



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE
EXCAVACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN CONVENCIONAL
D&B Y TUNELADORA (TBM) EN LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA SAN GABAN III - PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. OMAR INCAQUISPE RODRÍGUEZ

Bach. NOE CHAMBI NARIZO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR


PUNO – PERÚ

2024



OMAR INCAQUISPE RODRÍGUEZ NOE CHAMBI NA...

ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE EXCAVACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN CONVENCIONAL D...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:414996593

190 Páginas

Fecha de entrega
11 dic 2024, 8:41 a.m. GMT-5

26,369 Palabras

Fecha de descarga
11 dic 2024, 8:51 a.m. GMT-5

128,592 Caracteres

Nombre de archivo
P.I. OMAR INCAQUISPE RODRIGUEZ - 2024.666666677777.pdf

Tamaño de archivo
22.2 MB





15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.


M.S. Raúl Cornejo Calvo
DOCENTE ASOCIADO TC
CIP N° 144597


Dr. Valeriano CONDORI APAZA
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FGA





DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón, esta tesis de investigación a mi madre, Placida Rodríguez Alave (*f*), que en paz descanse, que ha sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado a lograr mis objetivos.

A mi padre Teófilo Incaquispe Anquise, por su apoyo incondicional en todo el momento de mi vida.

A mi hija Danna Valentina Alessia, por ayudarme y alentarme en el proceso de este trabajo de investigación.

Omar Incaquispe Rodríguez



AGRADECIMIENTOS

A Dios por su gracia divina, a nuestros Ingenieros y Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, a la empresa Central Hidroeléctrica San Gabán III, por las facilidades prestadas.

Omar Incaquispe Rodríguez

Noe Chambi Narizo



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
LISTA DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1.1 Problema general.....	20
1.1.2 Problemas específicos	20
1.2 HIPÓTESIS	21
1.2.1 Hipótesis general	21
1.2.2 Hipótesis específicas	21
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.4 OBJETIVOS.....	23
1.4.1 Objetivo general.....	23
1.4.2 Objetivos específicos.....	23

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1.1.	Antecedentes internacionales	24
2.1.2.	Antecedentes nacionales	25
2.2.	BASES TEÓRICAS	29
2.2.1.	Centrales hidroeléctricas	29
2.2.2.	Túnel mecanizado vs método convencional.....	30
2.2.3.	El diseño de una excavación subterránea.....	30
2.2.4.	Excavación de lumbreras	31
2.2.5.	Inclinación del túnel	34
2.2.6.	Caracterización geomecánica del macizo rocoso.....	35
2.2.7.	Máquinas tuneladoras.....	36
2.2.8.	Tipos de máquinas tuneladoras	37
2.2.9.	Sistema back-up	45
2.2.10.	Clasificación geomecánicas RMR según Bieniawski 1989	46
2.2.11.	Método de excavación – sistema de soporte alterna y la relación de RQD.	47
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	49

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	54
3.1.1.	Ubicación política	55
3.2.	MATERIALES DE TRABAJO	55
3.2.1.	Materiales	55
3.2.2.	Herramientas	55
3.2.3.	Equipos e instrumentos	55



3.2.4.	Material de escritorio	55
3.2.5.	Software	56
3.2.6.	Excavación mediante perforación y voladura (D&B).....	56
3.2.7.	Excavación con tuneladora TBM.....	59
3.3.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.3.1.	Enfoque de la investigación	60
3.3.2.	Población.....	61
3.3.3.	Muestra.....	61
3.4.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.4.1.	Variables de investigación	62
3.4.2.	Confiabilidad y validez	62
3.4.3.	Prueba estadística	63
3.5.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO	63
3.5.1.	Flujo de trabajo para tipos de sostenimiento de excavación	64
3.6.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO	66
3.6.1.	Flujo de Trabajo de la variación del rendimiento	66
3.7.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO	72
3.7.1.	Flujo de Trabajo para variación del costo de excavación	72

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADO.....	74
4.1.1.	Resultados de primer objetivo especifico.....	76



4.1.2. Resultados del segundo objetivo específico.....	89
4.1.3. Resultados de tercer objetivo específico	98
4.1.4. Análisis inferencial.....	107
4.2. DISCUSIÓN	116
V. CONCLUSIONES.....	121
VI. RECOMENDACIONES	123
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.....	128

ÁREA: Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro.

TEMA: Otras ingenierías y tecnologías

FECHA DE SUSTENTACIÓN:17 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Guía de sostenimiento primario según RMR.....	46
Tabla 2 Relación de RQD – método excavación	47
Tabla 3 Métodos de análisis en excavación convencional D&B y tuneladora (TBM).	62
Tabla 4 Cantidad de varillas de anclaje de variable utilizada para el sostenimiento en D&B.	77
Tabla 5 Porcentaje de concreto proyectado (Shotcrete) utilizado para el sostenimiento en D&B.	78
Tabla 6 Porcentaje de concreto proyectado (Shotcrete) utilizado para el sostenimiento en TBM.	81
Tabla 7 Cantidad de pernos de anclaje utilizados para el sostenimiento en TBM....	83
Tabla 8 Cantidad de cerchas de acero utilizados para el sostenimiento en TBM.	84
Tabla 9 Cuadro resumen de los sostenimientos D&B Y TBM empleados por cada método.....	88
Tabla 10 Avance de excavación con D&B en un mes	89
Tabla 11 Resumen de excavación con D&B por tipo de roca mes de julio.....	91
Tabla 12 Avance de excavación con TBM en un mes	93
Tabla 13 Resumen de excavación con TBM por tipo de roca mes de setiembre.....	95
Tabla 14 Costo de excavación con D&B en un mes.....	98
Tabla 15 Resumen de costos con D&B por tipo de roca mes de julio.....	100
Tabla 16 Costo de excavación con TBM en un mes.....	102
Tabla 17 Resumen de costos con TBM por tipo de roca mes de setiembre	104



Tabla 18	Normalidad para distribución normal para para la metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM).....	108
Tabla 19	Prueba de hipótesis de rangos con Wilcoxon para la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B menos eficiente que la tuneladora (TBM)	109
Tabla 20	Prueba T de Student para muestras relacionadas (Rendimiento).....	110
Tabla 21	Prueba de rangos de con signo de Wilcoxon para la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es mayor que la tuneladora (TBM)	112
Tabla 22	Prueba de rangos de con signo de Wilcoxon para la metodología (TBM), respecto al costo por el método convencional D&B.....	113
Tabla 23	Prueba de rangos de con signo de Wilcoxon para el rendimiento de la tuneladora (TBM), presenta un costo más óptimo por el método TBM. ...	114



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag,
Figura 1 Lumbrera con método convencional	33
Figura 2 Construcción de lumbrera con un muro de Milán	34
Figura 3 Tipos de TBM, AVN y HDD	36
Figura 4 Esquema tuneladora de tipo topo	39
Figura 5 Tuneladora tipo escudo simple	40
Figura 6 Tuneladora tipo escudo doble.....	41
Figura 7 Tuneladora tipo EPB	42
Figura 8 Tuneladora tipo Slurry Shield	43
Figura 9 Tuneladora tipo escudo mixto	44
Figura 10 Ubicación del área en estudio.....	54
Figura 11 Plano en planta de tramo con método convencional D&B.....	56
Figura 12 Sección de la ventana superior de la cámara de compensación con colchón de aire.	57
Figura 13 Perforación con jumbo para colocación de pernos de anclaje.....	183
Figura 14 Lanzado de concreto en el túnel para sostenimiento	183
Figura 15 Sostenimiento con simbra y pernos de anclaje en roca tipo V	184
Figura 16 Cabina de control de tuneladora TBM.	184
Figura 17 Tuneladora TBM.	185
Figura 18 Jumbo de dos brazos.....	185
Figura 19 Control topográfico.	186



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexos 1. Matriz de consistencia	129
Anexos 2. Operacionalización de las variables	130
Anexos 3. Matriz data.....	131
Anexos 4. Ensayo de fuerza de tracción de pernos.	134
Anexos 5. Ensayo de resistencia a la compresión de la roca.....	168
Anexos 6. Planos de TBM.....	177



LISTA DE ACRÓNIMOS

TBM:	Tunnel Boring Machine ó Tuneladora ó máquina de perforación de túneles.
D&B:	Drill and blast ó perforación y voladura
NATM:	Nuevo Método Austriaco de tunelería
F’c:	Resistencia a la compresión
PHD:	Perforación horizontal dirigida
PPS:	Sistemas de precisión poltinger
EPB:	Earth Pressure Balance ó Equilibrio de presión de la tierra
RMR:	Rock mass qualification ó calificación del macizo rocoso
SPSS:	Paquete Estadístico para Ciencias Sociales
H_o:	Hipótesis nula
H_a:	Hipótesis alterna

UNIDADES DE MEDIDA

Lbs:	Libras
cm:	Centímetros
m:	Metros
%:	Porcentaje



Km:	Kilometro
\$:	Dólares
cm²:	Centímetros cuadrados



RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de realizar un análisis comparativo de las metodologías de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno. La metodología tiene un enfoque mixto, el tipo de estudio aplicada, nivel descriptivo – correlacional y diseño no experimental. En los resultados el sostenimiento con varillas de anclaje es 165 und a 81.32%, concreto proyectado se utilizó al 100% tanto para rocas de tipos I, II, III, IV y V con respecto a D&B. El sostenimiento con TBM; de varillas de anclaje para rocas de tipos II, III, IV y V (4 und, 8 und, 12 und y 12 und) a 17.70%, cerchas de acero 2 und equivalente a 0.98% y concreto proyectado se utilizó al 100% tanto para rocas de tipo I, II, III, IV y V. El rendimiento para el método convencional (D&B) fue 98.25% (roca III) y 1.75% (roca IV) y con el método (TBM) fue 88.19% (roca III) y 11.81% (roca IV) realizadas durante un mes, en la prueba estadística la significancia alcanzada es de 0.000, lo cual es menor a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis alterna que considera una variación en el rendimiento de trabajos de excavación con D&B y TBM. El costo de excavación con D&B fue de \$ 403 842.91 (roca III) y \$ 9 389.71(roca IV), el costo con TBM fue de \$ 990 492.32 (roca III) y \$ 132 616.30 (roca IV), la significancia alcanzada es de 0.000, el cual es menor a 0,05; por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna, que considera una variación en el costo de excavación con D&B y TBM.

Palabras clave: Costo, Hidroeléctrica, Tiempo, Tuneladora (TBM), Túnel.



ABSTRACT

This research was conducted with the aim of making a comparative analysis of the excavation methodologies using conventional D&B and tunnel boring machine (TBM) at the San Gabán III hydroelectric power plant, Puno. The methodology has a mixed approach, the type of study applied, descriptive - correlational level and non-experimental design. In the results, the support with anchor rods is 165 and 81.32%, shotcrete was used 100% for rocks of types I, II, III, IV and V with respect to D&B. The support with TBM; of anchor rods for rocks of types II, III, IV and V (4 units, 8 units, 12 units and 12 units) at 17.70%, steel trusses 2 units equivalent to 0.98% and shotcrete was used 100% for rocks of types I, II, III, IV and V. The yield for the conventional method (D&B) was 98.25% (rock III) and 1.75% (rock IV) and with the method (TBM) it was 88.19% (rock III) and 11.81% (rock IV) carried out during one month, in the statistical test the significance reached is 0.000, which is less than 0.05, so we accept the alternative hypothesis that considers a variation in the performance of excavation work with D&B and TBM. The cost of excavation with D&B was \$403,842.91 (rock III) and \$9,389.71 (rock IV), the cost with TBM was \$990,492.32 (rock III) and \$132,616.30 (rock IV), the significance reached is 0.000, which is less than 0.05; therefore, we accept the alternative hypothesis, which considers a variation in the cost of excavation with D&B and TBM

Keywords: Cost, Hydroelectric, Time, Tunnel Boring Machine (TBM), Tunnel.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso de excavación en el túnel de conducción en la central hidroeléctrica San Gabán III, ubicada en la región Puno, se enfrenta diversos desafíos, geológicos, ambientales y técnicos; se representó, cambios abruptos en las propiedades de las rocas. Por un error de caracterización geológica, provocó aplastamiento de la bóveda en el cabezal de TBM, por un periodo aproximado de tres meses no se realizó la excavación. A causa de condiciones geotécnicas inestables, con la presencia de suelos blandos, rocas fracturadas, y la posibilidad de deslizamientos o colapsos en los hastiales y bóveda del túnel de conducción esto representa un riesgo potencial para los trabajadores en el interior túnel. La presencia de aguas subterráneas trae consigo diferentes problemas al área de producción en la excavación del túnel; especialmente por método convencional donde se puede apreciar la disminución del rendimiento de maquinarias y la salud en el personal obrero; por ende, se afecta la planificación de avance y la ruta crítica del diagrama Gantt, implica también la ampliación de plazos para la culminación del proyecto. La intervención humana también puede desencadenar procesos erosivos que afecten la cuenca hidrográfica. En el proyecto se planteó la necesidad de evaluar y comparar las metodologías de excavación convencional D&B (Perforación y Voladura) y el uso de una tuneladora (TBM). Ambos métodos presentan ventajas y desventajas que deben ser analizadas en función de las condiciones geológicas y geotécnicas específicas del sitio, los requerimientos de diseño del proyecto, aspectos económicos, ambientales y de seguridad, en referencia a la problemática.



A nivel mundial, la perforación y voladura es una técnica conocida en construcciones de obras civiles, minas y obras hidráulicas, por tanto, los medios mecánicos no son tan rentables en el avance productivo. La excavación en túneles actualmente no es tan rentable por utilizar materiales convencionales como explosivo, taladros de roca entre otros. En el tiempo disminuye su utilidad o pasa al desuso y no están eficiente. También por factores medio ambientales, económico y social. Bernaola et al (2013).

La problemática persiste en comparación con el procedimiento tradicional de perforación y voladura, es más sensible y exigente con las características de los estratos, y su eficiencia de excavación se ve fácilmente afectada por las condiciones geológicas desfavorables que se avecinan. Wu et al (2021)

A nivel nacional, la excavación mediante perforación y voladura demanda más insumos en el proceso de excavación como instalación de explosivos, presión de gases y la energía de vibración y entre otros. Es propenso a derrumbes por la mala calidad del macizo rocoso o la discontinuidad de las rocas no son adecuadas al momento de realizar la excavación. Diez (2015)

A nivel regional, Dada que el avance es extremadamente lento, continuar con el mismo viejo método de hacer el trabajo resulta en pérdidas significativas y sería altamente costoso. Esto conduce a robos económicos y pérdidas de tiempo. Y la inestabilidad de conflictos sociales, es la otra situación de la problemática, por la construcción de túnel en Ollachea. Carlos et al (2021).

Las principales deficiencias radican en el aspecto técnico, operatividad, económico, ambiental y de riesgo. Por un lado, el método D&B ofrece mayor flexibilidad y adaptabilidad a diferentes condiciones geológicas, pero genera mayores impactos



ambientales y riesgos para la seguridad. El uso de una tuneladora (TBM) permite una excavación más controlada y precisa, con menores impactos ambientales, pero requiere una inversión inicial más alta y una mayor planificación, estudios previos, personal altamente capacitada para la operación y mantenimiento; con el tiempo se puede apreciar mayor producción y un rendimiento eficiente en excavación de túneles de gran envergadura.

1.1.1 Problema general

¿En qué se diferencian las metodologías de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los tipos de sostenimiento para la excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno?
- b) ¿Cuánto es la variación del rendimiento de trabajo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III, Puno?
- c) ¿Cuánto es la variación del costo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno?



1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis general

La metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B menos eficiente que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno

1.2.2 Hipótesis específicas

- a) Los costos de la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es mayor que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno
- b) La metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM), el costo es mayor por el método convencional D&B en la excavación en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno
- c) La variación de costo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno, será de \$. 530.00

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En los países latinoamericanos, hay una gran variedad de proyectos de gran envergadura como hidroeléctricas, carreteras, metros, trasvases, etc. en las que es necesario la apertura de túneles. Para el desarrollo de estos proyectos se utilizaron y aun se utilizan las máquinas tipo TBM. En el caso concreto de cordillera de los Andes existen varios proyectos donde se viene utilizando el TBM desde 1980 con resultados exitosos. Se calcula 114 Km de túnel aproximadamente fueron ejecutados con el TBM con exclusión de algunos proyectos como el de Túnel Sur de Los Bronces, Chacayes, Tránsito



Olmos, entre otros que se vienen ejecutando y finalizando. Así también el uso del TBM no es exento a algunos inconvenientes como retrasos, pero solo en dos proyectos se generaron retrasos significativos llegando incluso al abandono, estas fueron Yuncan en Perú por el derrumbe del túnel y en Venezuela el proyecto Yacambu-Quibur.

A pesar de que se sabe que más de un centenar de kilómetros fueron ejecutados exitosamente mediante el TBM, en algunos casos con tiempos récords. Algunas empresas y constructores de túneles creen que el uso de este método podría llevarlos a un posible fracaso con una mínima posibilidad de éxito, sin tener en cuenta las cifras que demuestran lo contrario.

Por otro lado, el Perú es un país emergente, por lo que existe la demanda de construcción de infraestructuras de túneles de vías, hidroeléctricas, metros, trasvases, entre otros; que contribuyen al desarrollo de país generando energía, mayor intercambio comercial, abastecimiento de agua, entre otros. Bajo esta premisa este estudio tendrá la finalidad de ser un marco referencial de la diferencia que existe en el tiempo al utilizar la herramienta tuneladora TBM comparado con el sistema convencional D&B en proyectos de túneles de gran envergadura. Por ende, este proyecto se justifica, por la necesidad de encontrar diferencias que sean viables entre las metodologías para la excavación de túneles, costo de excavación y la colocación de sostenimiento, aplicando el método de tuneladora (TBM) y convencional D&B en la central hidroeléctrica emplazada en San Gabán III, Puno.

Así poder emplear las metodologías más eficientes en la construcción de obras civiles, minas y obras hidráulicas, para el desarrollo de la región puno y del Perú.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de las metodologías de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Establecer los tipos de sostenimientos para la excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.
- b) Calcular cuánto es la variación del rendimiento de trabajo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.
- c) Determinar cuánto es la variación del costo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según, Rodríguez (2020) en su respectiva indagación titulada “Desafíos geomecánicas para el uso de TBM en minería masiva de Chile”, tiene como objetivo estudiar las condiciones geomecánicas y de operación para el aprovechamiento de Tunnel Boring Machine en minería masiva de Chile. La metodología empleada es de un nivel descriptivo con un tipo aplicado y un diseño no experimental ya que se predecirán los tiempos al aplicar el método indicado. Los resultados demuestran que al simular el método TBM en el proyecto minero Monte Carlo de 1.6 km de longitud de túnel donde presenta una TMB doble escudo con un tiempo de 32 a 35 m/día reiterativamente en los cuatro tramos, lo cual a primera vista llama mucho la atención. Concluyendo que el TBM es el método más certero y rápido para construir una excavación. Las TBMs pueden excavar a velocidades avanzadas y con gran seguridad, sin embargo, las TBMs implican gran capital de inversión y largos plazos de entrega de la TBM.

Asimismo, Herrera (2021) en su tesis denominado “análisis de la aplicabilidad de TBM en nivel de producción de minería BLOCK CAVING, de la Universidad de Chile”, como objetivo busca conocer las capacidades y los límites de la TBM en lo que respecta a la construcción de túneles. También lo hace modificando el diseño del nivel de producción para adaptarlo a las características operativas de la TBM y estimando los costos y los plazos de



construcción para esos diseños. La metodología que se usa es de tipo aplicada por establecer parámetros operativos, construcción de diseños, simulación de Montecarlo, estimación económica y por último comparación de las mallas. Los resultados en la indagación aclaran que un plan de desarrollo es el procedimiento horizontal de categorías de producción y de hundimiento obtenidos por medio de los tiempos de las máquinas de perforación y tronadura, se visualiza que la perforación total de los túneles se realizó en un periodo de 25 meses. Se registraron los alcances promedios y máximos alcanzados para cada diseño individual, el diseño 1 tiene un avance promedio de 16.5 m/d, el avance máximo es 37.2 m/d y los costos unitarios de estos son 5556 TMB (USD/m), para el diseño 2 tiene un avance promedio de 13.8 m/d, el avance máximo es 32.6 m/d y los costos unitarios de estos son 5991 TMB (USD/m). la estimación económica resultó en el caso base 4681 (MUSD), el diseño 1 fue 4539 (MUSD), el diseño 1 fue 4557 (MUSD). Se concluye que las Tunnel Boring Machines ofrecen grandes beneficios de avance con un alto índice de ventajas económicamente en el proyecto.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Reátegui (2020) en su investigación titulada “Estudio de prefactibilidad para la construcción del túnel de metro de lima - callao línea 2, mediante máquinas tuneladoras”, tiene como objetivo estudiar el proceso constructivo del Metro de Lima Callao y desarrollar un estudio que permita ser usado como referencia para aplicar el método de excavación con tuneladoras, de forma que se puedan aplicar en proyectos futuros y enriqueciendo la ingeniería nacional transfiriendo la tecnología utilizada. La metodología utilizada es de un



alcance descriptivo – correlacional, con un tipo aplicada y de un diseño experimental cuyos resultados demuestran que con los resultados del proyecto del metro de Lima se obtuvieron los costos unitarios para la instalación del túnel usando máquinas tuneladoras, el valor aproximado es 18,000 USD/m; por otro lado, los datos del metro de Santiago permitieron determinar los costos de la edificación del túnel interestación empleando la estrategia NATM con un costo aproximado de 15,000 USD/m, menor a los costos asociados al uso de máquinas tuneladoras. Una de las diferencias entre ambos métodos es que por un lado la estrategia NATM contempla al terreno como ámbito del soporte y garantiza que se tenga control en la excavación mientras se aplica el sostenimiento, por otro lado, la tuneladora, que realiza la excavación completa de la sección en el túnel aplicando presiones de confinamiento mediante el mismo suelo excavado y tratado con aditivos. Concluyendo que la utilización de tuneladora representa menor demanda de costo en la excavación y subsistencia del proyecto, a su vez la elegir la maquina tuneladora es primordial para el éxito de un proyecto, ya que influirá en el tiempo y el costo, con respecto al tiempo se concluye que. Uno de los mayores beneficios de utilizar el enfoque NATM es que ofrece oportunidades para mejorar muchos frentes de trabajo debido a la simplicidad con la que se pueden construir en el terreno los pozos que permitan el acceso a los túneles.

Asimismo, Samané (2019) en su investigación titulada “Análisis metodológico de sostenimiento y proceso de excavación por método perforación y voladura y tuneladora túnel trasandino de Olmos con estallidos de roca”, tiene por objetivo Examinar el sistema de soporte y técnica de excavación (tradicional D&B y/o tuneladora TBM) para reducir el estallido de roca del Túnel Trasandino Olmos – Lambayeque. La metodología aprovechada fue del tipo aplicativo, al



igual que el nivel descriptivo – correlacional, conjuntamente con el diseño descriptivo – transversal. Los resultados demuestran que realizando excavaciones convencionales se tiene tiempos de 85.65 m/mes, con el incremento de la intensidad de abultamiento de la roca, lo que puede significar que para la culminación de la excavación serían necesarios de 13 frentes de trabajo método convencional, sin embargo, empleando el método mecanizado TBM, se ejecutaron los 12,998.70 metros en cinco años con un tiempo de 400 m/mes, para el cual durante el excavado se usaron elementos de sostenimiento estos fueron: La cimbra metálica de perfil en U, dimensiones 6" x 2", con dimensiones metálicas de sección H 10. 16cm x 10.16cm x 0.19kg/cm con características de hierro corrugado, y con un L = 3. 0 m y A = 12 cm (4 varillas Ø 9 mm) y A = 10 cm (11 varillas Ø 6 mm) denominados McNaly, pernos de anclaje para roca, de hierro helicoidal de diámetro 1" x 2,2 m de longitud, son mallas metálicas electrosoldadas con dimensiones de diámetro de 6 a 8 mm y lanzadas de hormigón proyectado simple con una resistencia de diseño de $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. En cuanto al costo de cada método de acuerdo con diferentes experiencias a nivel mundial se demostró que en virtud de una cierta longitud (4 -5 km) empleando TBM para la excavación resulta ser más rentable en comparación a los métodos convencionales. Concluyendo que la utilización del método mecanizado o TBM resulto ser más económico y seguro con respecto al método convencional (D&B), que a medida se alargue la excavación el tiempo disminuye, además de ello el empleo de la TBM fue de gran importancia ya que redujo los estallidos de roca.

También, Carnero (2019) en su tesis denominado “Análisis del procedimiento constructivo del túnel Pucará trasandino con tuneladora simple escudo en el proyecto Majes Sigvas II Fase I, Sibayo - Caylloma - Arequipa



2019”, la cual tiene por objetivo analizar el procedimiento constructivo del túnel Pucara Trasandino con tuneladora simple escudo en el proyecto Majes Siguan II fase I, Sibayo – Caylloma - Arequipa 2019. La metodología aprovechada fue el diseño no experimental del tipo transeccionales descriptivos con un nivel descriptivo. Los resultados demuestran que el empleo del método de remover la tierra con tuneladora tiene una garantía de seguridad para cada obrero, por lo que en el excavado de túneles con TBM los accidentes son básicamente inexistentes, además de que se tiene tiempos de aproximadamente 20 a 25m diarios en comparación al convencía quien tiene de 5 a 7m metros diarios lo que representa un tiempo de 3 a 4 veces más altos en comparación a los métodos convencionales, lo que tiene un influencia bastante significativa en los tiempos y por ende en las fechas o plazos de ejecución en el proyecto completo, que repercuten en la economía destinada a los proyecto. También se puede mencionar que el uso de tuneladoras es una forma amigable de excavación para el medio ambiente. Concluyendo que el método TBM es mucho más factible que cualquier otro método convencional, ya que las ventajas al usarla son muchas a su vez evitan sobre excavaciones permitiendo ahorrar en sostenimiento y material excedente.

Finalmente, Ramos (2014) en su investigación titulada “Geología y geotecnia en la excavación con TBM del túnel trasandino - proyecto especial Olmos”, tiene como objetivo servir de marco para el uso de la tecnología en la excavación de los próximos proyectos importantes de construcción de túneles en Perú. La metodología aprovechada en el presente, fue el diseño experimental con un nivel descriptivo y del tipo aplicado en donde se realizó la excavación de un túnel de 19 309.45 m en el proyecto especial Olmos Tinajones. Los resultados demuestran que los tiempos con tuneladoras de cabeza giratoria son desde 3 -6 m



por hora y hasta más, no requiere el uso de explosivos, actualmente en la tecnología de discos de corte es de 300MPa lo que indica que muchos túneles ejecutados a través de macizos duros no podrían ser excavados igual o más económicamente mediante Drill and Blast. También nos menciona que el costo con TBM es menos para longitudes de 7 – 8 km. los tipos de sostenimiento fueron cuatro desde un sostenimiento liviano hasta un sostenimiento pesado para roca de muy mala calidad, los elementos de sostenimiento fueron: pernos helicoidales de 2.20m y 3.00m de longitud con un diámetro de 25mm, concreto lanzado con fibra y sin fibra de una resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$, malla electrosoldada de 6 – 10mm de diámetro con cocadas de 10x10cm a 20x20cm y cimbras metálicas de perfil “H” de 6x6 de 25lb/pie. Concluyendo que los estallidos de rocas conocidos como “golpe de montaña” o “rock burst” debido a la diversa litología de la roca han sido perjudiciales para el personal, al sostenimiento y al equipo TBM.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Centrales hidroeléctricas

Las pequeñas y descentralizadas centrales hidroeléctricas son una opción importante y atractiva para la generación de energía en regiones aisladas y en áreas donde la conexión a la red de distribución eléctrica resulta costosa o poco práctica. Estas instalaciones hidroeléctricas ofrecen varios beneficios y son una alternativa valiosa para abastecer tanto a viviendas como a la industria, así como para contribuir a la red pública de energía en muchos países. Las pequeñas centrales hidroeléctricas suelen tener un impacto ambiental relativamente bajo en comparación con las grandes represas hidroeléctricas. Esto se debe a que no



requieren grandes embalses y, en general, tienen un menor impacto en los ecosistemas locales. Schmaeh (2015)

2.2.2. Túnel mecanizado vs método convencional

Generalmente existe dos formas de realizar una excavación de túneles por medio de perforación y voladuras, o usando tuneladoras. Frente a los métodos convencionales de perforación, las opciones mecanizadas tienen ventajas, dependiendo de las condiciones del terreno es posible utilizar tuneladoras con o sin escudos. Las tuneladoras con escudo brindan un alto grado de flexibilidad, ante todo tiene la capacidad de excavación mediante cualquier roca y en diversos tipos de suelos, a cualquier profundidad, así como suelos bajo niveles freáticos, con impactos mínimos en su entorno. Así mismo en túneles de grandes distancias ofrecen incrementar los beneficios en la economía y el tiempo. Y finalmente permiten que la planificación de los proyectos sea más confiable e incrementan la seguridad en el lugar, por otro lado, al comparar con el método convencional, en algunas situaciones las tuneladoras necesitan de una inversión inicial considerablemente alta, por lo que el inicio de las actividades de excavación suele retrasarse durante varios meses hasta que esté disponible en el proyecto una tuneladora. La tecnología en túneles mecanizados en actualidad brinda diversas soluciones para realizar la mayor parte de las obras hidroeléctricas, así como diversas formas de revestimiento garantizando seguridad, incluso en situaciones del suelos inestables y cambiantes. Schmaeh (2015)

2.2.3. El diseño de una excavación subterránea

Según Samané (2019) indica que la estructura es muy compleja, y tiene un diseño colosal para el sistema de sostenimiento en excavaciones de túneles . Es



por ello, que la finalidad de diseñar las distintas etapas de refuerzos en túneles subterráneas, es proporcionar a la matriz rocosa y soportar estas orientaciones y controlar las caídas de las rocas y minimizar el impacto por la caída libre de las rocas, los que son los tipos de inestabilidades presente durante la excavación de túneles. El diseño de sostenimiento al realizar excavaciones subterráneas es un campo especializado, ya que tiene bastante diferencia a los diseños de otras estructuras civiles. El proceso para diseñar los sostenimientos de excavaciones subterráneas debe adaptarse a cada una de las situaciones.

