <td>h</td> </tr> </table>			N° rebotes martillo Schmidt (R1)			Rendimiento de corte neto		m <sup>3</sup> /h	Tiempo de rozado		h																		
N° rebotes martillo Schmidt (R1)																													
Rendimiento de corte neto		m <sup>3</sup> /h																											
Tiempo de rozado		h																											
<b>Metodo de rozado Sandvik</b>																													
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Potencia de la cabeza de corte</td> <td>200</td> <td>KW</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento neto de corte (NCR)</td> <td>29,53</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>UCS/UTS</td> <td>10,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cabeza de corte</td> <td>Transversal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Factor <math>K_c</math></td> <td>0,97</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espaciamiento medio</td> <td>0,15</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Factor <math>K_p</math></td> <td>1,82</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>NCR_{\text{efectivo}}</math></td> <td>52,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de rozado</td> <td>0,69</td> <td>h</td> </tr> </table>			Potencia de la cabeza de corte	200	KW	Rendimiento neto de corte (NCR)	29,53	m <sup>3</sup> /h	UCS/UTS	10,00		Cabeza de corte	Transversal		Factor $K_c$	0,97		Espaciamiento medio	0,15	cm	Factor $K_p$	1,82		$NCR_{\text{efectivo}}$	52,2		Tiempo de rozado	0,69	h
Potencia de la cabeza de corte	200	KW																											
Rendimiento neto de corte (NCR)	29,53	m <sup>3</sup> /h																											
UCS/UTS	10,00																												
Cabeza de corte	Transversal																												
Factor $K_c$	0,97																												
Espaciamiento medio	0,15	cm																											
Factor $K_p$	1,82																												
$NCR_{\text{efectivo}}$	52,2																												
Tiempo de rozado	0,69	h																											
<b>Resumen</b>																													
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Tiempo de rozado promedio</td> <td>1,18</td> <td>h</td> </tr> </table>			Tiempo de rozado promedio	1,18	h																								
Tiempo de rozado promedio	1,18	h																											

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

**VENTILACIÓN**

Sección túnel (s)	15,05	m <sup>2</sup>
-------------------	-------	----------------

**Ventilación soplante**

Purga del frente terreno tipo II

$\epsilon$	0,01	
d	25	m
Q	10	m <sup>3</sup> /s
t <sub>s</sub>	173	s
t <sub>s</sub>	0,88	h

Purga del frente terreno tipo IIIA

$\epsilon$	0,01	
d	25	m
Q	10	m <sup>3</sup> /s
t <sub>s</sub>	173	s
t <sub>s</sub>	0,75	h

Purga del frente terreno tipo IIIB

$\epsilon$	0,01	
d	25	m
Q	10	m <sup>3</sup> /s
t <sub>s</sub>	173	s
t <sub>s</sub>	0,62	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
---	---	-------------------------------------

### 3. Equipo de carga

<b>Retroexcavadoras con descarga central</b>		
Capacidad (C <sub>c</sub> )	1,20	m <sup>3</sup>
Estado del material a cargar	<b>Facilmente excavable</b>	
Factor de eficiencia E	095-1.0	
Definir factor de eficiencia E	0,975	
Descripción de material	<b>Bien volada</b>	
Factor de llenado	0.7-0.9	
Definir factor de llenado	0,80	
Nivel de excavabilidad	<b>Excavabilidad alta</b>	
T <sub>c</sub>	0,30	min
% altura optima	100	
Factor de corrección H	1,00	%
Ángulo de giro	90	°
Factor de giro A	1,00	

### 4. Producción máxima equipo de carga

	P <sub>max</sub>	187,20	m <sup>3</sup> /h
Producción bruta equipo de carga			
	P <sub>b</sub>	156,00	m <sup>3</sup> /h
	Tiempo de carga	2,88	min
	Producción horaria	312,00	Ton/h

### 5. Producción máxima equipo de transporte

	Tiempo de carga	0,05	min
	Condiciones de operación	<b>Favorable</b>	
	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	<b>Buena</b>	
	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	90	6,5	108,3	0,83
	Vuelta	Vacío	90	10	166,7	0,54
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	
			8,25	137,50	1,37	

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																																																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">Tiempo ciclo de transporte</td> <td style="width: 10%;">3,37</td> <td style="width: 10%;">min</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>P_{max}</math></td> <td>208,38</td> <td><math>m^3/h</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>N° de volquetes necesarios</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Peso a transportar</td> <td>24,0</td> <td>Ton</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo</td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;">50,0</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Viajes</td> <td>15,0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Producción horaria</td> <td>360,0</td> <td>Ton/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo</td> <td>1,2</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </table>				Tiempo ciclo de transporte	3,37	min			$P_{max}$	208,38	$m^3/h$			N° de volquetes necesarios	1				Peso a transportar	24,0	Ton		Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo		50,0	min			Viajes	15,0				Producción horaria	360,0	Ton/h			Tiempo	1,2	h											
	Tiempo ciclo de transporte	3,37	min																																																	
	$P_{max}$	208,38	$m^3/h$																																																	
	N° de volquetes necesarios	1																																																		
	Peso a transportar	24,0	Ton																																																	
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo		50,0	min																																																	
	Viajes	15,0																																																		
	Producción horaria	360,0	Ton/h																																																	
	Tiempo	1,2	h																																																	
<b>6. Cálculo de estaciones de remanipulación (Nichos)</b>																																																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">Longitud túnel</td> <td style="width: 10%;">1609,0</td> <td style="width: 10%;">m</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Peso a desescombrar</td> <td>192,2</td> <td>Ton</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tamaño optimo</td> <td>12,00</td> <td><math>m^3</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo asignado de desescombro</td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;">60</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo fijo</td> <td>12,00</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo para limpieza del frente</td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;">5</td> <td>min</td> <td></td> </tr> </table>				Longitud túnel	1609,0	m			Peso a desescombrar	192,2	Ton			Tamaño optimo	12,00	$m^3$		Tiempo asignado de desescombro		60	min			Tiempo fijo	12,00	min		Tiempo para limpieza del frente		5	min																					
	Longitud túnel	1609,0	m																																																	
	Peso a desescombrar	192,2	Ton																																																	
	Tamaño optimo	12,00	$m^3$																																																	
Tiempo asignado de desescombro		60	min																																																	
	Tiempo fijo	12,00	min																																																	
Tiempo para limpieza del frente		5	min																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga</td> <td style="width: 10%;">90</td> <td style="width: 10%;">m</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo variable</td> <td>19,64</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo Total</td> <td>36,64</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tiempo restante del ciclo</td> <td>23,36</td> <td>min</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación</td> <td></td> <td>107,08</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distancia entre estaciones</td> <td></td> <td>197,08</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>N° estaciones</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga	90	m			Tiempo variable	19,64	min			Tiempo Total	36,64	min			Tiempo restante del ciclo	23,36	min		Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación		107,08	m		Distancia entre estaciones		197,08	m			N° estaciones	7																	
	Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga	90	m																																																	
	Tiempo variable	19,64	min																																																	
	Tiempo Total	36,64	min																																																	
	Tiempo restante del ciclo	23,36	min																																																	
Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación		107,08	m																																																	
Distancia entre estaciones		197,08	m																																																	
	N° estaciones	7																																																		
<b>7. Cintas transportadoras</b>																																																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Tamaños máximos de bloque recomendados (mm)</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Material con 80% de finos</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ancho de la banda</td> <td style="background-color: #cccccc;">1000</td> <td>mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño máximo de bloque recomendado</td> <td></td> <td>375</td> <td>mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Material</td> <td style="background-color: #cccccc;">Grava y arena seca</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinación máxima de la cinta</td> <td></td> <td>18 a 20</td> <td>°</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Defini inclinación máxima de la cinta</td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;">18</td> <td>°</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tipo de material</td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;">Materiales finos que fluyen facilmente en seco</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ángulo de carga</td> <td></td> <td>5 a 10</td> <td>°</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Defini ángulo de carga</td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;">5</td> <td>°</td> <td></td> </tr> </table>			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	°	
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	°																																																	

