

ANEXO

1. TIPOS DE SOSTENIMIENTO

El túnel Guillermo Gaviria Echeverri (GGE) consta de un diseño preliminar en el que se establecen tipos de soporte de acuerdo a la cobertura y la calidad del material, de acuerdo a la clasificación geomecánica definida por el RMR. Estos tipos de fortificación en el túnel principal numerados de I a V y uno especial para suelos, para la galería se establece de igual manera la misma nomenclatura (I a V y un sexto especial para materiales tipo suelos). Estos tipos de soporte presentan tres variaciones para rangos de cobertura entre 0-300 m, 300-600m y >600m, para un túnel de muy alta complejidad sometidos a esfuerzos importantes, correspondientes a la tectónica y al peso lito estático sobre la excavación en dos ambientes geológicos principales con sus respectivas variaciones. Cabe resaltar que existe además contemplado en los estudios de diseño definitivos un sostenimiento especial adicional llamado tipo V* para zonas de fallas o cizallas o tramos complejos.

Los elementos usados para el sostenimiento corresponden a los usados comúnmente en los túneles mundiales excavados de forma convencional, siguiendo el método constructivo del nuevo método austriaco, acoplando una sección de acuerdo con lo que va observando en cada frente de avance. Los ítems corresponden a arcos metálicos con secciones tipo "I" y tipo "U", pernos corrugados anclados con resina y lechada, gunita proyectada con fibras o malla electrosoldada o chapa corrugada tipo "bernold", enfilajes de micropilotes, "spilling" de pernos y tratamientos adicionales que van desde machón central, pernos con fibra de vidrio, sellado de frente, relleno de cavidades, pernos localizados, pernos largos, etc.

A continuación, se describen los tipos de secciones mencionadas en CAM, (2017).

1.1 Sección tipo I cobertura menor a 300 m.

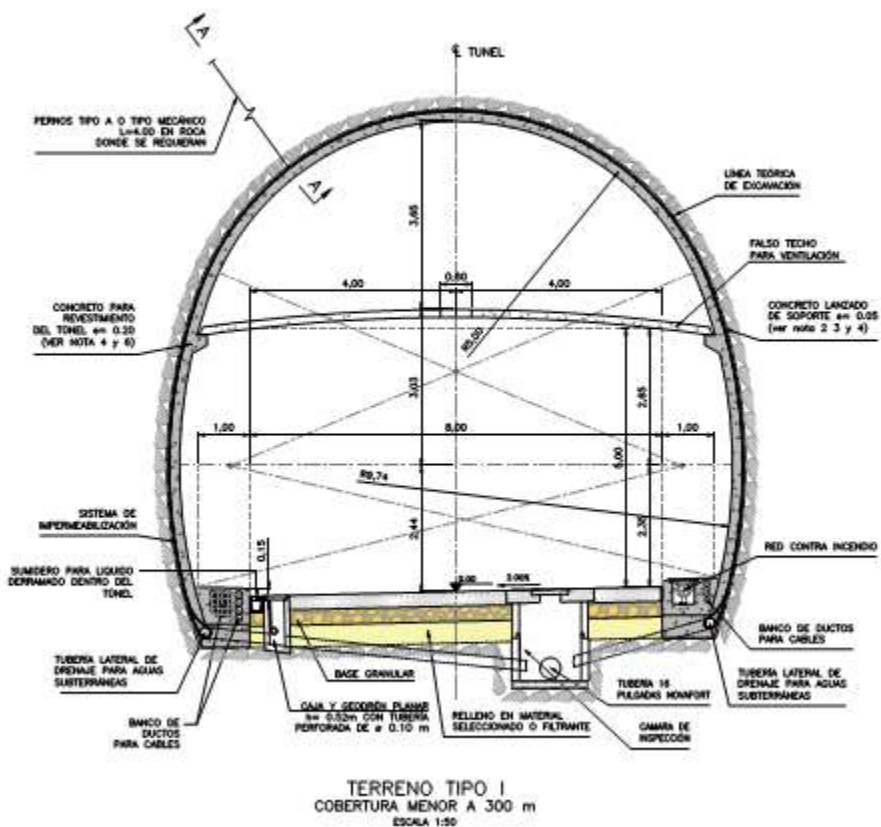


Ilustración 1.1. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo I con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.1. Principales elementos terreno Tipo I con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 4,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,05
	Fibra metálica	30 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Fibra sintética	4 kg
	Cantidad	LOCALIZADOS
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Longitud (m)	4,00
	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.4 Sección tipo II cobertura menor a 300 m.

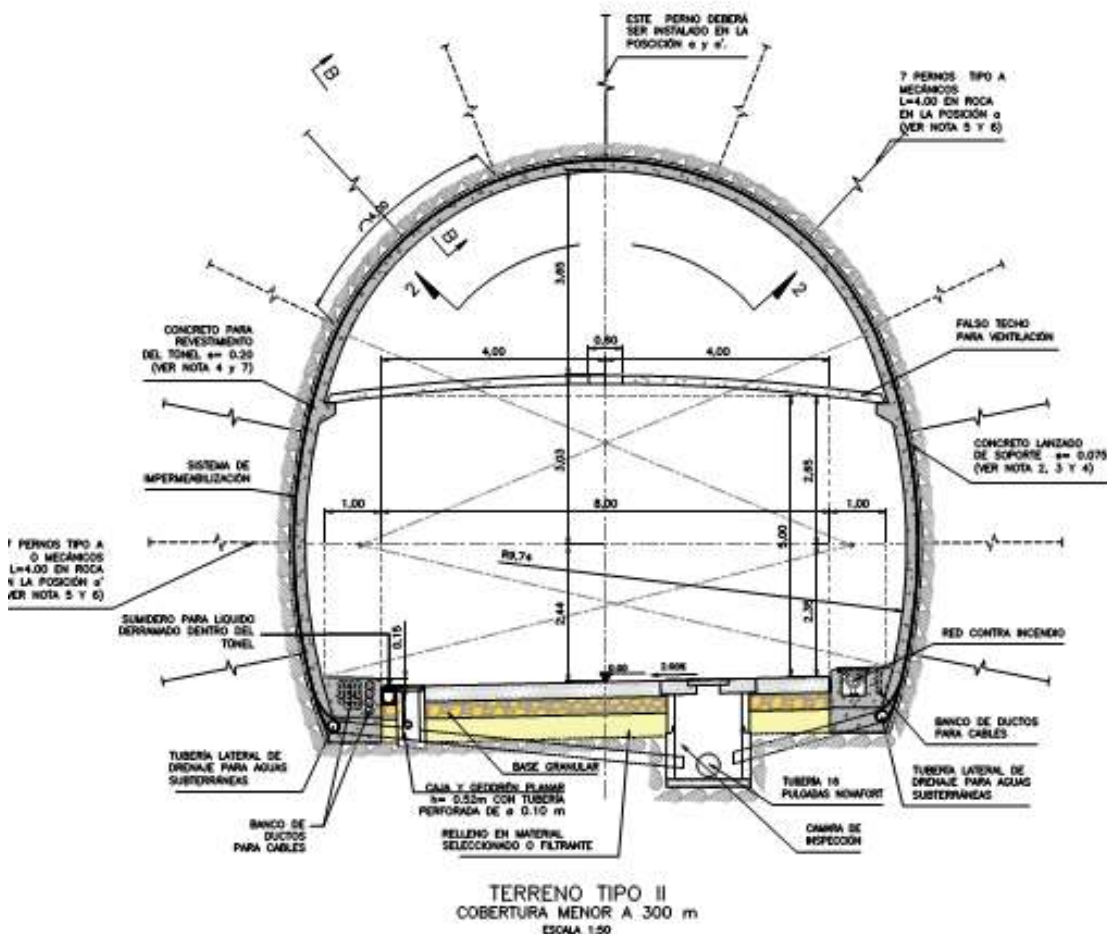


Ilustración 1.4. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo II con cobertura menor a 300 m. Tomado de: Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.4. Principales elementos terreno Tipo II con cobertura menor a 300 m. Tomado de: Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 3,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,075
	Fibra metálica (kg/m³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m³)	5 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	7 - 7
	Longitud (m)	4,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.5 Sección tipo II cobertura entre 300 m y 600 m.

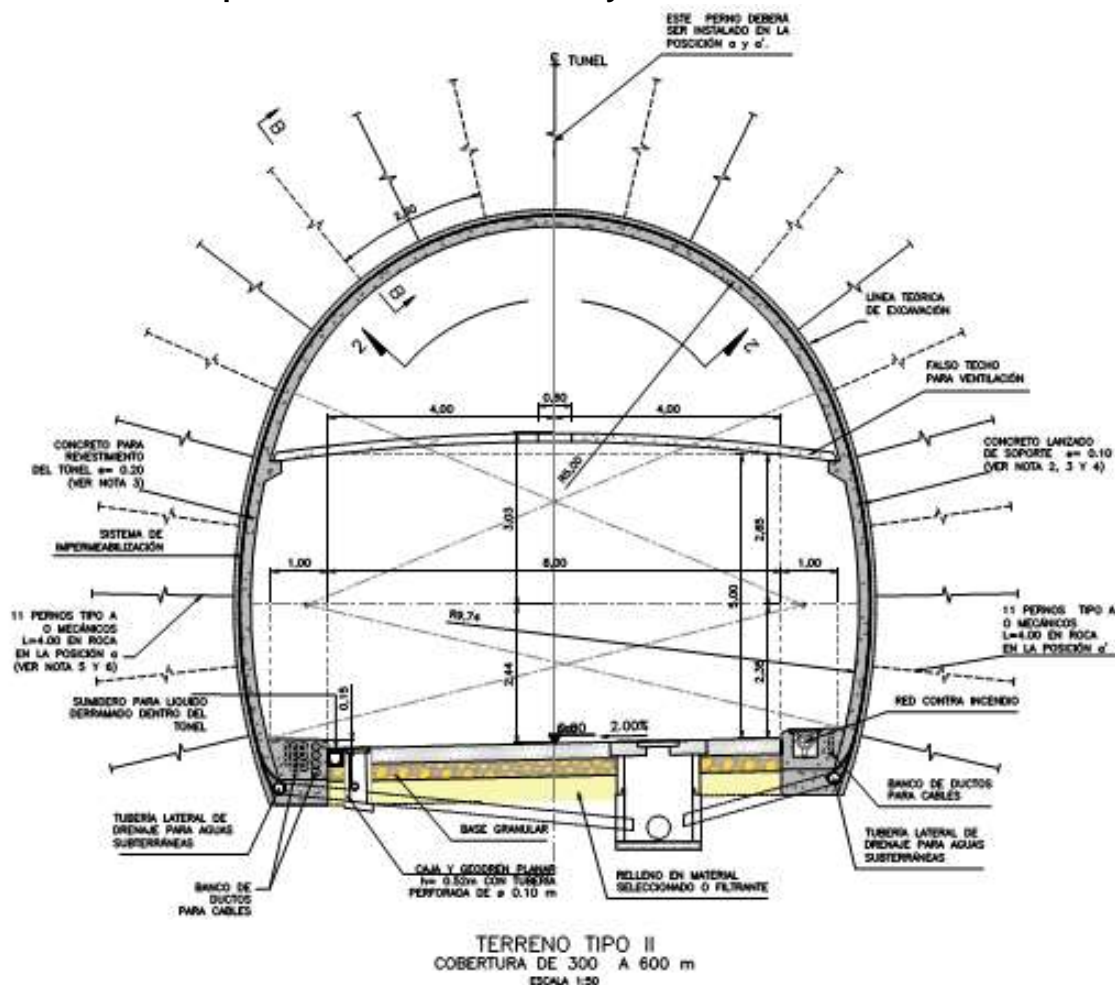


Ilustración 1.5. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo II con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.5. Principales elementos terreno Tipo II con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 3,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,10
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	5 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	11 - 11
	Longitud (m)	4,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.6 Sección tipo II cobertura mayor a 600 m.

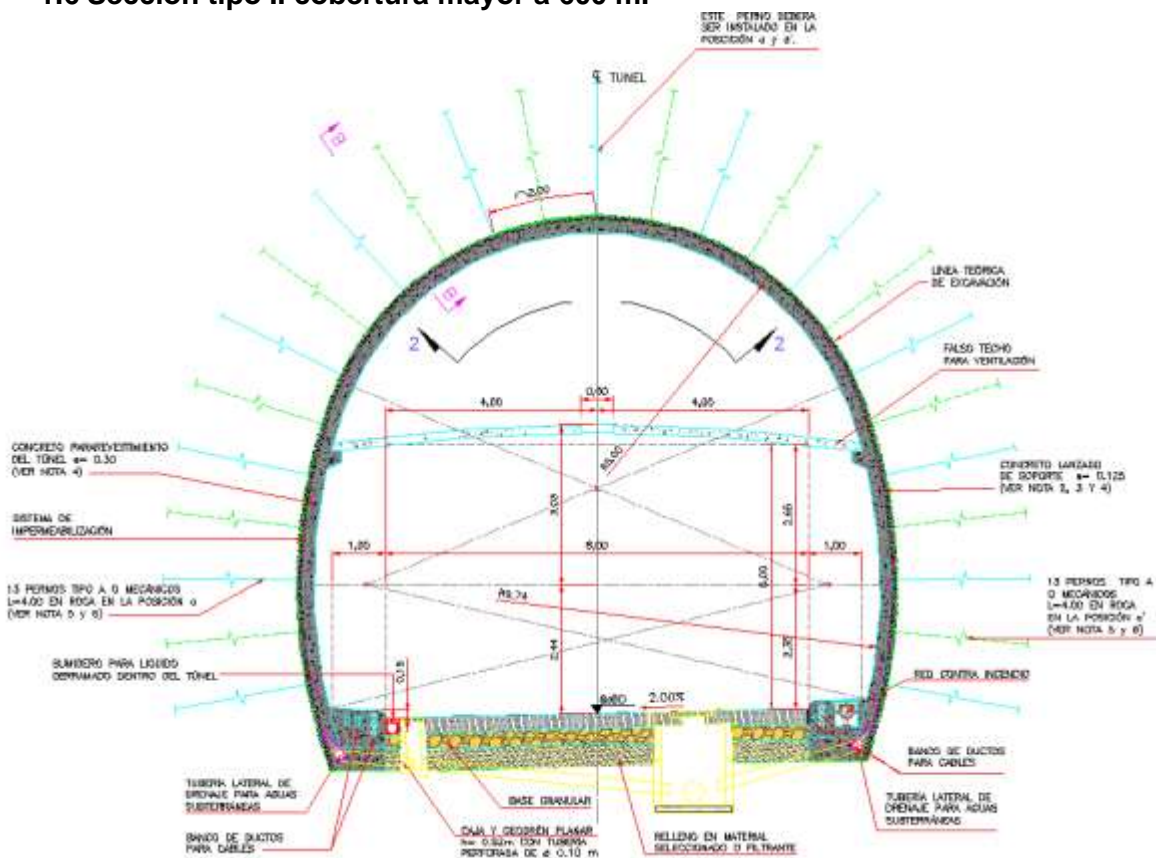


Ilustración 1.6. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo II con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.6. Principales elementos terreno Tipo II con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 3,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,125
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	5 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	13 - 13
	Longitud (m)	4,00-6,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.7 Sección tipo III cobertura menor a 300 m.