2.2.4. Excavación de lumbreras

La lumbrera, como se describe, es una excavación vertical o inclinada que se utiliza para conectar un túnel subterráneo con la superficie. Es una parte importante en proyectos de construcción de túneles y tiene varias aplicaciones clave, donde las lumbreras proporcionan acceso desde la superficie al interior del túnel, lo que es totalmente esencial para el acceso y salida de personal, maquinaria y suministros. Además, permita una ventilación adecuada dentro del túnel para controlar la calidad del aire y garantizar la seguridad de los trabajadores. Se usan en diferentes procesos, como la implantación de la estructura de reacción, el inicio de los empujes de excavación, la instauración del sistema de calorifugado vertical y otros procesos que dependen de la profundidad del pozo. También se instalan en la revocación y suministración de agua a la TBM, aguas residuales, aire comprimido, suministro de dovelas al frente de excavación y conductos de ventilación Serradell (2017). El método de construcción varía según los dinteles, ya que se realizan en condiciones geológicas y geotécnicas distintas. Los procesos son los siguientes:



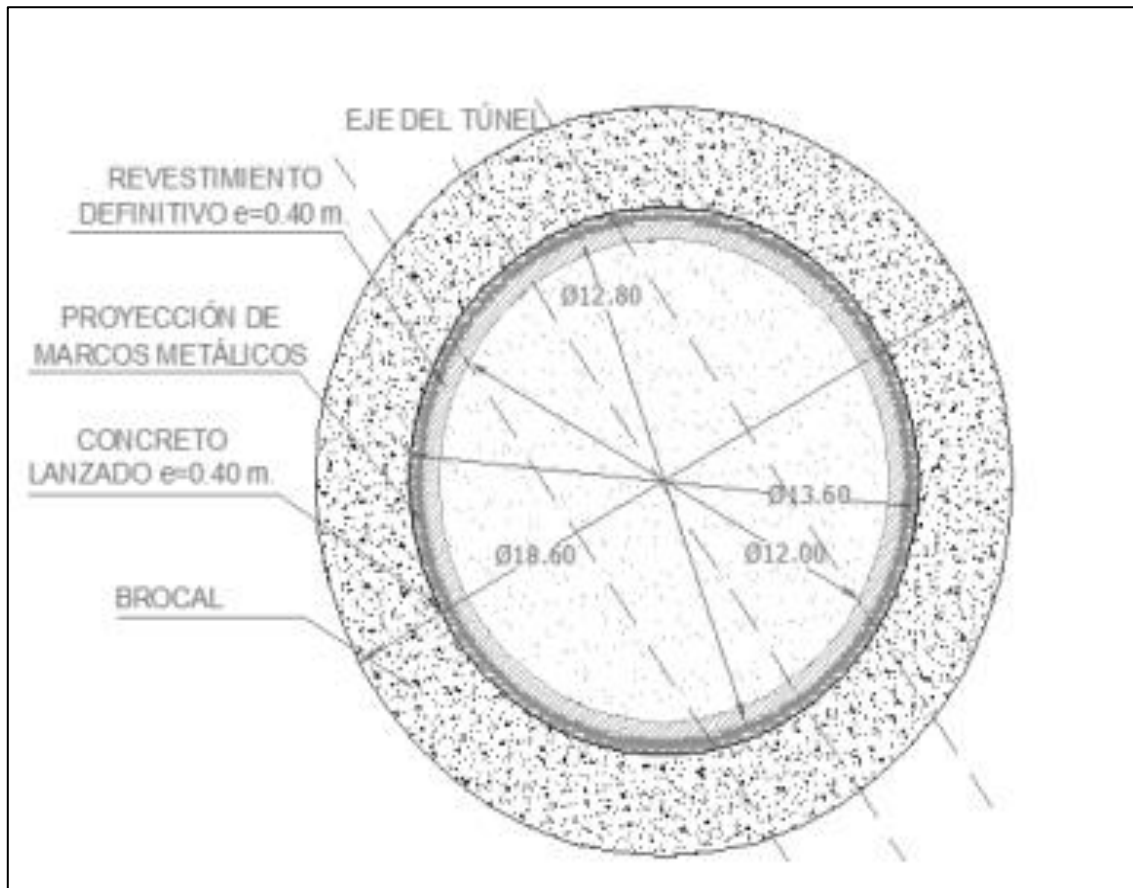
Lumbrera flotada: El proceso consiste en excavar un anillo alrededor de la periferia, donde deben hacerse zanjas que contengan bentonita. Una vez que el anillo está completamente lleno de estas zanjas, se excava el centro del lumen utilizando una grúa equipada con una cuchara de almeja para retirar la arcilla. Simultáneamente, el lugar excavado es llenado con lodos bentoníticos con el fin de evitar fallas de fondo. El tanque de flotación se coloca para soportar la construcción de las paredes y la losa inferior del lumen una vez excavado el núcleo. Varias válvulas situadas en la parte superior del lumen, por donde se introduce o extrae aire o fango para un ascenso o descenso moderado o rápido, controlan la caída del tanque de flotación. Serradell (2017)

Anillos prefabricados: El proceso constructivo empieza con la construcción de los brocales, luego de ello se realiza la excavación de una trinchera perimetral que es mejorada con los lodos bentoníticos. Continuando con el excavado del núcleo, se sumerge el primer anillo, la colocación de la losa de fondo, seguidamente se sumergen los anillos superiores, se rellena el perímetro con suelo, cemento y bentonita, se limpia el lodo del interior del lumen y se termina el revestimiento definitivo de los portales de entrada y salida por parte de la tuneladora. El proceso mencionado se estableció en entornos urbanos de México. Serradell (2017)

Convencional (Excavación en roca): Este proceso empieza al construir un brocal y excavando hasta unos 25 a 30 metros. En esta fase, luego de realizar la excavación y el colocado del brocal, se realiza la barrenación mediante las perforadoras de piso. Culminada la fase de barrenación, se carga con los explosivos los barrenos para luego conectarlos con electricidad en series o paralelo, el cual dependerá de la cantidad de barrenos. Serradell (2017).

Figura 1

Lumbrera con método convencional



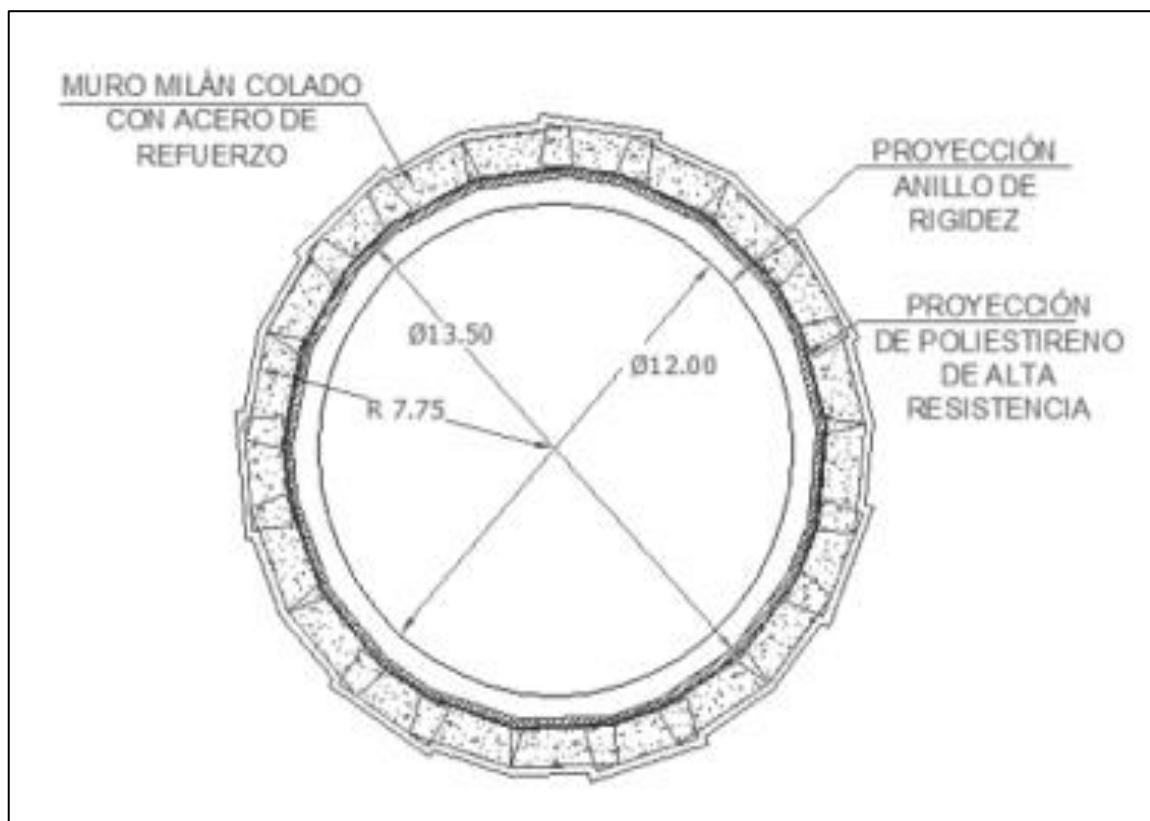
Nota. Tomada de José (Jose, 2016).

Muro Milán (Técnica Soletanche): Para excavar la región anular se utiliza una barrena guiada, situada en la periferia del lumen y fijada sobre una pista. Con la ayuda de su taladro de percusión y su mecanismo de giro, esta máquina puede extraer material. Paralelamente al inicio de la excavación, se inyecta bentonita en el lodo desde el exterior. Una de las funciones de la broca es licuar el material y extraer la mezcla de bentonita y rezaga mediante tubos de succión que se introducen en su interior. A continuación, el material extraído se deposita en un depósito de sedimentos en la superficie, donde se recupera la bentonita y se reinyecta. Además, se desplaza horizontalmente, por lo que se colocan allí rejillas de refuerzo y se utiliza un tubo para verter hormigón en la

pared del lumen, desplazándose el lodo en función de su densidad. Cuando el concreto ya se encuentra fraguado, la tubería es retirada y luego se continúa con el excavado del área siguiente. Luego del colado de todo el muro de la lumbrera, se realiza la excavación del núcleo donde es empleada una almeja y si no se tiene presencia de alguna expansión importante, no existe la necesidad de mejorar el fondo con agua o bentonita. Serradell (2017)

Figura 2

Construcción de lumbrera con un muro de Milán



Nota. Tomada de José (2016).

2.2.5. Inclinación del túnel

Dada que la producción de energía hidroeléctrica depende de la gravedad o de una diferencia de altitud, las pendientes o los pozos verticales son



componentes necesarios de estos sistemas. En inclinaciones de 5% aproximadamente las soluciones mecanizadas no tendrán diferencias significativas a las que son aplicadas en túneles de forma horizontal. El sistema de suministro de la TBM se adapta a ángulos con variaciones de entre 5% y 15%. Donde está incluido sistemas para manipular los materiales y grúas en la tuneladora, de forma especial el sistema de abastecimiento y evacuación de los materiales en el túnel. Las necesidades que agregan las inclinaciones entre 15% y 25% es determinada en base a los proyectos y diseño de la tuneladora. En estas situaciones no solo varia el manejo y el modo de suministro de túnel, sino también las funciones básicas de la excavación y el sistema primario para evacuar el material de la TBM el cual debe considerarse juntamente con las pasarelas, accesos y estaciones del trabajo. Serradell (2017)

2.2.6. Caracterización geomecánica del macizo rocoso

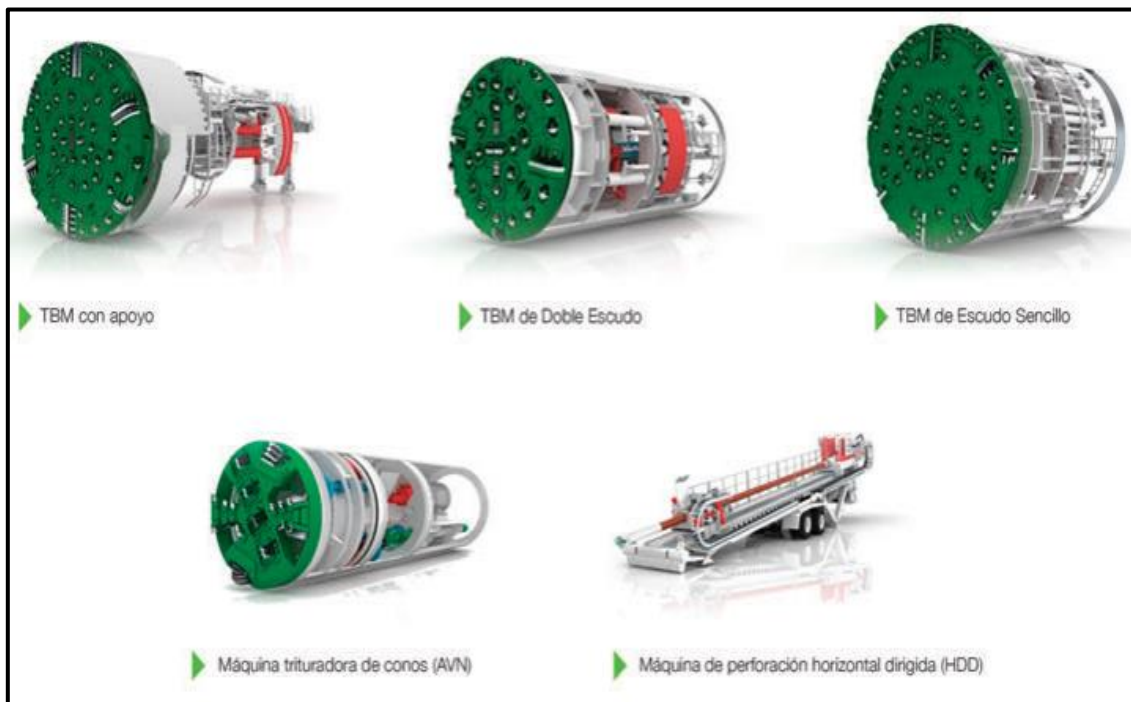
Las construcciones de obras subterráneas conllevan a evaluar el emplazamiento del proyecto desde el punto de vista de la ingeniería; Esto implica que la planificación debe realizarse antes y durante el excavado, analizar y caracterizar de forma minuciosa la formación geológica que conforma el substrato rocoso. Al caracterizar geo mecánicamente el macizo rocoso se tienen la clasificación geomecánica, que surge de la necesidad de la obtención de parámetros de observación y datos empíricos, de forma integrada. La finalidad de clasificar geo mecánicamente es realizar una evaluación de las características del macizo rocoso de forma que se pueda establecer su calidad de forma numérica. Romero (2018)

2.2.7. Máquinas tuneladoras

Las máquinas de perforación continua para rocas duras son opciones mecanizadas para las grandes centrales hidroeléctricas y brindan diferentes métodos para revestir el túnel estas se adaptan en función a la necesidad específica de cada proyecto. En centrales hidroeléctricas medianas y pequeñas es necesario túneles con diámetros menores y de pequeñas longitudes donde se tiene la posibilidad de emplear tecnología alternativa como hincar tubería o usar la perforación horizontal dirigida PHD. Schmaeh (2015)

Figura 3

Tipos de TBM, AVN y HDD



Nota. Tomada de Schmaeh (2015)

2.2.8. Tipos de máquinas tuneladoras

Según Carnero (2019) hoy en día existen varios tipos de tuneladoras (TBM), con diseños que varían en función del tipo de terreno a excavar. Por ejemplo, la Topo Gripper es un tipo de tuneladora destinado a la excavación de rocas duras y semiduras en terrenos bien caracterizados sin necesidad de sostenimiento. Por el contrario, están los escudos, que son más intrincados y suelen utilizarse en suelos blandos e inestables.

A continuación, están las tuneladoras de doble escudo, que funcionan de dos formas distintas: como escudo básico o como topo. Esta máquina está hecha para condiciones de suelo extremadamente variables.

Por último, pero no por ello menos importante, en los últimos años se han llevado a cabo nuevos proyectos de excavación de túneles en terrenos con materiales drásticamente variables. Esto ha obligado a la industria de la construcción a emplear nuevos tipos de tuneladoras, dando lugar a las tuneladoras de escudo mixto.

2.2.8.1. Topos (gripper)

Según Carnero (2019) este tipo de maquinaria se diseñó para suelos con rocas duras o estables, estas máquinas se consideran simples y básicas, como cualquier TBM tiene una cabeza de corte con un diámetro del mismo tamaño del túnel que se desea excavar, la cual está equipada con cortadores, ubicadas de acuerdo al diseño para obtener un mejor tiempo al realizar el corte en las rocas y el proceso de excavación puede resumirse como sigue:



La TBM separa las pinzas en el momento en que el cabezal de corte empieza a girar, y éstas se apoyan en el suelo para permanecer inmóviles. A continuación, los cilindros de empuje aplican fuerza a la viga principal de la tuneladora, lo que hace que los cortadores del cabezal de corte empiecen a rozar el suelo y a resquebrajar la roca. Una cinta transportadora se encarga de trasladar el material excavado para su eliminación; en cuanto los gatos se extienden al máximo, se produce un avance que sujeta el terreno para comenzar de nuevo el ciclo de excavación. La excavación de rocas de dureza media y estos elementos son:

- Escudo protector de corta longitud
- Colocación de cerchas metálicas
- Equipo de excavación para ejecutar los bulones
- Y colocación de “Grippers”

Los principales componentes son:

La cabeza: Es la parte de la máquina que realiza la perforación en forma de disco.

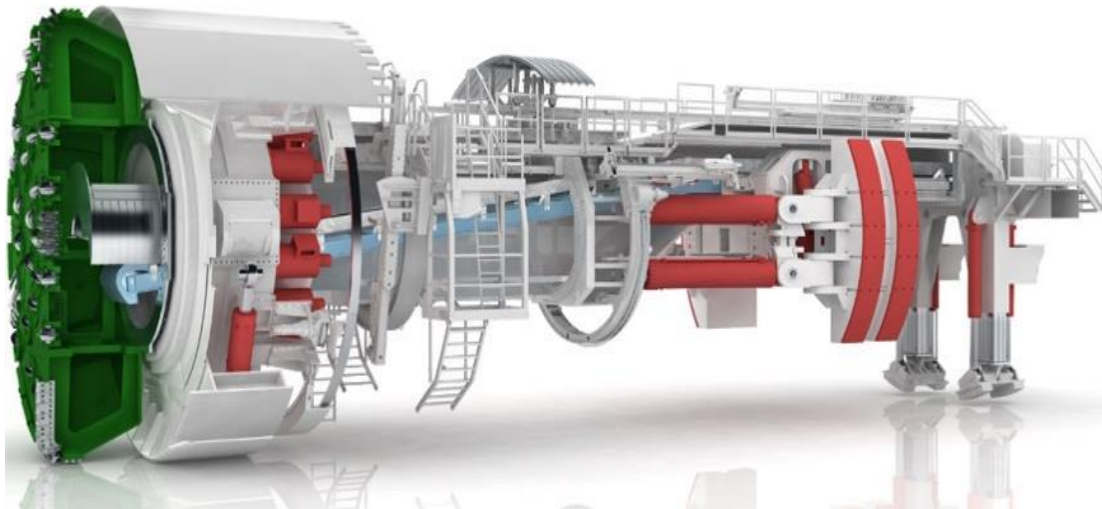
Grippers: Son patas que sostienen la máquina de excavación contra las rocas.

Cilindros de empuje: Son zapatas que están articuladas permitiendo el apoyo con respecto al sostenimiento.

Back – Up: Son conjuntos de plataformas unidos al cabezal, en la cual se proyecta el concreto, transformadores, ventiladores y cintas transportadoras.

Figura 4

Esquema tuneladora de tipo topo



Nota. Tomada de Schmaeh (2015)

2.2.8.2. TBM blindada (Shield tunnel boring machine)

Las TBM blindadas cuentan con un escudo que recorre toda la longitud de la máquina, a diferencia de las TBM de agarre. Apoyar el terreno y garantizar la seguridad de los responsables del revestimiento del túnel es una de sus principales funciones. Entre este tipo de máquinas se encuentran las de escudo simple y las de doble escudo, de las que hablaremos con más detalle más adelante. Vera (2017)

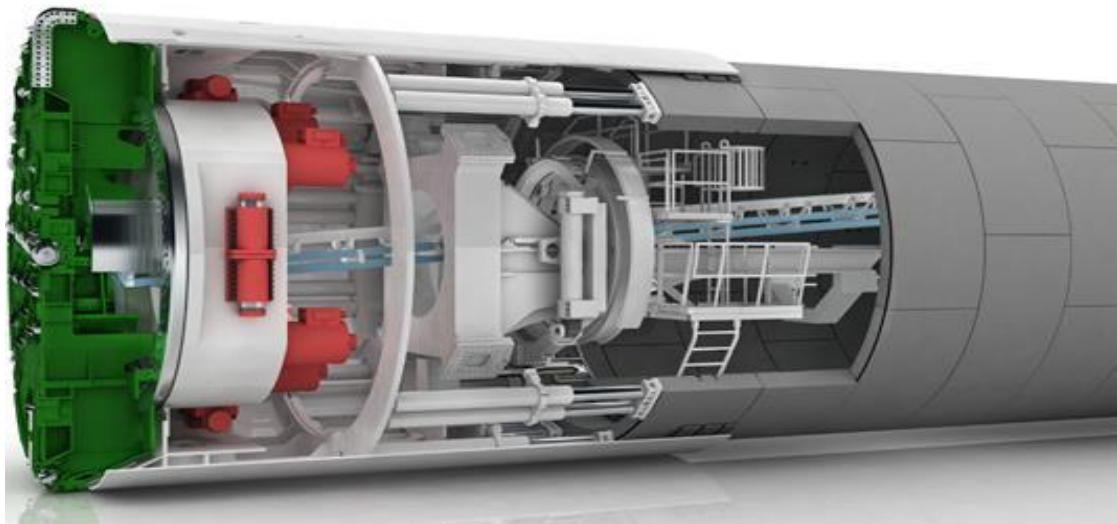
2.2.8.3. TBM de escudo simple (Single-shield tunnel boring machine)

Es usada de forma general en suelos con inestabilidad donde existe procacidades de colapso o desmoronamiento. En la figura inferior es posible visualizar una TBM de un solo escudo, con 7.6 m de diámetro, esta

máquina se empleó en la construcción del túnel hidroeléctrico en Laos, en todo el trayecto de 5,5 kilómetro de distancia. Vera (2017)

Figura 5

Tuneladora tipo escudo simple



Nota. Tomada de Schmaeh (2015)

2.2.8.4. TBM de escudo doble (Double-shield tunnel boring machine)

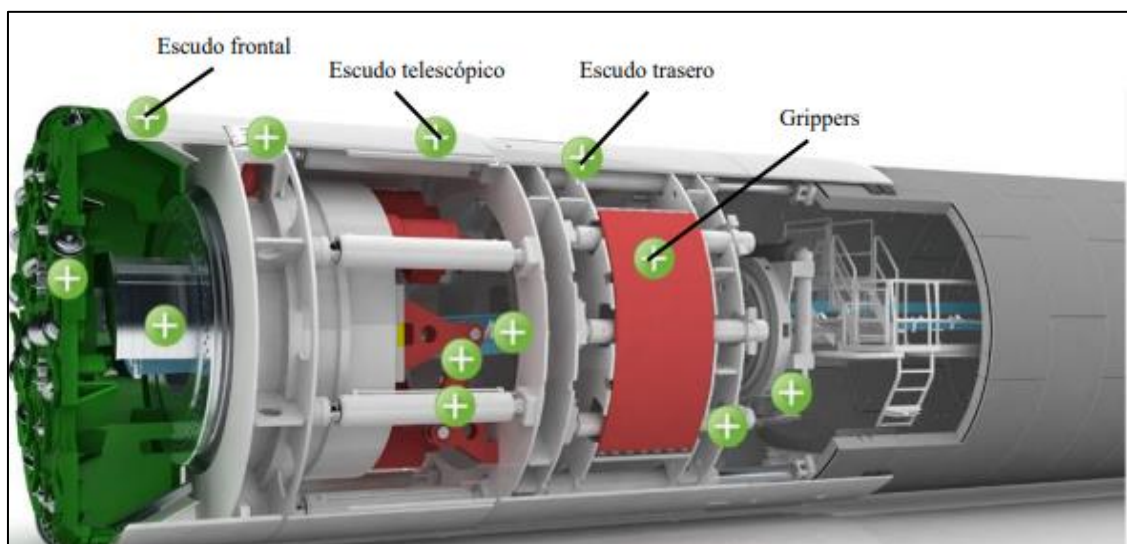
Según Carnero (2019) estas maquinarias tienen 2 partes y la principal característica es:

Doble escudo metálico: Cuenta con un escudo exterior que soporta la presión de tierras y estabiliza el frente de excavación. Detrás tiene otro escudo interior que permite la colocación de las dovelas de revestimiento. Sistema de inyección: Entre ambos escudos inyecta mortero u otro material para rellenar huecos y dar mayor estabilidad durante el proceso de excavación.

Cabeza giratoria de corte: La cabeza cuenta con picas y raspadores para fracturar y excavar la sección completa del túnel. Extracción de escombros: Mediante un tornillo transportador o cinta se evacúan los desechos del material excavado. Colocación de dovelas: Permite instalar de inmediato el revestimiento de las de concreto prefabricadas, las cuales quedan ensambladas detrás del escudo interior.

Figura 6

Tuneladora tipo escudo doble



Nota. Tomada de González (2016).

2.2.8.5. TBM para suelo blando

En suelos con características blandas es posible utilizar diferentes herramientas de corte, tal como se describió anteriormente. Dentro de las TBM para suelo blando como discos de corte empleados en rocas duras, también pueden ser usadas en suelo con presencia de arenisca o piedras calizas (suelos finos). Generalmente las herramientas de corte se usan en suelos blandos donde raspan el material del túnel que se viene ejecutando.