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																																										
<table> <tr><td>Velocidad de la banda</td><td>3,0-3,5</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Definir velocidad de la banda</td><td>3,0</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Longitud cinta</td><td>100</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>P_v</math></td><td>2,7</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Capacidad</td><td>312,0</td><td>Ton/h</td></tr> <tr><td><math>P_h</math></td><td>3,2</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Elevación</td><td>12,5</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>P_e</math></td><td>10,9</td><td>KW</td></tr> <tr><td><math>P_T</math></td><td>16,8</td><td>KW</td></tr> <tr><td>f</td><td>0,95</td><td></td></tr> <tr><td><math>M_p</math></td><td>17,7</td><td>KW</td></tr> <tr><td><math>P_{\text{motor comercial}}</math></td><td>37</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Peso a transportar</td><td>192,2</td><td>Ton</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>0,62</td><td>h</td></tr> </table>			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	312,0	Ton/h	$P_h$	3,2	KW	Elevación	12,5	m	$P_e$	10,9	KW	$P_T$	16,8	KW	f	0,95		$M_p$	17,7	KW	$P_{\text{motor comercial}}$	37	KW	Peso a transportar	192,2	Ton	Tiempo	0,62	h
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	312,0	Ton/h																																										
$P_h$	3,2	KW																																										
Elevación	12,5	m																																										
$P_e$	10,9	KW																																										
$P_T$	16,8	KW																																										
f	0,95																																											
$M_p$	17,7	KW																																										
$P_{\text{motor comercial}}$	37	KW																																										
Peso a transportar	192,2	Ton																																										
Tiempo	0,62	h																																										
<b>8. Transportadores blindados (Cintas con racletas)</b>																																												
<table> <tr><td><math>R_0</math></td><td>1500</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>v</td><td>2,0</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>K</td><td>1,15</td><td>varía ente 1.1 y 1.2</td></tr> <tr><td><math>\eta</math></td><td>0,96</td><td></td></tr> <tr><td>P</td><td>35,23</td><td>KW</td></tr> </table>			$R_0$	1500	Kg	v	2,0	m/s	K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2	$\eta$	0,96		P	35,23	KW																											
$R_0$	1500	Kg																																										
v	2,0	m/s																																										
K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2																																										
$\eta$	0,96																																											
P	35,23	KW																																										
<b>9. Transporte sobre vía (Tren y vagones)</b>																																												
<table> <tr><td>R</td><td>0,08</td><td>KN/Ton</td></tr> <tr><td>g</td><td>9,81</td><td>m/s<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Tipo de vagón</td><td>Vagones para roca</td><td></td></tr> <tr><td><math>\mu</math></td><td>0,15</td><td></td></tr> <tr><td>Capacidad vagón</td><td>15,0</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Capacidad vagón</td><td>30,0</td><td>Ton</td></tr> </table>			R	0,08	KN/Ton	g	9,81	m/s <sup>2</sup>	Tipo de vagón	Vagones para roca		$\mu$	0,15		Capacidad vagón	15,0	m <sup>3</sup>	Capacidad vagón	30,0	Ton																								
R	0,08	KN/Ton																																										
g	9,81	m/s <sup>2</sup>																																										
Tipo de vagón	Vagones para roca																																											
$\mu$	0,15																																											
Capacidad vagón	15,0	m <sup>3</sup>																																										
Capacidad vagón	30,0	Ton																																										
<table> <tr><td><math>\rho</math></td><td>12</td><td>%</td></tr> <tr><td>Peso a transportar</td><td>192,2</td><td>Ton</td></tr> <tr><td><math>M_T</math></td><td>18,0</td><td>Ton</td></tr> <tr><td><math>M_L</math></td><td>90,0</td><td>Ton</td></tr> <tr><td><math>F_z</math></td><td>9,9</td><td></td></tr> <tr><td><math>\zeta</math></td><td>89</td><td>%</td></tr> <tr><td><math>V_{\text{max}}</math></td><td>13,2</td><td>Km/h</td></tr> <tr><td>Potencia locomotora</td><td>40,8</td><td>KW</td></tr> </table>			$\rho$	12	%	Peso a transportar	192,2	Ton	$M_T$	18,0	Ton	$M_L$	90,0	Ton	$F_z$	9,9		$\zeta$	89	%	$V_{\text{max}}$	13,2	Km/h	Potencia locomotora	40,8	KW																		
$\rho$	12	%																																										
Peso a transportar	192,2	Ton																																										
$M_T$	18,0	Ton																																										
$M_L$	90,0	Ton																																										
$F_z$	9,9																																											
$\zeta$	89	%																																										
$V_{\text{max}}$	13,2	Km/h																																										
Potencia locomotora	40,8	KW																																										
<table> <tr><td>Tiempo de carga</td><td>0,02</td><td>min</td></tr> <tr><td>Condiciones de operación</td><td>Favorable</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo de descarga y maniobra</td><td>1,00</td><td>min</td></tr> <tr><td>Definir tiempo de decarga y maniobra</td><td>1,00</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo espera del equipo de carga</td><td>0,15</td><td>min</td></tr> <tr><td>Condición de trabajo</td><td>Media</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo</td><td>1,1</td><td>min</td></tr> </table>			Tiempo de carga	0,02	min	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	Media		Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	1,1	min																					
Tiempo de carga	0,02	min																																										
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	Media																																											
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	1,1	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
---	---	-------------------------------------

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	125	13,2	220,0	0,57
	Vuelta	Vacío	125	26,4	440,0	0,28
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	0,85	

Producción máxima equipo de carga

$$P_{\max} = n \cdot 468,00 \text{ m}^3/\text{h}$$

n      **12**

Producción máxima equipo de carga

$$P_b = t_1 \cdot 0,50 \text{ min} + t_2 \cdot 0,10 \text{ min} + 460,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

t<sub>1</sub>    **0,50**    min  
t<sub>2</sub>    **0,10**    min  
P<sub>b</sub>    460,03    m<sup>3</sup>/h

Producción máxima equipo de transporte

Tiempo ciclo de transporte	3,72	min	
P <sub>max</sub>	235,74	m <sup>3</sup> /h	
N° de vagones	2		
N° locomotoras	<b>2</b>		Según propuesta Usaquen
Peso a transportar	30,0	Ton	
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	<b>50,0</b>	min	
Viajes	14		
Producción horaria	420,0	Ton/h	
Tiempo	0,92	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																																				
<b>RETIRO DE REZAGA TERRENO TIPO</b>		<b>IIIa</b>																																				
<b>1. Volumen de material volado</b>																																						
	<table> <tr><td>L<sub>barreno</sub></td><td>1,50</td><td>m</td></tr> <tr><td>Sección del túnel</td><td>15,1</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>ρ<sub>in-situ</sub></td><td>2,40</td><td>Ton/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>ρ<sub>suelto</sub></td><td>2,00</td><td>Ton/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>V</td><td>0,83</td><td></td></tr> <tr><td>Volumen<sub>in-situ</sub></td><td>54,2</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Tipo de material</td><td colspan="2">Rocas blandas</td></tr> <tr><td>PE</td><td>33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Definir PE</td><td>33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Volumen<sub>suelto</sub></td><td>72,06</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> </table>	L <sub>barreno</sub>	1,50	m	Sección del túnel	15,1	m <sup>2</sup>	ρ <sub>in-situ</sub>	2,40	Ton/m <sup>3</sup>	ρ <sub>suelto</sub>	2,00	Ton/m <sup>3</sup>	V	0,83		Volumen <sub>in-situ</sub>	54,2	m <sup>3</sup>	Tipo de material	Rocas blandas		PE	33	%	Definir PE	33	%	Volumen <sub>suelto</sub>	72,06	m <sup>3</sup>							
L <sub>barreno</sub>	1,50	m																																				
Sección del túnel	15,1	m <sup>2</sup>																																				
ρ <sub>in-situ</sub>	2,40	Ton/m <sup>3</sup>																																				
ρ <sub>suelto</sub>	2,00	Ton/m <sup>3</sup>																																				
V	0,83																																					
Volumen <sub>in-situ</sub>	54,2	m <sup>3</sup>																																				
Tipo de material	Rocas blandas																																					
PE	33	%																																				
Definir PE	33	%																																				
Volumen <sub>suelto</sub>	72,06	m <sup>3</sup>																																				
<b>2. Equipo de transporte</b>		<b>Analizar con numeral 9</b>																																				
	<p>Transporte sobre vía (Tren y vagones)</p> <table> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>12,0</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>24000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>36388,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td colspan="2">Pista dura y lisa</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>6,0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>2183,3</td><td></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>2,0</td><td></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>2,0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>727,8</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>13000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>10089,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td></td><td></td></tr> </table>	Analizar con numeral 9	12,0	m <sup>3</sup>	Analizar con numeral 9	24000,0	Kg	Analizar con numeral 9	36388,0	Kg	Analizar con numeral 9	Pista dura y lisa		Analizar con numeral 9	6,0	%	Analizar con numeral 9	2183,3		Analizar con numeral 9	2,0		Analizar con numeral 9	2,0	%	Analizar con numeral 9	727,8	Kg	Analizar con numeral 9	13000,0	Kg	Analizar con numeral 9	10089,0	Kg	Analizar con numeral 9			
Analizar con numeral 9	12,0	m <sup>3</sup>																																				
Analizar con numeral 9	24000,0	Kg																																				
Analizar con numeral 9	36388,0	Kg																																				
Analizar con numeral 9	Pista dura y lisa																																					
Analizar con numeral 9	6,0	%																																				
Analizar con numeral 9	2183,3																																					
Analizar con numeral 9	2,0																																					
Analizar con numeral 9	2,0	%																																				
Analizar con numeral 9	727,8	Kg																																				
Analizar con numeral 9	13000,0	Kg																																				
Analizar con numeral 9	10089,0	Kg																																				
Analizar con numeral 9																																						
	<table> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td colspan="2">Neumaticos</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>30000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td colspan="2">Suelo de cantera sin fragmentar</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>0,75</td><td></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>22500,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td colspan="2">Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>350,0</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>2100,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>0,12</td><td></td></tr> <tr><td>Analizar con numeral 9</td><td>308,0</td><td>KW</td></tr> </table>	Analizar con numeral 9	Neumaticos		Analizar con numeral 9	30000,0	Kg	Analizar con numeral 9	Suelo de cantera sin fragmentar		Analizar con numeral 9	0,75		Analizar con numeral 9	22500,0	Kg	Analizar con numeral 9			Analizar con numeral 9			Analizar con numeral 9	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural		Analizar con numeral 9	350,0	KW	Analizar con numeral 9	2100,0	m	Analizar con numeral 9	0,12		Analizar con numeral 9	308,0	KW	<p>&gt; 13000,0</p>
Analizar con numeral 9	Neumaticos																																					
Analizar con numeral 9	30000,0	Kg																																				
Analizar con numeral 9	Suelo de cantera sin fragmentar																																					
Analizar con numeral 9	0,75																																					
Analizar con numeral 9	22500,0	Kg																																				
Analizar con numeral 9																																						
Analizar con numeral 9																																						
Analizar con numeral 9	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural																																					
Analizar con numeral 9	350,0	KW																																				
Analizar con numeral 9	2100,0	m																																				
Analizar con numeral 9	0,12																																					
Analizar con numeral 9	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