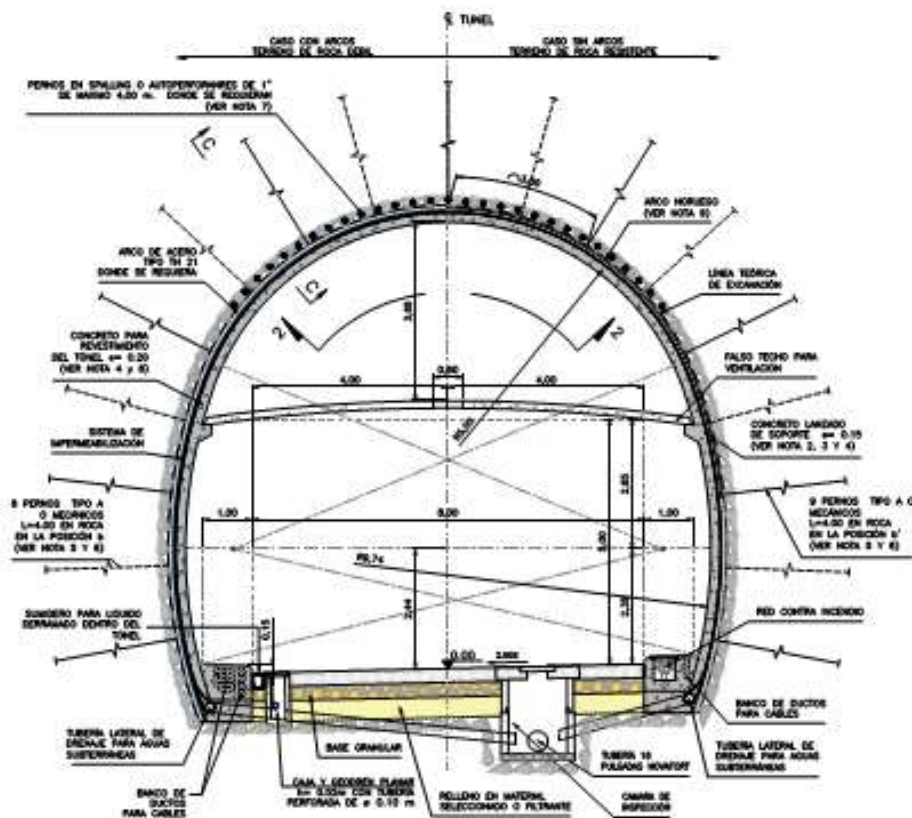


Ilustración 1.7. Principales elementos terreno Tipo III con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.7. Principales elementos terreno Tipo III con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 2,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,125 con arco 0,10 sin arco
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	8 – 9
	Longitud (m)	4,00
Pernos en Spilling o micropilotes auto perforantes	Instalación	Si se requiere
		Spilling de 3 m para avances de 2 m y de 4 m para 2 avances de 1,5 m
Arco de acero	TH-21 o HEB-100 en terrenos de roca débil Sin arco en terrenos resistentes. Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos	
Solera curva	Instalación	NO

1.8 Sección tipo III cobertura entre 300 m y 600 m.

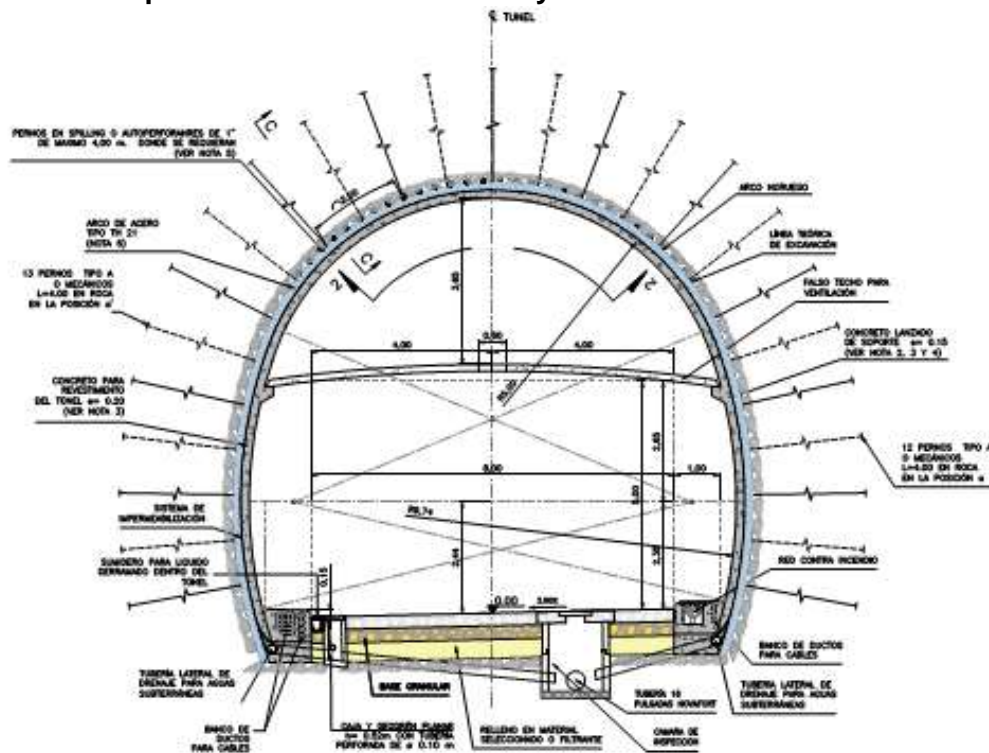


Ilustración 1.8. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo III con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.8. Principales elementos terreno Tipo III con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 2,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,15
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	6 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	12 - 13
	Longitud (m)	4,00
Pernos en Spilling o micropilotes autopercutores	Instalación	Si se requiere
	Spilling de 3 m para avances de 2 m y de 4 m para 2 avances de 1,5 m	
Arco de acero	TH-21 o HEB-100 en terrenos de roca débil Sin arco en terrenos resistentes. Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos	
Solera curva	Instalación	No

1.9 Sección tipo III cobertura mayor a 600 m.

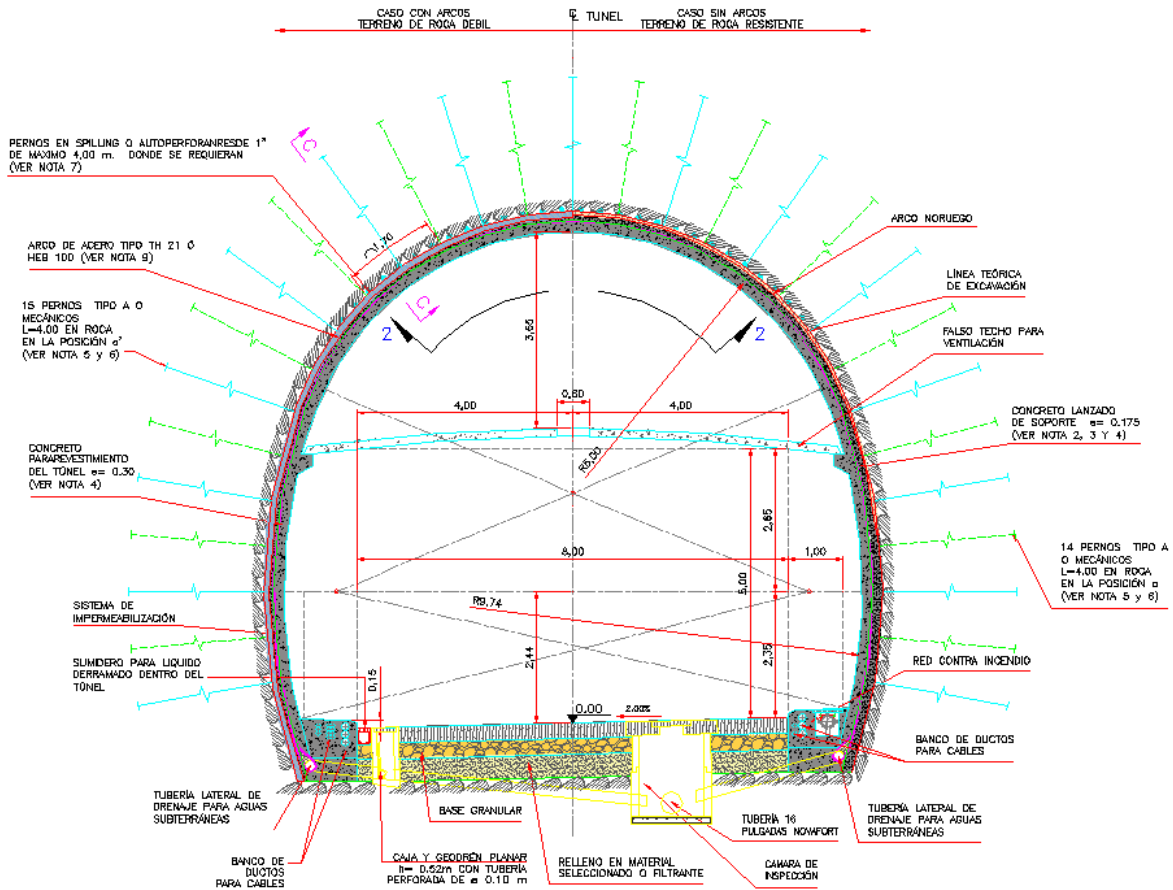


Ilustración 1.9. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo III con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.9. Principales elementos terreno Tipo III con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 2,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,175
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	6 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	14 - 15
	Longitud (m)	4,00-6,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si se requiere
		Spilling de 3 m para avances de 2 m y de 4 m para 2 avances de 1,5 m
Arco de acero	TH-21 o HEB-100 en terrenos de roca débil Sin arco en terrenos resistentes. Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos	
Solera curva	Instalación	No

1.10 Sección tipo IV cobertura menor a 300 m.

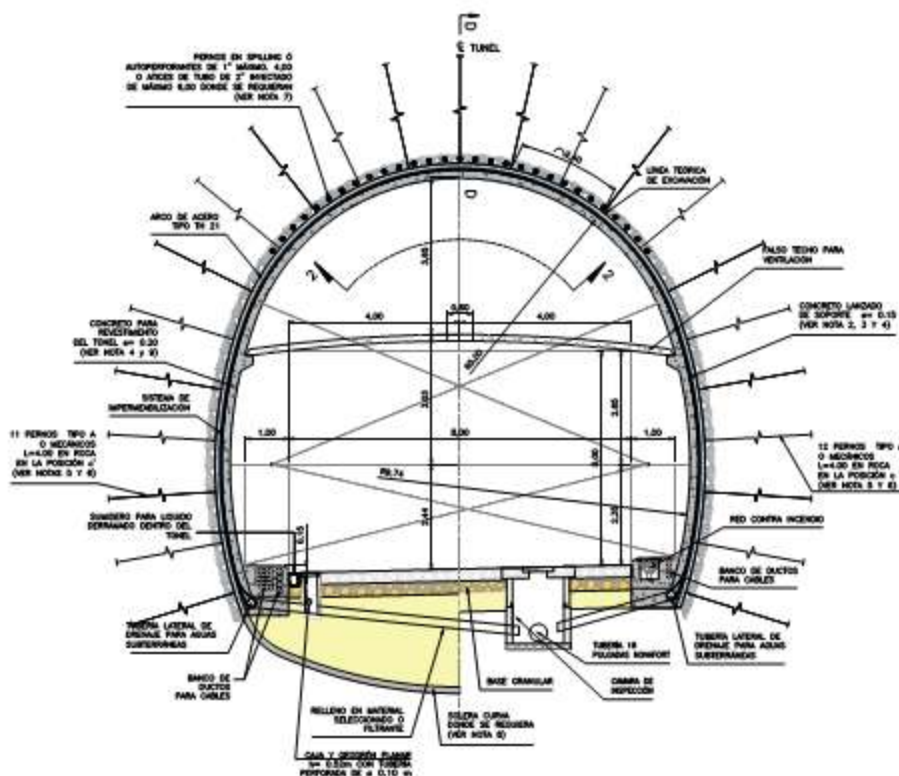


Ilustración 1.10. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.10. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	1,00 – 1,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,15
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	7 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	11 – 12
	Longitud (m)	4,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si se requiere
	Atices de 6 m: 3 avances de 1,5 m o 4 avances de 1 m. Se requiere sección tronco cónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Arco de acero	TH-21 o HEB-100	
Solera curva	Instalación	Si se requiere

1.11 Sección tipo IV cobertura entre 300 m y 600 m.

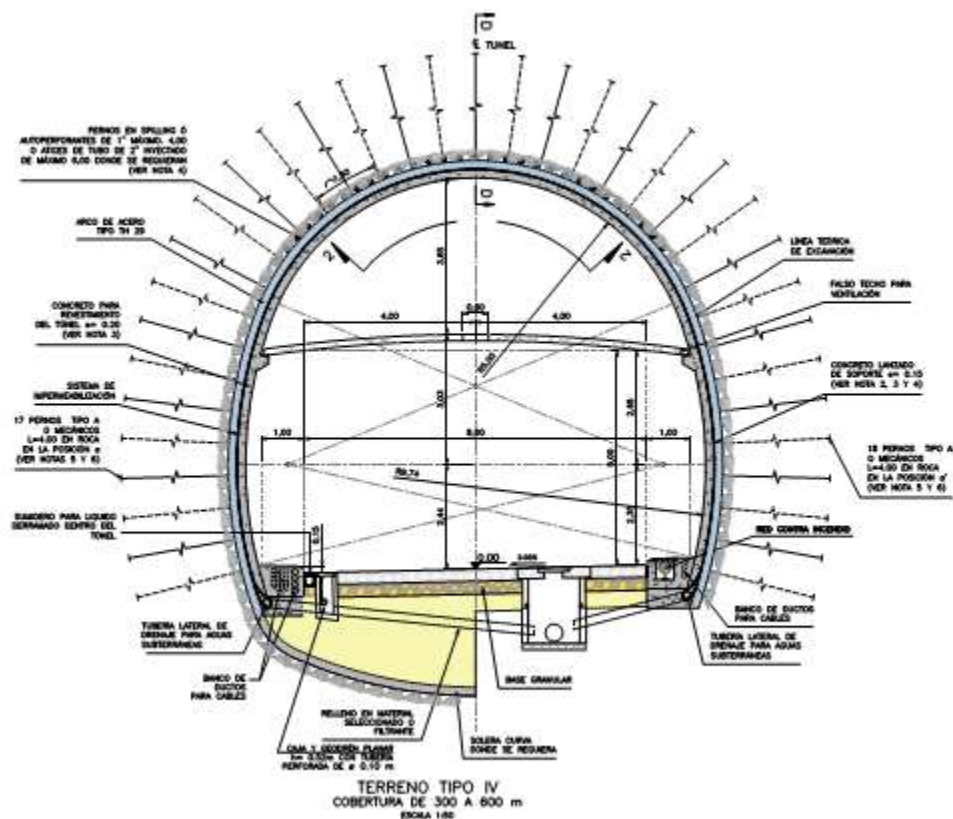


Ilustración 1.11. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo IV con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.11. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	1,00 – 1,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,20
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	7 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	17 – 18
	Longitud (m)	4,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si se requiere
	Atices de 6 m: 3 avances de 1,5 m o 4 avances de 1 m. Se requiere sección tronco cónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Arco de acero	TH-29 o HEB-140	
Solera curva	Instalación	Si se requiere

1.12 Sección tipo IV cobertura mayor a 600 m.

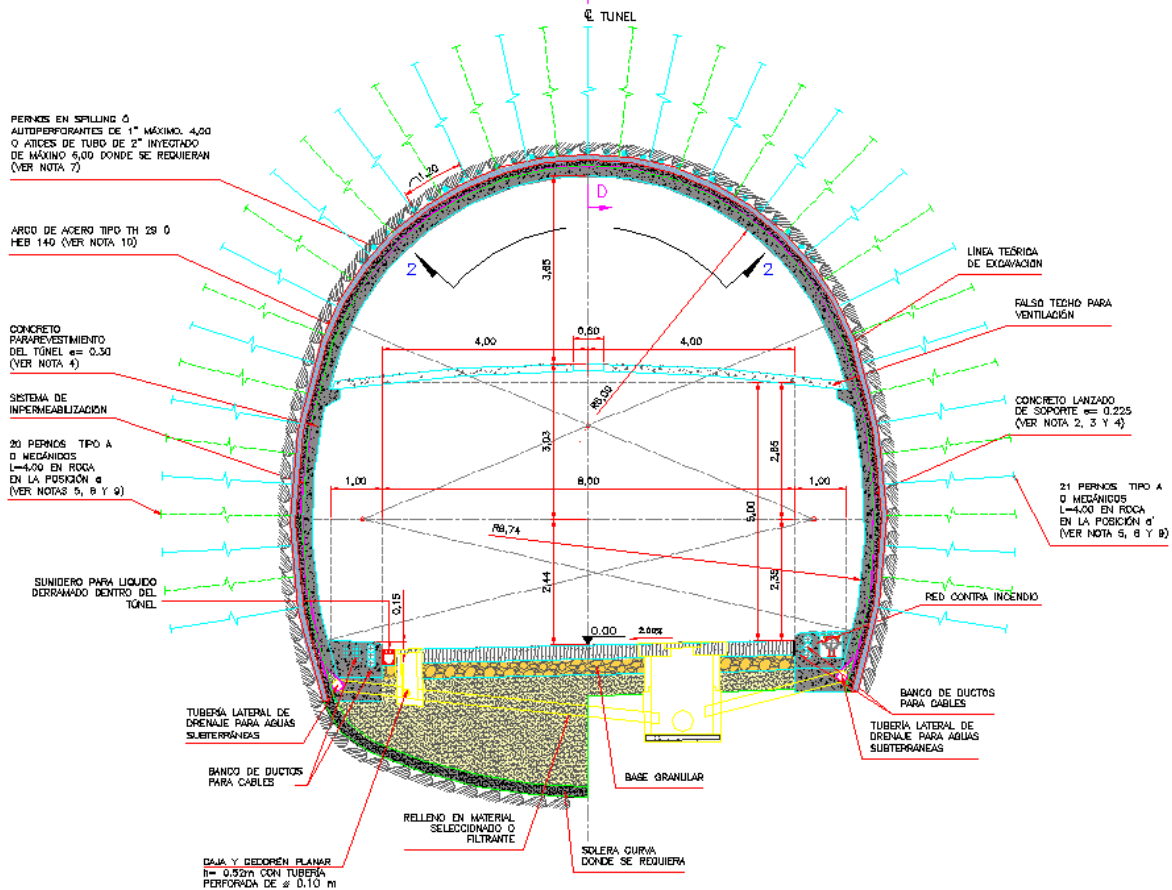


Ilustración 1.12. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo IV con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.12. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	1,00 – 1,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,225
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	7 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	20 – 21
	Longitud (m)	4,00- 6,00
Pernos en Spilling o micropilotes autopercutores	Instalación	Si se requiere
	Atices de 6 m: 3 avances de 1,5 m o 4 avances de 1 m. Se requiere sección tronco cónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Arco de acero	TH-29 o HEB-140	
Solera curva	Instalación	Si se requiere

