

Consorcio Antioquia al Mar S.A.S.
Megaproyecto Túnel Guillermo Gaviria Echeverri y sus vías de acceso



Proyecto

- Megaproyecto Túnel Guillermo Gaviria Echeverri y sus vías de acceso
- Túnel carretero de dos carriles como parte del Corredor que pretende unir el centro de Antioquia y el País al Mar del Urabá antioqueño.
- Siete túneles: Guillermo Gaviria Echeverri (9.730 m) y 6 túneles más cortos que varían entre 136 m y 1.073 m, para una longitud total de túneles de más de 22.329 m.
- Sección variable de 20 m² a 120 m² (predominio 100 m²)
- Excavaciones realizadas de forma mecánica y con el método de perforación y voladura

Contratista

- Consorcio Antioquia al Mar (CAM)

Duración

- 2016 - 2023

Construyendo con seguridad el túnel carretero más largo de América Latina

El Túnel Guillermo Gaviria Echeverri y sus vías de acceso es un megaproyecto vial ubicado en las inmediaciones de los municipios de Cañasgordas y Giraldo, departamento de Antioquia, Colombia. Junto con varias otras estructuras, comprende la construcción del Túnel Guillermo Gaviria Echeverri de 9,73 km. La mega obra pertenece al Proyecto Autopistas de la Prosperidad que hace parte del Programa de Vías de Cuarta Generación 4G del Gobierno Nacional y se ejecuta como obra pública liderada por la Gobernación de Antioquia.

El proyecto Túnel Guillermo Gaviria Echeverri y sus vías de acceso conectará las concesiones Mar 1 (Medellín - Santa Fe de Antioquia) y Mar 2 (Cañasgordas - El Tigre). Junto con estos proyectos, pretende conectar los centros de producción ubicados en el departamento de Antioquia, la región central del país y las costas pacífica y atlántica. El túnel está siendo construido por el Consorcio Antioquia al Mar (CAM) según un contrato público. Comprende la excavación de un túnel principal y una galería de escape que se excavan en dos direcciones (Portal Giraldo y Portal Cañasgordas).



“Proyectos de infraestructura de la envergadura del Túnel más largo de América, nos obliga a buscar tecnología de punta, que nos lleve a mitigar los impactos negativos generados

por la diversidad geológica que acompaña las formaciones rocosas de Colombia, las cuales en nuestro proyecto particular cruza una parte de la Cordillera Occidental y nos lleva de rocas blandas sedimentarias, a rocas duras ígneas, generando en cada avance incertidumbres importantes, las cuales pueden ser mitigadas con la utilización del TSP 303 Plus, la cual es una herramienta clave para el Proyecto, pues mediante la implementación de esta, se logra tener claro los avances esperados, y poder hacer planificaciones asertivas del tiempo de ejecución del túnel, además permite tener una estimación más asertiva de los materiales a usar como soporte primario de la obra (concreto, arcos, fibra metálica, pernos, etc), lo que redundará en planeación de obra con minimización de las incertidumbres generadas por el riesgo geológico.”

Carlos Andrés Giraldo
Director de Oficina Técnica y de Ingeniería
Consortio Antioquia al Mar

Tarea

- Uso sistemático de TSP a lo largo de toda la excavación del túnel
- Previsión geológica de al menos 130 m por delante del frente del túnel
- Correlación con otros parámetros relevantes para la construcción

Desafíos

- Estado muy variable del macizo rocoso a lo largo de los casi 10 km del transepto
- Evidencia de cizalla y masa rocosa altamente fracturada en diferentes tipos de litología
- Identificar las zonas con alto riesgo de derrumbe, aplastamiento, etc.

Productos utilizados

- Un sistema TSP 303 Plus



Figura 1: Ubicación del proyecto. Foto: FCC Construcción.