<b>Retroexcavadoras con descarga central</b>		
Capacidad (C <sub>c</sub> )	1,20	m <sup>3</sup>
Estado del material a cargar	Facilmente excavable	
Factor de eficiencia E	095-1.0	
Definir factor de eficiencia E	0,975	
Descripción de material <b>Bien volada</b>		
Factor de llenado	0.7-0.9	
Definir factor de llenado	0,80	
Nivel de excavabilidad	Excavabilidad alta	
T <sub>c</sub>	0,30	min
% altura optima	100	
Factor de corrección H	1,00	%
Ángulo de giro	90	°
Factor de giro A	1,00	

### 4. Producción máxima equipo de carga

P <sub>max</sub>	187,20	m <sup>3</sup> /h
Producción bruta equipo de carga		
P <sub>b</sub>	156,00	m <sup>3</sup> /h
Tiempo de carga	2,88	min
Producción horaria	312,00	Ton/h

### 5. Producción máxima equipo de transporte

Tiempo de carga	0,05	min
Condiciones de operación	Favorable	
Tiempo de descarga y maniobra	1,00	min
Definir tiempo de decarga 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	90	6,5	108,3	0,83
	Vuelta	90	10	166,7	0,54
2	Ida				
	Vuelta				
3	Ida				
	Vuelta				
4	Ida				
	Vuelta				
5	Ida				
	Vuelta				
6	Ida				
	Vuelta				
			Promedio	Promedio	Suma
			8,25	137,50	1,37

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																											
<table> <tr> <td>Tiempo ciclo de transporte</td> <td>3,37</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td><math>P_{max}</math></td> <td>208,38</td> <td>m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>N° de volquetes necesarios</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso a transportar</td> <td>24,0</td> <td>Ton</td> </tr> <tr> <td>Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo</td> <td>50,0</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Viajes</td> <td>15,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Producción horaria</td> <td>360,0</td> <td>Ton/h</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>1,2</td> <td>h</td> </tr> </table>			Tiempo ciclo de transporte	3,37	min	$P_{max}$	208,38	m <sup>3</sup> /h	N° de volquetes necesarios	1		Peso a transportar	24,0	Ton	Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min	Viajes	15,0		Producción horaria	360,0	Ton/h	Tiempo	1,2	h			
Tiempo ciclo de transporte	3,37	min																											
$P_{max}$	208,38	m <sup>3</sup> /h																											
N° de volquetes necesarios	1																												
Peso a transportar	24,0	Ton																											
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min																											
Viajes	15,0																												
Producción horaria	360,0	Ton/h																											
Tiempo	1,2	h																											
<b>6. Cálculo de estaciones de remanipulación (Nichos)</b>																													
<table> <tr> <td>Longitud túnel</td> <td>1609,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Peso a desescombrar</td> <td>144,1</td> <td>Ton</td> </tr> <tr> <td>Tamaño optimo</td> <td>12,00</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Tiempo asignado de desescombro</td> <td>60</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo fijo</td> <td>12,00</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo para limpieza del frente</td> <td>5</td> <td>min</td> </tr> </table>			Longitud túnel	1609,0	m	Peso a desescombrar	144,1	Ton	Tamaño optimo	12,00	m <sup>3</sup>	Tiempo asignado de desescombro	60	min	Tiempo fijo	12,00	min	Tiempo para limpieza del frente	5	min									
Longitud túnel	1609,0	m																											
Peso a desescombrar	144,1	Ton																											
Tamaño optimo	12,00	m <sup>3</sup>																											
Tiempo asignado de desescombro	60	min																											
Tiempo fijo	12,00	min																											
Tiempo para limpieza del frente	5	min																											
<table> <tr> <td>Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga</td> <td>90</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Tiempo variable</td> <td>19,64</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo Total</td> <td>36,64</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo restante del ciclo</td> <td>23,36</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación</td> <td>107,08</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Distancia entre estaciones</td> <td>197,08</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>N° estaciones</td> <td>7</td> <td></td> </tr> </table>			Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga	90	m	Tiempo variable	19,64	min	Tiempo Total	36,64	min	Tiempo restante del ciclo	23,36	min	Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación	107,08	m	Distancia entre estaciones	197,08	m	N° estaciones	7							
Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga	90	m																											
Tiempo variable	19,64	min																											
Tiempo Total	36,64	min																											
Tiempo restante del ciclo	23,36	min																											
Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación	107,08	m																											
Distancia entre estaciones	197,08	m																											
N° estaciones	7																												
<b>7. Cintas transportadoras</b>																													
<table> <tr> <td>Tamaños máximos de bloque recomendados (mm)</td> <td colspan="2">Material con 80% de finos</td> </tr> <tr> <td>Ancho de la banda</td> <td>1000</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Tamaño máximo de bloque recomendado</td> <td>375</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td colspan="2">Grava y arena seca</td> </tr> <tr> <td>Inclinación máxima de la cinta</td> <td>18 a 20</td> <td>°</td> </tr> <tr> <td>Defini inclinación máxima de la cinta</td> <td>18</td> <td>°</td> </tr> <tr> <td>Tipo de material</td> <td colspan="2">Materiales finos que fluyen facilmente en seco</td> </tr> <tr> <td>Ángulo de carga</td> <td>5 a 10</td> <td>°</td> </tr> <tr> <td>Defini ángulo de carga</td> <td>5</td> <td>°</td> </tr> </table>			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	°
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	°																											

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																																										
<table> <tr><td>Velocidad de la banda</td><td>3,0-3,5</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Definir velocidad de la banda</td><td>3,0</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Longitud cinta</td><td>100</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>P_v</math></td><td>2,7</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Capacidad</td><td>312,0</td><td>Ton/h</td></tr> <tr><td><math>P_h</math></td><td>3,2</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Elevación</td><td>12,5</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>P_e</math></td><td>10,9</td><td>KW</td></tr> <tr><td><math>P_T</math></td><td>16,8</td><td>KW</td></tr> <tr><td>f</td><td>0,95</td><td></td></tr> <tr><td><math>M_p</math></td><td>17,7</td><td>KW</td></tr> <tr><td><math>P_{\text{motor comercial}}</math></td><td>37</td><td>KW</td></tr> <tr><td>Peso a transportar</td><td>144,1</td><td>Ton</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>0,46</td><td>h</td></tr> </table>			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	312,0	Ton/h	$P_h$	3,2	KW	Elevación	12,5	m	$P_e$	10,9	KW	$P_T$	16,8	KW	f	0,95		$M_p$	17,7	KW	$P_{\text{motor comercial}}$	37	KW	Peso a transportar	144,1	Ton	Tiempo	0,46	h
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	312,0	Ton/h																																										
$P_h$	3,2	KW																																										
Elevación	12,5	m																																										
$P_e$	10,9	KW																																										
$P_T$	16,8	KW																																										
f	0,95																																											
$M_p$	17,7	KW																																										
$P_{\text{motor comercial}}$	37	KW																																										
Peso a transportar	144,1	Ton																																										
Tiempo	0,46	h																																										
<b>8. Transportadores blindados (Cintas con racletas)</b>																																												
<table> <tr><td><math>R_0</math></td><td>1500</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>v</td><td>2,0</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>K</td><td>1,15</td><td>varía ente 1.1 y 1.2</td></tr> <tr><td><math>\eta</math></td><td>0,96</td><td></td></tr> <tr><td>P</td><td>35,23</td><td>KW</td></tr> </table>			$R_0$	1500	Kg	v	2,0	m/s	K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2	$\eta$	0,96		P	35,23	KW																											
$R_0$	1500	Kg																																										
v	2,0	m/s																																										
K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2																																										
$\eta$	0,96																																											
P	35,23	KW																																										
<b>9. Transporte sobre vía (Tren y vagones)</b>																																												
<table> <tr><td>R</td><td>0,08</td><td>KN/Ton</td></tr> <tr><td>g</td><td>9,81</td><td>m/s<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Tipo de vagón</td><td>Vagones para roca</td><td></td></tr> <tr><td><math>\mu</math></td><td>0,15</td><td></td></tr> <tr><td>Capacidad vagón</td><td>15,0</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Capacidad vagón</td><td>30,0</td><td>Ton</td></tr> </table>			R	0,08	KN/Ton	g	9,81	m/s <sup>2</sup>	Tipo de vagón	Vagones para roca		$\mu$	0,15		Capacidad vagón	15,0	m <sup>3</sup>	Capacidad vagón	30,0	Ton																								
R	0,08	KN/Ton																																										
g	9,81	m/s <sup>2</sup>																																										
Tipo de vagón	Vagones para roca																																											
$\mu$	0,15																																											
Capacidad vagón	15,0	m <sup>3</sup>																																										
Capacidad vagón	30,0	Ton																																										
<table> <tr><td><math>\rho</math></td><td>12</td><td>%</td></tr> <tr><td>Peso a transportar</td><td>144,1</td><td>Ton</td></tr> <tr><td><math>M_T</math></td><td>18,0</td><td>Ton</td></tr> <tr><td><math>M_L</math></td><td>69,4</td><td>Ton</td></tr> <tr><td><math>F_z</math></td><td>8,0</td><td></td></tr> <tr><td><math>\zeta</math></td><td>89</td><td>%</td></tr> <tr><td><math>V_{\text{max}}</math></td><td>13,2</td><td>Km/h</td></tr> <tr><td>Potencia locomotora</td><td>33,1</td><td>KW</td></tr> </table>			$\rho$	12	%	Peso a transportar	144,1	Ton	$M_T$	18,0	Ton	$M_L$	69,4	Ton	$F_z$	8,0		$\zeta$	89	%	$V_{\text{max}}$	13,2	Km/h	Potencia locomotora	33,1	KW																		
$\rho$	12	%																																										
Peso a transportar	144,1	Ton																																										
$M_T$	18,0	Ton																																										
$M_L$	69,4	Ton																																										
$F_z$	8,0																																											
$\zeta$	89	%																																										
$V_{\text{max}}$	13,2	Km/h																																										
Potencia locomotora	33,1	KW																																										
<table> <tr><td>Tiempo de carga</td><td>0,02</td><td>min</td></tr> <tr><td>Condiciones de operación</td><td>Favorable</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo de descarga y maniobra</td><td>1,00</td><td>min</td></tr> <tr><td>Definir tiempo de decarga y maniobra</td><td>1,00</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo espera del equipo de carga</td><td>0,15</td><td>min</td></tr> <tr><td>Condición de trabajo</td><td>Media</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo</td><td>1,1</td><td>min</td></tr> </table>			Tiempo de carga	0,02	min	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	Media		Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	1,1	min																					
Tiempo de carga	0,02	min																																										
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	Media																																											
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	1,1	min																																										