1.13 Sección tipo V cobertura menor a 300 m.

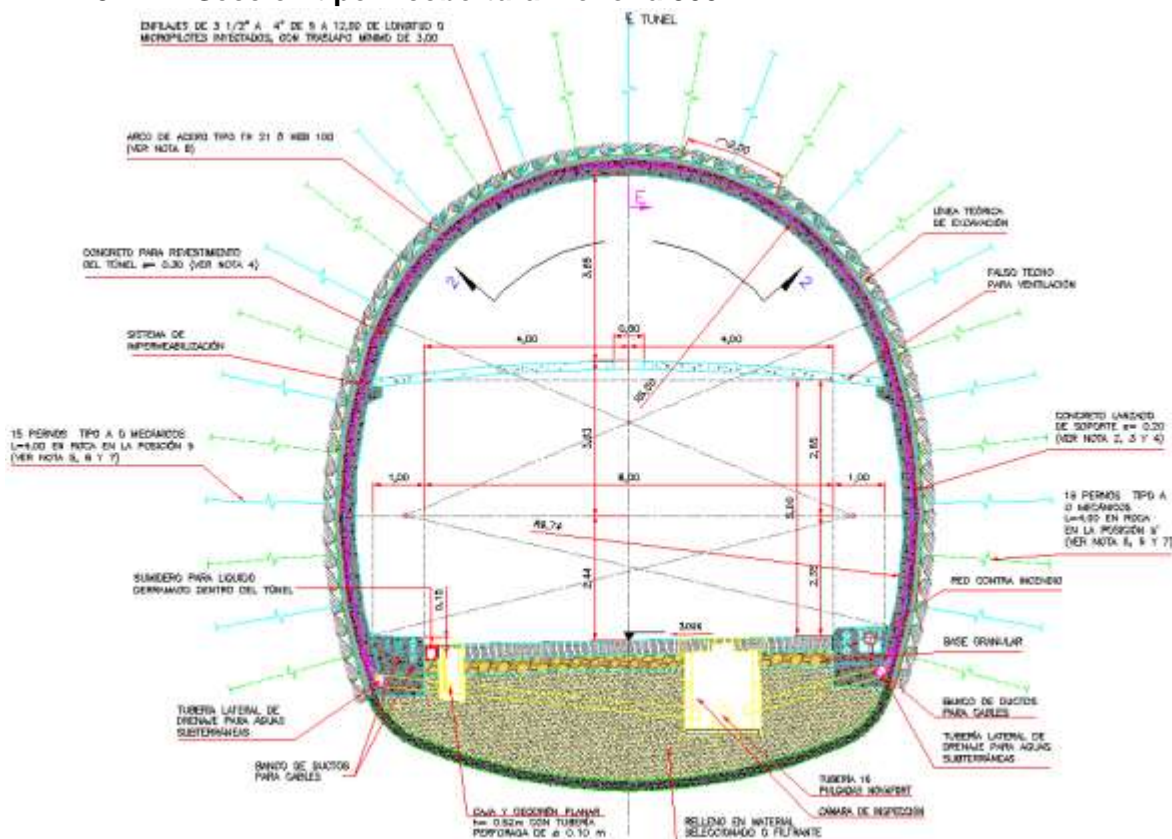


Ilustración 1.13. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.13. Principales elementos terreno Tipo V con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	0,75 – 1,25
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,20
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	0,75 m: 11 - 12 1,00 m: 13 – 14 1,25 m: 15 - 16
	Longitud (m)	4,00
	Instalación	Si
Enfilajes o micropilotes autopercutores	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes autopercutores inyectados, con traslapo mínimo de 3 m	
Arco de acero	TH-21 o HEB-100	

Solera curva	Instalación	Si
--------------	-------------	----

1.14 Sección tipo V cobertura entre 300 m y 600 m.

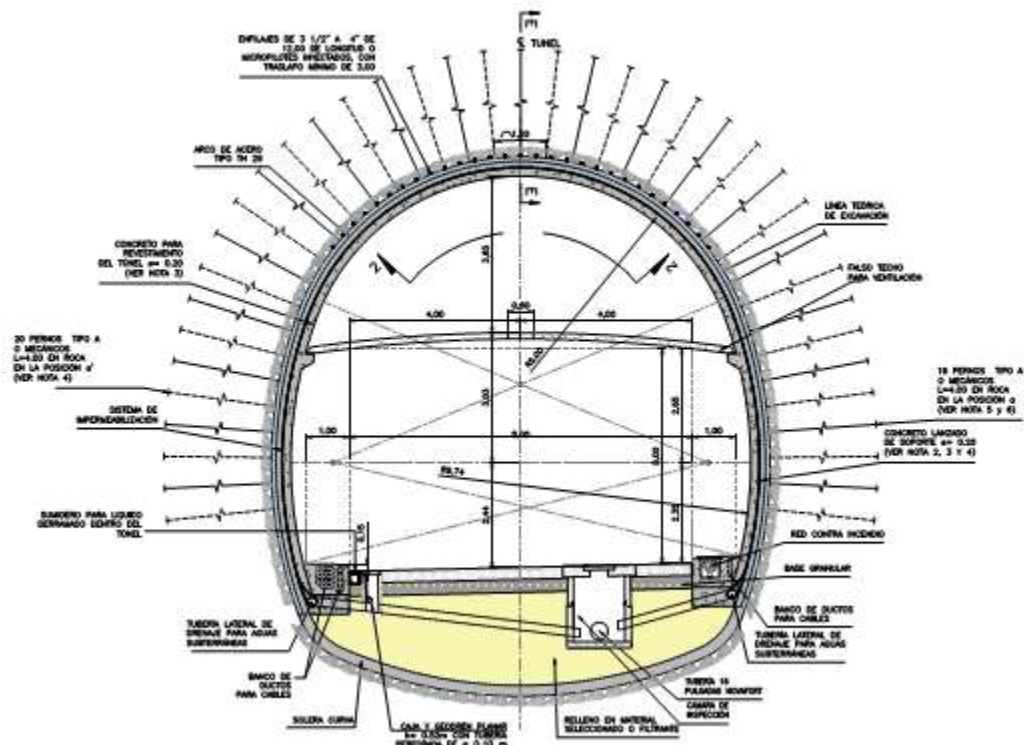


Ilustración 1.14. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.14. Principales elementos terreno Tipo V con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	0,75 – 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,25
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	0,75 m: 16 - 17 1,00 m: 19 – 20
	Longitud (m)	4,00- 6,00
Enfilajes o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslapeo mínimo de 3 m	
Arco de acero	TH-29 o HEB-140	
Solera curva	Instalación	SI

1.15 Sección tipo V cobertura mayor a 600 m.

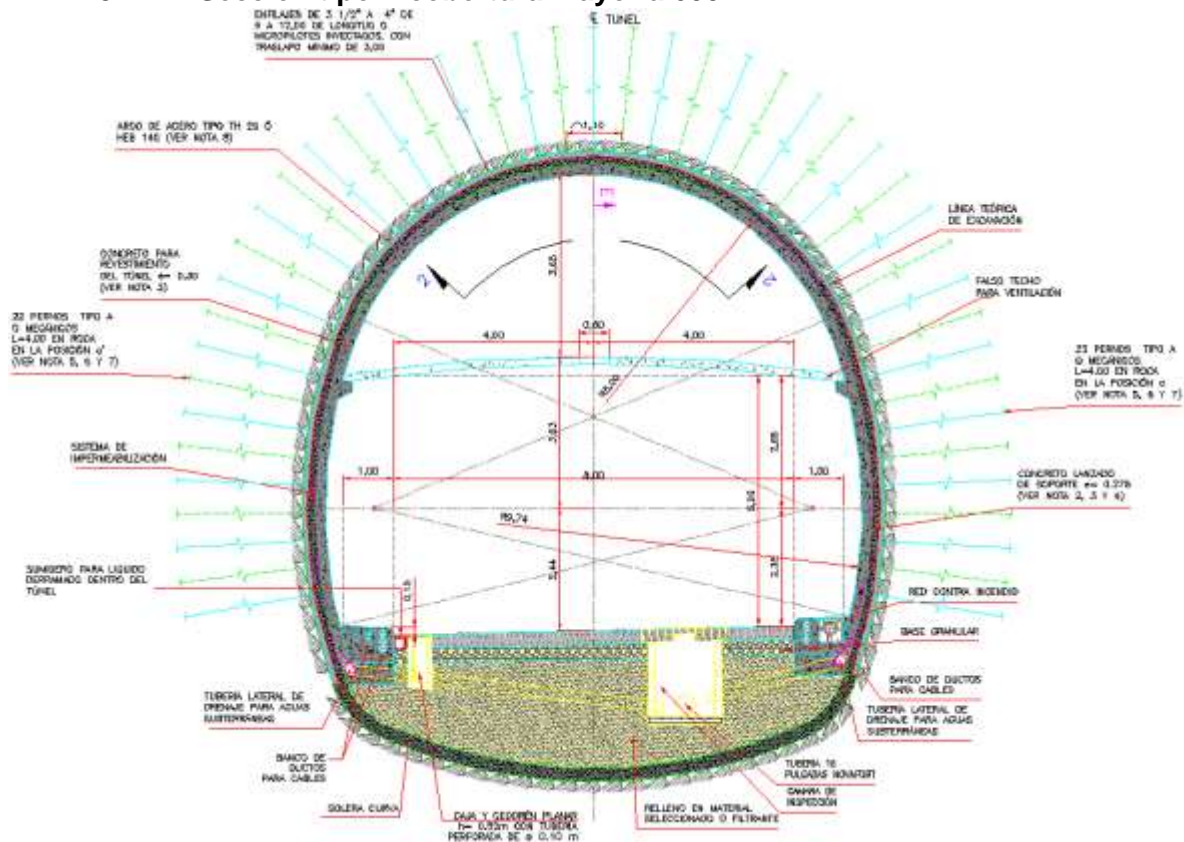


Ilustración 1.15. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.15. Principales elementos terreno Tipo V con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	0,75 – 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,275
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	0,75 m: 20 - 21 1,00 m: 22 – 23
	Longitud (m)	4,00- 6,00
Enfilajes o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslapo mínimo de 3 m	
Arco de acero	TH-29 o HEB-140	
Solera curva	Instalación	SI

1.16 Sección tipo V* para cobertura menor a 300 m.

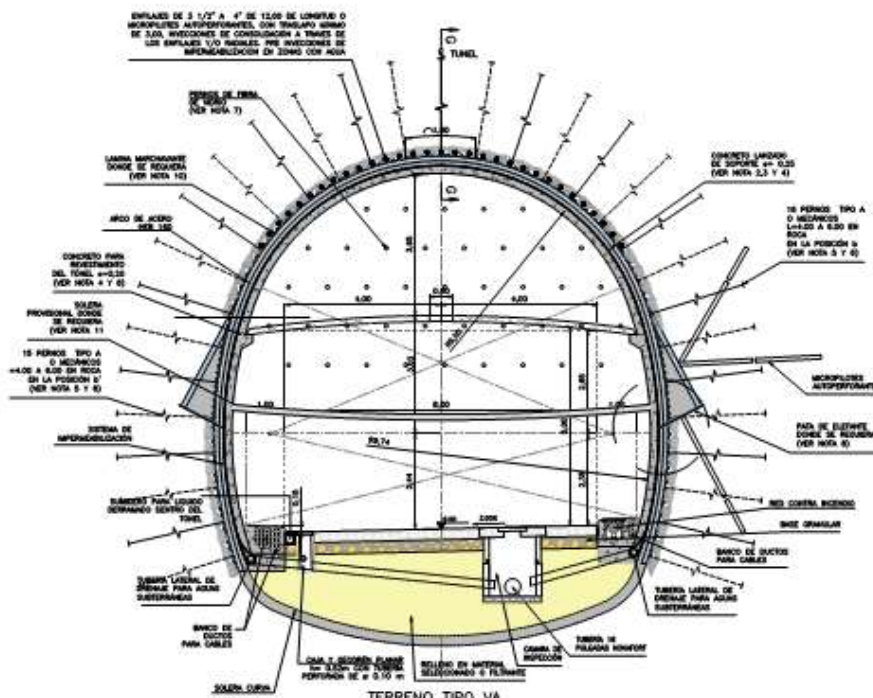


Ilustración 1.16. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V* con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.16. Principales elementos terreno Tipo V* con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,25
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	15 - 16
	Longitud (m)	4,00 y 6,00
Enfilajes o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslapeo mínimo de 3 m	
Inyecciones	De impermeabilización en zonas con agua	
	De consolidación	
	De relleno	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere
Pernos de fibra de vidrio en el frente	Instalación	Si se requiere

Arco de acero	TH-36 o HEB-160	
Solera curva Provisional	Instalación	Si se requiere
Solera curva	Instalación	Si