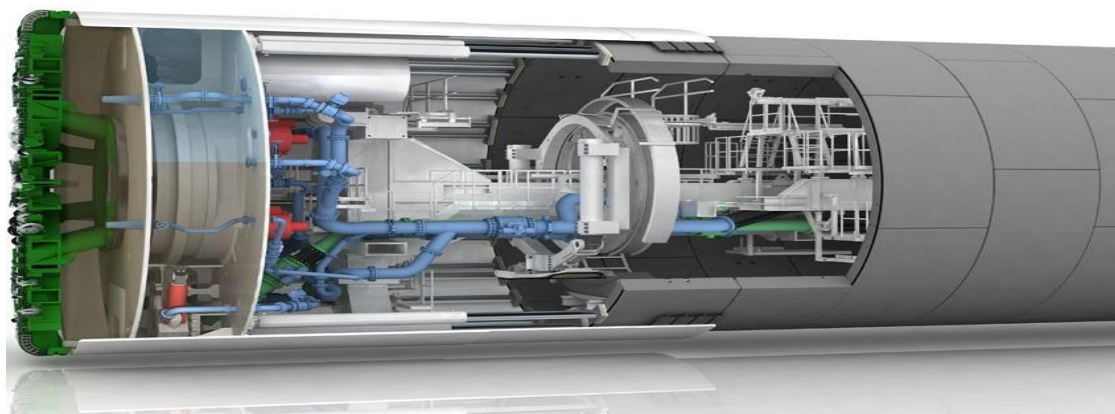
Sin embargo, hay una posibilidad de que se encuentren macizos rocosos grandes. Este rocoso macizo debe reducirse manualmente con la finalidad de que la tuneladora continúe con el trabajo planificado. Vera (2017)

2.2.8.6. Escudo de balance de presión de tierras (EPB)

Según Vera (2017) también conocido como escudo EPB (Earth Pressure Balance) se diseñaron para enfrentar problemáticas en la excavación de suelo muy inestables, esta tuneladora realiza estabilización al material removido con polímeros y al adicionar espumas especiales que permiten que la excavación se realice adecuadamente evitando que el terreno sufra un deslizamiento sobre la TBM. Básicamente este tipo de tuneladora tiene la función de almacenar el material de la excavación en la parte posterior de la cabeza de corte originando así la presión hacia el terreno de forma que se evitan los asentamientos en la superficie, también tiene una característica fundamental al formar de un tornillo para posterior extracción de material rocosa.

Figura 7

Tuneladora tipo EPB



Nota. Tomada de González (2016).

2.2.8.7. Escudo con presión de lodos (Slurry Shield)

Los hidroescudos son ideales para realizar excavaciones en terrenos no cohesivos, inestables y en terrenos bajo niveles freáticos importantes. Se tiene una idea básica que consiste en realizar el bombeo del lodo arcilloso en circuitos cerrados incluyendo el área en la cabeza. Por otro lado, el suelo debajo de la rueda es mezclado con fangos, formándose un líquido espeso, pero capaz de ser bombeado. Principalmente aspira el fluido y extraer al exterior por el conducto de salida. En el conducto de entrada en el tiempo actual, se considera un caudal constante de fango recuperable por división de escombros en referencia a la mezcla. Serradell (2017)

Figura 8

Tuneladora tipo Slurry Shield



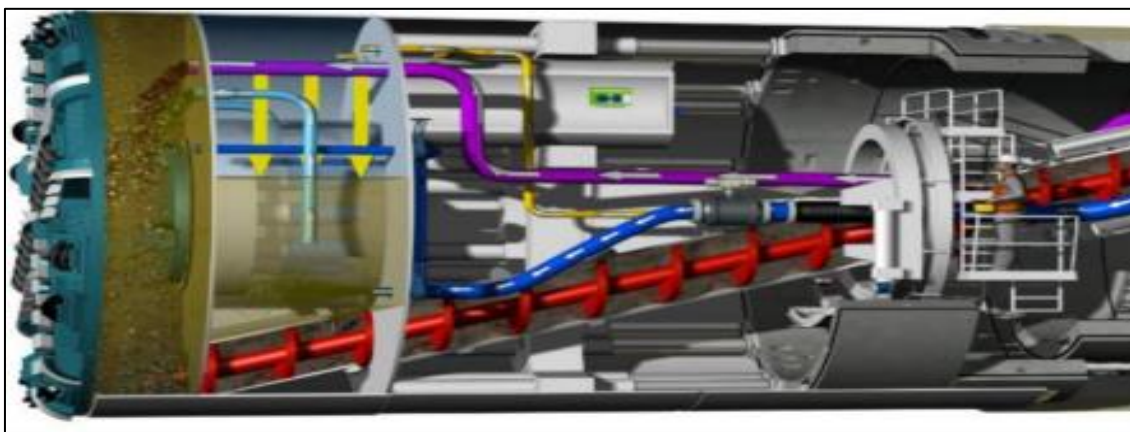
Nota. Tomada de González (2016).

2.2.8.8. Escudos mixtos

Según Carnero (2019) indica que son una respuesta eficaz a la necesidad de excavar en terrenos que presentan una combinación de condiciones geológicas, que van desde roca dura hasta suelos sueltos o malos y en terrenos inestables. Estas tuneladoras están diseñadas para adaptarse a las diferentes condiciones del terreno a medida que avanzan a lo largo del túnel. La combinación EPB-Slurry es una de las configuraciones más comunes utilizadas en escudos mixtos y se refiere a la capacidad de utilizar tanto el principio de presión de equilibrio (EPB) como el lodo (slurry) según las necesidades del terreno. Las TBMs mixtas son una respuesta eficiente a la variabilidad geológica en los proyectos de excavación de túneles, y su capacidad para integrarse a las cambiantes condiciones del terreno es clave para reducir riesgos y llevar a cabo excavaciones exitosas. La optimización de una TBM mixta depende en alto grado a las condiciones geológicas predominantes y de la necesidad de minimizar los contra tiempos.

Figura 9

Tuneladora tipo escudo mixto



Nota. Tomada de González (2016).

2.2.9. Sistema back-up

Según (Carnero, 2019) el sistema de respaldo o "back-up" en una tuneladora es un componente crucial para facilitar la continuidad y la eficiencia de la excavación del túnel. Como mencionaste, se trata de plataformas adosadas a la tuneladora donde se almacenan los equipos, materiales y suministros necesarios para el proceso de excavación y evacuación de escombros. El objetivo principal del sistema de respaldo es proporcionar una logística eficiente y asegurar de que la máquina funcione sin contratiempos. El "back-up" al que te refieres en este contexto se relaciona con la estructura de soporte utilizada durante la excavación de túneles mediante tuneladoras. La longitud del respaldo, que es la parte trasera de la tuneladora que alberga los sistemas de control, suministro de energía y otros equipos necesarios, puede variar según el diámetro de excavación del túnel y las necesidades del proyecto. Aquí está una explicación más detallada. Diámetros medianos de 4 a 7 metros: Si estás excavando un túnel con un diámetro en este rango, es posible que solo necesites un nivel en el respaldo para albergar todos los equipos y sistemas necesarios. Dado que el diámetro es más pequeño, hay más espacio en la parte trasera de la tuneladora para acomodar todo. Esto podría resultar en copias de seguridad más largas, con longitudes que pueden llegar hasta los 250 metros.

Los sistemas de back-up más empleados se agrupan en los tipos consiguientes:

Sistema back-up de vía única: El sistema de back-up por vía única depende de los diámetros, si el diámetro del túnel es relativamente pequeño (4 a 7 metros), limita el espacio disponible, es probable que solo se pueda acomodar una vía de tren. Esto significa que solo un tren puede pasar por el túnel a la vez. Esto puede

tener un impacto significativo en la producción, ya que los trenes deben esperar su turno para entrar o salir del túnel, lo que puede resultar en demoras y una menor eficiencia en el transporte de materiales. Carnero (2019)

Sistema back-up de doble vía: Cuando se construyen túneles con diámetros mayores a 8 metros, generalmente es posible trabajar con una doble vía, lo que puede optimizar significativamente los tiempos de excavación y el flujo de tráfico ferroviario o de otro tipo a través del túnel. Aquí hay algunas ventajas de trabajar con doble vía en túneles de gran diámetro. Con dos vías, es posible permitir el tráfico en ambas direcciones simultáneamente. Esto aumenta la capacidad del túnel para transportar materiales, pasajeros o carga, lo que puede ser esencial en proyectos de gran envergadura. Carnero (2019)

2.2.10. Clasificación geomecánicas RMR según Bieniawski 1989

Tabla 1

Guía de sostenimiento primario según RMR

Clase	Excavación	Soporte		
		Pernos (20mm, enlechado completo)	Hormigón proyectado	Arcos de acero
Muy buena I RMR: 81 - 100	Frente completa, 3m de avance	Generalmente no requiere soporte excepto para apernados	ocasionales	
Buena II RMR: 61 – 80	Frente completa, 1 – 15m de avance, soporte completo de 20m de la frente	Local, pernos en corona 3m de largo, espaciados 2.5m con mallas ocasionales	50mm en corona donde se requiera	Ninguno

Regular III RMR: 41 - 60	Cabeceras y bancos 1 – 3m de avance en cabeceras, comenzar soporte después de cada tronadura, soporte completo a 10m de la frente	Sistemático, largo 4m, espaciado 1.5 – 2m en corona y murallas con malla en corona	50 – 100mm en corona y 30mm de lados	Ninguno
Pobre IV RMR: 21 - 40	Cabeceras y bancos 1 – 1.5m de avance en cabeceras, instalar soporte frecuentemente con excavación a 10m de la frente	Sistemático, largo 4 – 5m, espaciado 1 – 1.5m en corona y muralla con malla	100 – 150mm en corona y 100mm en lados	Liviano a medio, espaciados 1.5m donde se requiera
Muy pobre V RMR: < 20	Múltiples galerías 0 – 1.5m de avance en la cabecera, instalar soporte frecuentemente con excavación	Sistemático, largo 5 – 6m, espaciado 1 – 1.5m en corona y murallas con mallas, pernos invertidos	150 – 200mm en corona, 150mm en lados y 50mm en frente	Medio a pesado, espaciado 0.75m con revestimiento y tubos de acero si es requerido, cierre invertido

Fuente: Manual de carreteras de túneles, muros y obras complementarias R.D.N° 36-2006.

2.2.11. Método de excavación – sistema de soporte alterna y la relación de RQD.

Tabla 2

Relación de RQD – método excavación

Calidad Roca	Excavación	Tipos de sostenimiento		
		Pernos	Hormigón proyectado	Cerchas
Muy buena RQD>90	Rozadora	No puntual	No aplican	No puntual (0-0.2)
	Tradicional	No puntual	No aplican (5-7.5)	No puntual (0-0.3)
Buena 75<RQD<90	Rozadora	Separación (1.5-2.0m)	Espesor (5-7.5)	Puntualmente, ligera separación 1.5 – 2.0m carga (0 – 0.4) B
	Tradicional	Separación (1.5-2.0m)	Espesor (5-7.5)	Ligera separación 1.5 – 2.0m



Regular 50<RQD<75	Rozadora	Separación 1.2 – 2.0m	5 a 10 cm	carga (0.3 – 0.6) B Ligera – media, separación 1.5 – 2.0m carga (0.4 – 1.0) B
	Tradicional	Separación 0.9 – 1.5m	> 10 cm	Ligera – media, separación 1.2 – 1.5m carga (0.6 – 1.3) B
Pobre 50<RQD<75	Rozadora	Separación 0.9 – 1.5m	10 a 15 cm (combinación con pernos)	Media circular, separación 0.9 – 1.5m carga (1.0 – 1.6) B
	Tradicional	Separación 0.6 – 1.2m	> 15 cm (combinación con pernos)	Media circular, separación 0.6 – 1.2m carga (1.3 – 2.0) B
Muy pobre RQD<25	Rozadora	Separación 0.6 – 1.2m	> 15 cm (combinación con pernos)	Media pesada circular cada 0.6m carga (1.6 – 2.2) B
	Tradicional	Separación 0.9m	> 15 cm (combinación con pernos)	Media pesada circular cada 0,6m carga (2.0 – 2.8) B
Demasiado pobre RQD<25	Rozadora	Separación 0.6 – 0.9m	> 15 cm (combinación con pernos)	Muy pesada. Circulares cada 0,6m carga hasta 10 B
	Tradicional	Separación 0.6 – 0.9m	> 15 cm (combinación con pernos)	Muy pesada. Circulares cada 0,6m carga hasta 10 B

Fuente: Manual de carreteras de túneles, muros y obras complementarias R.D.N° 36-2006.



2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Maquina perforadora de túnel (TBM): Maquina excavador de túneles bajo tierra en lugares de roca sedimentaria, morfológica, arena, grava, arcilla y finalmente volcánicas que se presenta en la corteza terrestre de la tierra y que además apoya en sostenimiento de túneles tanto provisional o fijo y de sección completa. Giraldo(2010)

Erector de cimba: Dispositivo de soporte o de sostén en la instalación de cimbras metálicas y hidráulica y está ubicada al espaldar del cabezal de TBM.

Camión mixer: En la industria de la construcción se conoce el mezclador, es un camión equipado con una hormigonera. En su interior transporta concreto premezclado.

Zapatas de agarre (Gripper): Encargo de transferir la presión del anclaje del soporte metálico en la parte superior del túnel.

Malla electrosoldada: Este material está conformado por alambre de acero, está posicionada transversalmente y longitudinalmente que están cruzadas perpendicularmente entre sí, se utiliza para estabilizar las rocas del túnel.

Cabezal de corte: Rueda circular metálica sometida bajo presión de excavación de rocas impulsada por motor eléctrico en la parte superior este compuesto por 38 conectores.

Cimbra metálica: Elementos compuestos por viga de acero de tipo de estructura I ó H incrustadas con placas metálicas de extremo a extremo y con unión de pernos



en toda la sección de túnel y que soportan la presión ejercida de terreno circundante de rocas.

Pernos de anclaje: Estabilizar las rocas del túnel con varillas de acero.

Cilindros de empuje: Cilindros hidráulicos tiene la conexión de viga principal y las zapatas en conjunto impulsan al cabezal el recorrido en la perforación o excavación.

Excavación: el proceso de excavación empleando perforación y voladura tiene validez al excavar túneles en sitios rocosos muy abrasivos y resistentes. Existe la necesidad de emplear taladro en la parte superficial del frente del túnel, cargando los taladros con explosivos, para que sean detonados. La explosión suele generar gases y vibraciones para romper la roca.

Tunnel boring Machine (TBM): el autor (Samané 2019) lo define como maquina minadora con la capacidad de excavar túneles a sección completa, y al mismo tiempo, contribuye a la instalación de sistemas de soporte en el túnel cuando es requerido, ya sea de manera temporal o permanente. El proceso de excavación prácticamente implica el uso de una cabeza giratoria equipada con herramientas de corte, la cual es impulsada por motores hidráulicos. La fuerza requerida para avanzar se logra a través de un sistema de gatos ubicados en el perímetro de la máquina, los cuales se apoyan en el último anillo de soporte instalado o en dispositivos móviles llamados “grippers”. Estos grippers son accionados también mediante gatos que los presionan firmemente contra la pared del túnel, creando así un punto de apoyo estable desde donde se ejerce la fuerza para avanzar la máquina.



Perforación y voladura (P&V): el autor (Samané, 2019) lo define que la perforación y voladura es un método adecuado para la extracción de roca de un terreno sólido cuando el uso de equipos mecánicos no sería económicamente ventajoso. Este método se basa en perforar agujeros en la roca e insertar explosivos en ellos. Cuando los explosivos detonan, la energía que hay en el interior de los agujeros es suficiente para fracturar la masa rocosa que hay que extraer. Esto permite distinguir dos componentes tecnológicos distintos: el diseño y la ejecución de las tecnologías de voladura y perforación.

Macizo rocoso: se refiere al conjunto de bloques de roca matriz y discontinuidades en un terreno. Desde una perspectiva mecánica, los macizos rocosos son medios que presentan discontinuidades, son anisotrópicos (sus propiedades mecánicas varían en diferentes direcciones) y heterogéneos (sus características cambian a lo largo de su extensión). Por lo tanto, en la disciplina de la ingeniería geológica, la categorización de las masas rocosas es clave.

Sostenimiento subterráneo: Se refiere a las medidas tomadas para contener y estabilizar el macizo rocoso en el entorno subterráneo lo más rápidamente posible. La creación de componentes de soporte pretensados como sistema de apoyo ha estado motivada por este objetivo. Estos elementos están diseñados de manera que aplican una carga activa e inmediata sobre el macizo rocoso con el fin de mantenerse estable y evitar colapsos o movimientos no deseados en las excavaciones subterráneas.

Grieta: Es la acción de rajadura que da lugar a expansión térmica o contracción de hormigón proyectado.



Hormigón proyectado: En el procedimiento de shotcrete con proyección neumático a una alta velocidad a la superficie utilizando manguera hasta la boquilla atreves de aire comprimido.

Agua: Catalizador de cemento, es la mezcla del concreto con agua que a su vez reacciona químicamente por el contacto de ambos para obtener el gel de la conformación de ambos insumos. Cumpliendo de acuerdo a la norma técnica peruana 339.088.

Curado: Proceso de esparcir el agua al concreto para alcanzar la resistencia optima y completar su hidratación.

Slump: Concreto fresco y su asentamiento in situ.

Perforadora tipo jumbo: Maquina automatizada para excavación rápida en túneles subterráneas, barrenos horizontales, banqueo y minería de relleno y corte.

Bomba de concreto: Transporte de concreto por tubería de acero con presión.

Robot de shotcrete. Robot con maniobras horizontales en traslado de hormigón fresco al lugar del vaciado.

Pernos de sujeción: Es una pieza metálica, para el sostén de estructuras que varía de tamaño como grande y pequeño. Es de sistema permanente y fijo, como a través de soldadura se reubica fácilmente para nuevos pernos.

Aditivo: El objetivo es añadir un porcentaje pequeña como 0.1% y 5% dependerá del tipo de estructura a realizar.



Plancha de sujeción: Existen 2 tipos de pernos anclados, compuesto de acero plegado como: Split set y swellex o perfobolt. Según Muñoz (2019).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio está ubicado en la provincia de Carabaya, del distrito de San Gaban en la región de Puno, la cual se ejecutó en la central hidroeléctrica de san gaban III, a la vez se inspecciona dos tipos de métodos en referencia a excavación del túnel, primeramente, se aplica la excavación convencional D&B, para lo cual esta delimitadas por las progresivas, iniciando del km 0+143.70 y finalizando en el km 0+309.10 aproximadamente. Asimismo, se procede con el siguiente método de excavación tuneladora (TBM), delimitadas por los progresivos km 13+350.80 y terminando en km 13+840.30 aproximadamente de manera inversa, tal como indica la ubicación del proyecto en el plano.

Figura 10

Ubicación del área en estudio



Nota. Material propio de la tesis.



3.1.1. Ubicación política

Departamento : Puno

Provincia : Carabaya

Distrito : San Gaban

3.2. MATERIALES DE TRABAJO

3.2.1. Materiales

- Pintura

3.2.2. Herramientas

- Flexómetro y/o cinta métrica
- Brocha
- Pincel

3.2.3. Equipos e instrumentos

- Tuneladora (TBM)
- Jumbo
- Estación total leyca TS 16
- Prismas y porta prismas
- Radios comunicadores
- Trípode de madera

3.2.4. Material de escritorio

- Libreta de apuntes

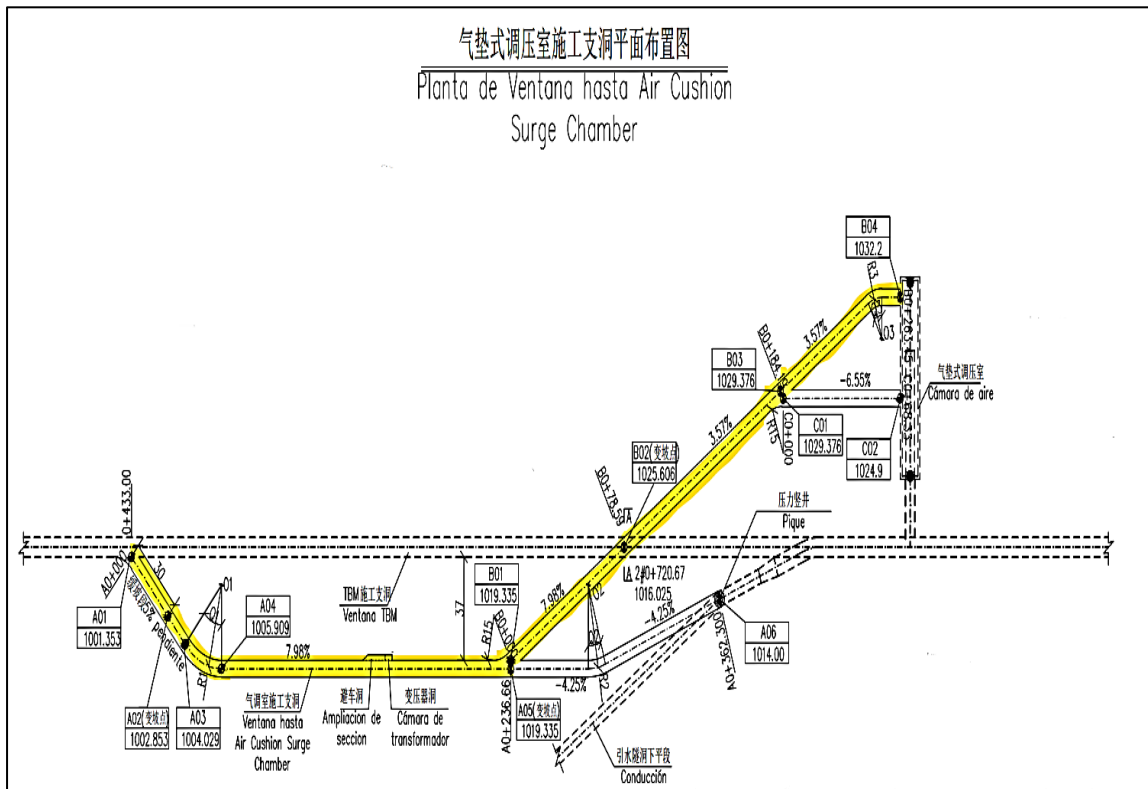
3.2.5. Software

- PPS
- AutoCAD Civil 3D
- AutoCAD

3.2.6. Excavación mediante perforación y voladura (D&B).

Figura 11

Plano en planta de tramo con método convencional D&B.

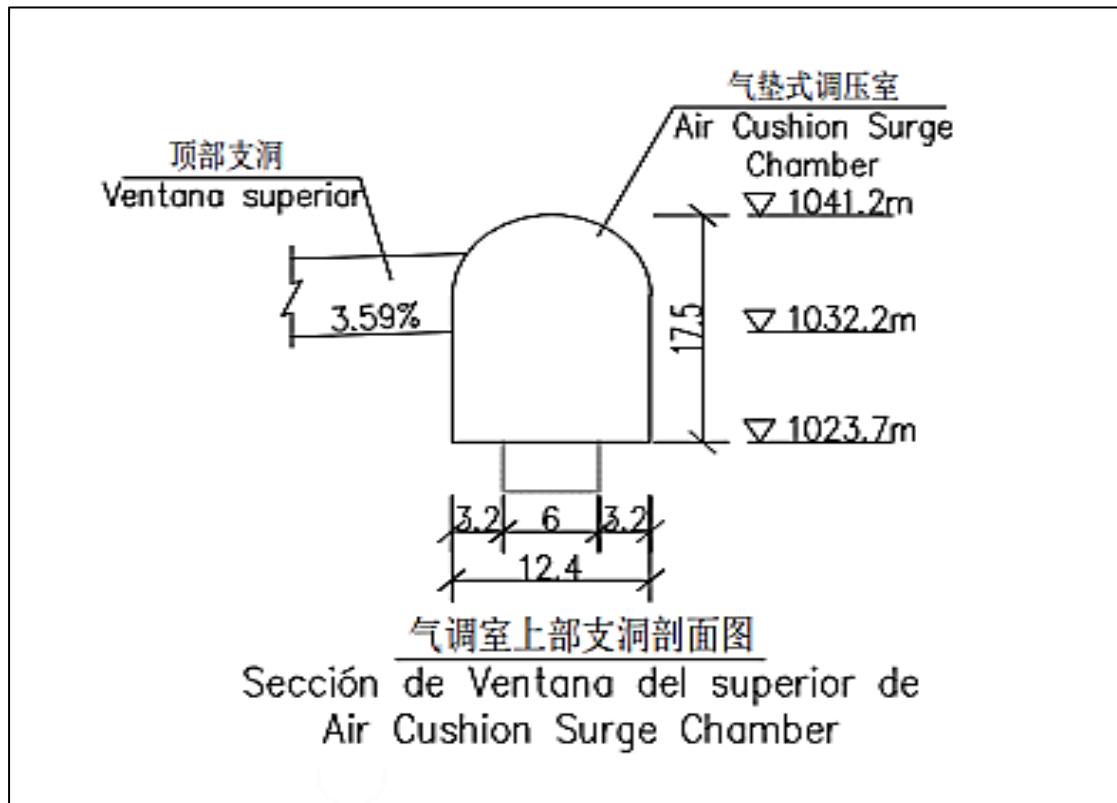


Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 11 representa el plano de planta de la ruta del método típico y convencional de excavación mediante la aplicación voladura y perforación (D&B). Este plano proporciona una visión general de la disposición y distribución de los elementos clave del proyecto de excavación, lo que es esencial para la planificación y ejecución de la construcción

Figura 12

Sección de la ventana superior de la cámara de compensación con colchón de aire.

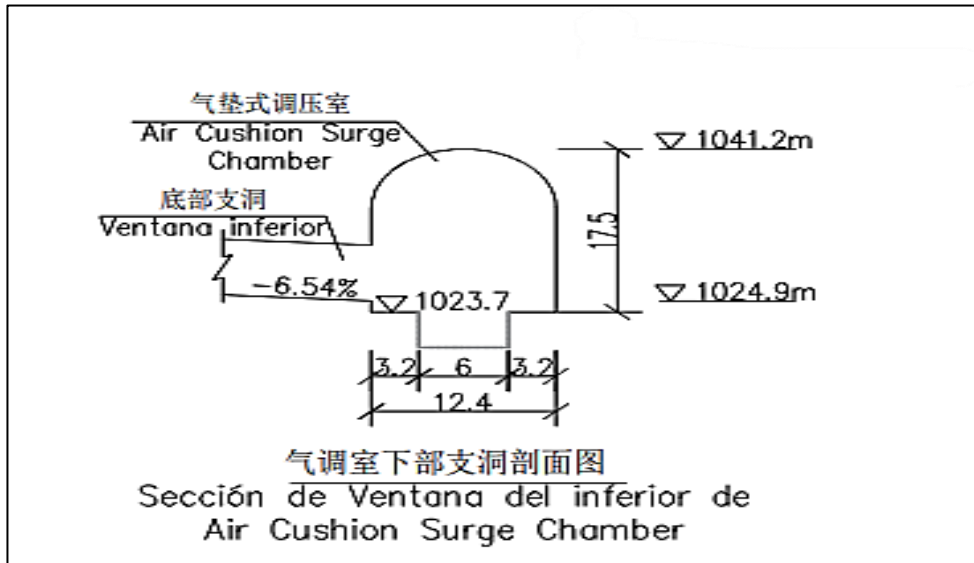


Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 12 evidencia una sección de la ventana superior de la cámara de compensación con colchón de aire. En esta representación, se detalla la estructura y los componentes específicos de la cámara de compensación, incluido el colchón de aire, que desempeña un papel importante en la estabilización y regulación del flujo de aire.

Figura 13

Sección de la ventana superior de la cámara de compensación con colchón de aire.

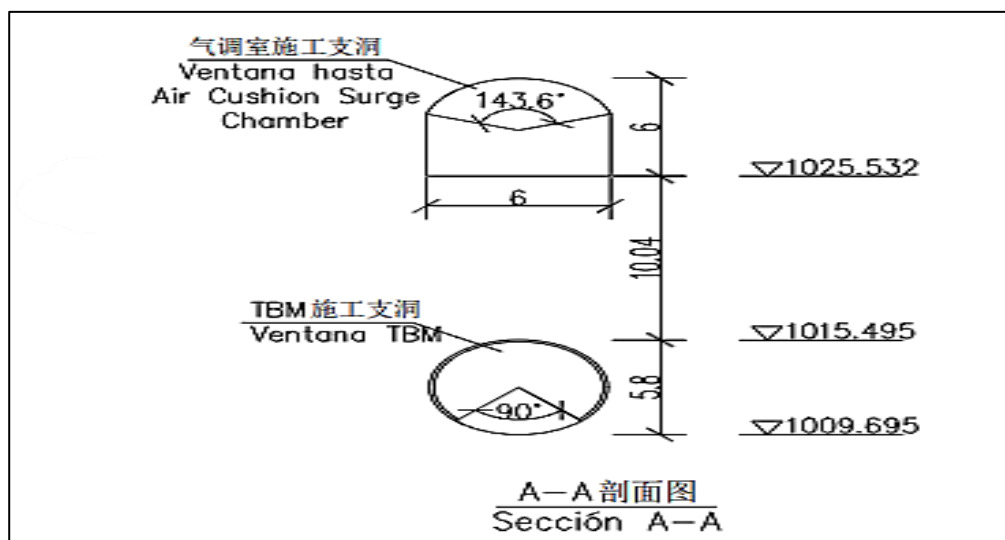


Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 13 es una vista adicional de la sección de la ventana superior de la cámara de compensación con colchón de aire, que proporciona una perspectiva más detallada de esta parte crucial de la instalación. Esta representación contribuye a una comprensión más completa de cómo se utiliza el colchón de aire.