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

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	125	13,2	220,0	0,57
	Vuelta	Vacío	125	26,4	440,0	0,28
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	0,85	

Producción máxima equipo de carga

$$P_{\max} = n \cdot 468,00 \text{ m}^3/\text{h}$$

n 12

Producción máxima equipo de carga

$$P_b = t_1 \cdot 0,50 \text{ min} + t_2 \cdot 0,10 \text{ min} + 460,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

t<sub>1</sub> 0,50 min  
t<sub>2</sub> 0,10 min

Producción máxima equipo de transporte

Tiempo ciclo de transporte	3,72	min
P <sub>max</sub>	235,74	m <sup>3</sup> /h
N° de vagones	2	
N° locomotoras	2	Según propuesta Usaquen
Peso a transportar	30,0	Ton
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min
Viajes	14	
Producción horaria	420,0	Ton/h
Tiempo	0,69	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		IIIb																																							
1. Volumen de material volado																																									
	<table> <tr> <td>L<sub>barreno</sub></td> <td>1,00</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Sección del túnel</td> <td>15,1</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>ρ<sub>in-situ</sub></td> <td>2,40</td> <td>Ton/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>ρ<sub>suelto</sub></td> <td>2,00</td> <td>Ton/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>0,83</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen<sub>in-situ</sub></td> <td>36,1</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Tipo de material</td> <td colspan="2">Rocas blandas</td> </tr> <tr> <td>PE</td> <td>33</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Definir PE</td> <td>33</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Volumen<sub>suelto</sub></td> <td>48,04</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> </table>	L <sub>barreno</sub>	1,00	m	Sección del túnel	15,1	m <sup>2</sup>	ρ <sub>in-situ</sub>	2,40	Ton/m <sup>3</sup>	ρ <sub>suelto</sub>	2,00	Ton/m <sup>3</sup>	V	0,83		Volumen <sub>in-situ</sub>	36,1	m <sup>3</sup>	Tipo de material	Rocas blandas		PE	33	%	Definir PE	33	%	Volumen <sub>suelto</sub>	48,04	m <sup>3</sup>										
L <sub>barreno</sub>	1,00	m																																							
Sección del túnel	15,1	m <sup>2</sup>																																							
ρ <sub>in-situ</sub>	2,40	Ton/m <sup>3</sup>																																							
ρ <sub>suelto</sub>	2,00	Ton/m <sup>3</sup>																																							
V	0,83																																								
Volumen <sub>in-situ</sub>	36,1	m <sup>3</sup>																																							
Tipo de material	Rocas blandas																																								
PE	33	%																																							
Definir PE	33	%																																							
Volumen <sub>suelto</sub>	48,04	m <sup>3</sup>																																							
2. Equipo de transporte Analizar con numeral 9																																									
	<table> <tr> <td colspan="3">Transporte sobre vía (Tren y vagones)</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>12,0</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>24000,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>36388,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td colspan="2">Pista dura y lisa</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>6,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>2183,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>2,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>2,0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>727,8</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>13000,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>10089,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>	Transporte sobre vía (Tren y vagones)			Analizar con numeral 9	12,0	m <sup>3</sup>	Analizar con numeral 9	24000,0	Kg	Analizar con numeral 9	36388,0	Kg	Analizar con numeral 9	Pista dura y lisa		Analizar con numeral 9	6,0	%	Analizar con numeral 9	2183,3		Analizar con numeral 9	2,0		Analizar con numeral 9	2,0	%	Analizar con numeral 9	727,8	Kg	Analizar con numeral 9	13000,0	Kg	Analizar con numeral 9	10089,0	Kg	Analizar con numeral 9			
Transporte sobre vía (Tren y vagones)																																									
Analizar con numeral 9	12,0	m <sup>3</sup>																																							
Analizar con numeral 9	24000,0	Kg																																							
Analizar con numeral 9	36388,0	Kg																																							
Analizar con numeral 9	Pista dura y lisa																																								
Analizar con numeral 9	6,0	%																																							
Analizar con numeral 9	2183,3																																								
Analizar con numeral 9	2,0																																								
Analizar con numeral 9	2,0	%																																							
Analizar con numeral 9	727,8	Kg																																							
Analizar con numeral 9	13000,0	Kg																																							
Analizar con numeral 9	10089,0	Kg																																							
Analizar con numeral 9																																									
	<table> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td colspan="2">Neumaticos</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>30000,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td colspan="2">Suelo de cantera sin fragmentar</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>0,75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>22500,0</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td></td> <td>&gt; 13000,0</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td colspan="2">Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>350,0</td> <td>KW</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>2100,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>0,12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Analizar con numeral 9</td> <td>308,0</td> <td>KW</td> </tr> </table>	Analizar con numeral 9	Neumaticos		Analizar con numeral 9	30000,0	Kg	Analizar con numeral 9	Suelo de cantera sin fragmentar		Analizar con numeral 9	0,75		Analizar con numeral 9	22500,0	Kg	Analizar con numeral 9		> 13000,0	Analizar con numeral 9			Analizar con numeral 9	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural		Analizar con numeral 9	350,0	KW	Analizar con numeral 9	2100,0	m	Analizar con numeral 9	0,12		Analizar con numeral 9	308,0	KW				
Analizar con numeral 9	Neumaticos																																								
Analizar con numeral 9	30000,0	Kg																																							
Analizar con numeral 9	Suelo de cantera sin fragmentar																																								
Analizar con numeral 9	0,75																																								
Analizar con numeral 9	22500,0	Kg																																							
Analizar con numeral 9		> 13000,0																																							
Analizar con numeral 9																																									
Analizar con numeral 9	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural																																								
Analizar con numeral 9	350,0	KW																																							
Analizar con numeral 9	2100,0	m																																							
Analizar con numeral 9	0,12																																								
Analizar con numeral 9	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

<b>Retroexcavadoras con descarga central</b>		
Capacidad (C <sub>c</sub> )	0,70	m <sup>3</sup>
Estado del material a cargar	Facilmente excavable	
Factor de eficiencia E	095-1.0	
Definir factor de eficiencia E	0,975	
Descripción de material	Bien volada	
Factor de llenado	0.7-0.9	
Definir factor de llenado	0,80	
Nivel de excavabilidad	Excavabilidad alta	
T <sub>c</sub>	0,30	min
% altura optima	100	
Factor de corrección H	1,00	%
Ángulo de giro	90 °	
Factor de giro A	1,00	

### 4. Producción máxima equipo de carga

	P <sub>max</sub>	109,20	m <sup>3</sup> /h
Producción bruta equipo de carga			
	P <sub>b</sub>	91,00	m <sup>3</sup> /h
	Tiempo de carga	4,95	min
	Producción horaria	182,00	Ton/h