1.17 Sección tipo V* para cobertura menor a 300 m y 600 m.

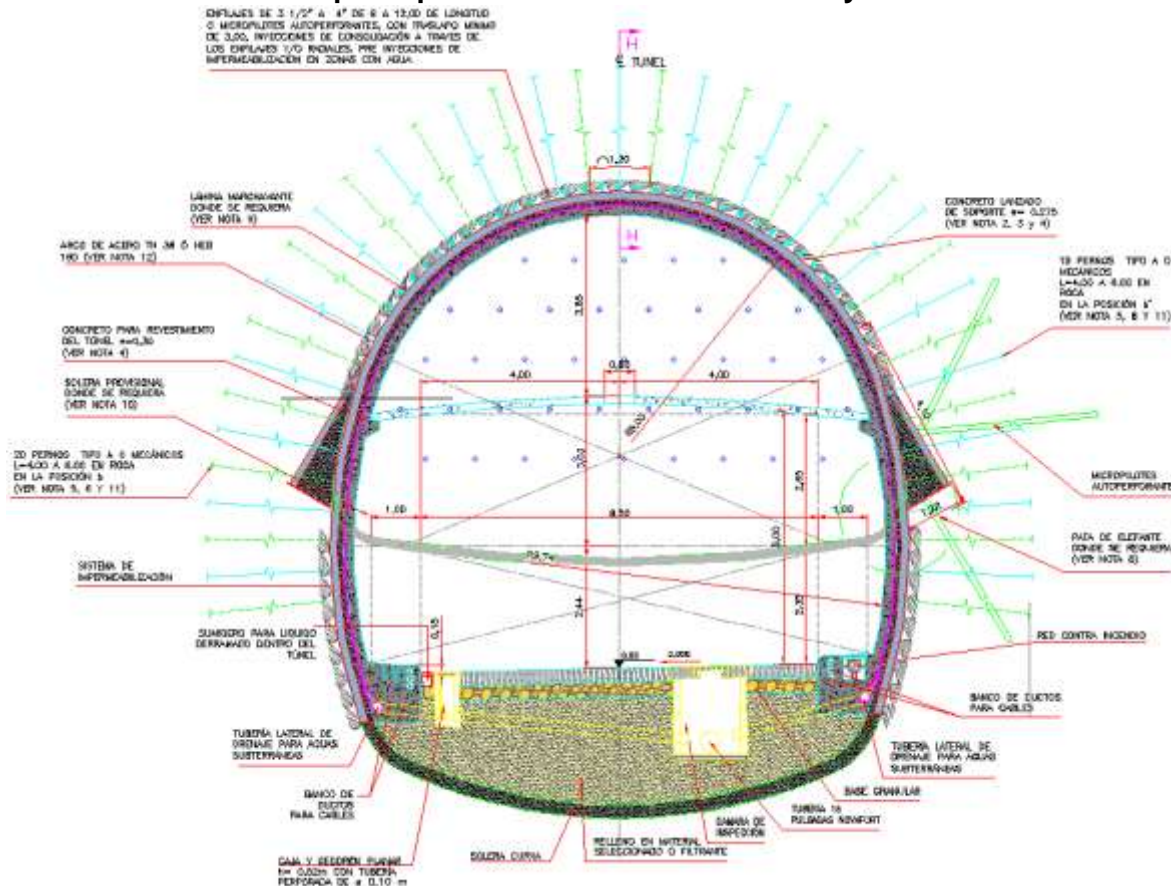


Ilustración 1.17. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V* con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.17. Principales elementos terreno Tipo V* con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,275
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	19 - 20
	Longitud (m)	4,00 y 6,00
	Instalación	Si

Enfilajes o micropilotes autopercutores	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes autopercutores inyectados, con traslape mínimo de 3 m	
Inyecciones	De impermeabilización en zonas con agua De consolidación De relleno	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere
Pernos de fibra de vidrio en el frente	Instalación	Si se requiere
Arco de acero	TH-36 o HEB-160	
Solera curva Provisional	Instalación	Si se requiere
Solera curva	Instalación	Si

1.18 Sección tipo V* para cobertura mayor a 600 m.

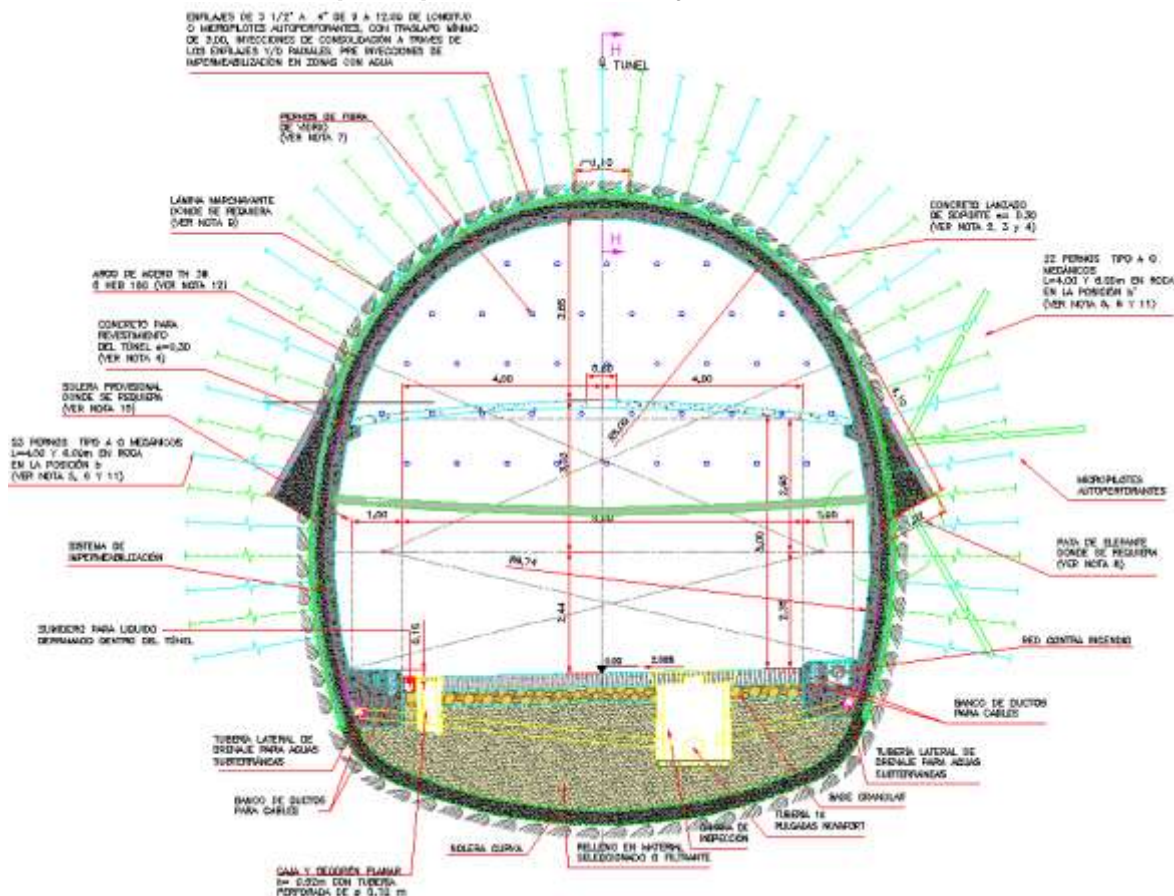


Ilustración 1.18. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V* con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.18. Principales elementos terreno Tipo V* con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,30
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	22 - 23
	Longitud (m)	4,00 y 6,00
Enfilajes o micropilotes auto perforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes auto perforantes inyectados, con traslapo mínimo de 3 m	
Inyecciones	De impermeabilización en zonas con agua De consolidación De relleno	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere
Pernos de fibra de vidrio en el frente	Instalación	Si se requiere
Arco de acero	TH-36 o HEB-160	
Solera curva Provisional	Instalación	Si se requiere
Solera curva	Instalación	Si

1.19 Sección tipo suelo para cobertura menor a 300 m.

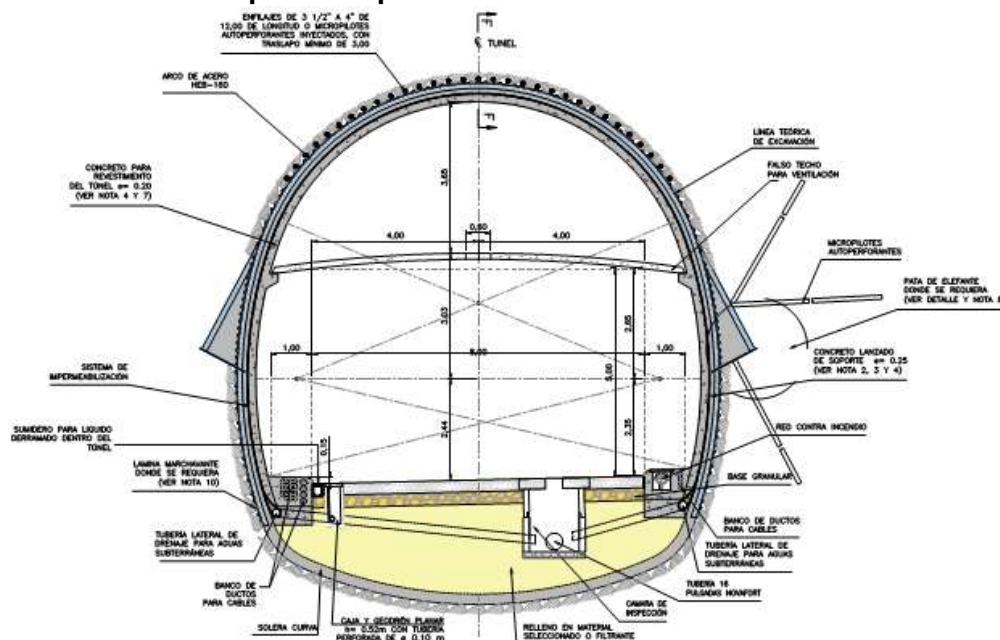


Ilustración 1.19. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo Suelo con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.19. Principales elementos terreno Tipo Suelo con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,25
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos tipo A o Mecánicos	Cantidad	NO
	Longitud (m)	NO
Enfilajes o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12 m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslapo mínimo de 3 m	
Inyecciones	De consolidación si se requiere	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere
Arco de acero	HEB-160	
Solera curva	Instalación	Si se requiere

1.20 Resumen de los sostenimientos para el túnel GGE

Tabla 1.20. Resumen general del refuerzo a partir del índice RMR para cada tipo de terreno. Tomado de: CAM, (2017).

SOSTENIMIENTO A PARTIR DEL INDICE RMR Y DE LA PROFUNDIDAD DEL TÚNEL PARA VENTILACIÓN SEMITRANSVERSAL										
RMR/ TIPO DE TERRENO	EXCAVACIÓN	ARCOS	PARAGUAS	TÚNELES < 300 m DE COBERTURA		TÚNELES > 300 m Y <600m DE COBERTURA		TÚNELES >600m DE COBERTURA		OBSERVACIONES
				PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	
81-100 I	Avances Max 4,5 m	---	---	LOCALIZADOS	5 cm donde se requiera	4-5 de 4m	5 cm	6-7 de 4-6m	7,5 cm	
61-80 II	Avances Max. 3,5 m	---	---	7-7 de 4 m	7,5cm	11-11 de 4 m	10 cm	13-13 de 4-6m	12,5 cm	Los pernos se instalarán a una distancia de 2,5m y siempre se colocará uno en la clave
41-60 III	Avances Max 2,5 m	TH-21 o HEB-100 en terrenos de roca débil Sin arco en terrenos resistentes Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos	Perno en spilling o autopercutores de 1" de máximo 4 m donde se requiera con uso de arcos	8-9 de 4 m	12,5 cm cuando tiene arco 10 cm cuando no tiene arco	12-13 de 4 m	15 cm	14-15 de 4-6m	17,5 cm	Spilling de 3m para avances de 2m y de 4m para 2 avances de 1,5m acompañados de uso de arcos
21-40 IV	Avances de 1 a 1,5m	TH-21 o HEB-100 PARA <300M TH-29 o HEB-140 PARA >300M	Atices de tubo de 2" o autopercutores de 2" inyectado de máximo 6m	11-12 de 4 m	15 cm	17-18 de 4 m	20 cm	20-21 de 4-6m	22,5 cm	Atices de 6m: 3 avances de 1,5m o 4 avances de 1m. Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación) Instalación de solera curva donde se requiera

SOSTENIMIENTO A PARTIR DEL INDICE RMR Y DE LA PROFUNDIDAD DEL TÚNEL PARA VENTILACIÓN SEMITRANSVERSAL										
RMR/ TIPO DE TERRENO	EXCAVACIÓN	ARCOS	PARAGUAS	TÚNELES < 300 m DE COBERTURA		TÚNELES > 300 m Y <600m DE COBERTURA		TÚNELES >600m DE COBERTURA		OBSERVACIONES
				PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	
<20 V	Avances 0,75-1,25 m <300m Avances 0,75-1,0 m >300m	TH-21 o HEB-100 PARA <300M TH-29 o HEB-140 PARA >300M	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslape mínimo de 3m. Donde se requiera se realizarán inyecciones de consolidación a través de los enfilajes	11-12 de 4 m	20 cm	16-17 de 4-6 m	25 cm	20-21 de 4-6 m	27,5 cm	Instalación de solera curva
				13-14 de 4 m		19-20 de 4-6 m		22-23 de 4-6 m		
				15-16 de 4 m						
TERRENO ESPECIAL*	Avances Max. 1 m	TH-36 o HEB-160 Lamina marchavante donde se requiera Pata de elefante donde se requiera	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12m de longitud o micropilotes autoperforantes , con traslape mínimo de 3m Inyecciones de consolidación a través de los enfilajes y/o Radiales. Pre inyecciones de impermeabilización en zonas con agua Inyecciones de relleno	15-16 de 4 m y 6m intercalados en S.S Pernos de fibra de vidrio en el frente de 9m a 12m con traslape de 3m. Pernos en solera donde se requiera	25 cm	19-20 de 4 m y 6m intercalados en S.S Pernos de fibra de vidrio en el frente de 9m a 12m con traslape de 3m. Pernos en solera donde se requiera	27,5 cm	22-23 de 4 m y 6m intercalados en S.S Pernos de fibra de vidrio en el frente de 9m a 12m con traslape de 3m. Pernos en solera donde se requiera	30 cm	Solera curva provisional durante la excavación de la sección superior donde se requiera. Instalación de solera curva Pernos de fibra de vidrio, Pata de elefante, Lamina Marchavante, Micro pilotes laterales, nuucleo central de excavación, inyecciones de consolidación o de impermeabilización y relleno donde se requieran.

SOSTENIMIENTO A PARTIR DEL INDICE RMR Y DE LA PROFUNDIDAD DEL TÚNEL PARA VENTILACIÓN SEMITRANSVERSAL										
RMR/ TIPO DE TERRENO	EXCAVACIÓN	ARCOS	PARAGUAS	TÚNELES < 300 m DE COBERTURA		TÚNELES > 300 m Y <600m DE COBERTURA		TÚNELES >600m DE COBERTURA		OBSERVACIONES
				PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	PERNOS	CONCRETO NEUMÁTICO	
SUELO	Avances Max. 1 m	HEB-160 Pata de elefante donde se requiera Lamina marchavante donde se requiera	Enfilajes de 3 1/2" a 4" de 9 a 12m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslape mínimo de 3m Inyecciones de consolidación a través de los enfilajes donde se requiera	---	25 cm	---	---	---	---	Instalación de solera curva donde se requiera

1.21 Nichos de seguridad

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS y la Directiva 2004/54/EC de la Unión Europea, los distintos nichos son requeridos a partir de las siguientes longitudes de túneles:

Tabla 1.21. Distribución de nichos según normativas. Tomado de: CAM, (2017).

Nichos	Manual Túneles INVIAS	Manual de diseño geométrico INVIAS	Directiva 2004/54/EC Unión Europea
Parqueo	L>1000 m, 1 cada km max.	L>1000 m, 1 cada km max.	Túneles con L>1500 m, 1 cada km max.
SOS	Cada 250 m en túneles con L>500 m	Cada 200 m en túneles con L>500 m	Cada 150 m en túneles con L>500 m
Contra incendio	Cada 250 m en túneles con L>500 m	Cada 200 m en túneles con L>500 m	Cada 150 m en túneles con L>500 m

De acuerdo con lo anterior, el Túnel del GGE requiere de nichos contra incendio, SOS y de parqueo. También requiere de galería de emergencia y de galerías de escape y vehicular (CAM, 2017).

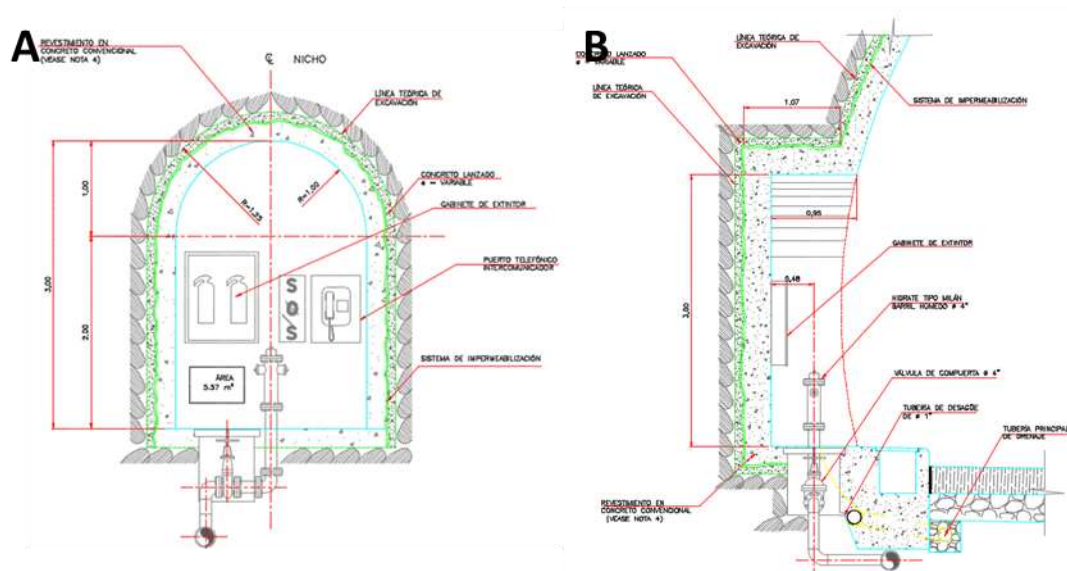


Ilustración 1.20. A) Detalle del nicho de seguridad (S.O.S. y Contra incendio). B) Vista lateral del nicho de seguridad. Tomado de: CAM, (2017).