Figura 14

Detalle de la intersección de las ventanas del túnel.



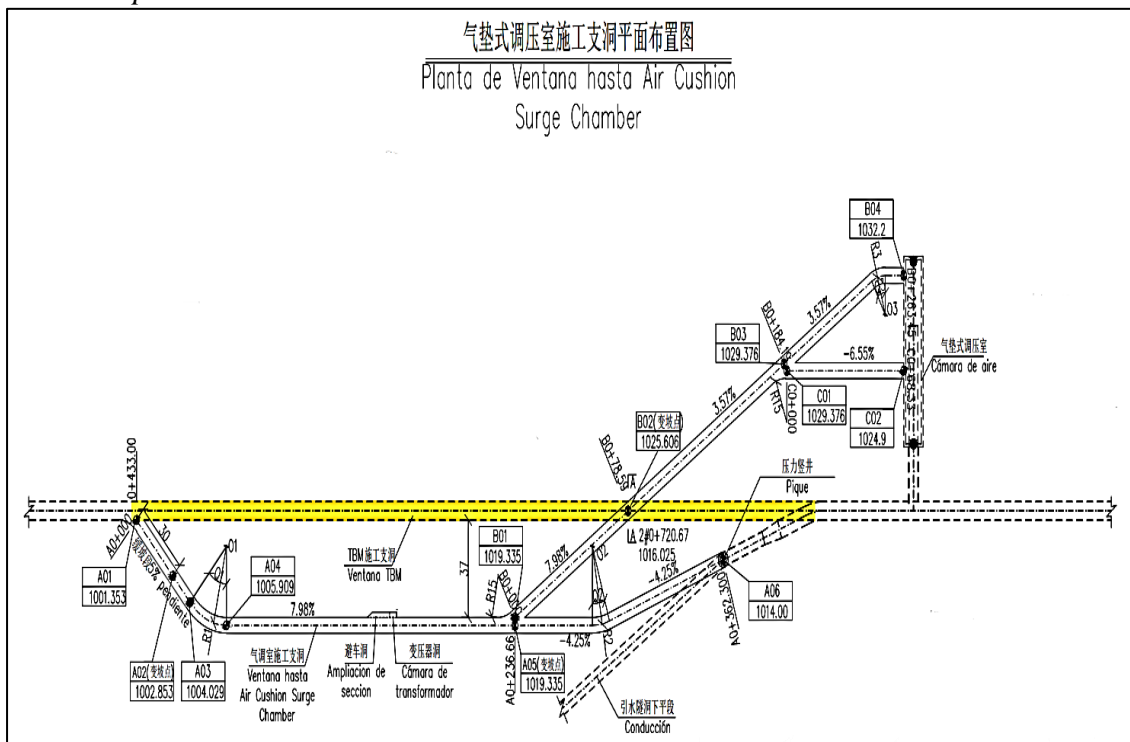
Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 14 ofrece un detalle de la intersección de las dos ventanas del túnel. Esta representación es importante para comprender la geometría y la conexión de las diferentes partes del túnel en el contexto del proyecto. Ofrece información relevante sobre cómo se gestionan las transiciones y los puntos de unión en la estructura del túnel, lo que puede ser crucial para su funcionamiento y seguridad.

3.2.7. Excavación con tuneladora TBM.

Figura 15

Plano en planta del tramo de excavación con tuneladora TBM.

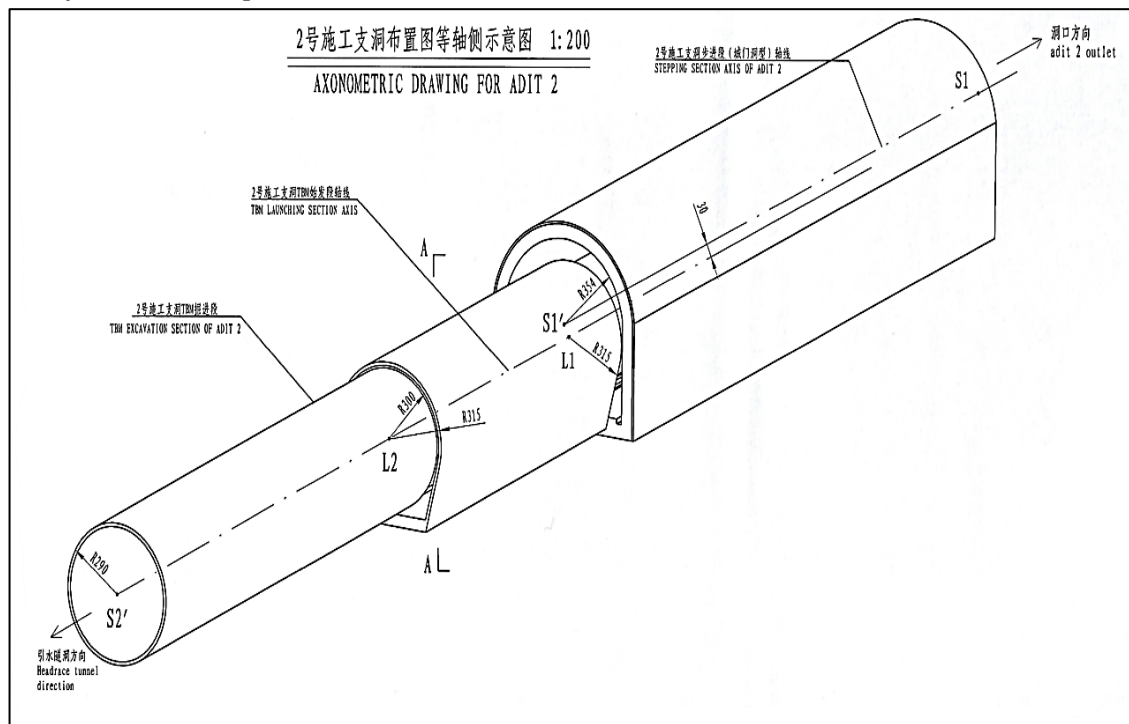


Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 15 representa el plano de planta de la ruta diseñado para la excavación mediante la tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine). Este plano proporciona una visión general de la disposición y la trayectoria planificada para la TBM durante la excavación del túnel.

Figura 16

Dibujo isométrico para excavación con tuneladora TBM.



Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 16 es un dibujo isométrico que ilustra el diseño de túnel de excavación con la tuneladora TBM. Proporciona una representación tridimensional del interior del túnel de que es útil para comprender la geometría y las características específicas de la excavación realizada por la tuneladora TBM.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Enfoque de la investigación

En nuestro proyecto de investigación se utilizó un enfoque mixto, en la excavación de túnel en la Central Hidroeléctrica San Gabán III, permite abordar el problema desde diferentes puntos de vista, asegurando un análisis integral que contemple tanto aspectos técnicos como las perspectivas humanas y ambientales debido al tiempo de rendimiento, costo, seguridad, sostenimiento en el proceso de



excavación y aspectos ambientales, aplicando el método convencional D&B y tuneladora (TBM). Esto facilitó la toma de decisiones informada y aumento la efectividad del proyecto, reduciendo los riesgos y optimizando de los resultados.

3.3.2. Población

En esta investigación, la población es considerada la central hidroeléctrica de San Gaban III. En la ventana de Inspección III situada en la provincia de Carabaya, de la localidad de San Gaban en la región de Puno.

3.3.3. Muestra

Las muestras de análisis se delimitó por progresivas; 2 muestras situadas en el túnel de ventana de inspección III, en la central hidroeléctrica San Gaban III, primeramente, se escogió la muestra para la aplicación de la metodología de excavación convencional D&B, delimitado en las progresivas, al inicio del km 0+143.70 y este finalizó en el km 0+305.70. Asimismo, se escogió la segunda muestra en el túnel de conducción para la aplicación de la metodología de excavación con Tuneladora (TBM), para la cual se delimitó en las progresivas, al inicio del km 13+840.30 y este finalizó al km 13+350.80, realizada en el proyecto los cuales fueron excavados durante un mes por ambos métodos de excavación.

Tabla 3.

Métodos de análisis en excavación convencional D&B y tuneladora (TBM).

Métodos de excavación en el túnel de central hidroeléctrica San Gabán III			
Tipos de metodologías	Inicio de progresiva (Km)	Final de progresiva (Km)	Duración de avance en un mes (m)
Excavación convencional D&B	Km 0+143.70	0+305.70	207.00m
Excavación tuneladora (TBM)	Km 13+840.30	Km 13+350.80	489.50m

Nota: Autoría propio del autor.

3.4. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Variables de investigación

Variable independiente:

- Aplicación convencional D&B
- Aplicación tuneladora (TBM)

Variable dependiente:

- Comparación de metodologías de excavación

3.4.2. Confiabilidad y validez

3.4.2.1. Confiabilidad

En el proyecto de indagación se hizo un cálculo del alfa de Cronbach con los datos resultantes en los instrumentos de compilación de datos, colocados en el software SPSS.



Dado que se empleó una confiabilidad al 95%, existe un error del 5% (0,05), por lo que el nivel de significación (alfa) es de 0,05.

3.4.2.2. Validez

Es válido y relevante debido a la importancia del proyecto hidroeléctrico, las condiciones geológicas específicas de la zona de excavación, las implicaciones económicas, ambientales y de seguridad, y el potencial de transferencia de conocimientos y desarrollo de capacidades locales.

3.4.3. Prueba estadística

Para el presente estudio, se realizó una prueba inferencial para cada hipótesis, se calculó la normalidad de los datos y se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas, por cuanto los grupos experimentales eran dos, formados por las metodologías de excavación convencional D&B y excavación con tuneladora (TBM).

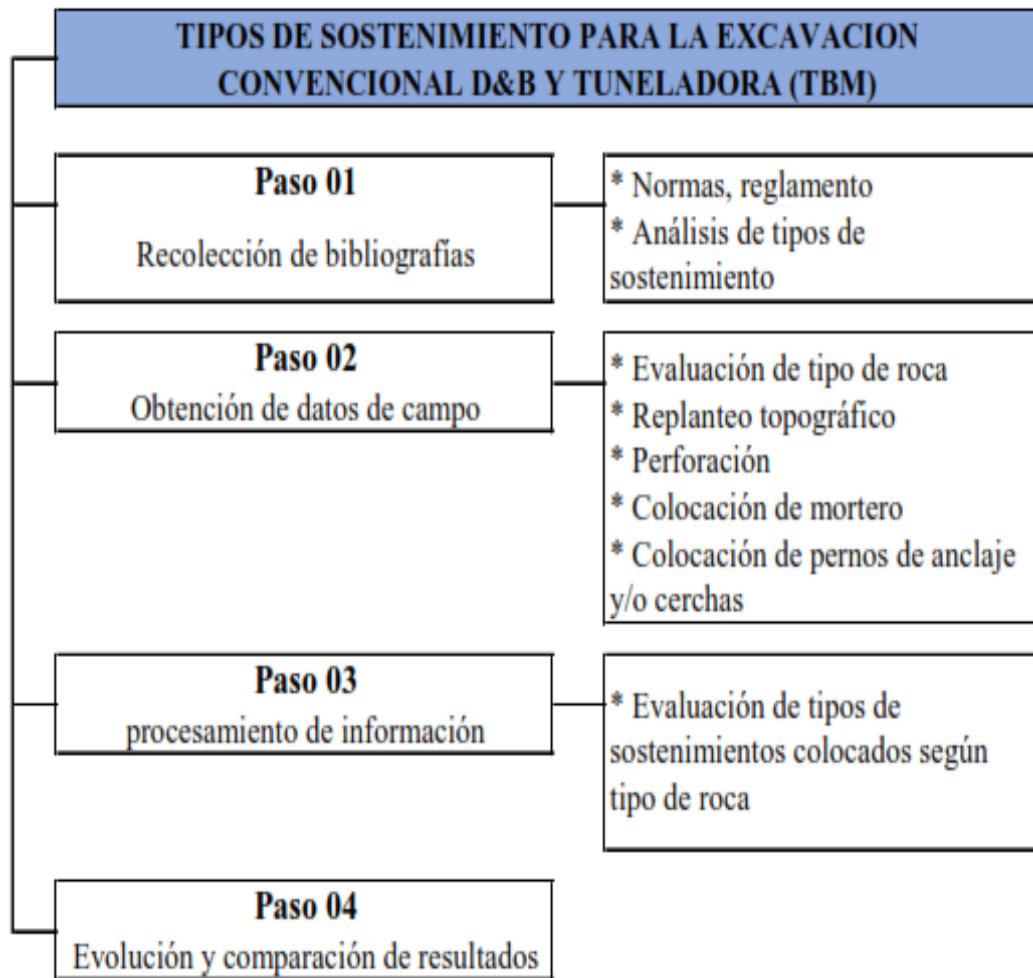
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

A continuación, se expone el procedimiento de sostenimiento por el método convencional D&B y con tuneladora (TBM).

3.5.1. Flujo de trabajo para tipos de sostenimiento de excavación

Figura 17

Flujo de trabajo para tipo de sostenimiento.



Nota. Material propio de la tesis.

Recolección de datos para tipos de sostenimiento de excavación, como:

Diseño preliminar: determinación del rumbo del túnel, el diámetro y la longitud.

Análisis geotécnico: Estudio del comportamiento de las rocas para la excavación y tipo de sostenimiento a realizar.

Replanteo topográfico: determina la cantidad de pernos a instalar para el sostenimiento según tipo de roca, detallado por en la inspección geológica.

Perforación: selección de broca adecuada en función del tamaño del perno de anclaje según tipo de roca; la profundidad y diámetro requeridos por las especificaciones del perno.

Inserción del perno de anclaje: se introduce mortero y/o resina epóxicas para asegurar la fijación de los pernos de anclaje para el sostenimiento de la roca.

Control de calidad: se verifica o s realiza el muestreo de los pernos que estén correctamente instaladas que cumplan con los estándares calidad y seguridad; en el proceso constructivo se realiza un monitoreo continuo para asegurarse que los pernos de anclaje mantengan la estabilidad del túnel.

Figura 18

Flujo de trabajo para tipo de sostenimiento



Nota. Material propio de la tesis.

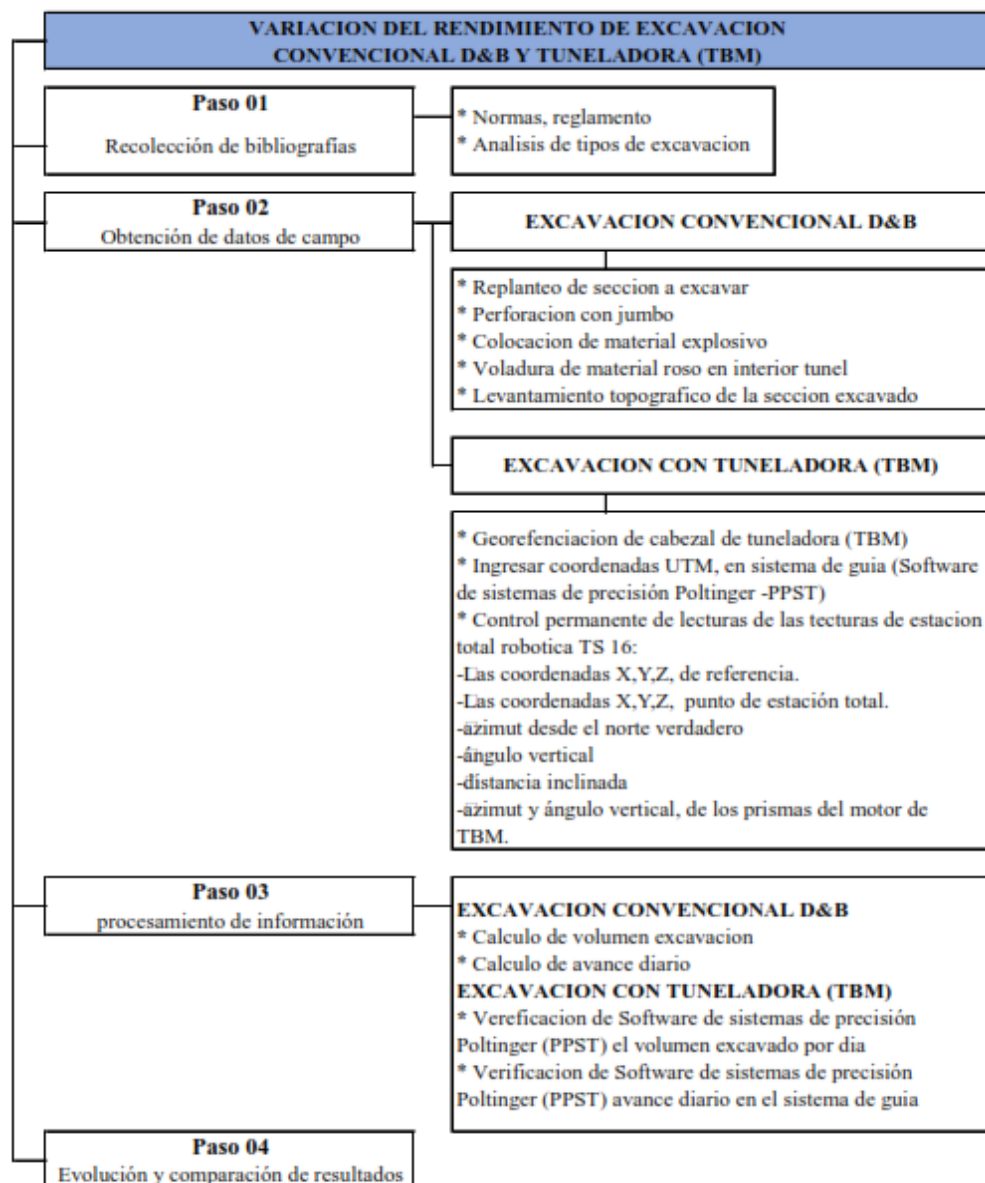
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

A continuación, se expone el procedimiento de excavación por el método convencional D&B y con tuneladora (TBM).

3.6.1. Flujo de Trabajo de la variación del rendimiento

Figura 19

Flujo de trabajo para tipo de sostenimiento.



Nota. Material propio de la tesis.



1. Excavación por el método convencional D&B:

Inspección geológica: se realiza una evaluación geológica del frente de excavación para determinar las características de tipo de roca y las medidas de seguridad necesaria y proceso de excavación.

Replanteo y/o marcado de sección: replanteo y/o marcado de sección a excavar y la malla de perforación, según el diseño del túnel y tipo de roca.

Perforación: se diseña un patrón de perforación según tipo de roca y sección en el frente del túnel, las perforaciones tienen un ángulo y profundidad de los agujeros.

Carga y voladura: una vez perforada los agujeros se cargan con explosivos conectados en orden secuencial para asegurar una voladura controlada para no alterar la estructura de la roca.

Excavación con tuneladora TBM:

Corte de roca: la cabeza de corte de TBM, está equipada con discos cortadores, rota y perfora la roca a medida que avanza. Corta y desmenuza el material luego es transportada fuera por sistema de faja transportadora.

La velocidad de conducción de TBM depende de los tres factores principales. Las condiciones geológicas del túnel, la utilización del equipo y los parámetros de excavación. La velocidad de excavación de TBM se refleja principalmente en la velocidad de avance de excavación de TBM y la tasa de utilización efectiva de TBM. Cuanto mayor sea la tasa de utilización de TBM y la velocidad de avance de excavación, más rápida será la velocidad de excavación y



mayor será el metraje mensual. La tasa de utilización de TBM está determinada principalmente por la experiencia y el nivel de gestión de la construcción. Cuanto mayor sea la experiencia de administración, más corto será el tiempo de inactividad causado por fallas del equipo, mayor será la tasa de utilización. La velocidad de excavación pura está determinada principalmente por las condiciones geológicas y los parámetros de excavación. Por lo tanto, bajo diferentes condiciones de roca, la selección y el ajuste razonables de los parámetros de excavación aumentarán la velocidad de excavación. De acuerdo con los parámetros de diseño de los fabricantes de TBM, la velocidad de excavación inicial de las rocas circundantes de Clase II y III es de 60 ~ 110 mm / min, la velocidad de excavación de la roca circundante de Clase IV es de 40 ~ 80 mm / min, y la velocidad de excavación de la roca circundante de Clase V es menor de 40 mm / min.

Parámetros a definir, depende del tipo de roca y dureza de la roca el operador debe controlar la velocidad de excavación teniendo en cuenta:

Graduar las RPM de giro del cabezal de corte entre 0.1 y 10,6 RPM (en tipo de roca II, III se puede configurar una RPM entre 4 y 7) esto depende de la dureza y tipo de roca: Normal 3430 KNm, empuje 8575 KNm, Velocidad máxima de avance 120 mm/min y empuje efectivo total (máximo nominal) 18658Kn@300bar / 21767KN@350 bar.

Para una efectiva y optima operación del equipo el operador debe elegir los rangos de operación siendo estos a criterio cuidando el no pasar los límites permitidos del diseño de la máquina, el operador elegirá las RPM, velocidad de avance dando mayor o menor caudal a los cilindros de empuje, no revazar el



amperaje nominal de los motores principales y observando de no sobrecargar la cinta transportadora para no tener rebose de material y por ende atascos en la cinta transportadora.

Replanteo y/o marcado de sección:

En este punto se realizó el control horizontal y vertical en el proceso de excavación de la tuneladora TBM.

El sistema de guía para maquinarias perforadoras de túneles, muestra la posición de cabina de central, y la dirección del cabezal de corte y los protectores.

Consta de diferentes componentes de hardware, que intercambian información y datos medidos con el programa TBM4.

El cálculo se basa en tres componentes principales:

Medición permanente de la posición de dos prismas mediante una estación total robótica.

Medición de cabeceo y balanceo mediante un inclinómetro de dos ejes instalados en la máquina.

Valores de extensión de los cilindros de empuje y dirección.

Figura 20

Paso subterráneo de Tuneladora (TBM).



Nota. Material propio de la tesis.

Paso 02.

Control horizontal y vertical con Sistemas de precisión poltinger (PPST-BM4):

Se colocaron 2 puntos de control, establecidos con GPS diferencial en la ventana número dos.

Al software Sistemas de precisión poltinger (PPS) Se ingresarán los siguientes datos:

Las coordenadas X,Y,Z, de referencia.

Las coordenadas X,Y,Z, punto de estación total.

azimut desde el norte verdadero

ángulo vertical

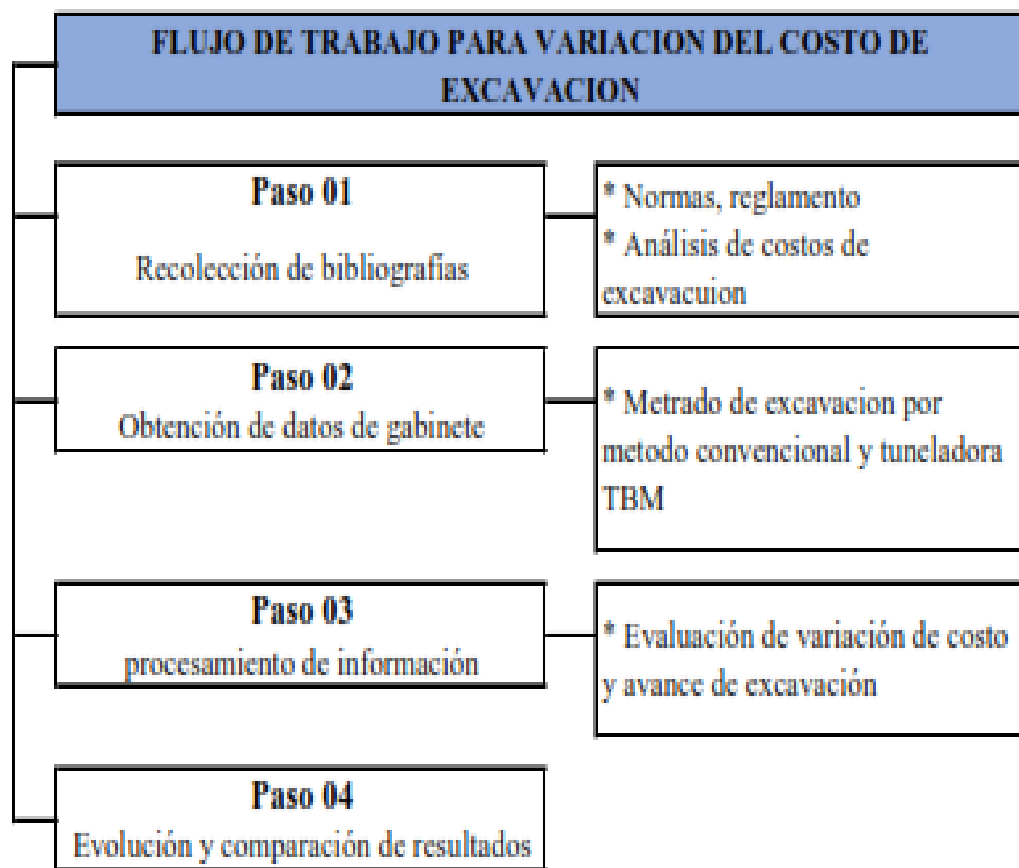
3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO

A continuación, se expone el procedimiento de variación del costo de excavación por el método convencional D&B y con tuneladora (TBM).

3.7.1. Flujo de Trabajo para variación del costo de excavación

Figura 22

Flujo de trabajo para tipo de sostenimiento



Nota. Material propio de la tesis.

El cálculo del costo de excavación es un proceso que implica varios pasos para asegurar una estimación precisa.

1. Variación de costo método convencional D&B:



Determinación del volumen de excavación: para determinar el volumen de avance y/o excavación por día, el control se llevó a diario en cada cambio de turno, tomando en cuenta el tipo de roca y sección excavada.

Cálculo de volumen: para el cálculo de volumen excavada por día, es necesario tener la distancia avanzada por turno y sección excavada para el cálculo de volumen también muy importante el estudio topográfico de la sección excavada para tener más certeza en la cantidad de volumen.

Estimación del costo: en el presente estudio la variación de costo se desarrolló tomando la cantidad de material en metros cúbicos por costo unitario por metro cubico.

Variación de costo con tuneladora TBM:

Determinación del volumen de excavación: para determinar el volumen de avance y/o excavación por día, el control se llevó a diario en cada cambio de turno, tomando en cuenta el tipo de roca y sección excavada por tuneladora TBM.

Cálculo de volumen: para el cálculo de volumen excavada por día, es necesario tener la distancia avanzada por turno y sección excavada para el cálculo de volumen, la tuneladora TBM realiza la excavación en forma regular debido a su formo de cabezal de corte y el cálculo de volumen de material excavado será más real ya que no cuenta con sobre excavaciones.

Estimación del costo: en el presente estudio la variación de costo se desarrolló tomando la cantidad de material en metros cúbicos por costo unitario por metro cubico.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO

La elección entre el método convencional D&B y el uso de una tuneladora (TBM) dependió de diversos factores, como las condiciones geológicas específicas del proyecto, los requisitos de diseño, los plazos de perforación, la disponibilidad de recursos económicos, técnicos, consideraciones medio ambientales y de seguridad en obra. Es importante realizar un análisis detallado y comparativo de ambos métodos, teniendo en cuenta los factores mencionados, para seleccionar la opción más adecuada para la central hidroeléctrica San Gabán III ventana de inspección III en Puno.

A) Método convencional D&B (Perforación y voladura)

Aspectos técnicos:

- Aplicable en diferentes tipos de roca I, II, III, IV y V como condiciones geológicas.
- Se realizó un control riguroso de los parámetros de perforación y voladura para evitar sobre - excavación o daños excesivos en el macizo rocoso.
- Puede ser más flexible en cuanto al trazado y secciones transversales variables.