La geología local a lo largo de la alineación del túnel comprende rocas sedimentarias e ígneas de dos formaciones: Penderisco y Barroso. La primera formación incluye estratos delgados de lutitas, limolitas, liditas y areniscas intercaladas ocasionalmente con paquetes de rocas volcánicas (basalto y andesita), mientras que la segunda comprende basaltos, gabro, diabasa, andesitas y tobas volcánicas. Según las previsiones geológicas, se esperan varias zonas de fallas y cuerpos intrusivos a lo largo del transepto. Asimismo, los valores RMR previstos oscilan entre 20 y 80, lo que indica una gran variabilidad del estado del macizo rocoso a lo largo de los casi 10 km de transepto que hay que atravesar. La cobertura varía desde unos pocos metros alrededor de la zona del portal hasta unos 900 m en el centro del túnel.

Campañas TSP y documentación geológica

Hasta la fecha se han realizado unas 40 campañas TSP en el proyecto, de las cuales unas 20 se llevaron a cabo en el túnel principal y su galería de escape. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones sobre los datos disponibles actualmente según los datos proporcionados por el operador TSP:

Portal	No. Campaña TSP	Longitud investigada (m)	Alcance medio (m)
Entrada ¹ (Giraldo)	10	1.083	155
Salida ¹ (Cañasgordas)	7	1.504	167
Total	17	2.587	-

¹ Mediciones realizadas en el túnel principal o en la galería de evacuación

Desde su implementación a principios de 2021, el TSP se ha utilizado sistemáticamente en ambas cavidades subterráneas. La condición favorable de la roca a lo largo de la formación Barroso ha permitido alcanzar un mayor rango de predicción promedio en comparación con los estudios realizados en la formación Penderisco. Sin embargo, 155 m representa un rango de predicción muy bueno teniendo en cuenta las desfavorables condiciones geomecánicas de la roca que prevalecen a lo largo de esta formación.

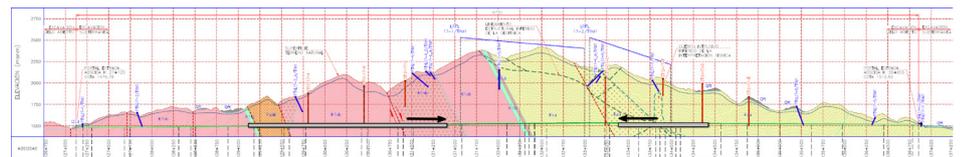


Figura 2: Longitud total con pronóstico a partir de los 17 sets de datos disponibles indicados sobre el modelo geológico inicial. Se diferencian fácilmente las dos formaciones rocosas principales, la formación Barroso (izquierda, naranja, rosa y verde) y la formación Penderisco (derecha, amarillo). Las flechas indican la dirección de los frentes de avance (izquierda: Entrada, derecha: Salida).



“La implementación del equipo TSP 303 Plus durante la etapa constructiva del Túnel Guillermo Gaviria Echeverri y su Galería de Escape, han permitido ampliar considerablemente el conocimiento

de las condiciones Geológicas-Geotécnicas del macizo rocoso a intervenir, permitiendo identificar con antelación zonas geológicas complejas, asociadas a fallas, rocas de condiciones geomecánicas desfavorables y sectores con posibles aportes de agua de infiltración, que pudieron haber comprometido la estabilidad de la cavidad subterránea, permitiendo una mejora en la toma de decisiones y en el planeamiento constructivo en el momento de cruzar estos sectores, disminuyendo de forma representativa el riesgo geológico asociado, permitiendo de manera directa una mejor aproximación de los tiempos reales de ejecución y una mejor estimación de recursos en la obra.”

Carlos Andrés Castro Muñoz
Geólogo
Consortio Antioquia al Mar

Validación de resultados sísmicos y generación de gráficos de apoyo

Las predicciones se han validado continuamente utilizando la documentación geológica tras la excavación. La correlación entre la clasificación del macizo rocoso (RMR) y el módulo dinámico de Young (Edyn) estimado a partir de los datos sísmicos, son evidentes a lo largo de la mayor parte de la zona investigada (Figura 2 y 3). Asimismo, el tipo de soporte de roca empleado se correlaciona muy bien con el Edyn. De hecho, tras la recopilación de varios resultados sísmicos, se pudieron hacer inferencias sobre el tipo de soporte que probablemente se emplearía, además del pronóstico del estado del macizo.