Para el Túnel GGE los nichos de seguridad quedarán ubicados cada 140 m (69 nichos). Con ellos se logra mantener nichos equidistantes entre sí, con longitudes acordes a las recomendaciones explicadas anteriormente (CAM, 2017).

Tabla 1.22. Localización de nichos de seguridad del Túnel del GGE. Tomado de: CAM, (2017).

NICHO EMERGENCIA NO	HASTIAL	ABSCISA
1	Izquierdo	K27+238,50
2	Derecho	K27+378,50
3	Izquierdo	K27+518,50
4	Derecho	K27+658,50
5	Izquierdo	K27+798,50
6	Derecho	K27+938,50
7	Izquierdo	K28+078,50
8	Derecho	K28+218,50
9	Izquierdo	K28+358,50
10	Derecho	K28+498,50
11	Izquierdo	K28+638,50
12	Derecho	K28+778,50
13	Izquierdo	K28+918,50
14	Derecho	K29+058,50
15	Izquierdo	K29+198,50
16	Derecho	K29+338,50
17	Izquierdo	K29+478,50
18	Derecho	K29+618,50
19	Izquierdo	K29+758,50
20	Derecho	K29+898,50
21	Izquierdo	K30+038,50
22	Derecho	K30+178,50
23	Izquierdo	K30+318,50
24	Derecho	K30+458,50
25	Izquierdo	K30+598,50
26	Derecho	K30+738,50
27	Izquierdo	K30+878,50
28	Derecho	K31+018,50

NICHO EMERGENCIA NO	HASTIAL	ABSCISA
29	Izquierdo	K31+158,50
30	Derecho	K31+298,50
31	Izquierdo	K31+438,50
32	Derecho	K31+578,50
33	Izquierdo	K31+718,50
34	Derecho	K31+858,50
35	Izquierdo	K31+998,50
36	Derecho	K32+138,50
37	Izquierdo	K32+278,50
38	Derecho	K32+418,50
39	Izquierdo	K32+558,50
40	Derecho	K32+698,50
41	Izquierdo	K32+838,50
42	Derecho	K32+978,50
43	Izquierdo	K33+118,50
44	Derecho	K33+258,50
45	Izquierdo	K33+398,50
46	Derecho	K33+538,50
47	Izquierdo	K33+678,50
48	Derecho	K33+818,50
49	Izquierdo	K33+958,50
50	Derecho	K34+098,50
51	Izquierdo	K34+238,50
52	Derecho	K34+378,50
53	Izquierdo	K34+518,50
54	Derecho	K34+658,50
55	Izquierdo	K34+798,50
56	Derecho	K34+938,50
57	Izquierdo	K35+078,50
58	Derecho	K35+218,50

NICHO EMERGENCIA NO	HASTIAL	ABSCISA
59	Izquierdo	K35+358,50
60	Derecho	K35+498,50
61	Izquierdo	K35+638,50
62	Derecho	K35+778,50
63	Izquierdo	K35+918,50
64	Derecho	K36+058,50
65	Izquierdo	K36+198,50
66	Derecho	K36+338,50
67	Izquierdo	K36+478,50
68	Derecho	K36+618,50
69	Izquierdo	K36+758,50

1.22 Bahías de parqueo

El túnel GGE como un túnel largo contará con 9 bahías de parqueo distribuidas en el tubo principal cada 980 m (Tabla 1.23).

Tabla 1.23. Distribución de nichos de parqueo en el Túnel del GGE y sectorización por tipo de terreno y soporte. Tomado de: CAM, (2017).

NICHOS DE PARQUEO				
No.	ABSCISA TÚNEL GGE	LONGITUD (m)	TERRENO TIPO	COBERTURA
1	K28+078,5	40,00	III	<300
2	K29+058,5	40,00	IV	<300
3	K30+038,5	40,00	II	300-600
4	K31+018,5	40,00	III	300-600
5	K31+998,5	40,00	II	>600
6	K32+978,5	40,00	III	>600
7	K33+958,5	40,00	III	300-600
8	K34+938,5	40,00	III	300-600
9	K35+918,5	40,00	IV	<300

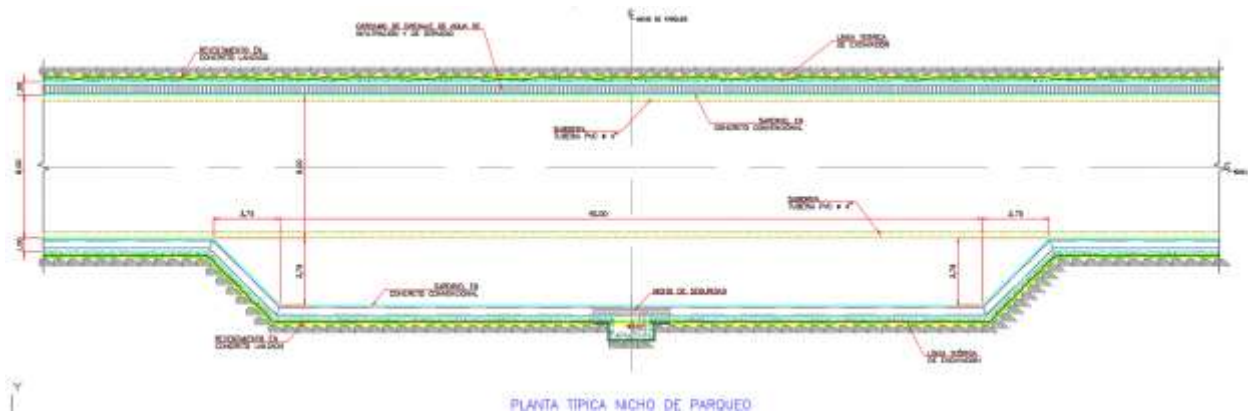


Ilustración 1.21. Sección de bahía de parqueo. Tomado de: CAM, (2017).

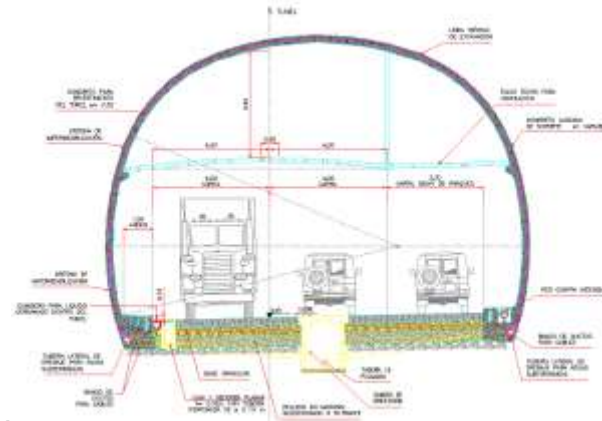


Ilustración 1.22. Sección transversal de nicho de parqueo. Tomado de: CAM, (2017).

1.23 Galerías de conexión o ventanas.

El túnel GGE cuenta con 23 galerías de conexión a una galería paralela de evacuación. De las 23 galerías, 7 de ellas vehiculares y 16 peatonales, cada 400 metros, aproximadamente (CAM, 2017).

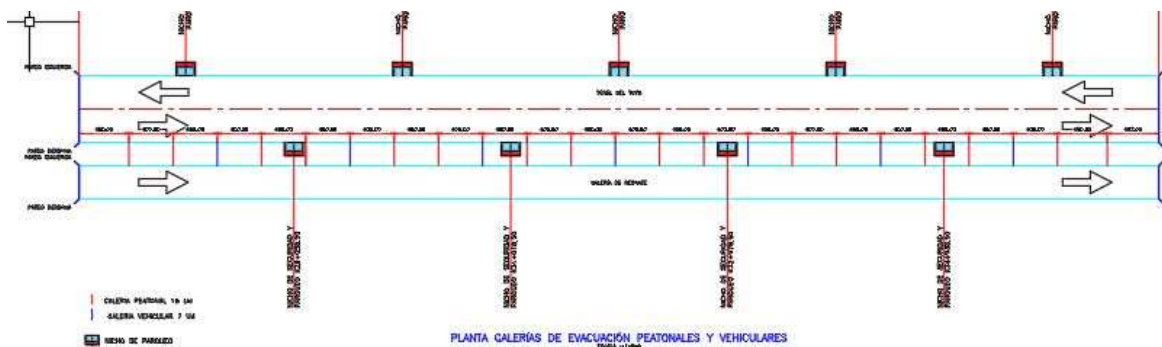


Ilustración 1.23. Esquema de la planta del túnel, con su galería paralela de evacuación, conexiones transversales y nichos de parqueo. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.24. Localización galerías vehiculares Túnel GGE y sectorización geotécnica y por soporte. Tomado de: CAM, (2017).

GALERÍAS VEHICULARES				
No.	ABSCISA (TÚNEL GGE)	LONGITUD (m)	TERRENO TIPO	COBERTURA
1	K28+355.96	42,375	III	<300
2	K29+555.96	42,375	V	300-600
3	K30+755.96	42,375	III	300-600
4	K31+955.96	42,375	III	>600
5	K33+155.96	42,375	II	>600
6	K34+355.96	42,375	IV	300-600
7	K35+555.96	42,375	III	<300

Tabla 1.25. Localización galerías peatonales Túnel GGE. Tomado de: CAM, (2017).

GALERÍAS PEATONALES			
No.	ABSCISA TÚNEL GGE	LONGITUD (m)	TERRENO TIPO
1	K27+555.96	36,03	IV
2	K27+955.96	42,38	III
3	K28+755.96	42,38	III
4	K29+155.96	42,38	IV
5	K29+955.96	42,38	I
6	K30+355.96	42,38	I
7	K31+155.96	42,38	II
8	K31+555.96	42,38	III
9	K32+355.96	44,49	IV
10	K32+755.96	42,38	III
11	K33+555.96	42,38	II
12	K33+955.96	44,50	III
13	K34+755.96	42,38	IV
14	K35+155.96	42,38	III
15	K35+955.96	42,38	IV
16	K36+405.86	36,50	III

1.24 Galerías de rescate

La galería de emergencia se encuentra proyectada paralela al tubo principal con una longitud aproximada de 9838 m a una distancia aproximada de 40 entre hastiales de cada una de las excavaciones en promedio, y en portales de hasta 20 m (CAM, 2017).

Los tipos de soporte según la clasificación geomecánica para la galería de soporte se relacionan a continuación.

Tabla 1.26. Clasificación del terreno para la galería de rescate según el RMR. Tomado de: CAM, (2017).

TIPO DE TERRENO	RMR
I	71-100
II	51-70
III	31-50
IV	16-30
V	0-15

Al igual que en el túnel principal, los tipos de sostenimiento se relacionan en función de la cobertura, debido a la incidencia de los esfuerzos principales en el sostenimiento a emplear.

1.25 Galería sección tipo I cobertura menor a 300 m.

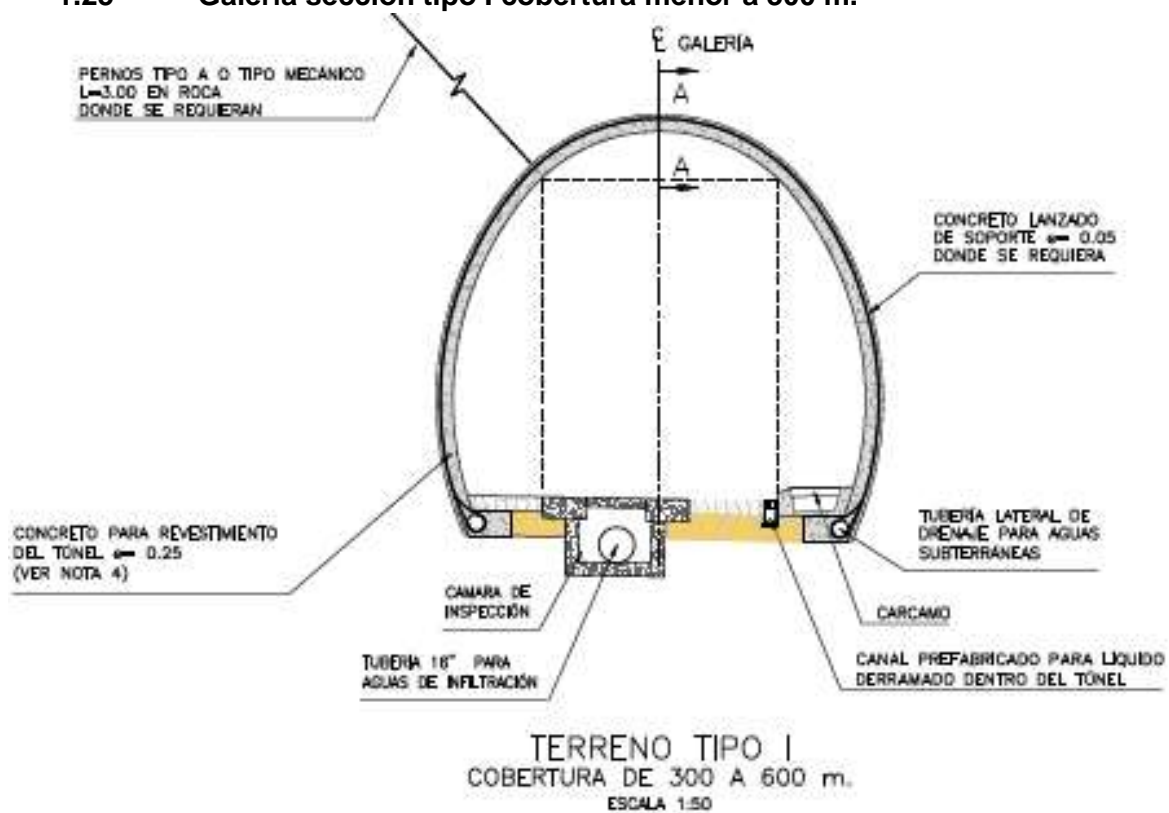


Ilustración 1.24. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo I con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.27. Principales elementos terreno Tipo I con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 4,50
----------------------	--------------	-----------

Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,05
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	4 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	LOCALIZADOS
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.26 Galería sección tipo I cobertura entre 300 m y 600 m.