### 5. Producción máxima equipo de transporte

	Tiempo de carga	0,08	min
	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	Media	
	Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	1,1	min

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)
1	Ida	90	6,5	108,3	0,83
	Vuelta	90	10	166,7	0,54
2	Ida				
	Vuelta				
3	Ida				
	Vuelta				
4	Ida				
	Vuelta				
5	Ida				
	Vuelta				
6	Ida				
	Vuelta				
			Promedio	Promedio	Suma
			8,25	137,50	1,37

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 3,70 min $P_{max}$ 189,57 m <sup>3</sup> /h N° de volquetes necesarios 0 Peso a transportar 24,0 Ton Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo 50,0 min Viajes 14,0 Producción horaria 336,0 Ton/h Tiempo 1,1 h	
<b>6. Cálculo de estaciones de remanipulación (Nichos)</b>		
	Longitud túnel 1609,0 m Peso a desescombrar 96,1 Ton Tamaño optimo 12,00 m <sup>3</sup> Tiempo asignado de desescombro 60 min Tiempo fijo 15,40 min Tiempo para limpieza del frente 5 min	
	Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga 90 m Tiempo variable 18,33 min Tiempo Total 38,73 min Tiempo restante del ciclo 21,27 min Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación 104,46 m Distancia entre estaciones 194,46 m N° estaciones 7	
<b>7. Cintas transportadoras</b>		
	Tamaños máximos de bloque recomendados (mm) <b>Material con 80% de finos</b> Ancho de la banda 1000 mm Tamaño máximo de bloque recomendado 375 mm Material <b>Grava y arena seca</b> Inclinación máxima de la cinta 18 a 20 ° Defini inclinación máxima de la cinta 18 ° Tipo de material <b>Materiales finos que fluyen facilmente en seco</b> Ángulo de carga 5 a 10 ° Defini ángulo de carga 5 °	

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>Velocidad de la banda 3,0-3,5 m/s</p> <p>Definir velocidad de la banda <b>3,0</b> m/s</p> <p>Longitud cinta <b>100</b> m</p> <p><math>P_v</math> 2,7 KW</p> <p>Capacidad 182,0 Ton/h</p> <p><math>P_h</math> 2 KW</p> <p>Elevación <b>12,5</b> m</p> <p><math>P_e</math> 6,8 KW</p> <p><math>P_T</math> 11,5 KW</p> <p><math>f</math> 0,95</p> <p><math>M_p</math> 12,1 KW</p> <p><math>P_{\text{motor comercial}}</math> <b>37</b> KW &gt; 12,1</p> <p>Peso a transportar 96,1 Ton</p> <p>Tiempo 0,53 h</p>	
<b>8. Transportadores blindados (Cintas con racletas)</b>		
	<p><math>R_0</math> <b>1500</b> Kg</p> <p><math>v</math> <b>2,0</b> m/s</p> <p><math>K</math> <b>1,15</b> <i>varía ente 1.1 y 1.2</i></p> <p><math>\eta</math> 0,96</p> <p><math>P</math> 35,23 KW</p>	
<b>9. Transporte sobre vía (Tren y vagones)</b>		
	<p><math>R</math> <b>0,08</b> KN/Ton</p> <p><math>g</math> 9,81 <math>m/s^2</math></p> <p>Tipo de vagón <b>Vagones para roca</b></p> <p><math>\mu</math> 0,15</p> <p>Capacidad vagón <b>15,0</b> <math>m^3</math></p> <p>Capacidad vagón 30,0 Ton</p>	
	<p><math>\rho</math> <b>12</b> %</p> <p>Peso a transportar 96,1 Ton</p> <p><math>M_T</math> <b>18,0</b> Ton</p> <p><math>M_L</math> 48,9 Ton</p> <p><math>F_z</math> 6,1</p> <p><math>\zeta</math> <b>89</b> %</p> <p><math>V_{\text{max}}</math> <b>13,2</b> Km/h</p> <p>Potencia locomotora 25,3 KW</p>	
	<p>Tiempo de carga 0,02 min</p> <p>Condiciones de operación <b>Favorable</b></p> <p>Tiempo de descarga y maniobra 1,00 min</p> <p>Definir tiempo de decarga y maniobra <b>1,00</b> min</p> <p>Tiempo espera del equipo de carga 0,15 min</p> <p>Condición de trabajo <b>Media</b></p> <p>Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo 1,1 min</p>	

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

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	125	13,2	220,0	0,57
	Vuelta	Vacío	125	26,4	440,0	0,28
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	0,85	

Producción máxima equipo de carga

$$n = 21$$

$$P_{max} = 468,00 \text{ m}^3/\text{h}$$

Producción máxima equipo de carga

$$t_1 = 0,50 \text{ min}$$

$$t_2 = 0,10 \text{ min}$$

$$P_b = 460,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Producción máxima equipo de transporte

Tiempo ciclo de transporte	3,72	min
$P_{max}$	235,74	$\text{m}^3/\text{h}$
N° de vagones	2	
N° locomotoras	2	Según propuesta Usaquen
Peso a transportar	30,0	Ton
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min
Viajes	14	
Producción horaria	420,0	Ton/h
Tiempo	0,46	h

<b>Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia</b>	<b>Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.</b>	<b>Elaborado por: Ing. Diego Triana</b>
<b>SOPORTE TIPO DE TERRENO II</b>		
<b>Longitud del barreno</b>	<b>2,00 m</b>	<b>Verificar</b>
<b>Trabajos de soporte</b>	Inyección de consolidación Pernos en bóveda Pernos en paredes Concreto lanzado Cerchas metálicas fijas Enfilajes Cerchas metálicas deformables Pernos en solera curva	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Inyección de consolidación NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>		
	Diametro inyección <b>0,051</b> m Área inyección <b>0,00204</b> m <sup>2</sup> Longitud inyección (L <sub>barreno</sub> ) 2,00 m Módulo de elasticidad del macizo 80000 KN/m <sup>2</sup> Sección túnel 23,2 m <sup>2</sup> Separación <b>5,00</b> m Módulo de la inyección <b>18114220</b> KN/m <sup>2</sup> Área mejorada 0,0613 m <sup>2</sup> N° inyecciones 5 Módulo del macizo mejorado 127639 KN/m <sup>2</sup> ml perforación 10,0 m VP promedio 2,65 m/min  Tiempo de perforación 3,78 min Rendimiento propuesto de inyección y fraguado <b>0,60</b> m/min Tiempo inyección y fraguado 16,67 min Tiempo total h	
<b>Pernos en bóveda APLICA TIPO DE SOPORTE</b>		
	F <b>2,25</b> <b>Varía entre 1,5 y 3</b> s <b>1,50</b> m c <b>1,50</b> m h <b>8,00</b> m ρ 2,55 Ton/m <sup>3</sup> W 45,90 Ton/m <sup>2</sup>	

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

N° de pernos		
B	60,0	Ton
L	2,5	m
Área	2	m <sup>2</sup>
N	4	
ml perforación	10,0	m
Velocidad perforación	1,25	m/min
Tiempo de perforación	8,0	min
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min
Tiempo instalación y fraguado	16,67	min
Tiempo total	0,41	h