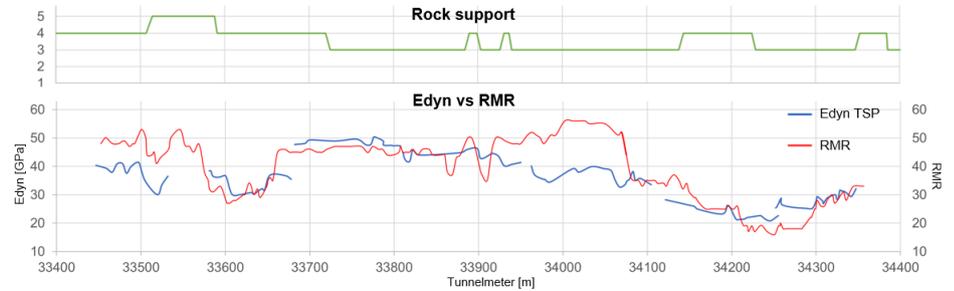


Figura 3: Valores de Edyn y RMR para el Portal Salida. La figura superior muestra el tipo de soporte empleado (1: soporte ligero para macizo favorable, 5: soporte reforzado para macizo muy pobre).

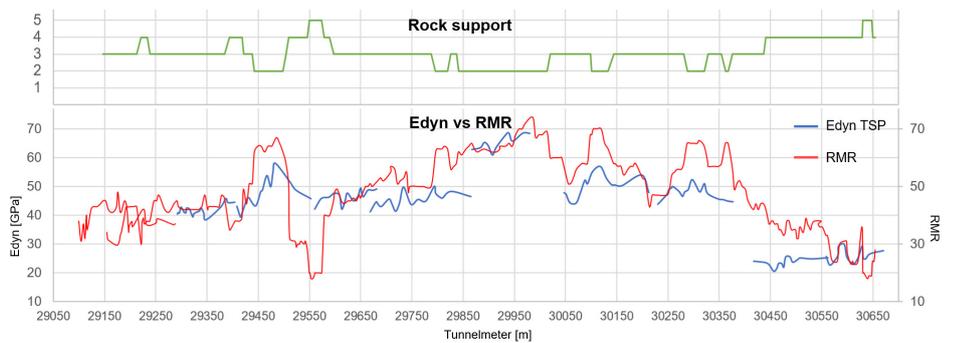


Figura 4: Valores de Edyn y RMR para el Portal Entrada. La figura superior muestra el tipo de soporte empleado (1: soporte ligero para macizo rocoso favorable, 5: soporte reforzado para macizo muy pobre).

Además, los valores Edyn se representan gráficamente versus la deformación máxima acumulada, medida a lo largo del transepto del túnel mediante extensómetros de cinta. Las figuras permiten comprobar de forma sencilla los valores Edyn para los que cabe esperar una determinada deformación. Añadiendo el tipo de sostenimiento, pueden extraerse conclusiones adicionales sobre la relación entre Edyn, la deformación acumulada y el sostenimiento seleccionado.

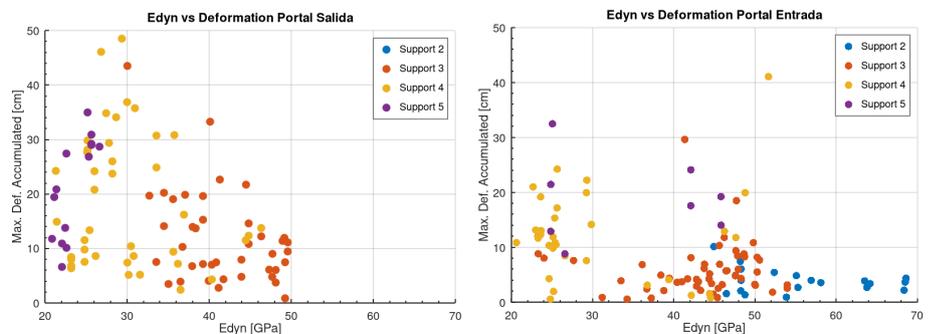


Figura 5: Gráficos de Edyn y deformación máxima acumulada, incluido el soporte de roca primario tal como se construyó. Izquierda: Portal Salida, derecha: Portal Entrada.