Aspectos económicos:

- Costo inicial de equipos y materiales relativamente bajo.



- Costos operativos variables dependiendo de la cantidad de material a excavar y la dificultad del terreno.
- Requiere mano de obra especializada en perforación y voladura.

Aspectos ambientales:

- Genera ruido, vibraciones, monóxido de carbono y polvo, lo que puede afectar a las comunidades cercanas y el medio ambiente.
- Requiere una gestión adecuada de los residuos generados por las voladuras.

Aspectos de seguridad:

- Presenta riesgos inherentes a las operaciones de perforación y voladura, como proyecciones, caída de rocas, etc.
- Requiere estrictas medidas de seguridad y procedimientos para minimizar los riesgos.

B) Método de tuneladora (TBM):

Aspectos técnicos:

- Altamente eficiente y productivo en terrenos consistentes y rocas competentes.
- Permite un control preciso de excavación tanto en sección transversal y el trazado del túnel.
- Requiere un estudio detallado de las condiciones geológicas para seleccionar el tipo adecuado de tuneladora TBM.

Aspectos económicos:

- Alto costo inicial de la tuneladora y equipos auxiliares.



- Costos operativos más estables y predecibles.
- Requiere personal altamente capacitado para operar y mantener la tuneladora TBM.
- La tuneladora TBM, tiene una eficiencia superior al método convencional cuando se trata en excavaciones extensos.

Aspectos ambientales:

- Genera menos ruido, vibraciones y polvo que el método D&B.
- Reduce el impacto ambiental en la superficie.
- Requiere una adecuada gestión de los residuos generados durante la excavación.

Aspectos de seguridad:

- Presenta menor riesgo potencial para el personal al ser un método más controlado.
- Requiere estrictos procedimientos y medidas de seguridad para el mantenimiento y operación de la tuneladora.

4.1.1. Resultados de primer objetivo específico

Sostenimiento en la excavación con el método convencional D&B.

La excavación con el método convencional Drilling and Blasting (D&B) fue realizado utilizando 1 tipo de sostenimiento durante el mes de Julio de 2022, siendo las varillas de anclaje las más usadas, las cuales se detalla la cantidad de varillas utilizadas según el tipo de roca encontrada.

Tabla 4

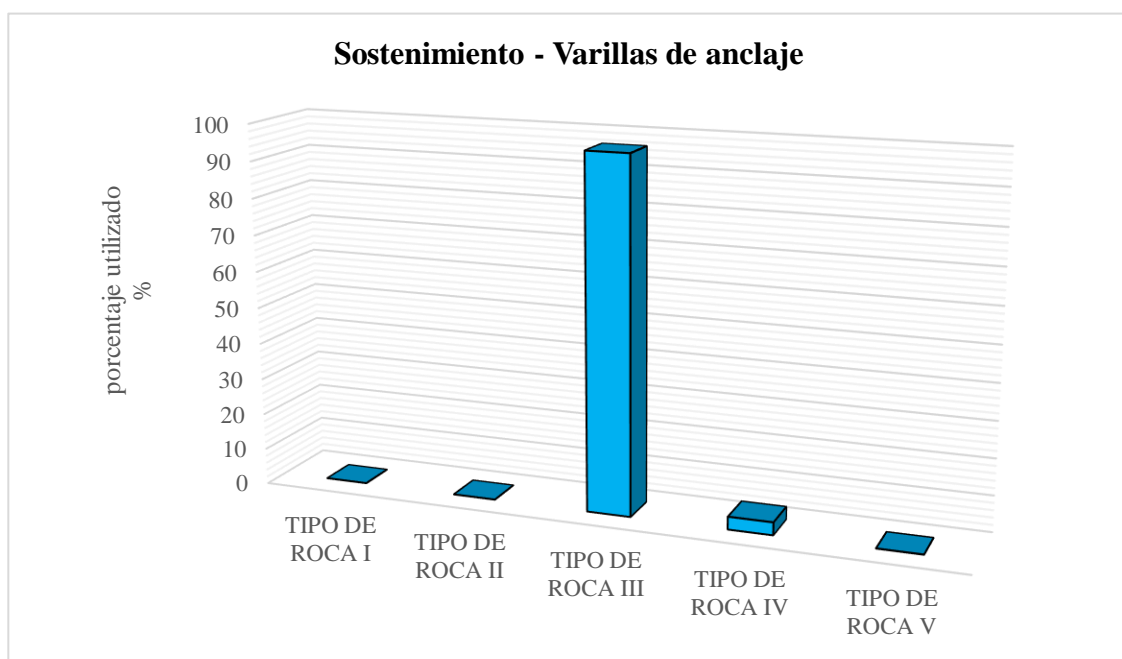
Cantidad de varillas de anclaje de variable utilizada para el sostenimiento en D&B.

Avance por tipo de roca	Cantidad	%
Tipo de roca I	0.00	0.00%
Tipo de roca II	0.00	0.00%
Tipo de roca III	159.60	96.49%
Tipo de roca IV	5.80	3.51%
Tipo de roca V	0.00	0.00%
Total	165.4	100.00%

Nota. Elaboración propia

Figura 23

Sostenimiento con varillas de anclaje para D&B.



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 4 y la Figura 23 se muestra la cantidad de varillas de anclaje utilizados con el método D&B (Drilling and Blasting) por cada tipo de roca, un total de 159.60 unidades de varillas fueron utilizados para anclar rocas de tipo III y 5.80 unidades de

varillas fueron utilizados para anclar rocas de tipo IV, siendo un total de 165.4 unidades de varillas utilizados durante la excavación en el mes de Julio para la ventana 2 del proyecto.

Tabla 5

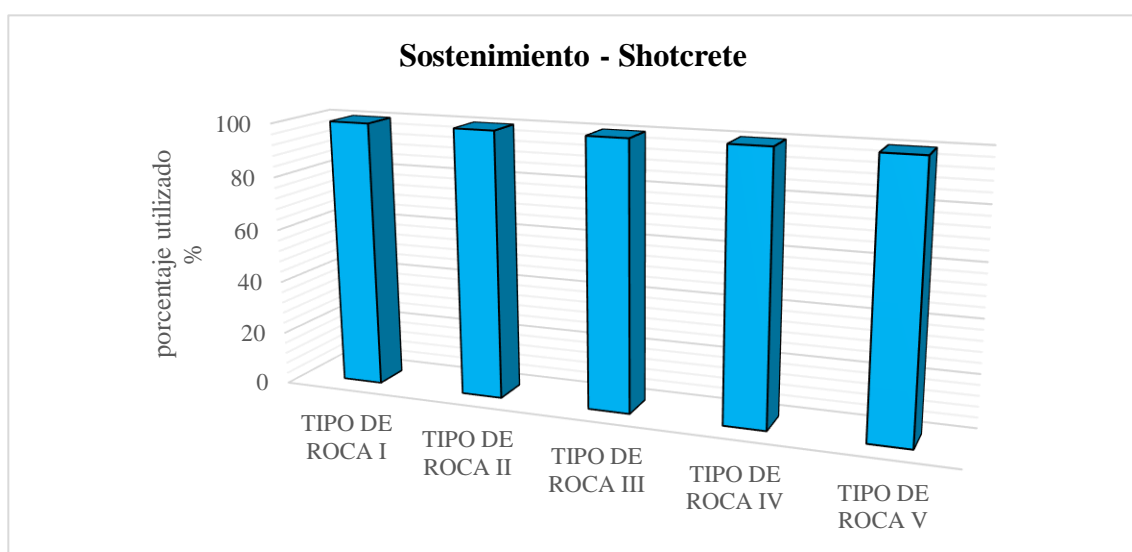
Porcentaje de concreto proyectado (Shotcrete) utilizado para el sostenimiento en D&B.

Avance por tipo de roca	%
Tipo de roca I	100.00%
Tipo de roca II	100.00%
Tipo de roca III	100.00%
Tipo de roca IV	100.00%
Tipo de roca V	100.00%
Total	100.00%

Nota. Elaboración propia

Figura 24

Sostenimiento con Shotcrete (concreto proyectado) para D&B.

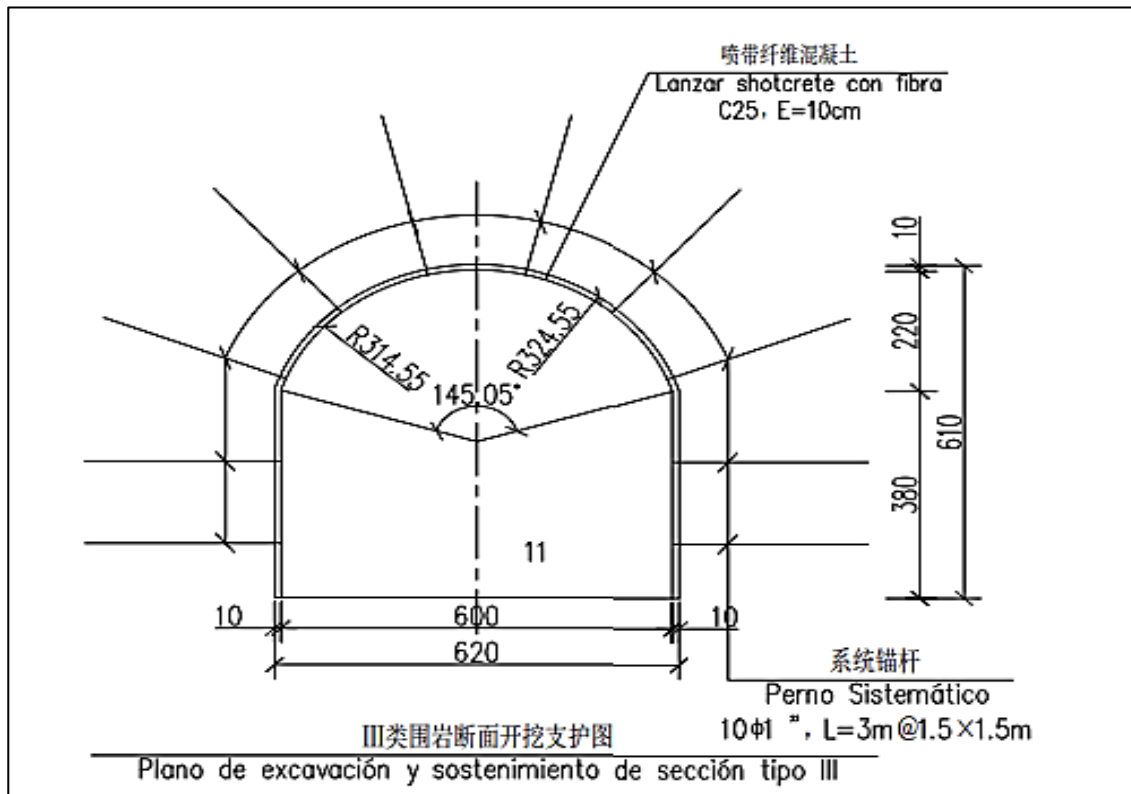


Nota. Elaboración propia

En la Tabla 5 y la Figura 24 se muestra al concreto proyectado (Shotcrete) como sostenimiento utilizado en el método D&B, se observa el uso en su totalidad (100%) en todo el proceso de excavación para rocas de tipo I, II, III, IV y V durante el mes de Julio.

Figura 25

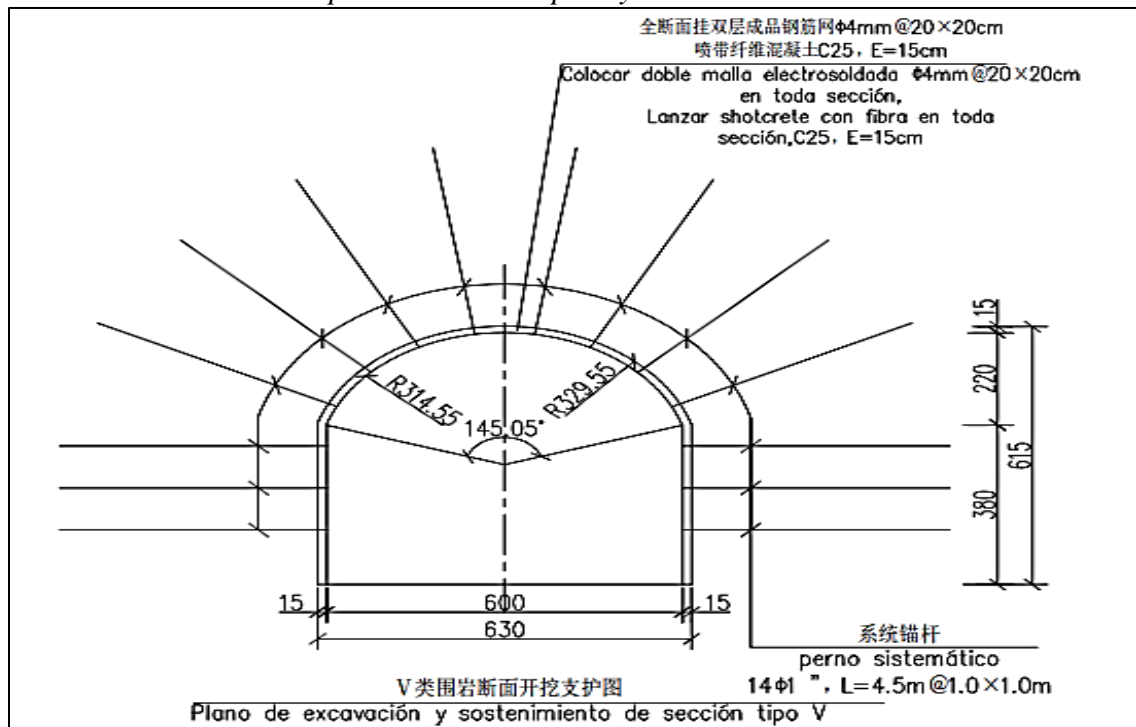
Detalle de sostenimiento para la sección tipo III y IV.



Nota. Material propio de la tesis.

Figura 26

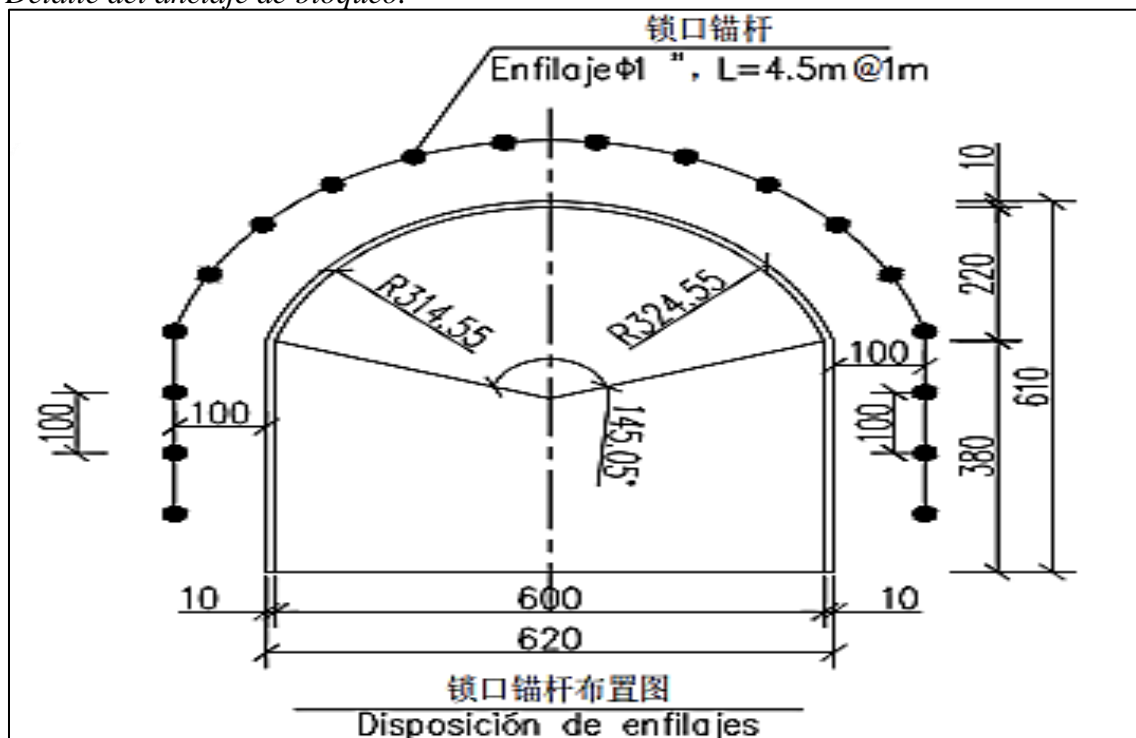
Detalle de sostenimiento para la sección tipo V y V'.



Nota. Material propio de la tesis.

Figura 27

Detalle del anclaje de bloqueo.



Nota. Material propio de la tesis.

En las Figuras 26 y 27 se presenta un detallado del sostenimiento para las secciones tipo III y IV, así como para las secciones tipo V y V', respectivamente. Consiguientemente, en la Figura 27, se demuestra en detalle el anclaje de bloqueo, un componente clave en el sistema de sostenimiento implementado.

Sostenimiento en la excavación con el método tuneladora (TBM).

La excavación con el método de Tunnel Boring Machines (TBM) fue realizado utilizando 3 tipos de sostenimientos durante el mes de Setiembre de 2022, siendo el Shotcrete o concreto proyectado, pernos de anclajes y cerchas de acero, mostradas y detalladas en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 6

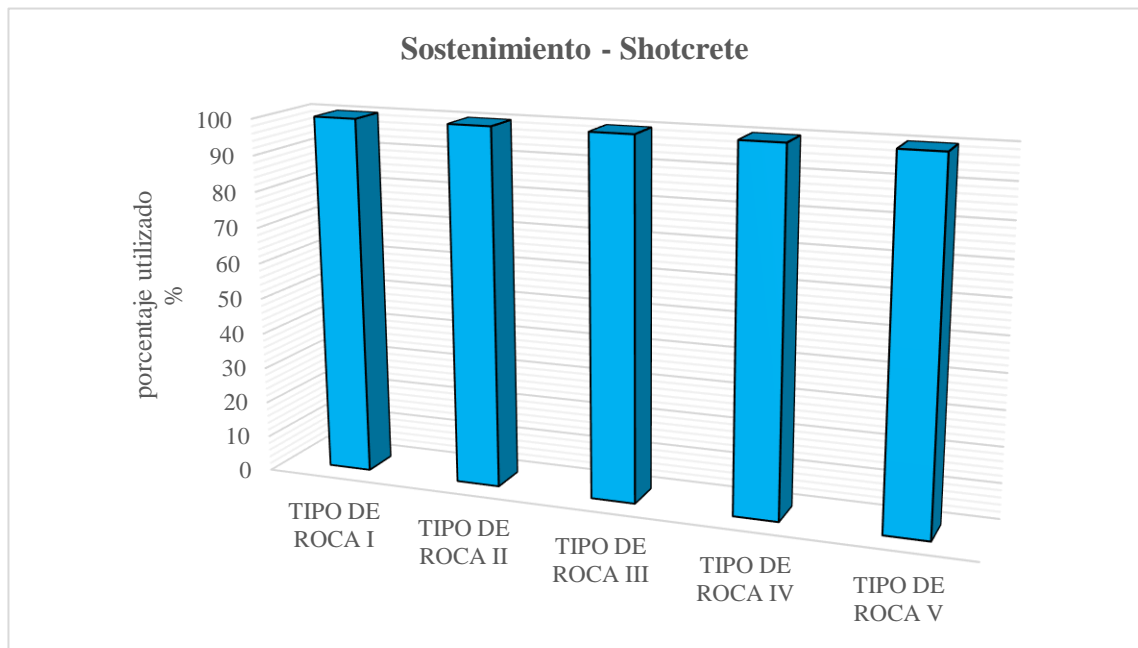
Porcentaje de concreto proyectado (Shotcrete) utilizado para el sostenimiento en TBM.

Avance por tipo de roca	%
Tipo de roca I	0.00%
Tipo de roca II	0.00%
Tipo de roca III	100.00%
Tipo de roca IV	100.00%
Tipo de roca V	0.00%
Total	100.00%

Nota. Elaboración propia

Figura 28

Sostenimiento con Shotcrete (concreto proyectado) para TBM.



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 6 y la Figura 28 se demuestra al concreto proyectado (Shotcrete) como sostenimiento utilizado en el método TBM, se observa el uso en su totalidad (100%) en todo el proceso de excavación para rocas de tipo I, II, III, IV y V durante el mes de Setiembre.

Tabla 7

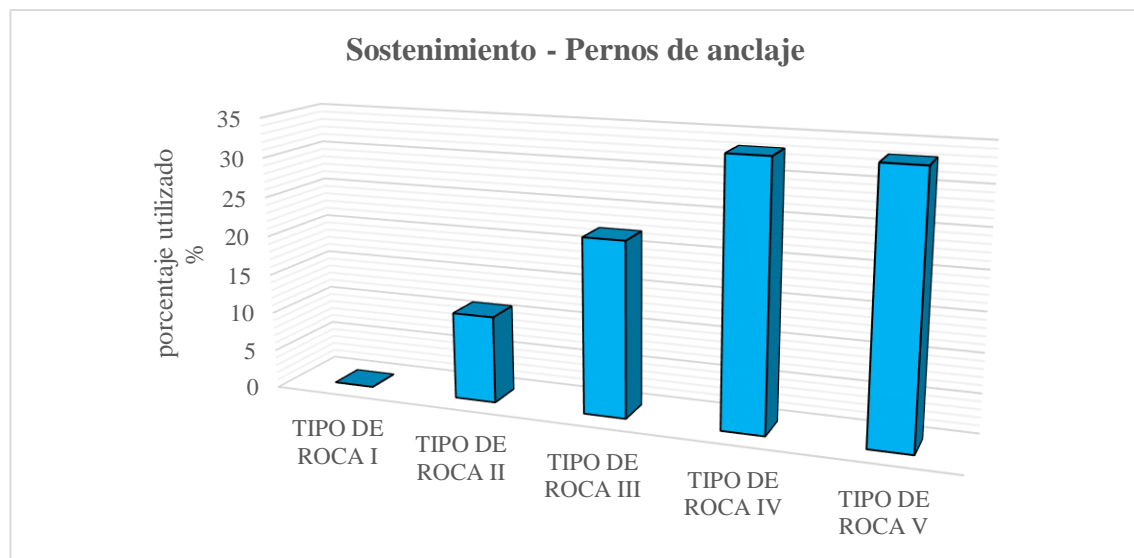
Cantidad de pernos de anclaje utilizados para el sostenimiento en TBM.

Avance por tipo de roca	Cantidad	%
Tipo de roca I	0.00	0.00 %
Tipo de roca II	4.00	11.11 %
Tipo de roca III	8.00	22.22 %
Tipo de roca IV	12.00	33.33 %
Tipo de roca V	12.00	33.33 %
Total	36.00	100.00 %

Nota. Elaboración propia.

Figura 29

Sostenimiento con pernos de anclaje para TBM.



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 7 y la Figura 29 se demuestra la cantidad de pernos de anclaje utilizados con tuneladora TBM por cada tipo de roca, un total de 4 unidades de pernos fueron utilizados para anclar rocas de tipo II, 8 unidades de pernos para anclar rocas de tipo III, 12 unidades de pernos para anclar rocas de tipo IV y 12 unidades de pernos para

anclar rocas de tipo V, sumando un total de 36 pernos de anclaje utilizados durante la excavación en el mes de Setiembre.

Tabla 8

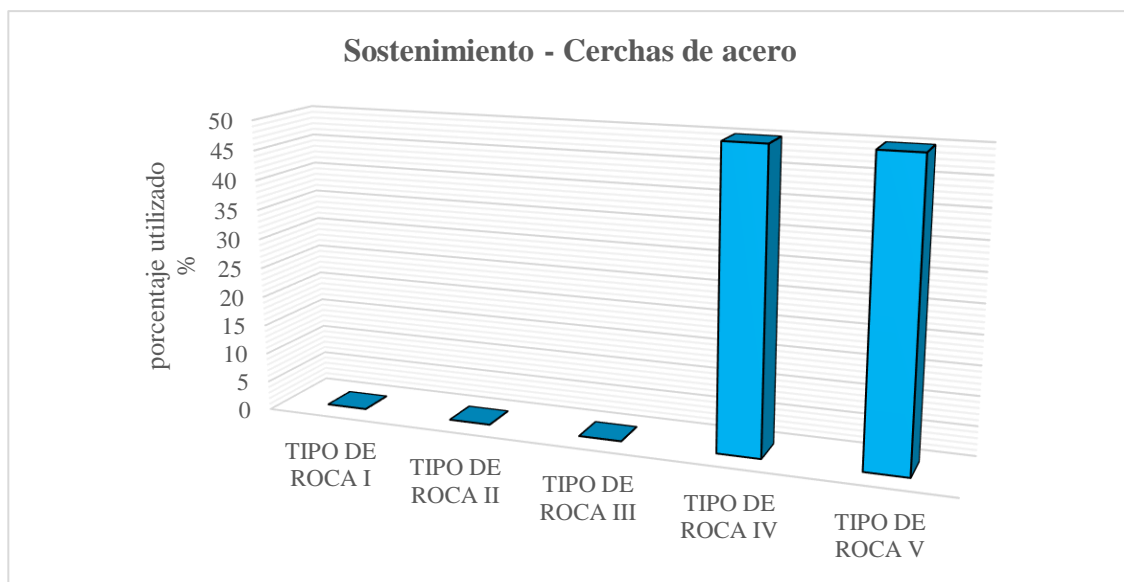
Cantidad de cerchas de acero utilizados para el sostenimiento en TBM.

Avance por tipo de roca	Cantidad	%
Tipo de roca I	0.00	0.00 %
Tipo de roca II	0.00	0.00 %
Tipo de roca III	0.00	0.00 %
Tipo de roca IV	1.00	50.00 %
Tipo de roca V	1.00	50.00 %
Total	2.00	100.00 %

Nota. Elaboración propia

Figura 30

Sostenimiento con cerchas de acero para TBM.

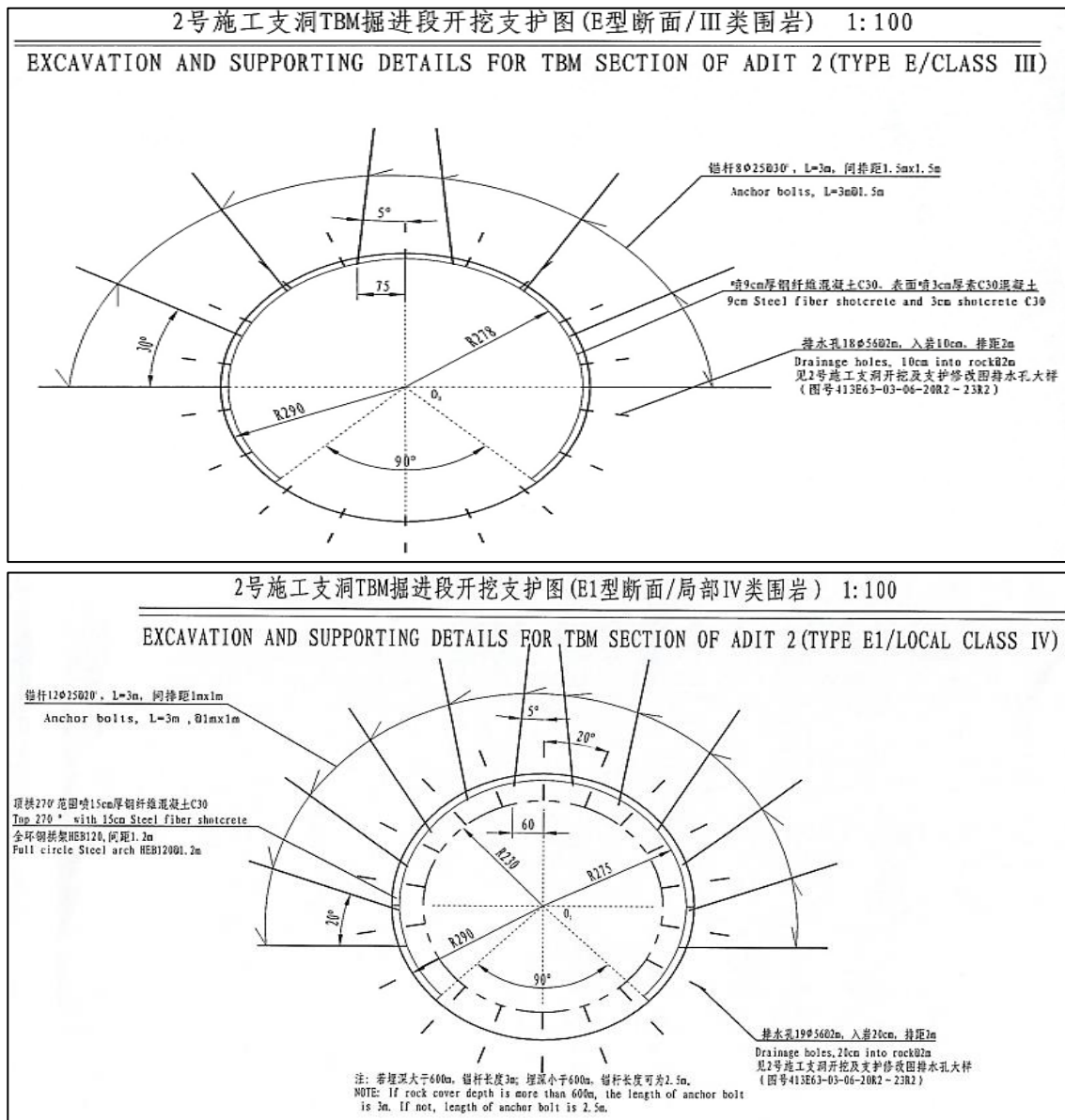


Nota. Elaboración propia

En la Tabla 8 y la Figura 30 se demuestra la cantidad de cerchas de acero colocado dentro del túnel excavado con el método TBM por cada tipo de roca, un total de 2 cimbras de acero fueron utilizados dentro de la excavación, teniendo la cantidad de 1 cercha de acero utilizada para la roca de tipo IV y 1 cercha de acero utilizada para la roca de tipo V.