**Pernos instalados en paredes NO APLICA TIPO DE SOPORTE**

Condiciones del suelo	Residual		
	$h_{cobertura}$	237,0	m
	$\rho$	2,40	Ton/m <sup>3</sup>
	$\sigma$	568,8	Ton/m <sup>2</sup>
	$c$	5	Ton/m <sup>2</sup>
	$A$	2	m
	$\alpha$	20	°
	$\beta$	70	°
	$\phi$	24	°
	$\phi'$	18	°
	Área	2,5	m <sup>2</sup>
	N	8	
	L	2,5	m
	D	0,025	m
	$\sigma_A$	42000	Ton/m <sup>2</sup>
	$F_A$	20,62	Ton
	$F_T$	36,29	Ton
	W	43,13	Ton/m <sup>2</sup>
	$\tau$	185	Ton/m <sup>2</sup>
Velocidad perforación	1,25	m/min	
ml perforación	20,8	m	
Tiempo de perforación	16,6	min	
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min	
Tiempo instalación y fraguado	34,65	min	
Tiempo total		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																																																																								
<b>Pernos en solera curva NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
	<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></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		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		h																																																																								
<b>Concreto lanzado APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
	<table> <tr><td>Perimetro</td><td>8,20</td><td>m</td></tr> <tr><td>Espesor concreto lanzado</td><td>0,2</td><td>m</td></tr> <tr><td>Área</td><td>16,40</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>m<sup>3</sup> concreto</td><td>3,28</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto</td><td>4,00</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>0,82</td><td>h</td></tr> </table>	Perimetro	8,20	m	Espesor concreto lanzado	0,2	m	Área	16,40	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> concreto	3,28	m <sup>3</sup>	Rendimiento propuesto	4,00	m <sup>3</sup> /h	Tiempo	0,82	h																																																							
Perimetro	8,20	m																																																																								
Espesor concreto lanzado	0,2	m																																																																								
Área	16,40	m <sup>2</sup>																																																																								
m <sup>3</sup> concreto	3,28	m <sup>3</sup>																																																																								
Rendimiento propuesto	4,00	m <sup>3</sup> /h																																																																								
Tiempo	0,82	h																																																																								
<b>SopORTE metálicos fijos NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
<p><b>Metodo de Hoek &amp; Brown</b></p> <table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del macizo</th> <th colspan="3">Datos del túnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>h_{cobertura\ max}</math></td><td>1100,0</td><td>m</td> <td>R</td><td>3,50</td><td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\rho</math></td><td>2,55</td><td>Ton/m<sup>3</sup></td> <td>b, r</td><td>5,1</td><td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_x</math></td><td>2805</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td> <td>a</td><td>0,35</td><td>m</td> </tr> <tr> <td>c</td><td>2,5</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td> <td>b</td><td>7,00</td><td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\phi</math></td><td>37</td><td>°</td> <td><math>\sigma_c</math></td><td>3,4</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>K_0</math></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><math>\sigma_1</math></td><td>7047,9</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> <td><math>\sigma_r</math></td><td>7061,8</td><td>Ton/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> <td><math>\sigma_e</math></td><td>7080,1</td><td>Ton/m<sup>4</sup></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	$\rho$	2,55	Ton/m <sup>3</sup>	b, r	5,1	m	$\sigma_x$	2805	Ton/m <sup>2</sup>	a	0,35	m	c	2,5	Ton/m <sup>2</sup>	b	7,00	m	$\phi$	37	°	$\sigma_c$	3,4	Ton/m <sup>2</sup>	$K_0$	2,5		q	736,31	Ton/m	K	1,33		$\sigma_1$	7047,9	Ton/m <sup>2</sup>				$\sigma_r$	7061,8	Ton/m <sup>3</sup>				$\sigma_e$	7080,1	Ton/m <sup>4</sup>				R*	2,69	m				S	1,00	m
Datos del macizo			Datos del túnel																																																																							
$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	R	3,50	m																																																																					
$\rho$	2,55	Ton/m <sup>3</sup>	b, r	5,1	m																																																																					
$\sigma_x$	2805	Ton/m <sup>2</sup>	a	0,35	m																																																																					
c	2,5	Ton/m <sup>2</sup>	b	7,00	m																																																																					
$\phi$	37	°	$\sigma_c$	3,4	Ton/m <sup>2</sup>																																																																					
$K_0$	2,5		q	736,31	Ton/m																																																																					
K	1,33		$\sigma_1$	7047,9	Ton/m <sup>2</sup>																																																																					
			$\sigma_r$	7061,8	Ton/m <sup>3</sup>																																																																					
			$\sigma_e$	7080,1	Ton/m <sup>4</sup>																																																																					
			R*	2,69	m																																																																					
			S	1,00	m																																																																					
	<table> <tr><td><math>\sigma_e</math></td><td>42000</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>W_{xx}</math></td><td>0,0076</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><math>W_{xx}</math></td><td>76,38</td><td>cm<sup>3</sup></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>126,77</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td></td><td>h</td></tr> </table>	$\sigma_e$	42000	Ton/m <sup>2</sup>	$W_{xx}$	0,0076	m <sup>3</sup>	$W_{xx}$	76,38	cm <sup>3</sup>	S	2,50	m	Tipo de soporte	TH58-29		Peso del soporte	29	Kg/m	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min	Tiempo instalación	126,77	min	Tiempo instalación		h																																														
$\sigma_e$	42000	Ton/m <sup>2</sup>																																																																								
$W_{xx}$	0,0076	m <sup>3</sup>																																																																								
$W_{xx}$	76,38	cm <sup>3</sup>																																																																								
S	2,50	m																																																																								
Tipo de soporte	TH58-29																																																																									
Peso del soporte	29	Kg/m																																																																								
Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																																								
Tiempo instalación	126,77	min																																																																								
Tiempo instalación		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      NO APLICA TIPO DE SOPORTE**

<b>Metodo de arcos cedentes</b>		
Datos del macizo		Selección del tipo de soporte
f(φ)	4 °	σ <sub>e</sub> <b>420</b> MPa
P <sub>i</sub>	2174,5    Ton/m <sup>2</sup>	Tipo de soporte <b>TH58-21</b>
		S <b>2,00</b> m
		D    398    mm
		I <sub>s</sub> 127    cm <sup>4</sup>
		θ    0,05
		tb <b>0,1</b> m
		A <sub>s</sub> 0,27    m <sup>2</sup>
	PS <sub>max</sub> 776,8    Ton/m <sup>2</sup>	
	Peso del soporte    21    Kg/m	
	Rendimiento instalación <b>3,50</b> Kg/min	
	Tiempo instalación    49,2    min	
	Tiempo instalación    h	

**Enfilajes      NO APLICA TIPO DE SOPORTE**

Perímetro túnel	7,65	m <sup>2</sup>
H <sub>f</sub>	<b>12,0</b>	m
α <sub>f</sub>	<b>60</b>	°
L <sub>f</sub>	171,61	m
E <sub>e</sub>	<b>18000000</b>	KN/m <sup>2</sup>
D <sub>e</sub>	<b>0,20</b>	m
I <sub>e</sub>	7,854E-05	m <sup>4</sup>
E <sub>m</sub>	<b>120000</b>	KN/m <sup>2</sup>
L <sub>e</sub>	0,43	m

Tipo de cercha <b>Fija</b>		
L <sub>a</sub>	2,5	m
L <sub>d</sub>	174,63	m
Definir L <sub>d</sub>	<b>10</b>	m
S <sub>e</sub>	<b>0,5</b>	m
N° enfilajes	4,0	
ml perforación	40,0	m
VP promedio	2,50	m/min

<p align="center"><b>Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia</b></p>	<p align="center"><b>Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.</b></p>	<p align="center"><b>Elaborado por: Ing. Diego Triana</b></p>
<p><b>Resumen</b></p>	<p align="center">Tiempo de perforación    15,97    min  Rendimiento propuesto de inyección    <b>1,80</b>    m/min  Tiempo inyección    22,22    min  Tiempo total    h</p> <p align="center">Tiempo total de soporte    1,23    h</p>	

<b>Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia</b>	<b>Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.</b>	<b>Elaborado por: Ing. Diego Triana</b>
<b>SOPORTE TIPO DE TERRENO IIIa</b>		
<b>Longitud del barreno</b>	<b>1,50 m</b>	<b>Verificar</b>
<b>Trabajos de soporte</b>	Inyección de consolidación Pernos en bóveda Pernos en paredes Concreto lanzado Cerchas metálicas fijas Enfilajes Cerchas metálicas deformables Pernos en solera curva	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Inyección de consolidación NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>		
	Diametro inyección <b>0,051</b> m Área inyección <b>0,00204</b> m <sup>2</sup> Longitud inyección (L <sub>barreno</sub> ) 1,50 m Módulo de elasticidad del macizo 80000 KN/m <sup>2</sup> Sección túnel 23,2 m <sup>2</sup> Separación <b>5,00</b> m Módulo de la inyección <b>18114220</b> KN/m <sup>2</sup> Área mejorada 0,0613 m <sup>2</sup> N° inyecciones 5 Módulo del macizo mejorado 127639 KN/m <sup>2</sup> ml perforación 7,5 m VP promedio 2,65 m/min  Tiempo de perforación 2,83 min Rendimiento propuesto de inyección y fraguado <b>0,45</b> m/min Tiempo inyección y fraguado 16,67 min Tiempo total h	
<b>Pernos en bóveda APLICA TIPO DE SOPORTE</b>		
	F <b>2,25</b> <b>Varía entre 1,5 y 3</b> s <b>1,50</b> m c <b>1,50</b> m h <b>8,00</b> m ρ 2,55 Ton/m <sup>3</sup> W 45,90 Ton/m <sup>2</sup>	

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

N° de pernos		
B	60,0	Ton
L	2,5	m
Área	3,5	m <sup>2</sup>
N	7	
ml perforación	17,5	m
Velocidad perforación	1,25	m/min
Tiempo de perforación	14,0	min
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,30	m/min
Tiempo instalación y fraguado	58,33	min
Tiempo total	1,21	h