“La ingeniería colombiana viene ejecutando, en los últimos años, la construcción de túneles sin precedentes en las cordilleras de nuestro país. Con presencia de profesionales colombianos y extranjeros, en particular con ingenieros españoles, quienes aportan su experiencia y herramientas de seguimiento y control a este tipo de obras. Hemos logrado combinar habilidades y transferencia de conocimiento. Con este equipo se cuenta para enfrentar la ejecución de una megaobra como esta.

El consorcio asumió el proyecto en 2015 (preconstrucción) y a partir de enero de 2018, con su fase actual de construcción, trabajando 24 horas, los siete días de la semana. Faltando solo por ejecutar el 5 por ciento (marzo 2023) de los casi 22.300 metros lineales de las excavaciones subterráneas. Esto a pesar de que el trazado de la vía está ubicado en una zona con geografía compleja y etérea. Dicho avance se debe a múltiples razones. Una de estas, es la implementación del TSP a finales del año 2020, el cual proporcionó al personal que estaba al frente de los procesos de excavación la implementación de tecnología de punta como lo amerita una obra de envergadura.”

Edwin Díaz Pinzón
Director de Proyectos de Carlos Alberto Solarte Solarte
Miembro del Consorcio Antioquía al Mar

Contact

Amberg Technologies AG
Trockenloostrasse 21
8105 Regensdorf-Watt
Switzerland
Phone +41 44 870 92 22
geophysics@amberg.ch
www.ambergtechnologies.com/

© 2023/03 Amberg Technologies AG, Switzerland

A partir de las correlaciones, pueden extraerse las siguientes conclusiones principales por portal:

Portal Salida

- Rango Edyn: 20 - 30. Máxima deformación posible, hasta unos 50 cm. Para Edyn < 26, se utiliza predominantemente el soporte de roca 5; en caso contrario, el soporte tipo 4.
- Rango Edyn: 30 - 40. Aún es posible una alta deformación, hasta unos 40 cm. Para Edyn < 35, se utiliza predominantemente el soporte de roca 4, de lo contrario el soporte tipo 3.
- Rango Edyn: 40 - 50. Deformaciones moderadas, hasta unos 20 cm. Se utiliza predominantemente el soporte de roca 3. Soporte tipo 4 sólo en casos puntuales para controlar deformaciones > 10 cm.

Portal Entrada

- Rango Edyn: 20 - 30. Máxima deformación posible, hasta unos 30 cm. Se utiliza predominantemente el soporte de roca 4. Soporte tipo 5 en casos puntuales para controlar deformaciones > 10 cm.
- Rango Edyn: 30 - 40. Deformaciones bajas, < 10 cm. Soporte de roca 4 se utiliza predominantemente.
- Rango Edyn: 40 - 50. Deformaciones bajas a altas, hasta unos 30 cm. El soporte 3 se utiliza predominantemente. Soporte tipo 4 y 5 utilizados en casos puntuales para controlar deformaciones > 10 cm.
- Rango Edyn: 50 - 70. Deformaciones muy bajas, < 6 cm. Se utiliza predominantemente el soporte de roca 2.

Estos trabajos de referencia pueden utilizarse como herramientas para la interpretación de los datos sísmicos. Contribuyen a una predicción más detallada que incluye información sobre la deformación prevista y el soporte primario a emplearse. Además, es muy probable que la confiabilidad de la información obtenida a partir de estas figuras aumente considerablemente mediante la integración de nuevos resultados en el análisis, a medida que éstos se vayan colectando.

Conclusión

Los resultados del TSP y su comparación con la geología excavada y los valores estimados de RMR han demostrado que el TSP 303 es una herramienta eficaz y fiable para obtener información geológica hasta 150 m o más por delante del frente. Además, mediante el análisis de datos procedentes de distintas fuentes, como la información geológica, la clasificación del macizo y las mediciones de convergencia, se puede obtener información adicional muy útil, que apoya en gran medida el proceso de toma de decisiones para para la selección del tipo de sostenimiento adecuado durante la excavación de túneles.

„El sistema TSP 303 Plus es una herramienta clave para el proyecto, pues mediante su implementación se logra tener claro los avances esperados y se puede planificar asertivamente el tiempo de ejecución del túnel.“