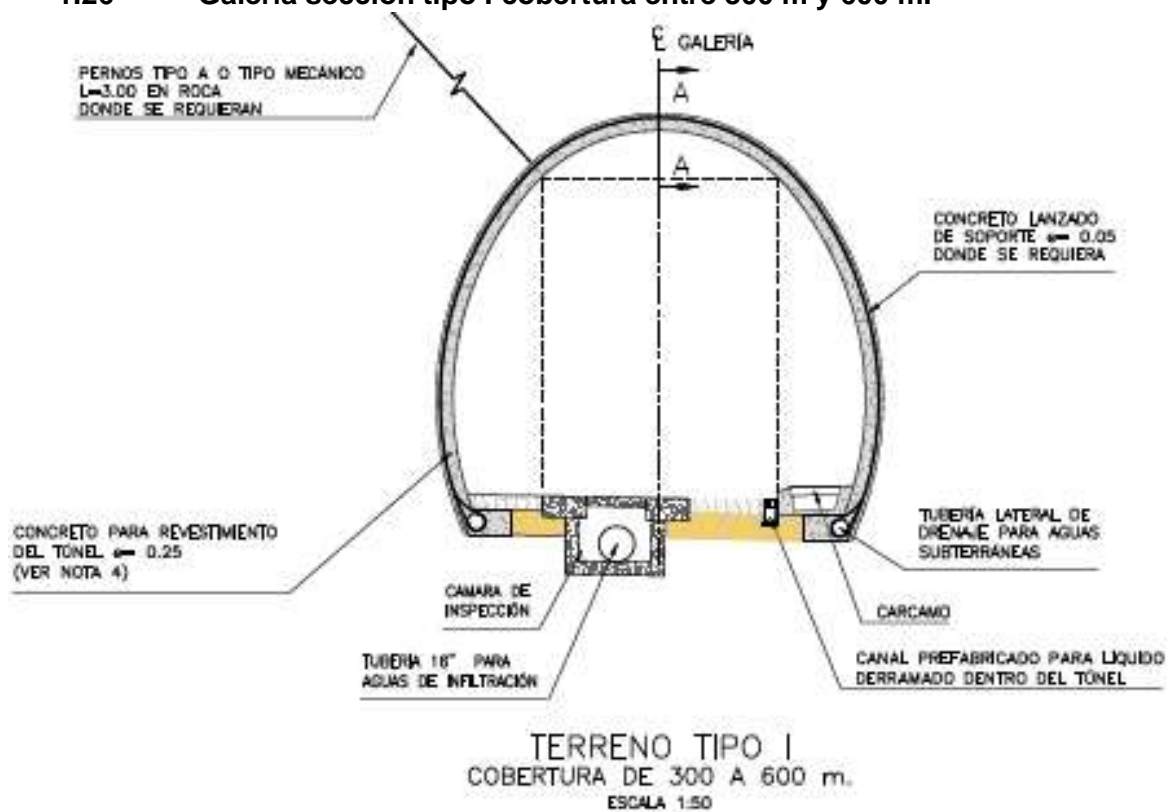


Ilustración 1.25. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo I con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.28. Principales elementos terreno Tipo I con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 4,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,05
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	4 kg

Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	LOCALIZADOS
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.27 Galería sección tipo I cobertura mayor a 600 m.

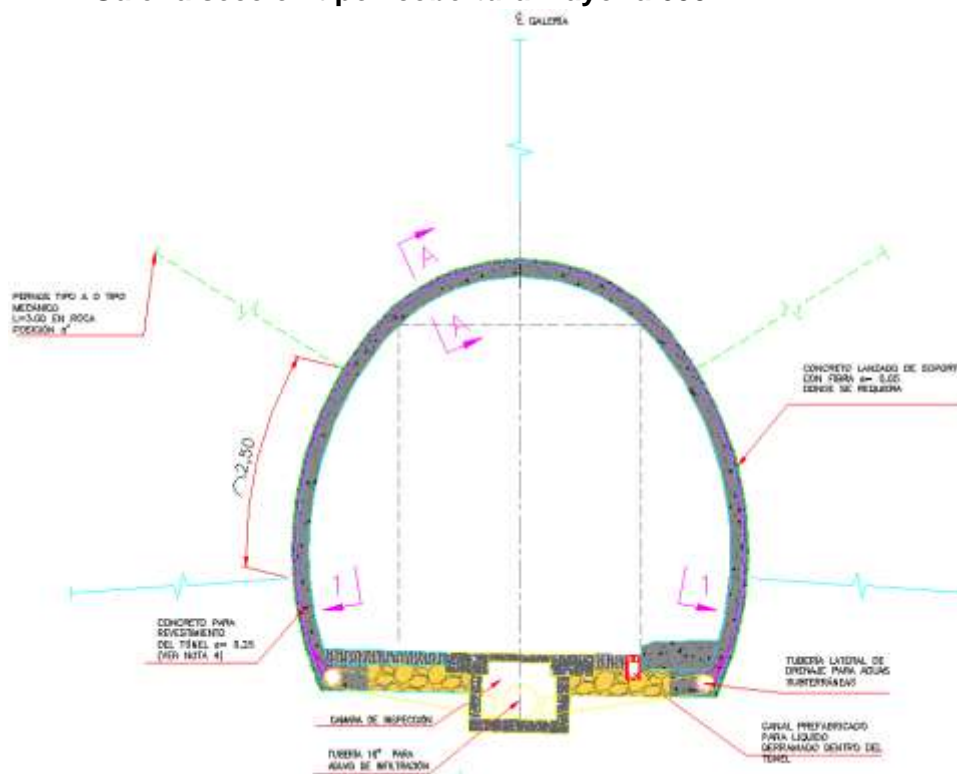


Ilustración 1.26. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo I con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.29. Principales elementos terreno Tipo I con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 4,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,05
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	4 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	2 -3
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO

Solera curva	Instalación	NO
--------------	-------------	----

1.28 Galería sección tipo II cobertura menor 300 m.

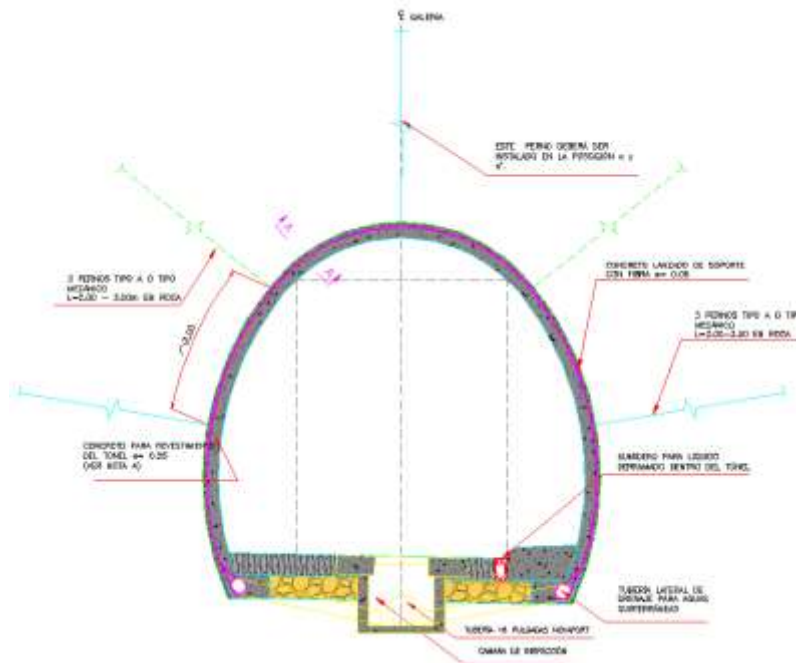


Ilustración 1.27. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo II con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.30. Principales elementos terreno Tipo II con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 3,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,05
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	5 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	3 - 3
	Longitud (m)	2,00-3,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.29 Galería sección tipo II cobertura entre 300 m y 600 m.

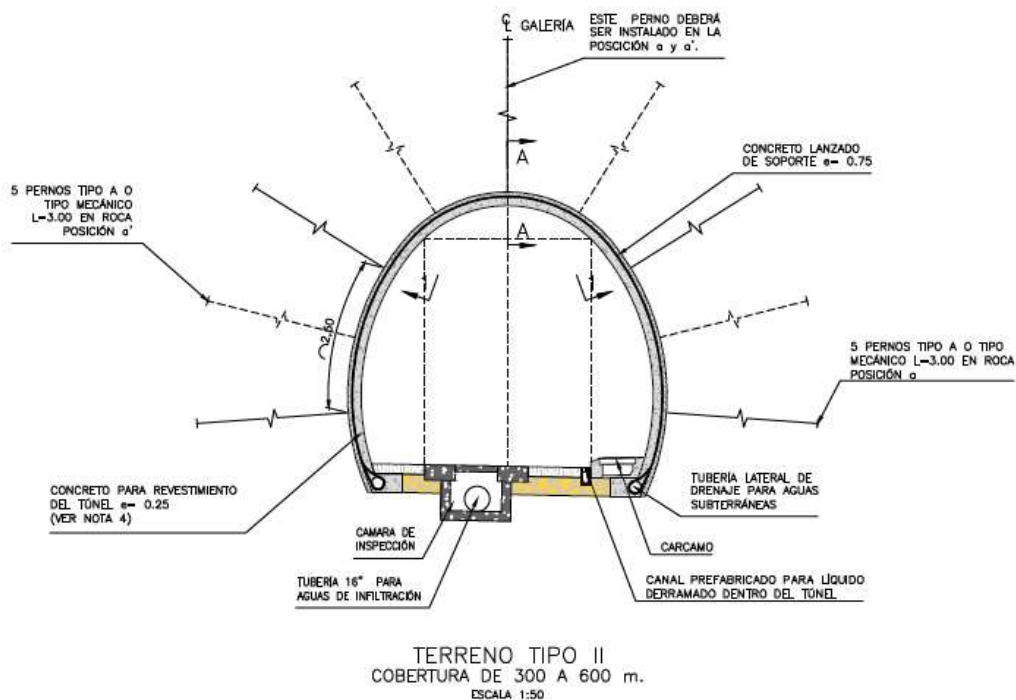


Ilustración 1.28. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo II con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.31. Principales elementos terreno Tipo II con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 3,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,075
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	5 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	5 - 5
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.30 Galería sección tipo II cobertura mayor a 600 m.

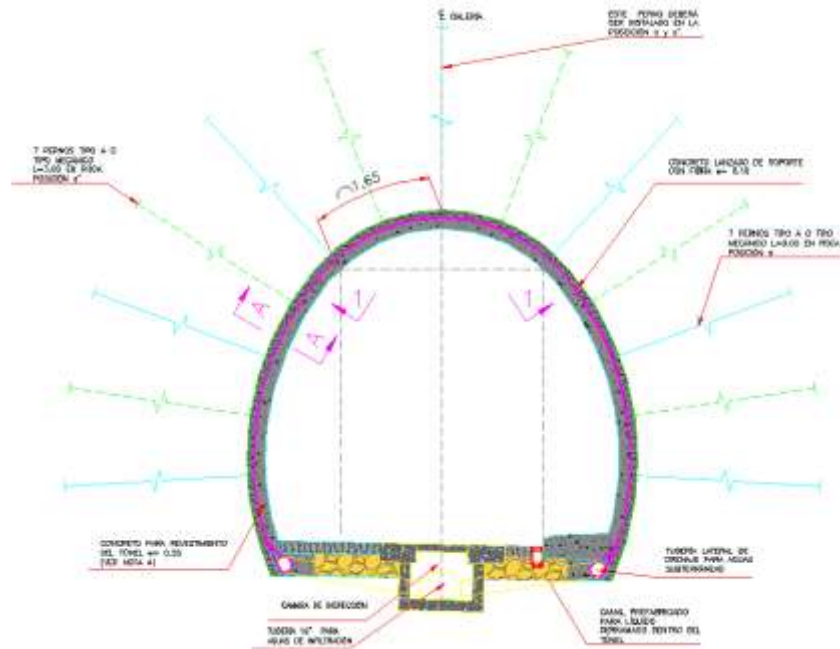


Ilustración 1.29. Sección de excavación, soporte y revestimiento Tipo II con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.32. Principales elementos terreno Tipo II con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Máx. 3,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,10
	Fibra metálica (kg/m ³)	30 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	5 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	7 - 7
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Instalación	NO
Arco de acero	Instalación	NO
Solera curva	Instalación	NO

1.31 Galería sección tipo III cobertura menor a 300 m.

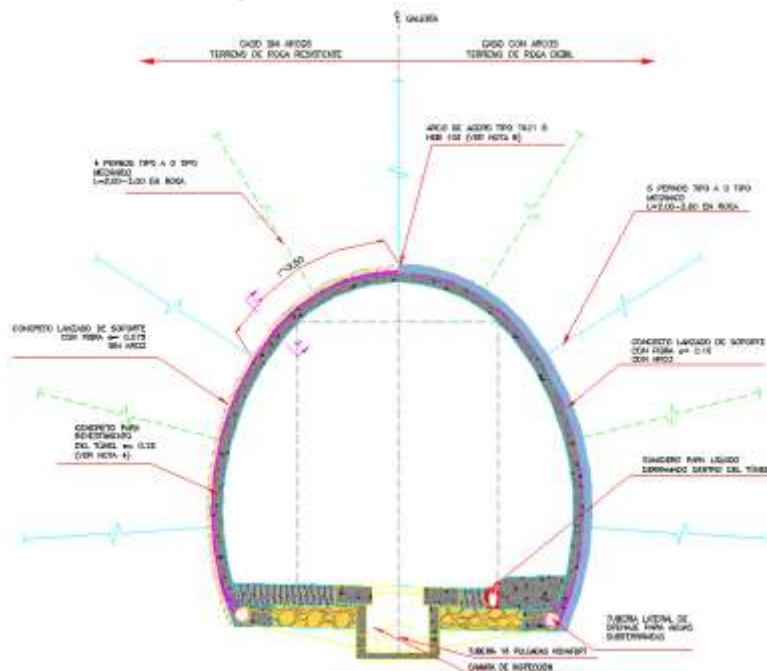


Ilustración 1.30. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo III con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.33. Principales elementos terreno Tipo III con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 2,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,075 Sin arco 0,10 Con arco
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro ¾"	Fibra sintética (kg/m ³)	6 kg
	Cantidad	4 – 5
Pernos en Spilling o micropilotes autoperforantes	Longitud (m)	2,00-3,00
	Instalación	NO
Arco de acero	TH-21 o HEB-100 en terrenos de roca débil Sin arco en terrenos resistentes. Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos	
Solera curva	Instalación	NO

1.32 Galería sección tipo III cobertura entre 300 m y 600 m.

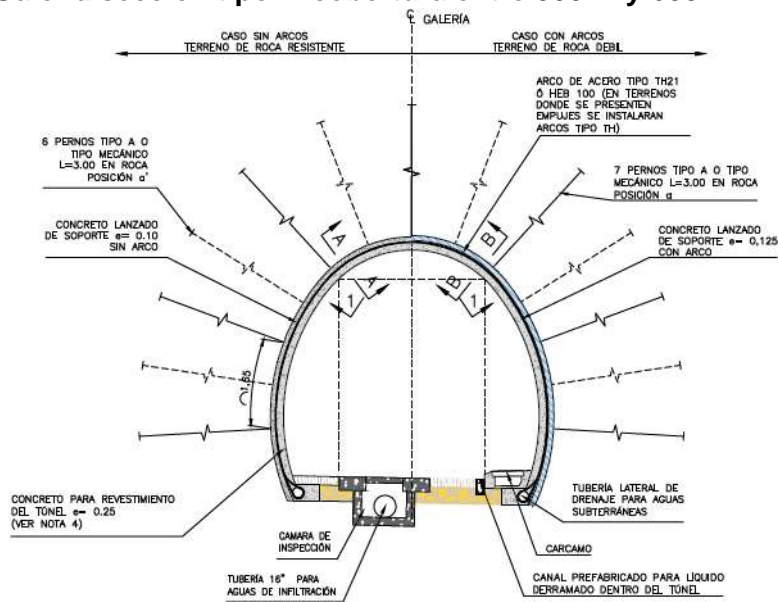


Ilustración 1.31. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo III con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.34. Principales elementos terreno Tipo III con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 2,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,10 Sin arco 0,125 Con arco
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	6 kg
	Cantidad	6 - 7
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Longitud (m)	3,00
	Instalación	NO
Arco de acero	TH-21 o HEB-100 en terrenos de roca débil Sin arco en terrenos resistentes. Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos	
Solera curva	Instalación	No

1.34 Galería sección tipo IV cobertura menor a 300 m.

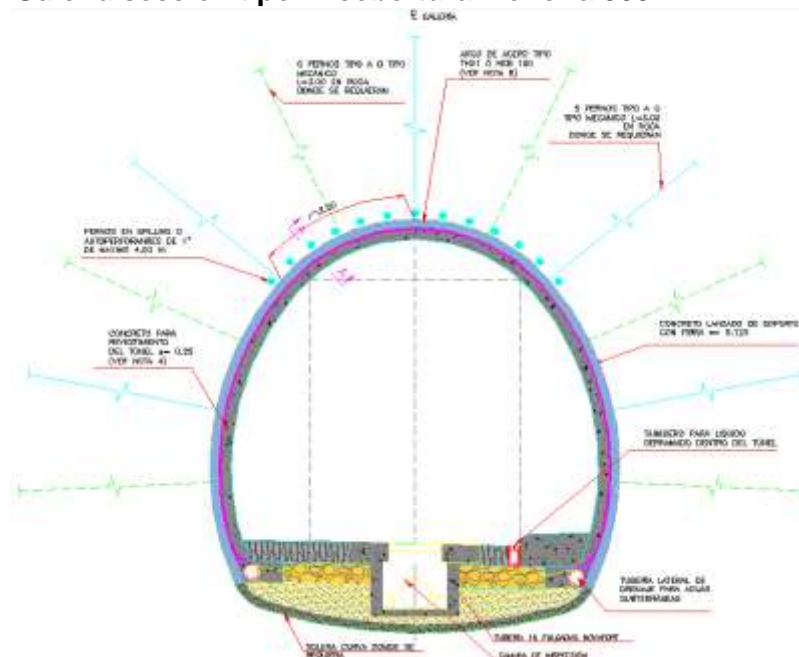


Ilustración 1.33. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.36. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	1,00 – 1,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,125
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	7 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	5 – 6
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling	Instalación	Si se requiere, Perno en spilling o autopercutores de 1" de máximo 4 m
Arco de acero		TH-21 o HEB-100
Solera curva	Instalación	NO