Figura 31

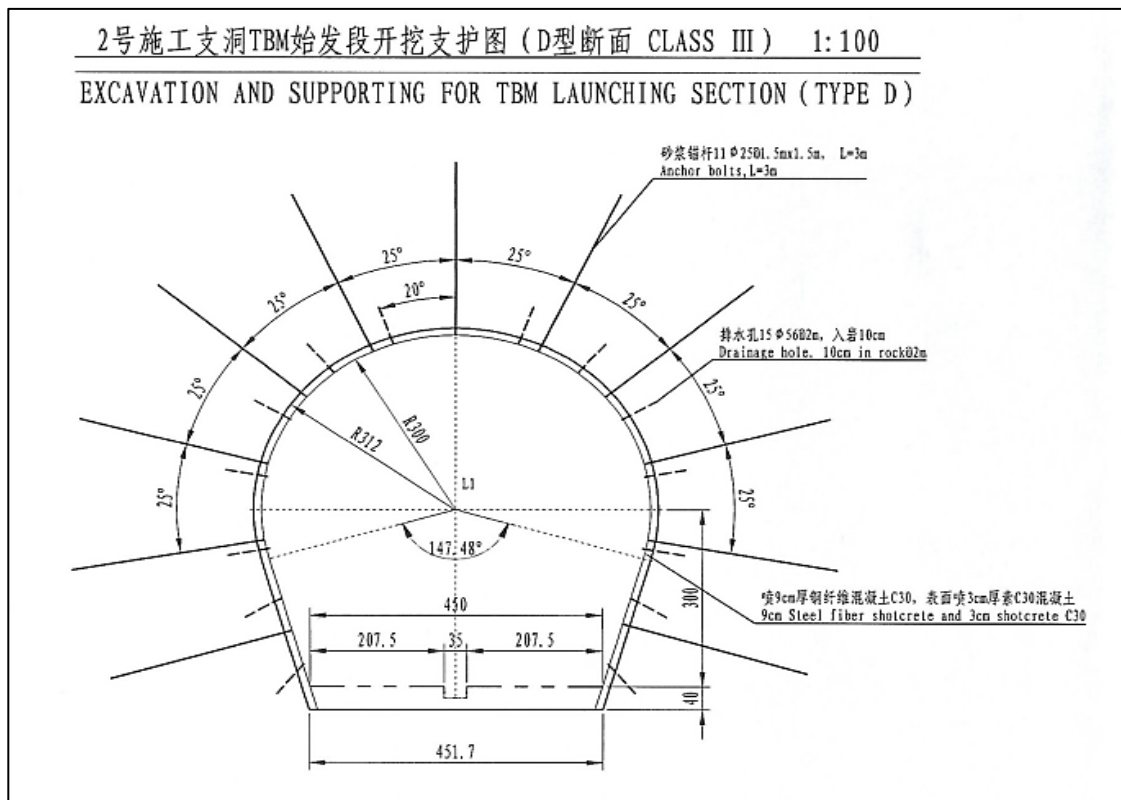
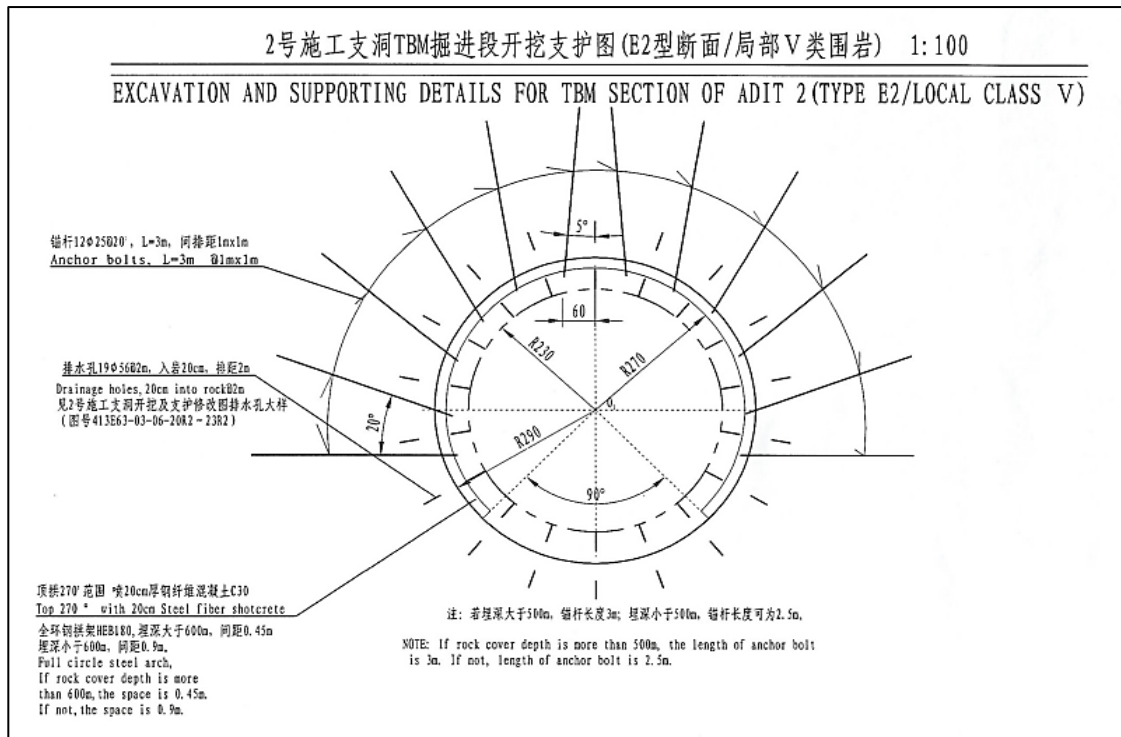
Detalle de sostenimiento para la sección del túnel 2 (Tipo E / Clase III y Tipo E1 / Clase IV).



Nota. Material propio de la tesis.

Figura 32

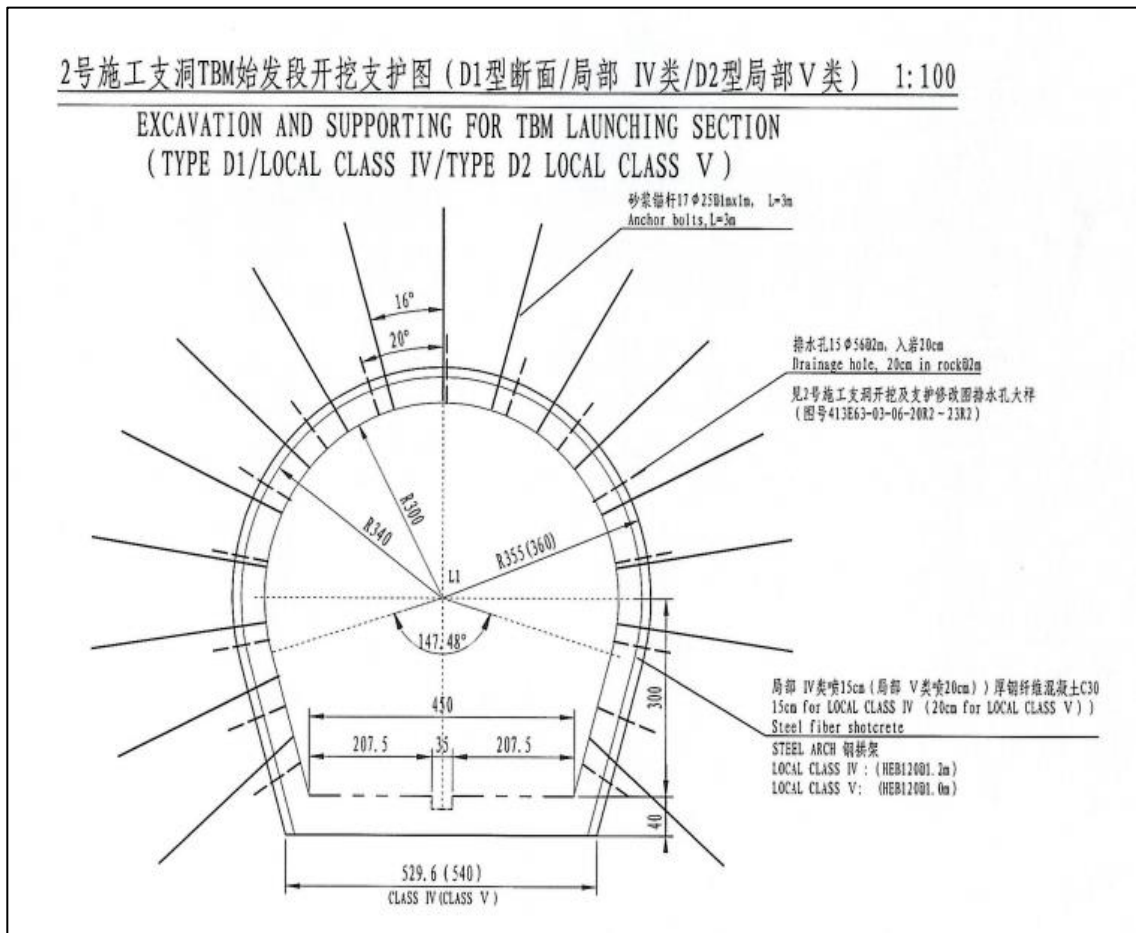
Detalle de sostenimiento para la sección TBM del túnel 2(Tipo E2 / Clase V y Tipo D).



Nota. Material propio de la tesis.

Figura 33

Detalle de sostenimiento para la sección de lanzamiento (Tipo D1 / Clase IV / Tipo D2 / Clase V).



Nota. Material propio de la tesis.

La Figura 31 presenta un detallado análisis de sostenimiento para la sección del túnel 2, abarcando tanto el Tipo E / Clase III como el Tipo E1 / Clase IV. De igual forma, la Figura 33 se centra en el sostenimiento para la sección, involucrando el Tipo E2 / Clase V y el Tipo D. Por su parte, la Figura 29 exhibe el detalle de sostenimiento para la sección de lanzamiento, donde se abordan los retos de estabilidad en las variaciones Tipo D1 / Clase IV y Tipo D2 / Clase V.

Tabla 9

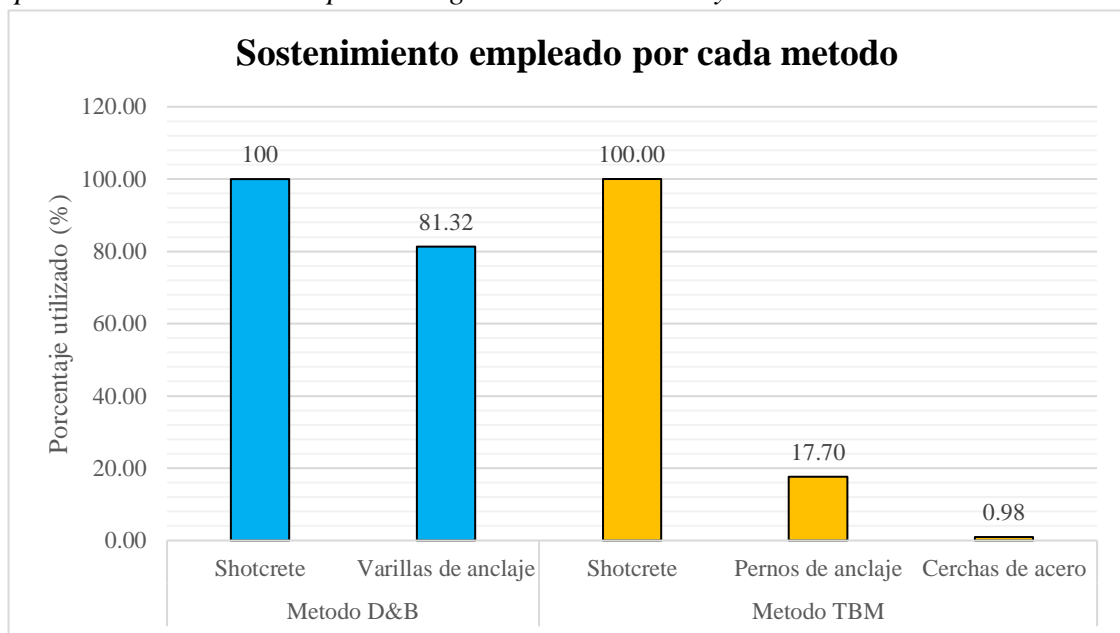
Cuadro resumen de los sostenimientos D&B Y TBM empleados por cada método.

Método de excavación	Sostenimiento	Cantidad	%
D&B	Shotcrete	Todo	100,00
	Varillas de anclaje	165,40	81,32
TBM	Shotcrete	Todo	100,00
	Pernos de anclaje	36,00	17,70
	Cerchas de acero	2,00	0,98

Nota. Elaboración propia

Figura 34

Tipos de sostenimiento empleado según el método D&B y TBM.



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 9 se muestra la cantidad de los tipos de sostenimiento empleado en la excavación, en el caso del método D&B se emplea shotcrete en su totalidad como sostenimiento, representando el 100% de las aplicaciones. Además, se utilizan varillas de anclaje con una cantidad total de 165,40 y un porcentaje del 81,32 en relación al sostenimiento total. Por otro lado, en el método TBM, se emplea shotcrete en su totalidad,

representando también el 100% de las aplicaciones. Se utilizan pernos de anclaje con una cantidad total de 36,00 y un porcentaje del 17,70, mientras que las cerchas de acero tienen una presencia de 2,00 unidades, lo que equivale a un 0,98% del sostenimiento total.

La Figura 34 presenta de manera gráfica los tipos de sostenimiento utilizados en función de los métodos de excavación D&B y TBM. Esta representación visual muestra la distribución relativa de los diferentes tipos de refuerzo empleados en cada método. A través de barras proporcionales, la figura destaca cómo el sostenimiento varía en cada método, mostrando claramente la predominancia del uso de shotcrete en ambos métodos.

4.1.2. Resultados del segundo objetivo específico

Rendimiento de trabajos en la excavación Convencional D&B

Los resultados de excavación convencional con Drill and Blast (perforación y voladura) pertenecen al avance realizado en el túnel de conducción aguas abajo (ventana III) en el mes de julio de 2022, contando un total de 31 días de trabajo con ciertos días inactivos en dos turnos de día y de noche, de las que se encontraron dos tipos de rocas durante la excavación.

Tabla 10

Avance de excavación con D&B en un mes

		Metas			Distancia	Metrado (m ³)
1/07/2022	DIA	Y0+143.70	Y0+146.60	IV	2.90	108.13
1/07/2022	NOCHE	Y0+146.60	Y0+149.50	III	2.90	82.99
2/07/2022	DIA	Y0+149.50	Y0+152.30	III	2.80	80.13
2/07/2022	NOCHE	Y0+152.30	Y0+155.20	III	2.90	82.99
3/07/2022	DIA					0.00
3/07/2022	NOCHE	Y0+155.20	Y0+158.10	III	2.90	82.99
4/07/2022	DIA	Y0+158.10	Y0+161.00	III	2.90	82.99
4/07/2022	NOCHE	Y0+161.00	Y0+164.00	III	3.00	85.85



5/07/2022	DIA	Y0+164.00	Y0+166.90	III	2.90	82.99
5/07/2022	NOCHE	Y0+166.90	Y0+169.70	III	2.80	80.13
6/07/2022	DIA	Y0+169.70	Y0+172.60	III	2.90	82.99
6/07/2022	NOCHE	Y0+172.60	Y0+175.40	III	2.80	80.13
7/07/2022	DIA	Y0+175.40	Y0+178.20	III	2.80	80.13
7/07/2022	NOCHE	Y0+178.20	Y0+181.10	III	2.90	82.99
8/07/2022	DIA	Y0+181.10	Y0+184.00	III	2.90	82.99
8/07/2022	NOCHE	Y0+184.00	Y0+187.00	III	3.00	85.85
9/07/2022	DIA	Y0+187.00	Y0+190.00	III	3.00	85.85
9/07/2022	NOCHE	Y0+190.00	Y0+193.00	III	3.00	85.85
10/07/2022	DIA					0.00
10/07/2022	NOCHE	Y0+193.00	Y0+195.90	III	2.90	82.99
11/07/2022	DIA	Y0+195.90	Y0+198.70	III	2.80	80.13
11/07/2022	NOCHE					0.00
12/07/2022	DIA	Y0+198.70	Y0+201.90	III	3.20	91.58
12/07/2022	NOCHE	Y0+201.90	Y0+204.90	III	3.00	85.85
13/07/2022	DIA	Y0+204.90	Y0+207.80	III	2.90	82.99
13/07/2022	NOCHE	Y0+207.80	Y0+210.70	III	2.90	82.99
14/07/2022	DIA	Y0+210.70	Y0+213.90	III	3.20	91.58
14/07/2022	NOCHE	Y0+213.90	Y0+217.10	III	3.20	91.58
15/07/2022	DIA	Y0+217.10	Y0+220.30	III	3.20	91.58
15/07/2022	NOCHE	Y0+220.30	Y0+223.50	III	3.20	91.58
16/07/2022	DIA	Y0+223.50	Y0+226.40	III	2.90	82.99
16/07/2022	NOCHE	Y0+226.40	Y0+229.30	III	2.90	82.99
17/07/2022	DIA	Y0+229.30	Y0+232.80	III	3.50	100.16
17/07/2022	NOCHE					0.00
18/07/2022	DIA	Y0+232.80	Y0+235.80	III	3.00	85.85
18/07/2022	NOCHE	Y0+235.80	Y0+238.60	III	2.80	80.13
19/07/2022	DIA	Y0+238.60	Y0+241.80	III	3.20	91.58
19/07/2022	NOCHE	Y0+241.80	Y0+244.90	III	3.10	88.72
20/07/2022	DIA	Y0+244.90	Y0+248.00	III	3.10	88.72
20/07/2022	NOCHE	Y0+248.00	Y0+251.00	III	3.00	85.85
21/07/2022	DIA	Y0+251.00	Y0+254.00	III	3.00	85.85
21/07/2022	NOCHE	Y0+254.00	Y0+257.20	III	3.20	91.58
22/07/2022	DIA	Y0+257.20	Y0+260.40	III	3.20	91.58
22/07/2022	NOCHE	Y0+260.40	Y0+263.60	III	3.20	91.58
23/07/2022	DIA	Y0+263.60	Y0+266.80	III	3.20	91.58
23/07/2022	NOCHE	Y0+266.80	Y0+270.00	III	3.20	91.58
24/07/2022	DIA	Y0+270.00	Y0+273.70	III	3.70	105.89
24/07/2022	NOCHE					0.00
25/07/2022	DIA	Y0+273.70	Y0+276.50	III	2.80	80.13
25/07/2022	NOCHE	Y0+276.50	Y0+279.50	III	3.00	85.85
26/07/2022	DIA	Y0+279.50	Y0+282.30	III	2.80	80.13
26/07/2022	NOCHE	Y0+282.30	Y0+285.50	III	3.20	91.58
27/07/2022	DIA	Y0+285.50	Y0+288.70	III	3.20	91.58
27/07/2022	NOCHE	Y0+288.70	Y0+291.90	III	3.20	91.58



28/07/2022	DIA	Y0+291.90	Y0+295.40	III	3.50	100.16
28/07/2022	NOCHE	Y0+295.40	Y0+298.80	III	3.40	97.30
29/07/2022	DIA					0.00
29/07/2022	NOCHE	Y0+298.80	Y0+302.30	III	3.50	100.16
30/07/2022	DIA	Y0+302.30	Y0+305.70	III	3.40	97.30
30/07/2022	NOCHE	Y0+305.70	Y0+309.10	III	3.40	97.30
TOTAL					165.40	4758.55

Nota. Elaboración propia

Tabla 11

Resumen de excavación con D&B por tipo de roca mes de julio

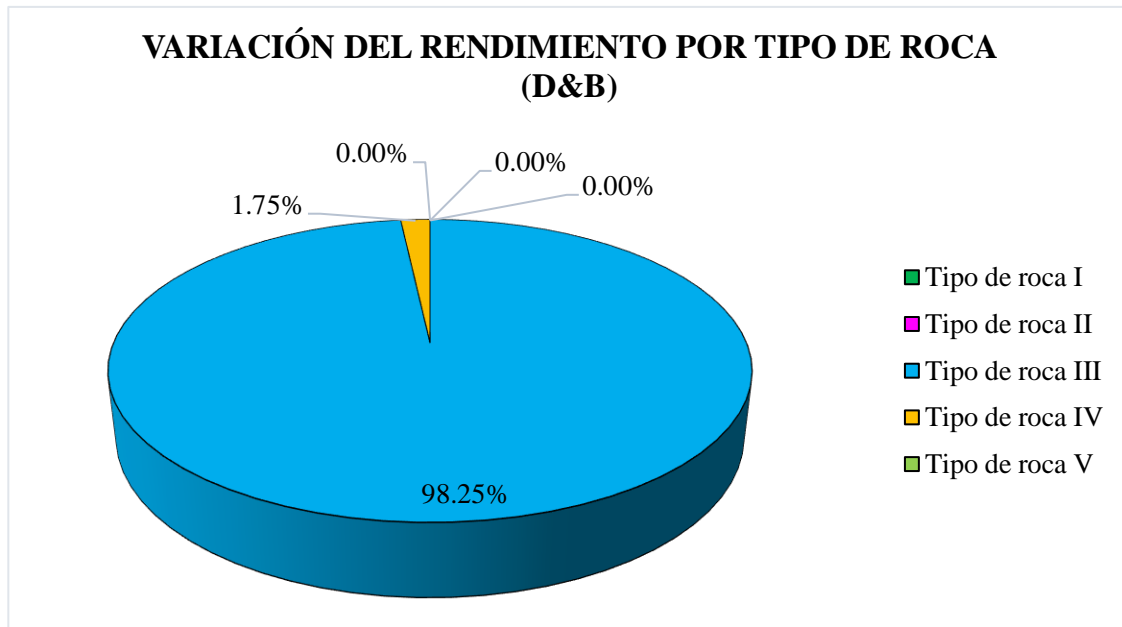
Tipo de roca	Avance de excavación (m)	Volumen de excavación (m ³)	Porcentaje
Tipo de roca I	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca II	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca III	162.50	4675.28	98.25%
Tipo de roca IV	2.90	83.27	1.75%
Tipo de roca V	0.00	0.00	0.00%
Avance total	165.40	4758.55	100.00%

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 10 se demuestran los resultados alcanzados del avance total ejecutado con el método de perforación y voladura (D&B) en el mes de julio, teniendo un avance de 162.50 metros para el tipo de roca III y 2.90 metros para el tipo de roca IV, siendo un total de 165.40 metros de avance en 30 días de trabajo. El área excavada es de 26.421 m², teniendo un tiempo de 4675.28 m³/mes en el tipo de roca III y para el tipo de roca IV el tiempo fue de 83.27 m³/mes, generando un total de 4758.55 m³ de volumen excavado al mes con el método D&B.

Figura 35

Porcentajes del avance con D&B por tipo de roca mes de julio



Nota. Elaboración propia

En la Figura 35 se demuestra el avance de excavación en porcentajes conforme a la clase de roca hallado, se observa que en el mes de julio se encontraron dos tipos de rocas siendo un total de 98.25% excavado para el tipo de roca III y un 1.75% para el tipo de roca IV, más de un 50% del avance acumulado durante el mes de julio se realizó al encontrar roca de tipo III.