**Pernos instalados en paredes      APLICA TIPO DE SOPORTE**

Condiciones del suelo	Residual		
	$h_{cobertura}$	237,0	m
	$\rho$	2,40	Ton/m <sup>3</sup>
	$\sigma$	568,8	Ton/m <sup>2</sup>
	$c$	5	Ton/m <sup>2</sup>
	$A$	2	m
	$\alpha$	20	°
	$\beta$	70	°
	$\phi$	24	°
	$\phi'$	18	°
	Área	2,5	m <sup>2</sup>
	N	8	
	L	2,5	m
	D	0,025	m
	$\sigma_A$	42000	Ton/m <sup>2</sup>
	$F_A$	20,62	Ton
	$F_T$	36,29	Ton
	W	43,13	Ton/m <sup>2</sup>
	$\tau$	185	Ton/m <sup>2</sup>
Velocidad perforación	1,25	m/min	
ml perforación	20,8	m	
Tiempo de perforación	16,6	min	
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,30	m/min	
Tiempo instalación y fraguado	69,30	min	
Tiempo total	1,43	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																																																																								
<b>Pernos en solera curva NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
	<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>0,30</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación y fraguado</td><td>8,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo total</td><td></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	0,30	m/min	Tiempo instalación y fraguado	8,0	min	Tiempo total		h																																																							
ml perforación	2,4	m																																																																								
VP promedio	2,50	m/min																																																																								
Tiempo de perforación	1,0	min																																																																								
Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,30	m/min																																																																								
Tiempo instalación y fraguado	8,0	min																																																																								
Tiempo total		h																																																																								
<b>Concreto lanzado APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
	<table> <tr><td>Perimetro</td><td>8,20</td><td>m</td></tr> <tr><td>Espesor concreto lanzado</td><td>0,2</td><td>m</td></tr> <tr><td>Área</td><td>12,30</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>m<sup>3</sup> concreto</td><td>2,46</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto</td><td>3,00</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>0,82</td><td>h</td></tr> </table>	Perimetro	8,20	m	Espesor concreto lanzado	0,2	m	Área	12,30	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> concreto	2,46	m <sup>3</sup>	Rendimiento propuesto	3,00	m <sup>3</sup> /h	Tiempo	0,82	h																																																							
Perimetro	8,20	m																																																																								
Espesor concreto lanzado	0,2	m																																																																								
Área	12,30	m <sup>2</sup>																																																																								
m <sup>3</sup> concreto	2,46	m <sup>3</sup>																																																																								
Rendimiento propuesto	3,00	m <sup>3</sup> /h																																																																								
Tiempo	0,82	h																																																																								
<b>SopORTE metálicos fijos NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
<p><b>Metodo de Hoek &amp; Brown</b></p> <table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del macizo</th> <th colspan="3">Datos del túnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>h_{cobertura\ max}</math></td> <td>1100,0</td> <td>m</td> <td>R</td> <td>3,50</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\rho</math></td> <td>2,55</td> <td>Ton/m<sup>3</sup></td> <td>b, r</td> <td>5,1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_x</math></td> <td>2805</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> <td>a</td> <td>0,35</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>2,5</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> <td>b</td> <td>7,00</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\phi</math></td> <td>37</td> <td>°</td> <td><math>\sigma_c</math></td> <td>3,4</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>K_0</math></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><math>\sigma_1</math></td> <td>7047,9</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\sigma_r</math></td> <td>7061,8</td> <td>Ton/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\sigma_e</math></td> <td>7080,1</td> <td>Ton/m<sup>4</sup></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	$\rho$	2,55	Ton/m <sup>3</sup>	b, r	5,1	m	$\sigma_x$	2805	Ton/m <sup>2</sup>	a	0,35	m	c	2,5	Ton/m <sup>2</sup>	b	7,00	m	$\phi$	37	°	$\sigma_c$	3,4	Ton/m <sup>2</sup>	$K_0$	2,5		q	736,31	Ton/m	K	1,33		$\sigma_1$	7047,9	Ton/m <sup>2</sup>				$\sigma_r$	7061,8	Ton/m <sup>3</sup>				$\sigma_e$	7080,1	Ton/m <sup>4</sup>				R*	2,69	m				S	1,00	m
Datos del macizo			Datos del túnel																																																																							
$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	R	3,50	m																																																																					
$\rho$	2,55	Ton/m <sup>3</sup>	b, r	5,1	m																																																																					
$\sigma_x$	2805	Ton/m <sup>2</sup>	a	0,35	m																																																																					
c	2,5	Ton/m <sup>2</sup>	b	7,00	m																																																																					
$\phi$	37	°	$\sigma_c$	3,4	Ton/m <sup>2</sup>																																																																					
$K_0$	2,5		q	736,31	Ton/m																																																																					
K	1,33		$\sigma_1$	7047,9	Ton/m <sup>2</sup>																																																																					
			$\sigma_r$	7061,8	Ton/m <sup>3</sup>																																																																					
			$\sigma_e$	7080,1	Ton/m <sup>4</sup>																																																																					
			R*	2,69	m																																																																					
			S	1,00	m																																																																					
	<table> <tr><td><math>\sigma_e</math></td><td>42000</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>W_{xx}</math></td><td>0,0076</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><math>W_{xx}</math></td><td>76,38</td><td>cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>S</td><td>1,50</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>95,08</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td></td><td>h</td></tr> </table>	$\sigma_e$	42000	Ton/m <sup>2</sup>	$W_{xx}$	0,0076	m <sup>3</sup>	$W_{xx}$	76,38	cm <sup>3</sup>	S	1,50	m	Tipo de soporte	TH58-29		Peso del soporte	29	Kg/m	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min	Tiempo instalación	95,08	min	Tiempo instalación		h																																														
$\sigma_e$	42000	Ton/m <sup>2</sup>																																																																								
$W_{xx}$	0,0076	m <sup>3</sup>																																																																								
$W_{xx}$	76,38	cm <sup>3</sup>																																																																								
S	1,50	m																																																																								
Tipo de soporte	TH58-29																																																																									
Peso del soporte	29	Kg/m																																																																								
Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																																								
Tiempo instalación	95,08	min																																																																								
Tiempo instalación		h																																																																								

<b>Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia</b>	<b>Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.</b>	<b>Elaborado por: Ing. Diego Triana</b>						
<b>Cerchas metálicas deformables      APLICA TIPO DE SOPORTE</b>								
<p><b>Metodo de arcos cedentes</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <b>Datos del macizo</b> </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <b>Selección del tipo de soporte</b> </td> </tr> <tr> <td> <math>f(\phi)</math>      4      °  <math>P_i</math>      2174,5      Ton/m<sup>2</sup> </td> <td> <math>\sigma_e</math>      <b>420</b>      MPa  Tipo de soporte      <b>TH58-21</b>  S      <b>1,00</b>      m  D      398      mm  <math>I_s</math>      127      cm<sup>4</sup>  <math>\theta</math>      0,05  tb      <b>0,1</b>      m  <math>A_s</math>      0,27      m<sup>2</sup> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"> <math>PS_{max}</math>      1553,5      Ton/m<sup>2</sup>  Peso del soporte      21      Kg/m  Rendimiento instalación      <b>2,50</b>      Kg/min  Tiempo instalación      103,3      min  Tiempo instalación      1,72      h </td> <td></td> </tr> </table>			<b>Datos del macizo</b>	<b>Selección del tipo de soporte</b>	$f(\phi)$ 4      ° $P_i$ 2174,5      Ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_e$ <b>420</b> MPa Tipo de soporte <b>TH58-21</b> S <b>1,00</b> m D      398      mm $I_s$ 127      cm <sup>4</sup> $\theta$ 0,05 tb <b>0,1</b> m $A_s$ 0,27      m <sup>2</sup>	$PS_{max}$ 1553,5      Ton/m <sup>2</sup> Peso del soporte      21      Kg/m Rendimiento instalación <b>2,50</b> Kg/min Tiempo instalación      103,3      min Tiempo instalación      1,72      h	
<b>Datos del macizo</b>	<b>Selección del tipo de soporte</b>							
$f(\phi)$ 4      ° $P_i$ 2174,5      Ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_e$ <b>420</b> MPa Tipo de soporte <b>TH58-21</b> S <b>1,00</b> m D      398      mm $I_s$ 127      cm <sup>4</sup> $\theta$ 0,05 tb <b>0,1</b> m $A_s$ 0,27      m <sup>2</sup>							
$PS_{max}$ 1553,5      Ton/m <sup>2</sup> Peso del soporte      21      Kg/m Rendimiento instalación <b>2,50</b> Kg/min Tiempo instalación      103,3      min Tiempo instalación      1,72      h								
<b>Enfilajes      NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"> Perímetro túnel      7,65      m<sup>2</sup>  <math>H_f</math>      <b>12,0</b>      m  <math>\alpha_f</math>      <b>60</b>      °  <math>L_f</math>      171,61      m  <math>E_e</math>      <b>18000000</b>      KN/m<sup>2</sup>  <math>D_e</math>      <b>0,20</b>      m  <math>I_e</math>      7,854E-05      m<sup>4</sup>  <math>E_m</math>      <b>120000</b>      KN/m<sup>2</sup>  <math>L_e</math>      0,43      m </td> </tr> </table>				Perímetro túnel      7,65      m <sup>2</sup> $H_f$ <b>12,0</b> m $\alpha_f$ <b>60</b> ° $L_f$ 171,61      m $E_e$ <b>18000000</b> KN/m <sup>2</sup> $D_e$ <b>0,20</b> m $I_e$ 7,854E-05      m <sup>4</sup> $E_m$ <b>120000</b> KN/m <sup>2</sup> $L_e$ 0,43      m				
	Perímetro túnel      7,65      m <sup>2</sup> $H_f$ <b>12,0</b> m $\alpha_f$ <b>60</b> ° $L_f$ 171,61      m $E_e$ <b>18000000</b> KN/m <sup>2</sup> $D_e$ <b>0,20</b> m $I_e$ 7,854E-05      m <sup>4</sup> $E_m$ <b>120000</b> KN/m <sup>2</sup> $L_e$ 0,43      m							
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"> Tipo de cercha      <b>Fija</b>  <math>L_a</math>      1,5      m  <math>L_d</math>      173,63      m  Definir <math>L_d</math>      <b>10</b>      m  <math>S_e</math>      <b>0,5</b>      m  N° enfilajes      4,0  ml perforación      40,0      m  VP promedio      2,50      m/min </td> </tr> </table>				Tipo de cercha <b>Fija</b> $L_a$ 1,5      m $L_d$ 173,63      m Definir $L_d$ <b>10</b> m $S_e$ <b>0,5</b> m N° enfilajes      4,0 ml perforación      40,0      m VP promedio      2,50      m/min				
	Tipo de cercha <b>Fija</b> $L_a$ 1,5      m $L_d$ 173,63      m Definir $L_d$ <b>10</b> m $S_e$ <b>0,5</b> 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
<b>Resumen</b>	Tiempo de perforación	15,97 min
	Rendimiento propuesto de inyección	1,80 m/min
	Tiempo inyección	22,22 min
	Tiempo total	h
	Tiempo total de soporte	5,18 h