1.35 Galería sección tipo IV cobertura entre 300 m y 600 m.

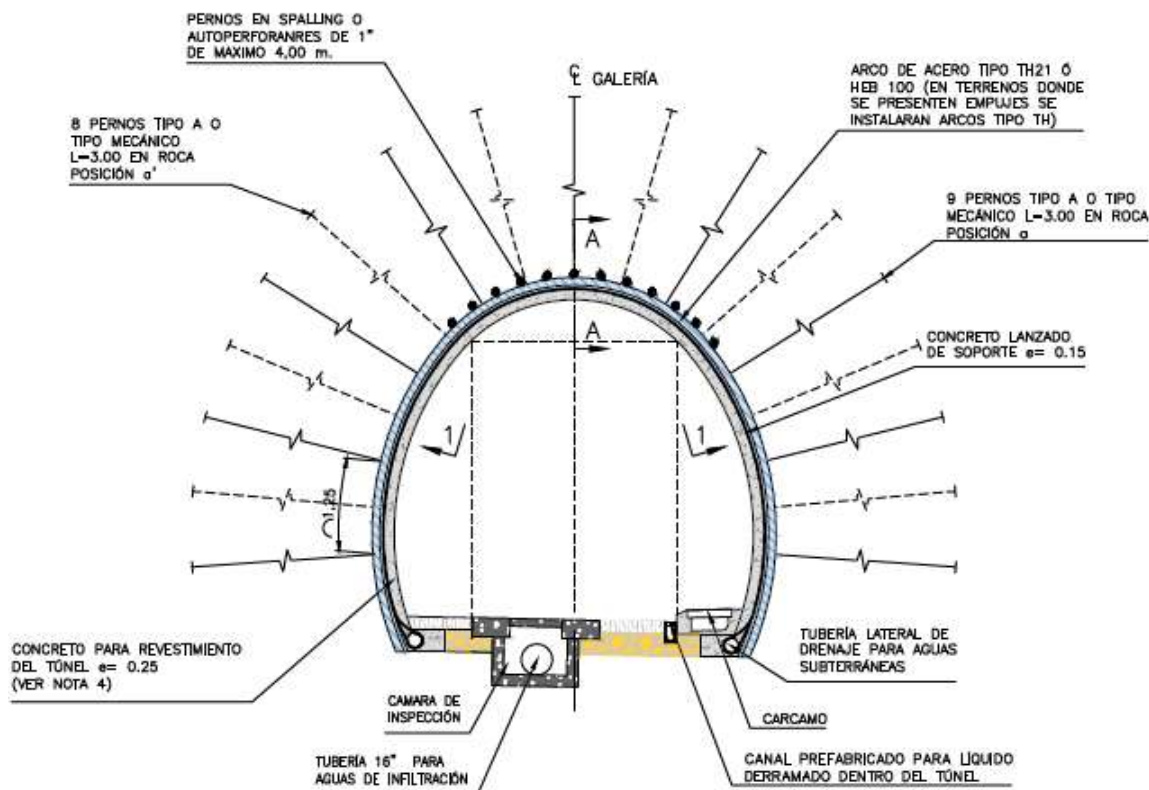


Ilustración 1.34. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo IV con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.37. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	1,00 – 1,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,15
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	7 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	8 – 9
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling	Instalación	Si se requiere, Perno en spilling o auto perforantes de 1" de máximo 4 m
Arco de acero		TH-21 o HEB-100
Solera curva	Instalación	NO

1.36 Galería sección tipo IV cobertura mayor a y 600 m.

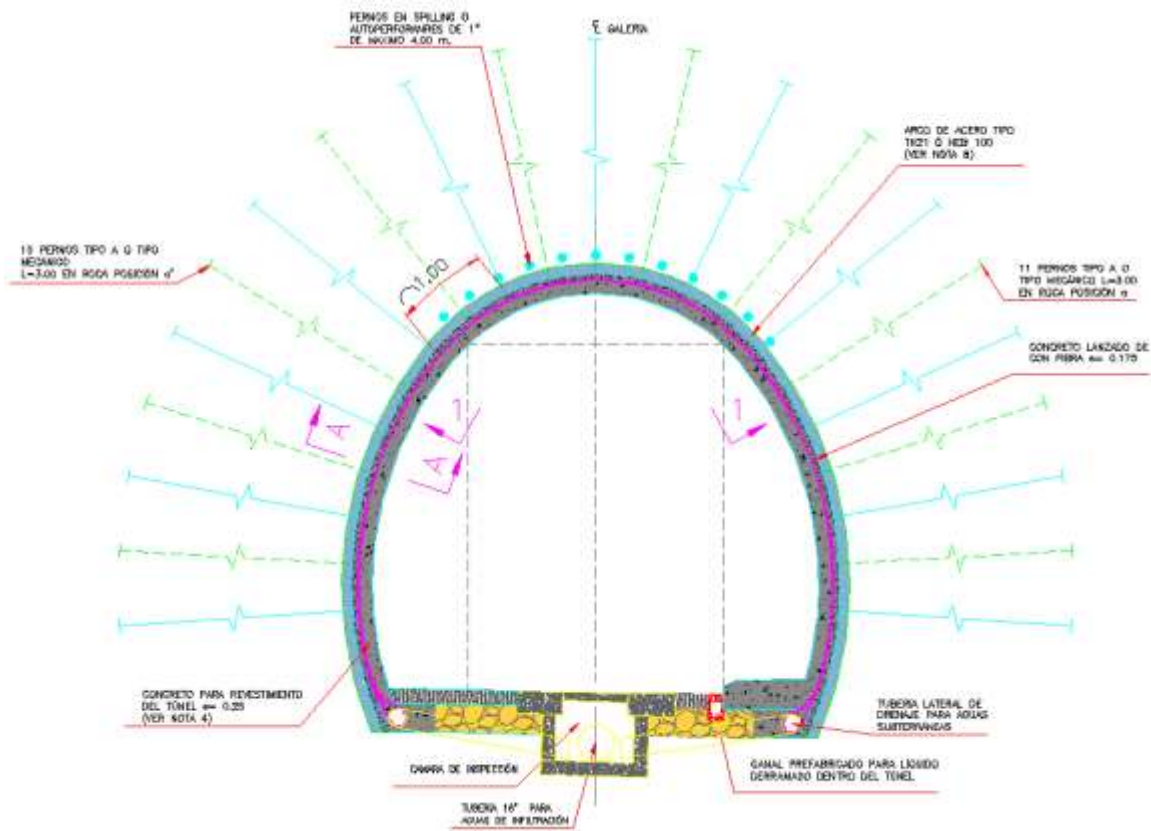


Ilustración 1.35. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo IV con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.38. Principales elementos terreno Tipo IV con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	1,00 – 1,50
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,175
	Fibra metálica (kg/m ³)	35 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	7 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	10 – 11
	Longitud (m)	3,00
Pernos en Spilling	Instalación	Si se requiere, Perno en spilling o auto perforantes de 1" de máximo 4 m
Arco de acero		TH-21 o HEB-100
Solera curva	Instalación	NO

1.37 Galería sección tipo V cobertura menor a 300 m.

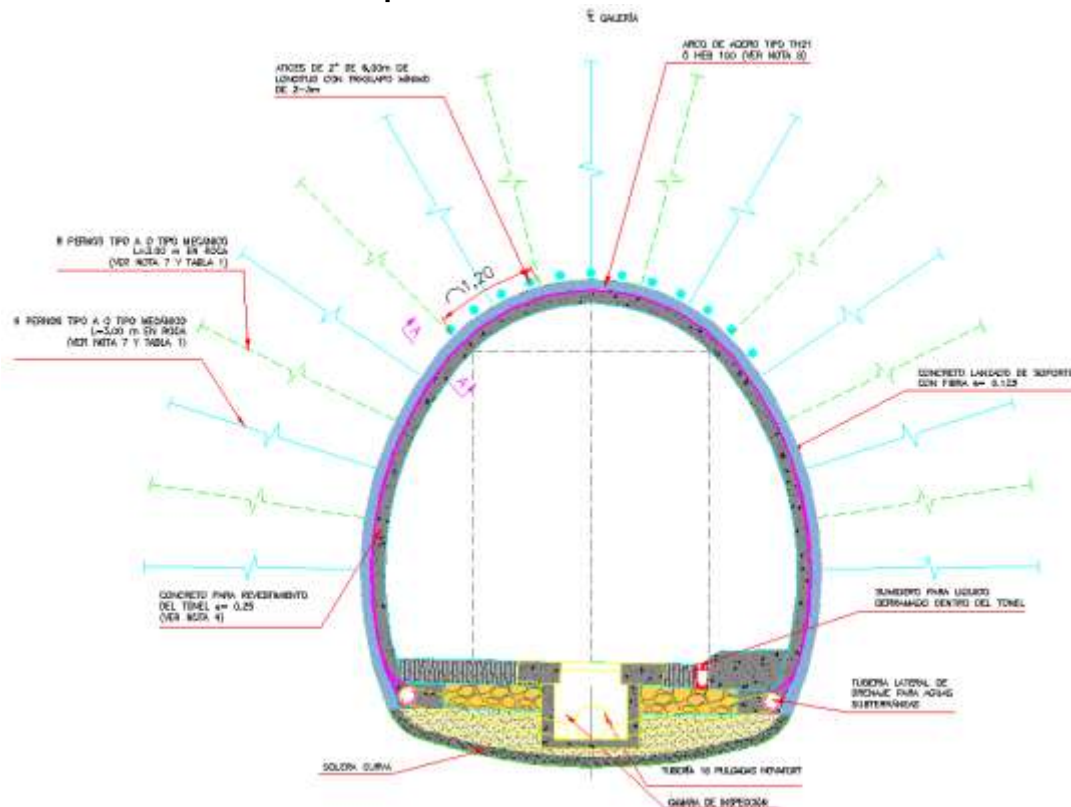


Ilustración 1.36. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.39. Principales elementos terreno Tipo V con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	0,75 – 1,25
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,125
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	0,75 m: 6 - 7 1,00 m: 7 – 8 1,25 m: 8 - 9
	Longitud (m)	3,00
Atices	Instalación	Si
	Atices de 2" de 6 m de longitud con traslapeo mínimo de 2-3 m. Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Arco de acero	TH-21 o HEB-100	
Solera curva	Instalación	Según se requiera

1.38 Galería sección tipo V cobertura entre 300 m y 600 m.

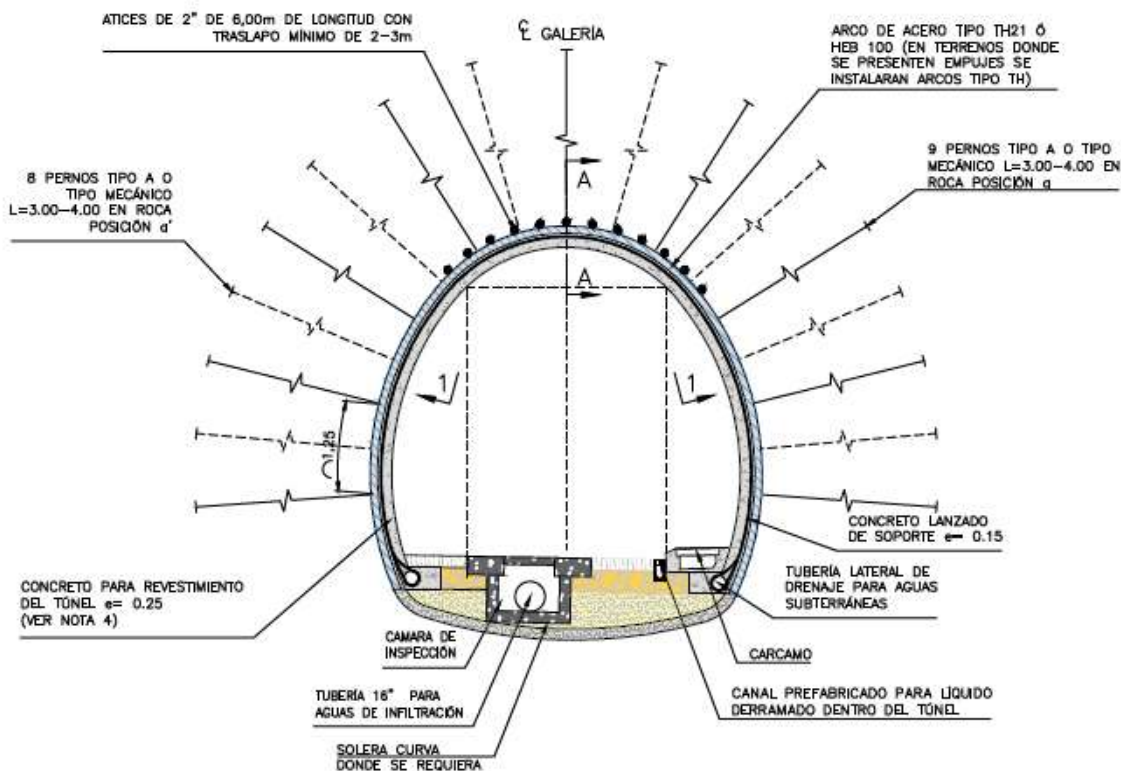


Ilustración 1.37. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.40. Principales elementos terreno Tipo V con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	0,75 – 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,15
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	0,75 m: 8 - 9 1,00 m: 10 – 11
	Longitud (m)	3,00- 4,00
Atices	Instalación	Si
	Atices de 2" de 6 m de longitud con traslape mínimo de 2-3 m. Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Arco de acero	TH-21 o HEB-100	
Solera curva	Instalación	Si

1.39 Galería sección tipo V cobertura mayor a 600 m.

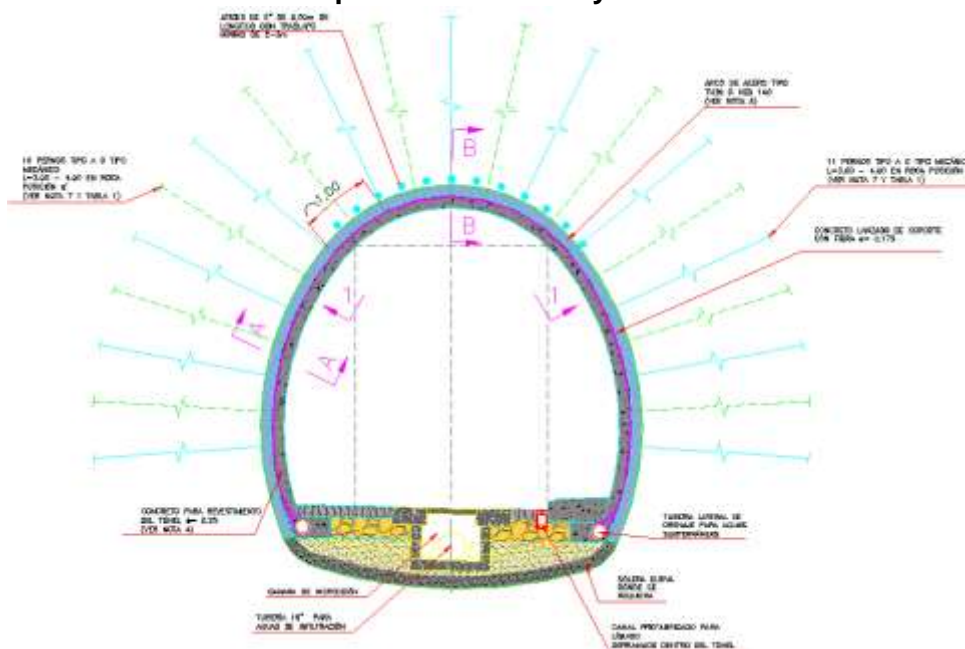


Ilustración 1.38. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.41. Principales elementos terreno Tipo V con cobertura mayor de 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	0,75 – 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,175
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	0,75 m: 10 - 11 1,00 m: 12 – 13
	Longitud (m)	3,00- 4,00
Atices	Instalación	Si
		Atices de 2" de 6 m de longitud con traslapo mínimo de 2-3 m. Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)
Arco de acero	TH-29 o HEB-140	
Solera curva	Instalación	Si