Tuneladora (TBM)

Los resultados de excavación con máquinas tuneladoras pertenecen al avance en túnel de conducción (ventana 2) en el mes de setiembre de 2022, contando con un total de 31 días de trabajo sin descanso en turnos de día y de noche, de las que se encontraron dos tipos de roca durante la excavación, tal como se demuestra en la tabla subsiguiente:



Tabla 12

Avance de excavación con TBM en un mes

		Metas			Distancia	Metrado (m ³)
1/09/2022	DIA	Y13+840.30	Y13+826.70	III	13.60	359.87
1/09/2022	NOCHE	Y13+826.70	Y13+803.70	III	23.00	607.68
2/09/2022	DIA	Y13+803.70	Y13+794.10	III	9.60	253.64
2/09/2022	NOCHE	Y13+794.10	Y13+785.70	III	8.40	221.94
3/09/2022	DIA	Y13+785.70	Y13+771.50	III	14.20	375.18
3/09/2022	NOCHE	Y13+771.50	Y13+760.00	III	11.50	303.84
4/09/2022	DIA	Y13+760.00	Y13+760.00	III	0.00	0.00
4/09/2022	NOCHE	Y13+760.00	Y13+760.00	III	0.00	0.00
5/09/2022	DIA	Y13+760.00	Y13+749.30	III	10.70	282.70
5/09/2022	NOCHE	Y13+749.30	Y13+731.60	III	17.70	467.65
6/09/2022	DIA	Y13+731.60	Y13+719.20	III	12.40	327.62
6/09/2022	NOCHE	Y13+719.20	Y13+704.20	III	15.00	396.32
7/09/2022	DIA	Y13+704.20	Y13+696.70	III	7.50	198.16
7/09/2022	NOCHE	Y13+696.70	Y13+680.40	III	16.30	430.66
7/09/2022	NOCHE	Y13+680.40	Y13+678.70	IV	1.70	44.92
8/09/2022	DIA	Y13+678.70	Y13+676.60	IV	2.10	55.48
8/09/2022	DIA	Y13+676.60	Y13+670.50	III	6.10	161.17
8/09/2022	NOCHE	Y13+670.50	Y13+652.20	III	18.30	483.50
9/09/2022	DIA	Y13+652.20	Y13+640.00	III	12.20	322.34
9/09/2022	NOCHE	Y13+640.00	Y13+627.20	III	12.80	338.19
10/09/2022	DIA	Y13+627.20	Y13+615.60	III	11.60	306.48
10/09/2022	NOCHE	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00
11/09/2022	DIA	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00
11/09/2022	NOCHE	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00
12/09/2022	DIA	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00
12/09/2022	NOCHE	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00
13/09/2022	DIA	Y13+615.60	Y13+608.60	III	7.00	184.95
13/09/2022	NOCHE	Y13+608.60	Y13+604.00	III	4.60	121.54
14/09/2022	DIA	Y13+604.00	Y13+593.60	III	10.40	274.78
14/09/2022	NOCHE	Y13+593.60	Y13+582.60	III	11.00	290.63
15/09/2022	DIA	Y13+582.60	Y13+579.80	III	2.80	73.98
15/09/2022	NOCHE	Y13+579.80	Y13+574.70	III	5.10	134.75
16/09/2022	DIA	Y13+574.70	Y13+563.70	III	11.00	290.63
16/09/2022	NOCHE	Y13+563.70	Y13+553.50	III	10.20	269.49
17/09/2022	DIA	Y13+553.50	Y13+553.50	III	0.00	0.00
17/09/2022	NOCHE	Y13+553.50	Y13+541.80	III	11.70	309.13
18/09/2022	DIA	Y13+541.80	Y13+541.80	III	0.00	0.00
18/09/2022	NOCHE	Y13+541.80	Y13+538.30	III	3.50	92.47
18/09/2022	NOCHE	Y13+538.30	Y13+530.80	IV	7.50	198.16
19/09/2022	DIA	Y13+530.80	Y13+525.90	IV	4.90	129.46



19/09/2022	NOCHE	Y13+525.90	Y13+522.10	IV	3.80	100.40
19/09/2022	NOCHE	Y13+522.10	Y13+517.90	III	4.20	110.97
20/09/2022	DIA	Y13+517.90	Y13+513.90	III	4.00	105.68
20/09/2022	NOCHE	Y13+513.90	Y13+513.90	III	0.00	0.00
21/09/2022	DIA	Y13+513.90	Y13+511.40	III	2.50	66.05
21/09/2022	NOCHE	Y13+511.40	Y13+498.30	III	13.10	346.12
22/09/2022	DIA	Y13+498.30	Y13+483.90	III	14.40	380.46
22/09/2022	NOCHE	Y13+483.90	Y13+469.90	III	14.00	369.89
23/09/2022	DIA	Y13+469.90	Y13+452.90	III	17.00	449.16
23/09/2022	NOCHE	Y13+452.90	Y13+447.20	III	5.70	150.60
24/09/2022	DIA	Y13+447.20	Y13+447.20	III	0.00	0.00
24/09/2022	NOCHE	Y13+447.20	Y13+439.90	III	7.30	192.87
24/09/2022	NOCHE	Y13+439.90	Y13+432.70	IV	7.20	190.23
24/09/2022	NOCHE	Y13+432.70	Y13+431.10	III	1.60	42.27
25/09/2022	DIA	Y13+431.10	Y13+431.10	III	0.00	0.00
25/09/2022	NOCHE	Y13+431.10	Y13+427.40	III	3.70	97.76
26/09/2022	DIA	Y13+427.40	Y13+425.80	III	1.60	42.27
26/09/2022	DIA	Y13+425.80	Y13+421.30	IV	4.50	118.89
26/09/2022	NOCHE	Y13+421.30	Y13+420.80	IV	0.50	13.21
26/09/2022	NOCHE	Y13+420.80	Y13+412.00	III	8.80	232.50
26/09/2022	NOCHE	Y13+412.00	Y13+411.50	IV	0.50	13.21
27/09/2022	DIA	Y13+411.50	Y13+403.10	IV	8.40	221.94
27/09/2022	NOCHE	Y13+403.10	Y13+401.00	IV	2.10	55.48
27/09/2022	NOCHE	Y13+401.00	Y13+390.00	III	11.00	290.63
28/09/2022	DIA	Y13+390.00	Y13+381.40	III	8.60	227.22
28/09/2022	NOCHE	Y13+381.40	Y13+381.00	III	0.40	10.57
28/09/2022	NOCHE	Y13+381.00	Y13+373.00	IV	8.00	211.37
28/09/2022	NOCHE	Y13+373.00	Y13+369.00	III	4.00	105.68
29/09/2022	DIA	Y13+369.00	Y13+363.60	III	5.40	142.67
29/09/2022	DIA	Y13+363.60	Y13+359.00	IV	4.60	121.54
29/09/2022	NOCHE	Y13+359.00	Y13+357.00	IV	2.00	52.84
29/09/2022	NOCHE	Y13+357.00	Y13+351.50	III	5.50	145.32
30/09/2022	DIA	Y13+351.50	Y13+350.80	III	0.70	18.49
30/09/2022	NOCHE	Y13+350.80	Y13+350.80	III	0.00	0.00
TOTAL					489.50	12933.62

Nota. Elaboración propia

Tabla 13*Resumen de excavación con TBM por tipo de roca mes de setiembre*

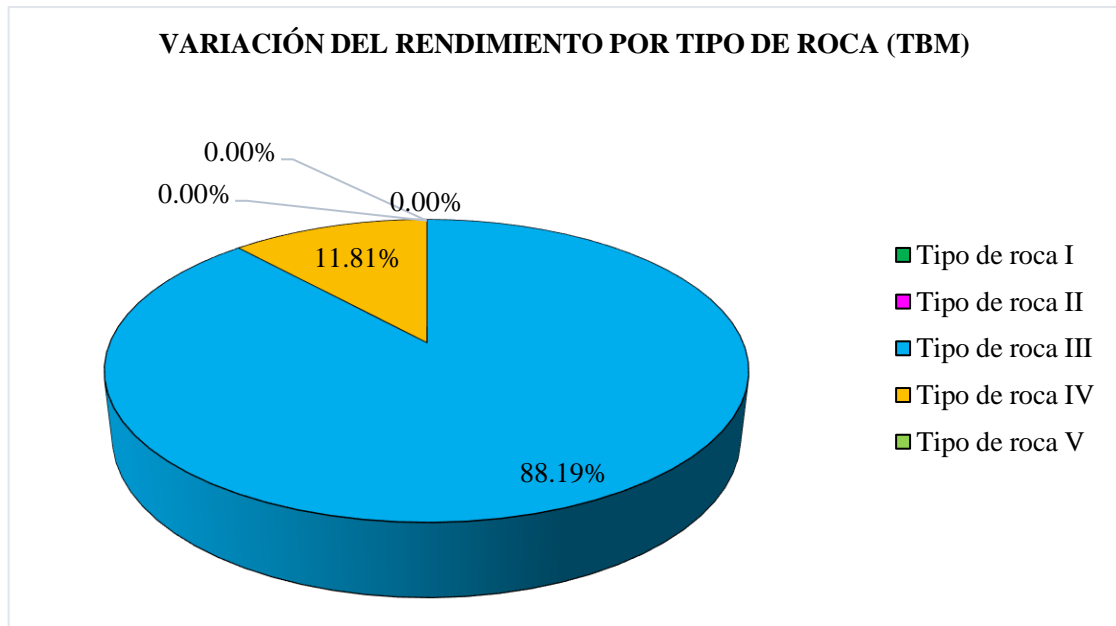
Tipo de roca	Avance de excavación (m)	Volumen de excavación (m³)	Porcentaje
Tipo de roca I	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca II	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca III	431.70	11406.49	88.19%
Tipo de roca IV	57.80	1527.13	11.81%
Tipo de roca V	0.00	0.00	0.00%
Avance total	489.50	12933.62	100.00%

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 13 se demuestran los resultados obtenidos del avance total realizado con la excavación de máquinas tuneladoras en el mes de setiembre, teniendo un avance de 431.70 metros para el tipo de roca III y 57.80 metros para el tipo de roca IV, siendo un total de 489.50 metros de avance en 31 días de trabajo. La máquina tuneladora presenta un área de 26.421 m², con la cual se calculó el tiempo de 11406.49 m³/mes en el tipo de roca III y para el tipo de roca IV el tiempo fue de 1527.13 m³/mes, generando un total de 12933.62 m³ de volumen excavado al mes con el método TBM.

Figura 36

Porcentajes del avance con TBM por tipo de roca mes de setiembre

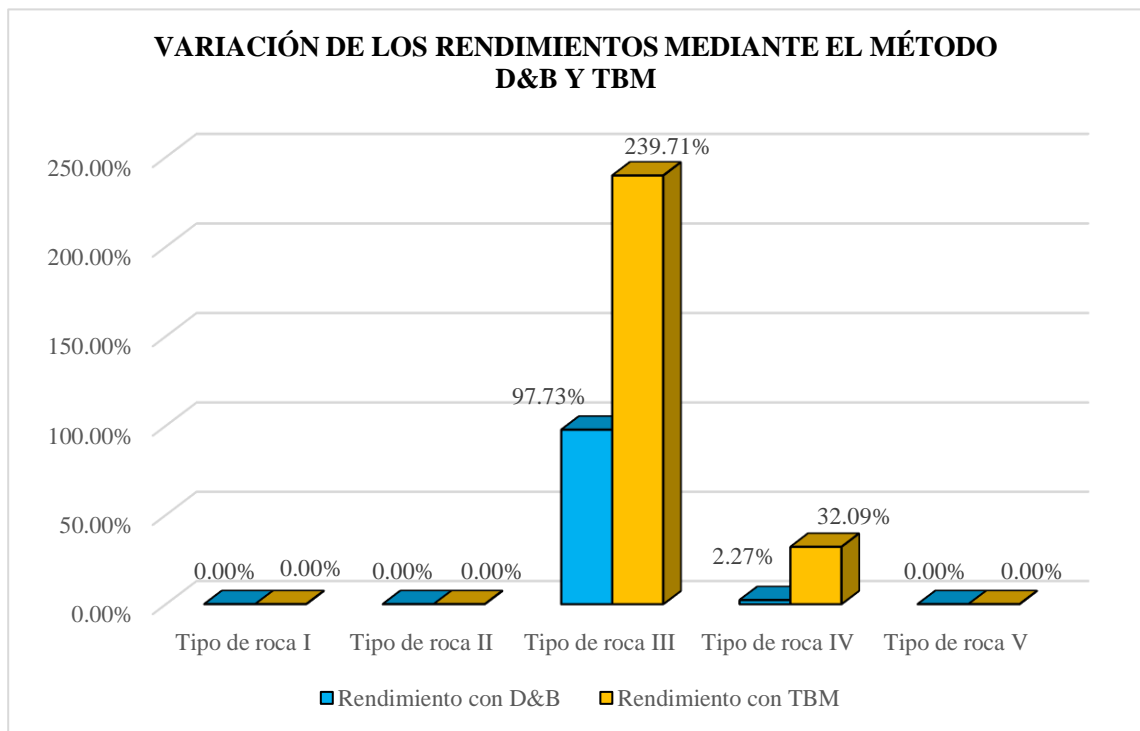


Nota. Elaboración propia

En la Figura 36 se demuestra el avance de excavación en porcentajes conforme a la clase de roca encontrado, se observa que en el mes de setiembre se encontraron dos tipos de rocas siendo un total de 88.19% excavado para el tipo de roca III y un 11.81% para el tipo de roca IV, más de un 50% del avance acumulado durante el mes de setiembre se realizó al encontrar roca de tipo III.

Figura 37

Comparación de variaciones de rendimiento mediante el método D&B y TBM



Nota. Elaboración propia

En la Figura 37 se demuestran las variaciones respecto al método convencional D&B por cada tipo de roca encontrado durante el proyecto, de las cuales en el tipo de roca III el método TBM superó al convencional en un 141.98% mientras que para el tipo de roca IV el método con TBM superó al convencional en un 29.82%, con los datos mostrados podemos afirmar que el método TBM es dos veces más rápido excavando que el método convencional especialmente en tipos de roca III; para el tipo de roca IV la excavación con TBM fue catorce veces más rápido que el convencional llegando a superar en gran magnitud con el tipo de roca III.

4.1.3. Resultados de tercer objetivo específico

Costos en la excavación Convencional D&B

Los resultados de los costos de excavación convencional con Drill and Blast (perforación y voladura) pertenecen al avance realizado en el túnel (ventana III) en el mes de julio de 2022, contando un total de 31 días de trabajo con algunos días de excepción, se desarrolló en dos turnos (día y noche) para los cuales se ha estimado los siguientes costos:

Tabla 14

Costo de excavación con D&B en un mes

		Metas			Distancia	Metrado m ³	P.u. (\$)	Monto (\$)
1/07/2022	Día	Y0+143.70	Y0+146.60	I V	2.90	108.13	86.84	9,389.71
1/07/2022	Noche	Y0+146.60	Y0+149.50	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
2/07/2022	Día	Y0+149.50	Y0+152.30	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
2/07/2022	Noche	Y0+152.30	Y0+155.20	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
3/07/2022	Día					0.00	86.84	-
3/07/2022	Noche	Y0+155.20	Y0+158.10	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
4/07/2022	Día	Y0+158.10	Y0+161.00	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
4/07/2022	Noche	Y0+161.00	Y0+164.00	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
5/07/2022	Día	Y0+164.00	Y0+166.90	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
5/07/2022	Noche	Y0+166.90	Y0+169.70	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
6/07/2022	Día	Y0+169.70	Y0+172.60	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
6/07/2022	Noche	Y0+172.60	Y0+175.40	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
7/07/2022	Día	Y0+175.40	Y0+178.20	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
7/07/2022	Noche	Y0+178.20	Y0+181.10	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
8/07/2022	Día	Y0+181.10	Y0+184.00	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
8/07/2022	Noche	Y0+184.00	Y0+187.00	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
9/07/2022	Día	Y0+187.00	Y0+190.00	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
9/07/2022	Noche	Y0+190.00	Y0+193.00	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
10/07/2022	Día					0.00	86.84	-
10/07/2022	Noche	Y0+193.00	Y0+195.90	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
11/07/2022	Día	Y0+195.90	Y0+198.70	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
11/07/2022	Noche					0.00	86.84	-
12/07/2022	Día	Y0+198.70	Y0+201.90	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
12/07/2022	Noche	Y0+201.90	Y0+204.90	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
13/07/2022	Día	Y0+204.90	Y0+207.80	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04



13/07/2022	Noche	Y0+207.80	Y0+210.70	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
14/07/2022	Dia	Y0+210.70	Y0+213.90	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
14/07/2022	Noche	Y0+213.90	Y0+217.10	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
15/07/2022	Dia	Y0+217.10	Y0+220.30	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
15/07/2022	Noche	Y0+220.30	Y0+223.50	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
16/07/2022	Dia	Y0+223.50	Y0+226.40	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
16/07/2022	Noche	Y0+226.40	Y0+229.30	III	2.90	82.99	86.84	7,207.04
17/07/2022	Dia	Y0+229.30	Y0+232.80	III	3.50	100.16	86.84	8,698.15
17/07/2022	Noche					0.00	86.84	-
18/07/2022	Dia	Y0+232.80	Y0+235.80	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
18/07/2022	Noche	Y0+235.80	Y0+238.60	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
19/07/2022	Dia	Y0+238.60	Y0+241.80	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
19/07/2022	Noche	Y0+241.80	Y0+244.90	III	3.10	88.72	86.84	7,704.08
20/07/2022	Dia	Y0+244.90	Y0+248.00	III	3.10	88.72	86.84	7,704.08
20/07/2022	Noche	Y0+248.00	Y0+251.00	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
21/07/2022	Dia	Y0+251.00	Y0+254.00	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
21/07/2022	Noche	Y0+254.00	Y0+257.20	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
22/07/2022	Dia	Y0+257.20	Y0+260.40	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
22/07/2022	Noche	Y0+260.40	Y0+263.60	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
23/07/2022	Dia	Y0+263.60	Y0+266.80	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
23/07/2022	Noche	Y0+266.80	Y0+270.00	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
24/07/2022	Dia	Y0+270.00	Y0+273.70	III	3.70	105.89	86.84	9,195.19
24/07/2022	Noche					0.00	86.84	-
25/07/2022	Dia	Y0+273.70	Y0+276.50	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
25/07/2022	Noche	Y0+276.50	Y0+279.50	III	3.00	85.85	86.84	7,455.56
26/07/2022	Dia	Y0+279.50	Y0+282.30	III	2.80	80.13	86.84	6,958.52
26/07/2022	Noche	Y0+282.30	Y0+285.50	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
27/07/2022	Dia	Y0+285.50	Y0+288.70	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
27/07/2022	Noche	Y0+288.70	Y0+291.90	III	3.20	91.58	86.84	7,952.60
28/07/2022	Dia	Y0+291.90	Y0+295.40	III	3.50	100.16	86.84	8,698.15
28/07/2022	Noche	Y0+295.40	Y0+298.80	III	3.40	97.30	86.84	8,449.64
29/07/2022	Dia					0.00	86.84	-
29/07/2022	Noche	Y0+298.80	Y0+302.30	III	3.50	100.16	86.84	8,698.15
30/07/2022	Dia	Y0+302.30	Y0+305.70	III	3.40	97.30	86.84	8,449.64
30/07/2022	Noche	Y0+305.70	Y0+309.10	III	3.40	97.30	86.84	8,449.64
					165.40			413,232.61

Nota. Elaboración propia



Tabla 15

Resumen de costos con D&B por tipo de roca mes de julio

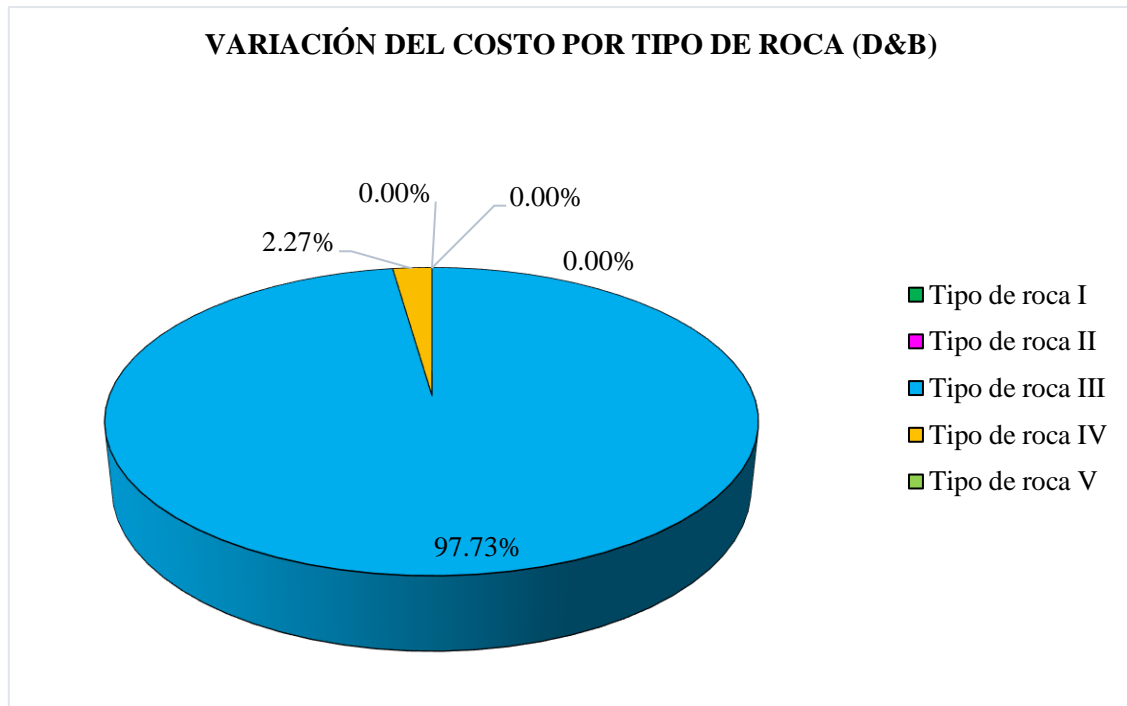
Tipo de roca	Avance de excavación (ml)	Monto \$	Porcentaje
Tipo de roca I	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca II	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca III	162.50	403 842.91	97.73
Tipo de roca IV	2.90	9 389.71	2.27
Tipo de roca V	0.00	0.00	0.00%
Avance total	165.40	413 232.61	100.00%

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 15 se demuestran los resultados obtenidos del costo total realizado con la excavación convencional D&B en el mes de julio, teniendo un costo de \$ 403 842.91 en la excavación del tipo de roca III y \$ 9 389.71 para la excavación del tipo de roca IV, siendo un total de \$ 413 232.61 de costo en 30 días de trabajo con el método de perforación y voladura.

Figura 38

Porcentajes del avance con D&B por tipo de roca mes de julio



Nota. Elaboración propia

En la Figura 38 se demuestra el costo de excavación en porcentajes conforme al tipo de roca encontrado, se observa que en el mes de julio se encontraron dos tipos de rocas excavadas, siendo un total de 97.73% de costo destinado para excavar el tipo de roca III y un 2.27% de costo para excavar el tipo de roca IV, más de un 50% del costo de excavación durante el mes de julio fue destinado para el tipo de roca III por el método D&B.

Costos en la excavación con Tuneladora (TBM)

Los resultados de los costos de excavación con Tuneladora TBM pertenecen al avance realizado en el túnel (ventana III) en el mes de Setiembre de 2022, contando un total de 31 días de trabajo y algunos días de excepción, se desarrolló en dos turnos (día y noche) para los cuales se ha estimado los siguientes costos:



Tabla 16

Costo de excavación con TBM en un mes

		Metas			Distan cia	Metrado m3	P.u. (\$)	Monto (\$)
1/09/2022	Dia	Y13+840.30	Y13+826.70	III	13.60	359.33	86.84	31,203.84
1/09/2022	Noche	Y13+826.70	Y13+803.70	III	23.00	607.68	86.84	52,771.19
2/09/2022	Dia	Y13+803.70	Y13+794.10	III	9.60	253.64	86.84	22,026.24
2/09/2022	Noche	Y13+794.10	Y13+785.70	III	8.40	221.94	86.84	19,272.96
3/09/2022	Dia	Y13+785.70	Y13+771.50	III	14.20	375.18	86.84	32,580.47
3/09/2022	Noche	Y13+771.50	Y13+760.00	III	11.50	303.84	86.84	26,385.60
4/09/2022	Dia	Y13+760.00	Y13+760.00	III	0.00	0.00	86.84	-
4/09/2022	Noche	Y13+760.00	Y13+760.00	III	0.00	0.00	86.84	-
5/09/2022	Dia	Y13+760.00	Y13+749.30	III	10.70	282.70	86.84	24,550.08
5/09/2022	Noche	Y13+749.30	Y13+731.60	III	17.70	467.65	86.84	40,610.87
6/09/2022	Dia	Y13+731.60	Y13+719.20	III	12.40	327.62	86.84	28,450.56
6/09/2022	Noche	Y13+719.20	Y13+704.20	III	15.00	396.32	86.84	34,415.99
7/09/2022	Dia	Y13+704.20	Y13+696.70	III	7.50	198.16	86.84	17,208.00
7/09/2022	Noche	Y13+696.70	Y13+680.40	III	16.30	430.66	86.84	37,398.71
7/09/2022	Noche	Y13+680.40	Y13+678.70	I	1.70	44.92	86.84	3,900.48
8/09/2022	Dia	Y13+678.70	Y13+676.60	I	2.10	55.48	86.84	4,818.24
8/09/2022	Dia	Y13+676.60	Y13+670.50	III	6.10	161.17	86.84	13,995.84
8/09/2022	Noche	Y13+670.50	Y13+652.20	III	18.30	483.50	86.84	41,987.51
9/09/2022	Dia	Y13+652.20	Y13+640.00	III	12.20	322.34	86.84	27,991.68
9/09/2022	Noche	Y13+640.00	Y13+627.20	III	12.80	338.19	86.84	29,368.32
10/09/2022	Dia	Y13+627.20	Y13+615.60	III	11.60	306.48	86.84	26,615.04
10/09/2022	Noche	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00	86.84	-
11/09/2022	Dia	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00	86.84	-
11/09/2022	Noche	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00	86.84	-
12/09/2022	Dia	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00	86.84	-
12/09/2022	Noche	Y13+615.60	Y13+615.60	III	0.00	0.00	86.84	-
13/09/2022	Dia	Y13+615.60	Y13+608.60	III	7.00	184.95	86.84	16,060.80
13/09/2022	Noche	Y13+608.60	Y13+604.00	III	4.60	121.54	86.84	10,554.24
14/09/2022	Dia	Y13+604.00	Y13+593.60	III	10.40	274.78	86.84	23,861.76
14/09/2022	Noche	Y13+593.60	Y13+582.60	III	11.00	290.63	86.84	25,238.40
15/09/2022	Dia	Y13+582.60	Y13+579.80	III	2.80	73.98	86.84	6,424.32
15/09/2022	Noche	Y13+579.80	Y13+574.70	III	5.10	134.75	86.84	11,701.44
16/09/2022	Dia	Y13+574.70	Y13+563.70	III	11.00	290.63	86.84	25,238.40
16/09/2022	Noche	Y13+563.70	Y13+553.50	III	10.20	269.49	86.84	23,402.88
17/09/2022	Dia	Y13+553.50	Y13+553.50	III	0.00	0.00	86.84	-
17/09/2022	Noche	Y13+553.50	Y13+541.80	III	11.70	309.13	86.84	26,844.48
18/09/2022	Dia	Y13+541.80	Y13+541.80	III	0.00	0.00	86.84	-
18/09/2022	Noche	Y13+541.80	Y13+538.30	III	3.50	92.47	86.84	8,030.40
18/09/2022	Noche	Y13+538.30	Y13+530.80	I	7.50	198.16	86.84	17,208.00
19/09/2022	Dia	Y13+530.80	Y13+525.90	I	4.90	129.46	86.84	11,242.56



19/09/2022	Noche	Y13+525.90	Y13+522.10	I	3.80	100.40	86.84	8,718.72
19/09/2022	Noche	Y13+522.10	Y13+517.90	III	4.20	110.97	86.84	9,636.48
20/09/2022	Dia	Y13+517.90	Y13+513.90	III	4.00	105.68	86.84	9,177.60
20/09/2022	Noche	Y13+513.90	Y13+513.90	III	0.00	0.00	86.84	-
21/09/2022	Dia	Y13+513.90	Y13+511.40	III	2.50	66.05	86.84	5,736.00
21/09/2022	Noche	Y13+511.40	Y13+498.30	III	13.10	346.12	86.84	30,056.64
22/09/2022	Dia	Y13+498.30	Y13+483.90	III	14.40	380.46	86.84	33,039.35
22/09/2022	Noche	Y13+483.90	Y13+469.90	III	14.00	369.89	86.84	32,121.59
23/09/2022	Dia	Y13+469.90	Y13+452.90	III	17.00	449.16	86.84	39,004.79
23/09/2022	Noche	Y13+452.90	Y13+447.20	III	5.70	150.60	86.84	13,078.08
24/09/2022	Dia	Y13+447.20	Y13+447.20	III	0.00	0.00	86.84	-
24/09/2022	Noche	Y13+447.20	Y13+439.90	III	7.30	192.87	86.84	16,749.12
24/09/2022	Noche	Y13+439.90	Y13+432.70	I	7.20	190.23	86.84	16,519.68
24/09/2022	Noche	Y13+432.70	Y13+431.10	III	1.60	42.27	86.84	3,671.04
25/09/2022	Dia	Y13+431.10	Y13+431.10	III	0.00	0.00	86.84	-
25/09/2022	Noche	Y13+431.10	Y13+427.40	III	3.70	97.76	86.84	8,489.28
26/09/2022	Dia	Y13+427.40	Y13+425.80	III	1.60	42.27	86.84	3,671.04
26/09/2022	Dia	Y13+425.80	Y13+421.30	I	4.50	118.89	86.84	10,324.80
26/09/2022	Noche	Y13+421.30	Y13+420.80	I	0.50	13.21	86.84	1,147.20
26/09/2022	Noche	Y13+420.80	Y13+412.00	III	8.80	232.50	86.84	20,190.72
26/09/2022	Noche	Y13+412.00	Y13+411.50	I	0.50	13.21	86.84	1,147.20
27/09/2022	Dia	Y13+411.50	Y13+403.10	I	8.40	221.94	86.84	19,272.96
27/09/2022	Noche	Y13+403.10	Y13+401.00	I	2.10	55.48	86.84	4,818.24
27/09/2022	Noche	Y13+401.00	Y13+390.00	III	11.00	290.63	86.84	25,238.40
28/09/2022	Dia	Y13+390.00	Y13+381.40	III	8.60	227.22	86.84	19,731.84
28/09/2022	Noche	Y13+381.40	Y13+381.00	III	0.40	10.57	86.84	917.76
28/09/2022	Noche	Y13+381.00	Y13+373.00	I	8.00	211.37	86.84	18,355.20
28/09/2022	Noche	Y13+373.00	Y13+369.00	III	4.00	105.68	86.84	9,177.60
29/09/2022	Dia	Y13+369.00	Y13+363.60	III	5.40	142.67	86.84	12,389.76
29/09/2022	Dia	Y13+363.60	Y13+359.00	I	4.60	121.54	86.84	10,554.24
29/09/2022	Noche	Y13+359.00	Y13+357.00	I	2.00	52.84	86.84	4,588.80
29/09/2022	Noche	Y13+357.00	Y13+351.50	III	5.50	145.32	86.84	12,619.20
30/09/2022	Dia	Y13+351.50	Y13+350.80	III	0.70	18.49	86.84	1,606.08
30/09/2022	Noche	Y13+350.80	Y13+350.80	III	0.00	0.00	86.84	-
					489.50			1,123,108.
								62

Nota. Elaboración propia



Tabla 17

Resumen de costos con TBM por tipo de roca mes de setiembre

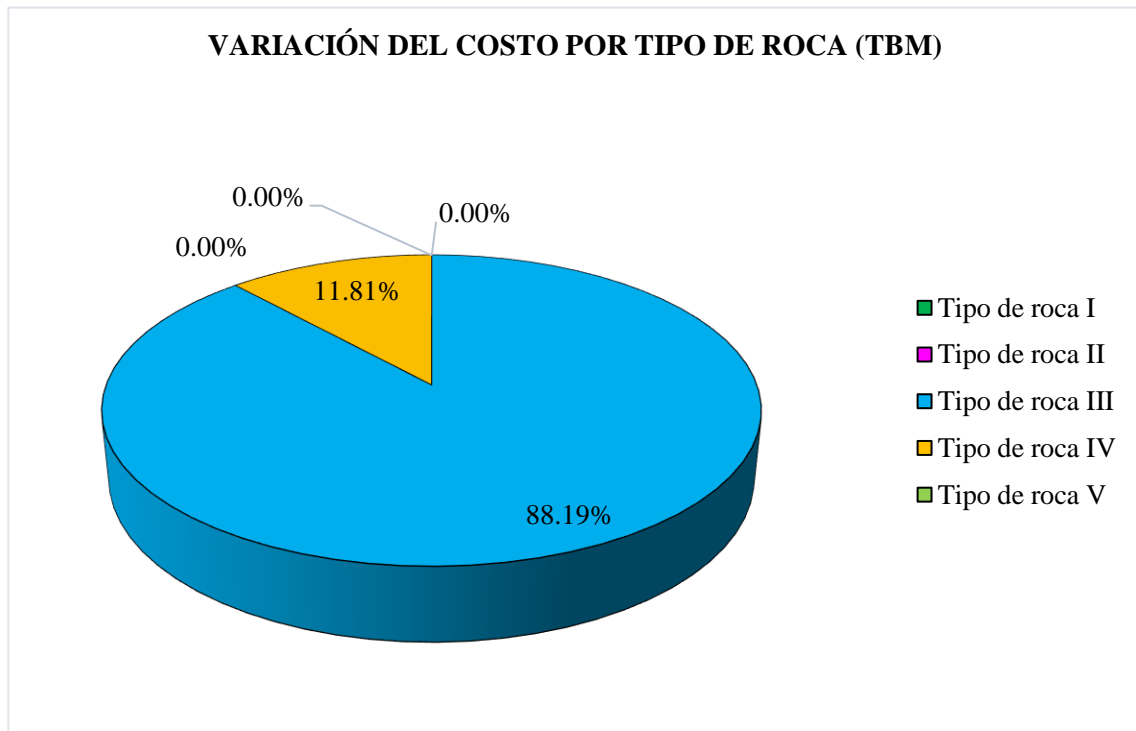
Tipo de roca	Avance de excavación (ml)	Monto \$	Porcentaje
Tipo de roca I	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca II	0.00	0.00	0.00%
Tipo de roca III	431.70	990 492.32	88.19%
Tipo de roca IV	57.80	132 616.30	11.81%
Tipo de roca V	0.00	0.00	0.00%
Avance total	489.50	1 123 108.62	100.00%

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 17 se demuestran los resultados obtenidos del costo total realizado con la excavación de TBM en el mes de setiembre, teniendo un costo de \$ 990 492.32 en la excavación del tipo de roca III y \$ 132 616.30 para la excavación del tipo de roca IV, siendo un total de \$ 1 123 108.62 de costo en 30 días de trabajo con el método de máquinas tuneladoras.