<b>Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia</b>	<b>Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.</b>	<b>Elaborado por: Ing. Diego Triana</b>
<b>SOPORTE TIPO DE TERRENO IIIb</b>		
<b>Longitud del barreno</b>	<b>1,00 m</b>	<b>Verificar</b>
<b>Trabajos de soporte</b>	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"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Inyección de consolidación APLICA TIPO DE SOPORTE</b>		
Diametro inyección Área inyección Longitud inyección (L <sub>barreno</sub> ) 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	<b>0,051</b> m <b>0,00204</b> m <sup>2</sup> 1,00 m 80000 KN/m <sup>2</sup> 23,2 m <sup>2</sup> <b>1,50</b> m <b>18114220</b> KN/m <sup>2</sup> 0,1839 m <sup>2</sup> 15 222916 KN/m <sup>2</sup> 15,0 m 2,65 m/min  5,67 min <b>0,45</b> m/min 33,33 min 0,6 h	
<b>Pernos en bóveda APLICA TIPO DE SOPORTE</b>		
	F <b>2,25</b> <b>Varía entre 1,5 y 3</b> s <b>1,50</b> m c <b>1,50</b> m h <b>8,00</b> m ρ 2,55 Ton/m <sup>3</sup> W 45,90 Ton/m <sup>2</sup>	

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

N° de pernos		
B	60,0	Ton
L	2,5	m
Área	3,5	m <sup>2</sup>
N	7	
ml perforación	17,5	m
Velocidad perforación	1,25	m/min
Tiempo de perforación	14,0	min
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,15	m/min
Tiempo instalación y fraguado	116,67	min
Tiempo total	2,18	h

**Pernos instalados en paredes      APLICA TIPO DE SOPORTE**

Condiciones del suelo	Residual		
	$h_{cobertura}$	237,0	m
	$\rho$	2,40	Ton/m <sup>3</sup>
	$\sigma$	568,8	Ton/m <sup>2</sup>
	$c$	5	Ton/m <sup>2</sup>
	$A$	2	m
	$\alpha$	20	°
	$\beta$	70	°
	$\phi$	24	°
	$\phi'$	18	°
	Área	2,5	m <sup>2</sup>
	N	8	
	L	2,5	m
	D	0,025	m
	$\sigma_A$	42000	Ton/m <sup>2</sup>
	$F_A$	20,62	Ton
	$F_T$	36,29	Ton
	W	43,13	Ton/m <sup>2</sup>
	$\tau$	185	Ton/m <sup>2</sup>
Velocidad perforación	1,25	m/min	
ml perforación	20,8	m	
Tiempo de perforación	16,6	min	
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,15	m/min	
Tiempo instalación y fraguado	138,59	min	
Tiempo total	2,59	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																																																																								
<b>Pernos en solera curva NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
	<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>0,15</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación y fraguado</td><td>16,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo total</td><td></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	0,15	m/min	Tiempo instalación y fraguado	16,0	min	Tiempo total		h																																																							
ml perforación	2,4	m																																																																								
VP promedio	2,50	m/min																																																																								
Tiempo de perforación	1,0	min																																																																								
Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,15	m/min																																																																								
Tiempo instalación y fraguado	16,0	min																																																																								
Tiempo total		h																																																																								
<b>Concreto lanzado APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
	<table> <tr><td>Perimetro</td><td>8,20</td><td>m</td></tr> <tr><td>Espesor concreto lanzado</td><td>0,3</td><td>m</td></tr> <tr><td>Área</td><td>8,20</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>m<sup>3</sup> concreto</td><td>2,46</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto</td><td>2,00</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>1,23</td><td>h</td></tr> </table>	Perimetro	8,20	m	Espesor concreto lanzado	0,3	m	Área	8,20	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> concreto	2,46	m <sup>3</sup>	Rendimiento propuesto	2,00	m <sup>3</sup> /h	Tiempo	1,23	h																																																							
Perimetro	8,20	m																																																																								
Espesor concreto lanzado	0,3	m																																																																								
Área	8,20	m <sup>2</sup>																																																																								
m <sup>3</sup> concreto	2,46	m <sup>3</sup>																																																																								
Rendimiento propuesto	2,00	m <sup>3</sup> /h																																																																								
Tiempo	1,23	h																																																																								
<b>SopORTE metálicos fijos NO APLICA TIPO DE SOPORTE</b>																																																																										
<p><b>Metodo de Hoek &amp; Brown</b></p> <table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del macizo</th> <th colspan="3">Datos del túnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>h_{cobertura\ max}</math></td> <td>1100,0</td> <td>m</td> <td>R</td> <td>3,50</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\rho</math></td> <td>2,55</td> <td>Ton/m<sup>3</sup></td> <td>b, r</td> <td>5,1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_x</math></td> <td>2805</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> <td>a</td> <td>0,35</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>2,5</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> <td>b</td> <td>7,00</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><math>\phi</math></td> <td>37</td> <td>°</td> <td><math>\sigma_c</math></td> <td>3,4</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>K_0</math></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><math>\sigma_1</math></td> <td>7047,9</td> <td>Ton/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\sigma_r</math></td> <td>7061,8</td> <td>Ton/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\sigma_e</math></td> <td>7080,1</td> <td>Ton/m<sup>4</sup></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	$\rho$	2,55	Ton/m <sup>3</sup>	b, r	5,1	m	$\sigma_x$	2805	Ton/m <sup>2</sup>	a	0,35	m	c	2,5	Ton/m <sup>2</sup>	b	7,00	m	$\phi$	37	°	$\sigma_c$	3,4	Ton/m <sup>2</sup>	$K_0$	2,5		q	736,31	Ton/m	K	1,33		$\sigma_1$	7047,9	Ton/m <sup>2</sup>				$\sigma_r$	7061,8	Ton/m <sup>3</sup>				$\sigma_e$	7080,1	Ton/m <sup>4</sup>				R*	2,69	m				S	1,00	m
Datos del macizo			Datos del túnel																																																																							
$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	R	3,50	m																																																																					
$\rho$	2,55	Ton/m <sup>3</sup>	b, r	5,1	m																																																																					
$\sigma_x$	2805	Ton/m <sup>2</sup>	a	0,35	m																																																																					
c	2,5	Ton/m <sup>2</sup>	b	7,00	m																																																																					
$\phi$	37	°	$\sigma_c$	3,4	Ton/m <sup>2</sup>																																																																					
$K_0$	2,5		q	736,31	Ton/m																																																																					
K	1,33		$\sigma_1$	7047,9	Ton/m <sup>2</sup>																																																																					
			$\sigma_r$	7061,8	Ton/m <sup>3</sup>																																																																					
			$\sigma_e$	7080,1	Ton/m <sup>4</sup>																																																																					
			R*	2,69	m																																																																					
			S	1,00	m																																																																					
	<table> <tr><td><math>\sigma_e</math></td><td>42000</td><td>Ton/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>W_{xx}</math></td><td>0,0076</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><math>W_{xx}</math></td><td>76,38</td><td>cm<sup>3</sup></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>67,94</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td></td><td>h</td></tr> </table>	$\sigma_e$	42000	Ton/m <sup>2</sup>	$W_{xx}$	0,0076	m <sup>3</sup>	$W_{xx}$	76,38	cm <sup>3</sup>	S	2,50	m	Tipo de soporte	TH58-29		Peso del soporte	29	Kg/m	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min	Tiempo instalación	67,94	min	Tiempo instalación		h																																														
$\sigma_e$	42000	Ton/m <sup>2</sup>																																																																								
$W_{xx}$	0,0076	m <sup>3</sup>																																																																								
$W_{xx}$	76,38	cm <sup>3</sup>																																																																								
S	2,50	m																																																																								
Tipo de soporte	TH58-29																																																																									
Peso del soporte	29	Kg/m																																																																								
Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																																								
Tiempo instalación	67,94	min																																																																								
Tiempo instalación		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
<b>Resumen</b>	Tiempo de perforación	19,96 min
	Rendimiento propuesto de inyección	1,80 m/min
	Tiempo inyección	27,78 min
	Tiempo total	h
	Tiempo total de soporte	8,18 h