1.40 Galería sección tipo V* cobertura menor 300 m.

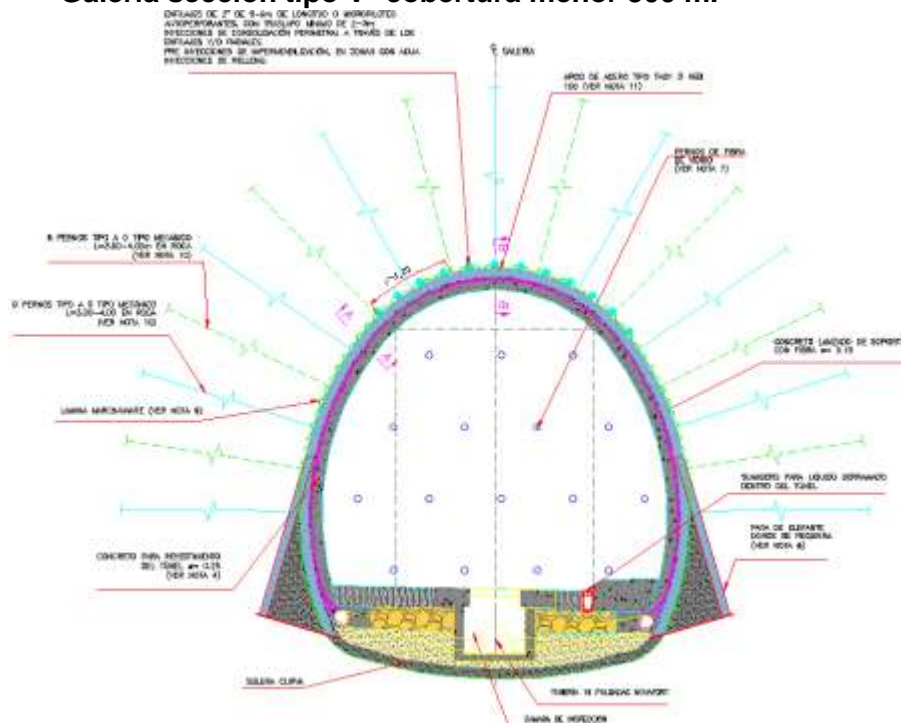


Ilustración 1.39. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V* con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.42. Principales elementos terreno Tipo V* con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,15
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	8 - 9
	Longitud (m)	3,00 y 4,00
Enfilajes o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 2" de 6 a 9 m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslape mínimo de 2-3 m. Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Inyecciones	De impermeabilización en zonas con agua	
	De consolidación	
	De relleno	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere

Micropilotes laterales	Instalación	Si se requiere
Pernos de fibra de vidrio en el frente	Instalación	Si se requiere
Arco de acero	TH-21 o HEB-100	
Solera curva	Instalación	Si

1.41 Galería sección tipo V* cobertura entre 300 m y 600 m.

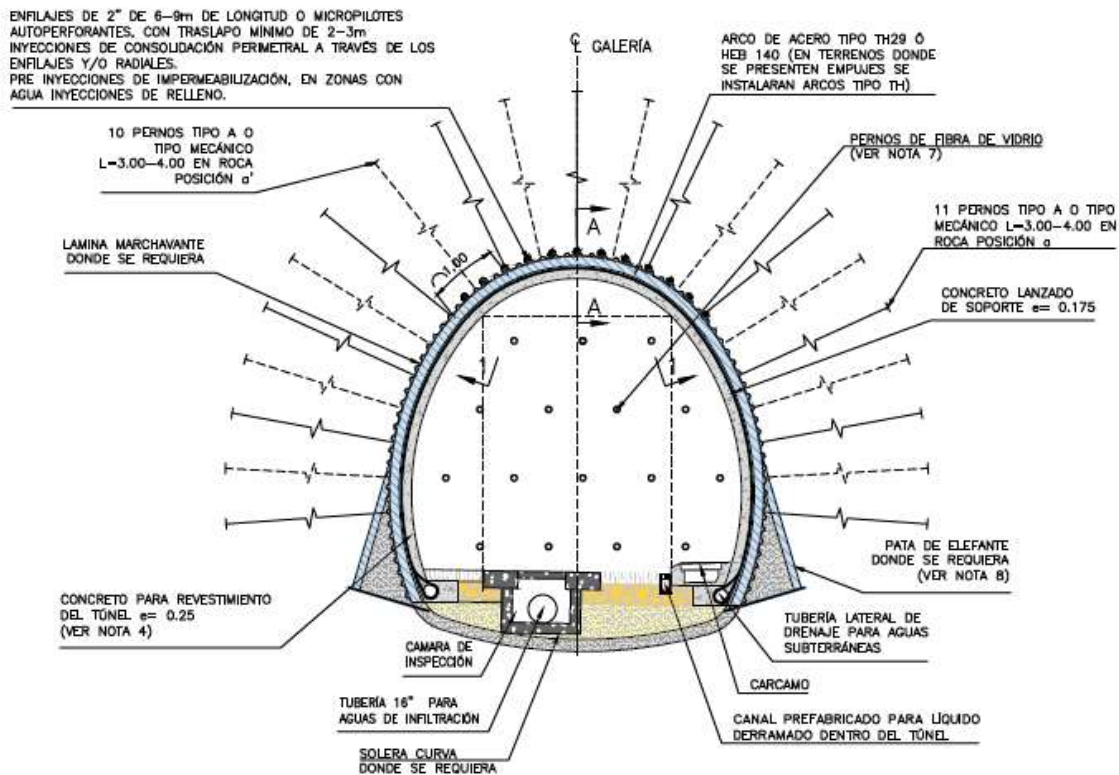


Ilustración 1.40. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo V* con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.43. Principales elementos terreno Tipo V* con cobertura entre 300 m y 600 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,175
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	10 - 11
	Longitud (m)	3,00 y 4,00
	Instalación	Si

Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	12 - 13
	Longitud (m)	3,00 y 4,00
Enfilajes o micropilotes autopercutores	Instalación	Si
	Enfilajes de 2" de 6 a 9 m de longitud o micropilotes autopercutores inyectados, con traslapo mínimo de 2-3 m. Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Inyecciones	De impermeabilización en zonas con agua	
	De consolidación	
	De relleno	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere
Micropilotes laterales	Instalación	Si se requiere
Pernos de fibra de vidrio en el frente	Instalación	Si se requiere
Arco de acero	TH-29 o HEB-140	
Solera curva	Instalación	Si

1.43 Galería sección tipo suelo cobertura menor 300 m.

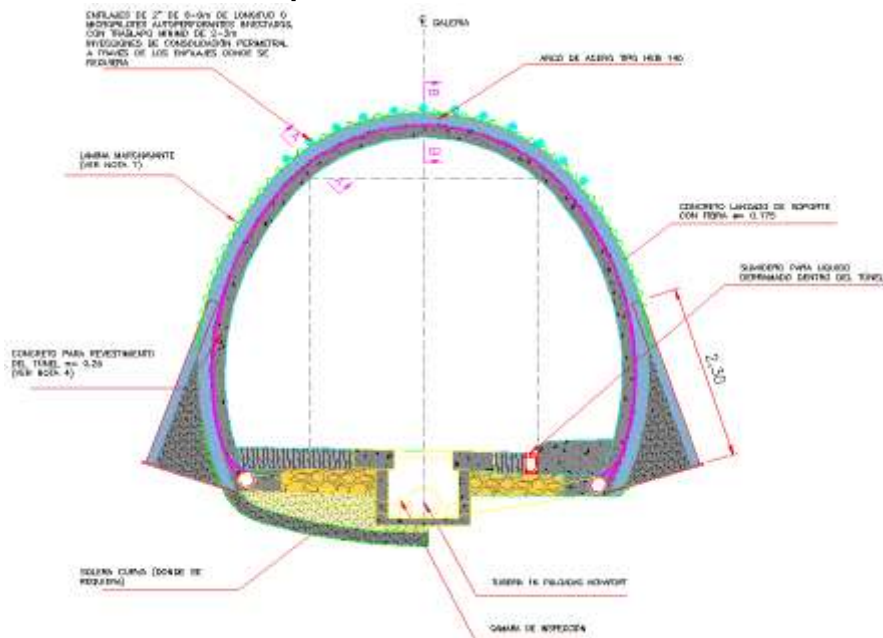


Ilustración 1.42. Sección de excavación, soporte y revestimiento para terrenos Tipo Suelo con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Tabla 1.45. Principales elementos terreno Tipo Suelo con cobertura menor a 300 m. Tomado de: CAM, (2017).

Avance de excavación	Longitud (m)	Max 1,00
Concreto lanzado de soporte con fibra sintética o metálica	Espesor (m)	0,175
	Fibra metálica (kg/m ³)	40 kg
	Fibra sintética (kg/m ³)	8 kg
Pernos Tipo A o Mecánicos diámetro 3/4"	Cantidad	NO
	Longitud (m)	NO
Enfilajes o micropilotes autoperforantes	Instalación	Si
	Enfilajes de 2" de 6 a 9 m de longitud o micropilotes autoperforantes inyectados, con traslapo mínimo de 2-3 m Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)	
Inyecciones	De consolidación si se requiere a través de los enfilajes	
Lamina Marchavante	Instalación	Si se requiere
Pata de elefante	Instalación	Si se requiere
Arco de acero	HEB-140	
Solera curva	Instalación	Si se requiere

1.44 Resumen sostenimiento galería de emergencia.

Tabla 1.46. Resumen general del refuerzo a partir del índice RMR para cada tipo de terreno. Tomado de: CAM, (2017).

SOSTENIMIENTO A PARTIR DEL INDICE RMR Y DE LA PROFUNDIDAD DE LA GALERIA DE ESCAPE												
RMR/ TIPO DE TERRE NO	EXCAVACI ÓN	ARCOS			PARAGUAS	COBERTURA < 300 m		COBERTURA > 300 m Y <600m		COBERTURA >600m		OBSERVACI ONES
		COBERTURA < 300 m	COBERTURA > 300 m Y <600m	COBERTURA >600m		PERNOS 3/4"	CONCRETO NEUMATICO	PERNOS 3/4"	CONCRE TO NEUMATI CO	PERNOS 3/4"	CONCRE TO NEUMATI CO	
>71 I	Avances Max 4,5 m				---	LOCALIZA DOS	5 cm donde se requiera	LOCALIZA DOS	5 cm	2-3 de 3m	5 cm	
51-70 II	Avances Max. 3,5 m				---	3-3 de 2-3 m	5cm	5-5 de 3 m	7,5 cm	7-7 de 3 m	10 cm	Los pernos se instalarán a una distancia de 2,5m y siempre se colocará uno en la clave
31-50 III	Avances Max 2,5 m	TH21 o HEB- 100 15% Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos 25%	TH21 o HEB-100 15%- 30% Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos 25%	TH21 o HEB- 100 30%-50% Donde se observen cuñas se instalarán arcos Noruegos 25%	---	4-5 de 2-3 m	7,5 cm Cuando no tiene arco 10 cm Cuando tiene arco	6-7 de 3 m	10 cm Cuando no tiene arco 12,5 cm Cuando tiene arco	8-9 de 3 m	12,5 cm Cuando no tiene arco 15 cm Cuando tiene arco	
16-30 IV	Avances de 1 a 1,5m	TH21 o HEB- 100	TH21 o HEB-100	TH21 o HEB- 100	Perno en spilling o autoperforant es de 1" de máximo 4 m donde se requiera.	5-6 de 3 m 20 % Según se requiera	12,5 cm	8-9 de 3 m	15 cm	10-11 de 3 m 20% Según se requiera	17,5 cm	Spllings de 3m para 2 avances de 1m y de 4m para 2 avances de 1,5m.
<15 V	Avances 0,75- 1,25 m <300m Avances 0,75- 1,0 m >300m	TH21 o HEB- 100	TH21 o HEB-100	TH29 o HEB- 140	Atices de 2" de 6 m de longitud, con traslapo	6-7 de 3 m 30% Según se requiera	12,5 cm	8-9 de 3-4 m 30% Según se requiera	15 cm	10-11 de 3-4 m 30% Según se requiera	17,5 cm	Instalación de solera curva Se requiere sección truncocónica

SOSTENIMIENTO A PARTIR DEL INDICE RMR Y DE LA PROFUNDIDAD DE LA GALERIA DE ESCAPE												
RMR/ TIPO DE TERRE NO	EXCAVACIÓN	ARCOS			PARAGUAS	COBERTURA < 300 m		COBERTURA > 300 m Y <600m		COBERTURA >600m		OBSERVACIONES
		COBERTURA < 300 m	COBERTURA > 300 m Y <600m	COBERTURA >600m		PERNOS 3/4"	CONCRETO NEUMATICO	PERNOS 3/4"	CONCRE TO NEUMATI CO	PERNOS 3/4"	CONCRE TO NEUMAT ICO	
					mínimo de 2-3m.	7-8 de 3 m 30% Según se requiera		10-11 de 3-4 m 30% Según se requiera		12-13 de 3-4 m 30% Según se requiera		(diente de sierra de 3-4° de inclinación)
						8-9 de 3 m 30% Según se requiera						
TERRE NO ESPEC IAL V*	Avances Max. 1 m	TH21 o HEB-100	TH29 o HEB-140	TH29 o HEB-140	Enfilajes de 2" de 6-9m de longitud o micropilotes autopercutores, con traslape mínimo de 2-3 m Inyecciones de consolidación perimetral a través de los enfilajes y/o Radiales. Pre inyecciones de impermeabilización en zonas con agua Inyecciones de relleno	8-9 de 3 m y 4m intercalados en S.S Pernos de fibra de vidrio en el frente de 9m a 12m con traslape de 3m. Pernos en solera donde se requiera	15 cm	10-11 de 3 m y 4m intercalados en S.S Pernos de fibra de vidrio en el frente de 9m a 12m con traslape de 3m. Pernos en solera donde se requiera	17,5 cm	12-13 de 3 m y 4m intercalados en S.S Pernos de fibra de vidrio en el frente de 9m a 12m con traslape de 3m. Pernos en solera donde se requiera	20 cm	Instalación de solera curva Se requiere sección troncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación) Pernos de fibra de vidrio, Pata de elefante, Lamina Marchavante, Micro pilotes laterales, núcleo central de excavación, inyecciones de consolidación o de impermeabilización y relleno

SOSTENIMIENTO A PARTIR DEL INDICE RMR Y DE LA PROFUNDIDAD DE LA GALERIA DE ESCAPE												
RMR/ TIPO DE TERRE NO	EXCAVACI ÓN	ARCOS			PARAGUAS	COBERTURA < 300 m		COBERTURA > 300 m Y <600m		COBERTURA >600m		OBSERVACI ONES
		COBERTURA < 300 m	COBERTURA > 300 m Y <600m	COBERTURA >600m		PERNOS 3/4"	CONCRETO NEUMATICO	PERNOS 3/4"	CONCRE TO NEUMATI CO	PERNOS 3/4"	CONCRE TO NEUMAT ICO	
												donde se requieran.
SUELO	Avances Max. 1 m	HEB140	HEB140	HEB140	Enfilajes de 2" de 6-9m de longitud o micropilotes autoperforant es inyectados, con traslapo mínimo de 2- 3m Inyecciones de consolidación perimetral a través de los enfilajes donde se requiera	---	17,5 cm	---	N/A	---	N/A	Instalación de solera curva donde se requiera Se requiere sección truncocónica (diente de sierra de 3-4° de inclinación)