Figura 39

Porcentajes del avance con TBM por tipo de roca mes de setiembre

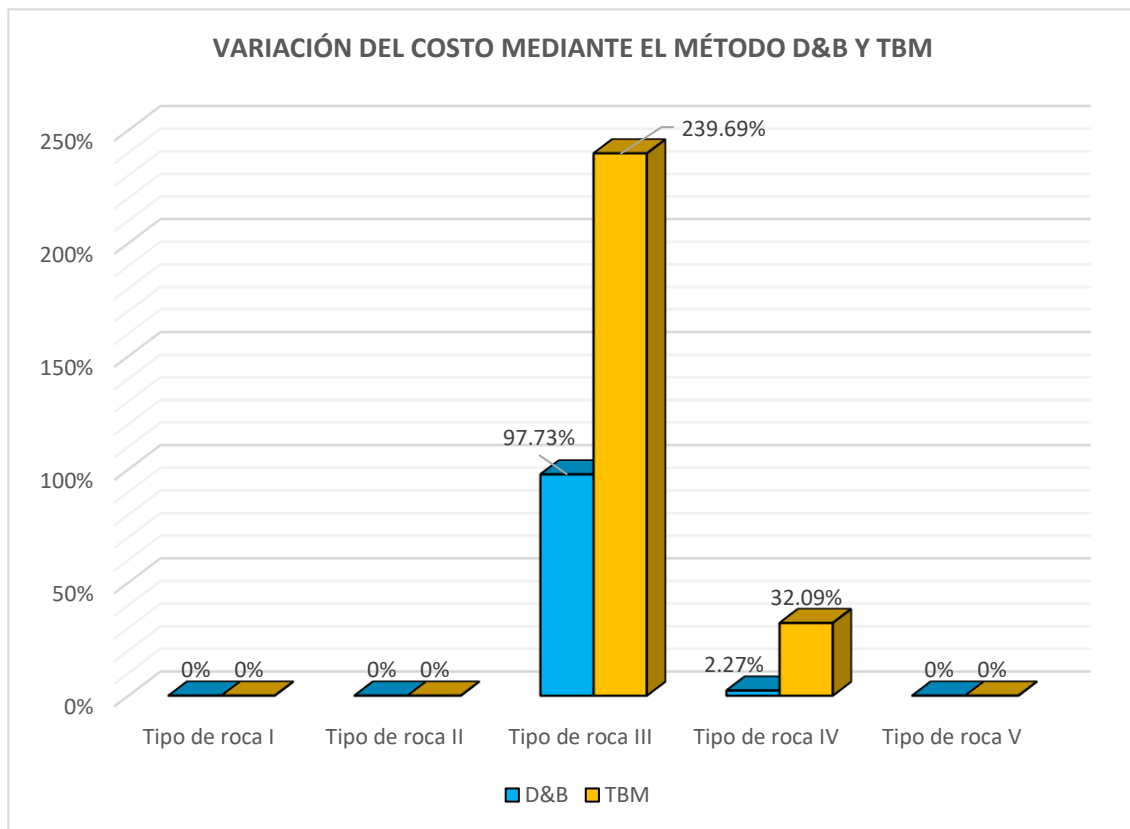


Nota. Elaboración propia

En la Figura 39 se demuestra el costo de excavación en porcentajes conforme al tipo de roca encontrado, se observa que en el mes de setiembre se encontraron dos tipos de rocas excavadas, siendo un total de 88.19% de costo destinado para excavar el tipo de roca III y un 11.81% de costo para excavar el tipo de roca IV, más de un 50% del costo de excavación durante el mes de julio fue destinado para el tipo de roca III por el método TBM.

Figura 40

Comparación de variaciones de costo mediante el método D&B y TBM



Nota. Elaboración propia

En la Figura 40 se demuestran las variaciones del costo respecto al método convencional D&B por cada tipo de roca encontrado durante el proyecto, de las cuales en el tipo de roca III el costo con el método TBM superó al convencional en un 141.96% mientras que para el tipo de roca IV el método con TBM superó al convencional en un 29.82%, con los datos mostrados podemos afirmar que el método TBM es más eficiente en producción y genera mayor valorización en costo (\$) que el método convencional especialmente para excavar rocas de tipo III y IV; y podemos recomendar en obras de gran envergadura en excavación para obras civiles.



4.1.4. Análisis inferencial

i. Prueba de normalidad

Ha: Los datos tienen una distribución normal para la metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM)

H0: Los datos NO tienen una distribución normal para la metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM)

Donde:

Ha: hipótesis alternativa

H0: hipótesis nula

ii. Nivel de significancia: $\alpha=5\%$ (0.05)

iii. Prueba estadística.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuando ($n \leq 50$)

iv. Decisión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la Ha y se rechaza la H0.

Si $p\text{-valor} > 0.05$, Se acepta la H0 y se rechaza la Ha.

Tabla 18. Normalidad para distribución normal para para la metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístic	gl	Sig.	Estadístic	gl	Sig.
	o			o		
Rendimiento por el método D&B	,362	30	,000	,756	30	,000
Rendimiento por el método TBM	,118	30	,200*	,957	30	,257

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

v. conclusión

Reemplazando el valor de significancia para distribución normal para la metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM), se tiene, si el valor de Sig. = ,000, es significativo para rendimiento por el método D&B, es decir Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 y para TBM ,257, para rendimiento por el método TBM Si $p\text{-valor} > 0.05$, Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a , del rendimiento por el método TBM, es decir que los datos tienen una distribución normal D&B y TBM.

Prueba de hipótesis general

H_a : La metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B menos eficiente que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno

H0: La metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es más eficiente que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno

Donde:

Ha: hipótesis alternativa

H0: hipótesis nula

Nivel de significancia: $\alpha=5\%$ (0.05)

Prueba estadística.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuando ($n \leq 50$)

Decisión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la Ha y se rechaza la H0.

Si $p\text{-valor} > 0.05$, Se acepta la H0 y se rechaza la Ha.

Tabla 19. Prueba de hipótesis de rangos con Wilcoxon para la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B menos eficiente que la tuneladora (TBM)

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Rendimiento por el método D&B y Costo por el metodo D&B es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Conclusión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 , debido a que la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B menos eficiente que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno.

Prueba T de Student para muestras relacionadas

- **Formulación de la hipótesis estadística**

H_0 : Las medias de los grupos de rendimiento son iguales, consecuentemente no existe variación del rendimiento de trabajo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM)

H_a : Las medias de los grupos de rendimiento son diferentes, por lo que existe variación del rendimiento de trabajos de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM)

- **Nivel de significancia**

Dado que se empleó una fiabilidad del 95%, existe un error del 5% (0,05), por lo que el nivel de significación (alfa) es de 0,05.

- **Estimación del p-valor**

Tabla 20

Prueba T de Student para muestras relacionadas (Rendimiento).

Prueba T para muestras relacionadas					
Rendimiento	Media	Desviación estándar	t	gl	Sig.
D&B - TBM	-271,96000	47,11456	-5,772	29	,000



Nota. Datos hallados en el programa SPSS.

- **Regla de decisión**

Si $p\text{-valor} < 0.05$: aceptaremos la hipótesis alterna

Si $p\text{-valor} > 0.05$: Rechazamos la alterna y aceptamos la nula

- **Decisión y conclusión**

En la Tabla 19 se demuestra la significancia alcanzada de ,000 para la muestra relacionada de rendimiento con D&B y TBM, lo cual es menor que el $p\text{-valor}$ planteado (0.05); así pues, la hipótesis nula (H_0) se rechaza y la hipótesis alterna (H_a) se acepta, considerando que nos dice que si existe variación en el rendimiento de trabajos de excavación con D&B y TBM.

Prueba de hipótesis específicas 1

H_a : Los costos de la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es mayor que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno

H_0 : Los costos de la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es menor que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno

Donde:

H_a : hipótesis alternativa

H_0 : hipótesis nula

Nivel de significancia: $\alpha=5\%$ (0.05)

Prueba estadística.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuando ($n \leq 50$)

Decisión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 .

Si $p\text{-valor} > 0.05$, Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

Tabla 21. Prueba de rangos de con signo de Wilcoxon para la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es mayor que la tuneladora (TBM)

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Costo por el metodo D&B y Costo por el metodo TBM es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05

Conclusión.

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 ., es decir que los costos de la metodología de excavación mediante la aplicación convencional D&B es mayor que la tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno, por lo tanto, la metodología TBM, presenta menor costo en el proceso de excavación.

Prueba de hipótesis específicas 2

Ha: La metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM), el costo es mayor por el método convencional D&B en la excavación en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno



H0: La metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM), el costo es menor por el método convencional D&B en la excavación en la central hidroeléctrica San Gaban III – Puno

Donde:

Ha: hipótesis alternativa

H0: hipótesis nula

Nivel de significancia: $\alpha=5\%$ (0.05)

Prueba estadística.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuando ($n \leq 50$)

Decisión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la Ha y se rechaza la H0.

Si $p\text{-valor} > 0.05$, Se acepta la H0 y se rechaza la Ha.

Tabla 22. Prueba de rangos de con signo de Wilcoxon para la metodología (TBM), respecto al costo por el método convencional D&B

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Costo por el metodo D&B y Costo por el metodo TBM es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05



Conclusión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 ., debido que la metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM), respecto al costo por el método convencional D&B es mayor el costo y menor en la excavación.

Prueba de hipótesis específicas 3

H_a : El rendimiento de la tuneladora (TBM), presenta un costo más óptimo por el método TBM, en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno, será de \$. 530.00.

H_0 : El rendimiento de la tuneladora (TBM), presenta un costo menos óptimo por el método TBM, en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno, será de \$. 530.00.

Donde:

H_a : hipótesis alternativa

H_0 : hipótesis nula

Nivel de significancia: $\alpha=5\%$ (0.05)

Prueba estadística.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuando ($n \leq 50$)

Decisión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 .

Si $p\text{-valor} > 0.05$, Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

Tabla 23. Prueba de rangos de con signo de Wilcoxon para el rendimiento de la tuneladora (TBM), presenta un costo más óptimo por el método TBM.



Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre rangos con Rendimiento por el método TBM y signo de Costo por el metodo TBM es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05

Conclusión

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, Se acepta la H_a y se rechaza la H_0 ., por lo tanto, el rendimiento de la tuneladora (TBM), presenta un costo más optimo por el método TBM.

4.2. DISCUSIÓN

PRIMERA: Establecer los tipos de sostenimientos para la excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.

Según, Samané (Samané, 2019) en sus resultados demuestran que los elementos de sostenimiento utilizados durante la excavación fueron: Malla metálica electrosoldada de 6 a 8 mm de diámetro y concreto lanzado simple (shotcrete) de resistencia $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Concreto lanzado con fibra, de resistencia $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, de 4" de espesor en toda la sección del túnel, Pernos de anclaje para roca, de hierro helicoidal de $\text{Ø } 1" \times 2.2 \text{ m}$ de largo, colocados en forma sistemático y puntual en los diferentes tipos de calidad de roca, cimbras metálicas de perfil U, dimensiones 6" x 2", cimbras metálicas de sección H de dimensiones 4"x4"x13 lb/pie y rejilla metálica de hierro corrugado, de dimensiones de 3.0 m de largo por 12 cm de ancho (4 varillas de $\text{Ø } 9 \text{ mm}$) y 10 cm de ancho (11 varillas $\text{Ø } 6 \text{ mm}$) llamados Mcnaly. Asimismo, Ramos (Ramos, 2014) en sus resultados demuestran que los tipos de sostenimiento fueron cuatro desde un sostenimiento liviano hasta un sostenimiento pesado para roca de muy mala calidad, los elementos de sostenimiento fueron: pernos elicoidales de 2.20m y 3.00m de longitud con un diámetro de 25mm, concreto lanzado con fibra y sin fibra de una resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$, malla electro soldada de 6 – 10mm de diámetro con cocadas de 10x10cm a 20x20cm y cimbras metálicas de perfil "H" de 6x6 de 25lb/pie.



En la presente investigación con la aplicación del método TBM los elementos de sostenimiento utilizados en el proyecto fueron: 165.40 unidades de varillas de anclaje y el Shotcrete (concreto lanzado) fue empleado en su totalidad de la excavación para un mes de trabajo, sin embargo para los trabajos de excavación mediante el método convencional de perforación y voladura D&B los elementos de sostenimiento utilizados fueron: 36 unidades de pernos de anclaje, 2 cerchas de acero y Shotcrete (concreto lanzado) empleado en su totalidad de la excavación para un mes de trabajo. Al igual que los 2 autores anteriores, en sus investigaciones llegaron a emplear sostenimiento como pernos de anclaje, cimbras metálicas con perfiles “U” y “H”, añadiendo a ello las mallas electrosoldadas y el Shotcrete empleado en todos los casos.

SEGUNDA: Estimar cuanto es la variación del rendimiento de trabajos de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.

Según, (2021) en sus resultados se contempla un tiempo de 25 meses para excavación de la totalidad de los túneles, registrándose un avance promedio y máximo para el diseño 1 de 16.5 m/d y 37.2 m/d respectivamente. Asimismo, Samané (2019) en sus resultados encontraron que al aumentar la intensidad del estallido de la roca, la excavación convencional tardó 85,65 m/mes, requiriendo 13 años para completar la excavación; sin embargo, el método mecanizado con TBM completó la excavación de 12.998,70 metros en cinco años a un ritmo de 400 m/mes. Finalmente, Carnero (2019) en sus resultados se revela que la excavación



de túneles con TBM puede alcanzar velocidades diarias de 3 a 4 veces más rápidas que la excavación con técnicas tradicionales; los tiempos de excavación con TBM son de unos 20 a 25 m/día, mientras que los métodos convencionales rondan los 5 a 7 metro/día.

En la presente investigación se encontraron rocas de tipo III y IV para los distintos métodos durante la excavación por dos turnos en un mes, tenemos para el método D&B una excavación, tiempo total de 4758.55m³/mes día y noche cambiando porcentualmente en la progresiva Y0+143.70 hasta Y0+146.60, encontrándose el tipo de roca IV, se necesita más sostenimiento de cimbras o pernos de anclajes y en la progresiva Y0+146.60 hasta Y0+139.10 el tipo de roca III, el sostenimiento de cimbras o pernos de anclajes es menor como también la roca es regular y con el tuneladora TBM un excavación, tiempo total de 12933.62m³/mes día y noche variando el avance de excavación de roca III se necesita menor anclaje la roca es regular el avance es más, el tipo de IV se encontró rocas inestables y se necesita más cimbras y pernos de anclajes, teniendo una excavación con TBM aproximado de dos veces más que el método convencional D&B. Al igual que los tres autores mencionados, en sus investigaciones llegaron a tener mejores resultados al excavar túneles de gran magnitud con tuneladora TBM mejores rendimientos que los realizados con el método convencional, reduciendo el tiempo de ejecución del proyecto, en nuestra investigación realizando un análisis comparativo de ambos métodos se observa un mejor rendimiento utilizando máquinas tuneladoras tanto para el tipo de roca III y IV, en el tipo de roca IV se observa un mejor avance logrando superar al convencional por 14 veces



más, sin embargo para el tipo de roca III el TBM superó al convencional por dos veces más. Así mismo en la prueba estadística tiene una significancia alcanzada de ,000 para la muestra relacionada de rendimiento con D&B y TBM, lo cual es menor que el p-valor planteado; así pues, aceptamos la hipótesis alterna, que nos dice que si existe variación en el rendimiento de trabajos de excavación con D&B y TBM.

TERCERA: Estimar cuanto es la variación del costo de excavación por medio de la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica emplazada en San Gabán III, Puno.

Según, Herrera (2021) en sus resultados la investigación de costos es de 5556 TMB (USD/m), para el diseño 2 tiene un avance promedio de 13.8 m/d, el avance máximo es 32.6 m/d y los costos de estos son 5991 TMB (USD/m). la estimación económica resultó en el caso base 4681 (MUSD). Asimismo, Reátegui (Reátegui, 2020) en cuyos resultados demuestran que en el proyecto de la línea de Lima con el uso de máquinas tuneladoras, el valor aproximado fue de 18,000 USD/m. También, Samané (Samané, 2019) en sus resultados en cuanto al coste de cada enfoque, la experiencia mundial ha demostrado que a partir de cierta longitud (4-5 km), la excavación con TBM es más barata que la excavación tradicional. Concluyendo que la técnica automatizada o TBM es más barata y segura que el enfoque convencional (D&B), que a medida que la excavación se alarga, el tiempo disminuye, y que también es vital emplear TBM ya que permite reducir los estallidos de roca. Finalmente, Ramos (Ramos, 2014)



en sus resultados nos menciona que el costo con TBM es menos para longitudes de 7 – 8 km.

En la presente investigación referente al proyecto de la central hidroeléctrica emplazado en San Gaban de la ventana de Inspección III situada en la provincia de Carabaya, de la localidad de San Gaban en la región de Puno. Se realizaron excavaciones mediante D&B y TBM para diferentes tramos teniendo un costo total de \$ 413 232.61 con el método convencional y un costo de \$ 1 123 108.62 con tuneladora TBM, teniendo un mayor costo con TBM superando al convencional por cinco veces. Finalmente, la prueba estadística tiene una significancia alcanzada de ,000 para el costo de excavación por el método D&B, en cambio la significancia para el costo de excavación por el método TBM muestra una significancia de 0,234 que es superior a 0,05; por lo tanto aceptamos la hipótesis nula (H_0) y en base a ello utilizaremos una prueba estadística paramétrica empleando la prueba nominada T de Student para muestras relacionadas.



V. CONCLUSIONES

Se logró realizar un análisis comparativo de las metodologías perforación y voladura (D&B) y mediante maquinas tuneladoras (TBM), mediante un análisis de procedimiento por cada método, avance diario para determinar el rendimiento, elementos de sostenimiento utilizados para cada método en la excavación y análisis de costos, durante un mes de trabajo con un total de 31 días.

PRIMERA: En los elementos de sostenimiento por cada método se concluye que mediante la excavación con máquinas tuneladoras se usaron concreto proyectado en todo el proceso de la excavación, también se colocaron pernos de anclaje colocadas en las rocas para evitar el desprendimiento de las mismas, una cantidad de 4 unidades para el tipo de roca II, 8 unidades para el tipo de roca III, 12 unidades para el tipo de roca IV y 12 unidades para el tipo de roca V, siendo un total de 36 pernos de anclaje utilizados en la excavación durante un mes de trabajo y 2 cerchas de acero colocados a los lados del túnel de conducción (ventana III) para el tipo de roca IV y V durante un mes de excavación, para el tipo de roca III durante ese mes no se colocaron cimbras de acero. Para la excavación con el método convencional de perforación y voladura D&B los elementos de sostenimiento utilizados fueron varillas de anclaje, de las cuales 159.60 unidades se emplearon para la roca de tipo III y 5.80 unidades de varillas de anclaje para la roca de tipo IV, sumando un total de 165.40 varillas de anclaje utilizados en 1 mes de excavación; de igual forma se empleó el Shotcrete (concreto proyectado) como parte del sostenimiento en todo el tramo de la excavación.



SEGUNDA: Mediante el análisis de los diferentes trabajos de excavaciones en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno. Se concluye que con el uso del método convencional (D&B) se logró un rendimiento total de 4650.43 m³/mes para el tipo de roca III correspondiente al 98.25% del total y 83.27 m³/mes para el tipo de roca IV correspondiente al 1.75% del total, siendo un 4758.55 m³ de excavación realizadas durante un mes. Con tuneladora (TBM) se tuvo un rendimiento total de 11406.49 m³/mes en tipo de roca III correspondiente a un 88.19% del total excavado y 1527.13 m³/mes en tipo de roca IV correspondiente a un 11.81% del total, siendo un total de 12933.62 m³ de excavación realizadas durante un mes.

TERCERA: Conforme a los diferentes trabajos de excavación realizados durante un mes, que comprende 31 días de trabajo aplicando los métodos de D&B y TBM, se concluye que el costo de excavación con el TBM fue de \$ 990 492.32 para el tipo de roca III y \$ 132 616.30 para el tipo de roca IV, teniendo un total de \$ 1 123 108.62 para la excavación con máquinas tuneladoras, superando por mucho al costo de excavación con el método convencional, el cual tuvo un costo de \$ 403 842.91 para el tipo de roca III y \$ 9 389.71 para el tipo de roca IV, teniendo un total de \$ 413 232.61.

VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se sugiere llevar a cabo un análisis de costos más minucioso y completo que abarque aspectos como el mantenimiento de la maquinaria, los gastos de energía y otros desembolsos relacionados con ambos métodos de excavación. Esta evaluación más precisa permitiría comprender mejor la economía subyacente de cada enfoque. Sería beneficiosa también, realizar investigaciones geológicas más profundas y exhaustivas en la zona de excavación. Esto proporcionaría una comprensión más sólida de la variabilidad geológica y su influencia en la elección del método de excavación más adecuado.

Se recomienda investigar estrategias para mejorar la gestión de equipos y la comunicación entre los miembros del equipo durante la excavación con el método convencional D&B. El objetivo es aumentar la eficiencia y garantizar la seguridad en el lugar de trabajo. Es esencial llevar a cabo un estudio de impacto ambiental más amplio que considere los efectos de ambos métodos de excavación en el entorno circundante. Esto incluiría la evaluación de su impacto en la flora y fauna local, así como en los recursos hídricos.

SEGUNDA: Ampliar el análisis comparativo para incluir otros métodos de excavación, como el corte y relleno, para proporcionar una visión más completa de las opciones disponibles y sus ventajas y desventajas relativas. Es importante realizar un seguimiento continuo del rendimiento y la estabilidad de las áreas excavadas con cada método a lo largo del tiempo. Esto permitiría



evaluar la durabilidad y resistencia de las excavaciones en condiciones cambiantes.

TERCERA: Llevar a cabo investigaciones adicionales sobre el impacto social y comunitario de cada método de excavación. Esto incluiría un análisis de las relaciones con las comunidades locales y las oportunidades de empleo generadas por cada método. Crear pautas claras y basadas en datos para la selección del método de excavación en proyectos similares. Estas directrices deben considerar factores como la geología del sitio, el presupuesto disponible y los objetivos medioambientales y de rendimiento del proyecto.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación serie integral por competencias*.
<https://bitly.ws/Cf6h>
- Behar, D. S. (2010). Introducción a la Metodología de la Investigación. In *Shalom* (Vol. 1, Issues 978-959-212-783-7). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. <https://bitly.ws/hTw4>
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). Perforación y voladura de rocas en minería. In *Perforación y Voladura de Roca en Minería*.
https://oa.upm.es/21848/8/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf
- Carlos, J., Quevedo, S., & Fecha, F. D. (2021). *Puno, Perú*.
<https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/pdn-intersur-2021.pdf>
- Carnero, M. (2019). *Análisis del procedimiento constructivo del túnel Pucará trasandino con tuneladora simple escudo en el proyecto Majes Sigvas II Fase I, Sibayo - Caylloma - Arequipa 2019* [Universidad Continental].
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7715/3/IV_FIN_105_TI_Carnero_Canales_2019.pdf
- Diez, D. (2015). *Proyecto De Ejecución De Túnel Carretero En La N-611*.
https://oa.upm.es/48713/1/TFM_DAVID_DIEZ_GIL.pdf
- Giraldo, E. (2010). *Las maquinas tuneladoras tipo "TBM" como alternativa al sistema de perforación y voladura para la excavación de tuneles caso: Desarrollo de tuneles en Yucatan* [Univerdidad Nacional de Ingenieria].
<https://core.ac.uk/download/pdf/323347448.pdf>
- González, C. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la construcción de túneles de metro mediante máquinas tuneladoras* [Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141751/Estudio-de-prefactibilidad-para-la-construccion-de-tuneles-de-metro-mediante-maquinas.pdf>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. In *Metodología de la investigación* (6ta edicio, Vol. 58, Issue 12).
- Herrera, G. (2021). *Análisis de la aplicabilidad de tbm en nivel de producción de minería block caving* [Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181787>
- Jose, O. (2016). *Tunel Emisor Oriente (TEO): Procedimiento constructivo de una galeria*



- de montaje para ensamble de una maquina tuneladora.* [Universidad Nacional Autonoma de Mexico]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12012/TESIS.pdf?sequence=1>
- Muñoz, M. (2019). Avance y desarrollo de galerías. *Duke Law Journal*, 1(1), 137. https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/10194/a127922_Munoz_M_Avance_y_desarrollo_de_galerias_2019_tesis.pdf
- P. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios, H. R. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (5ta edicio, Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ramos, E. (2014). Geología y geotecnia en la excavación con TBM del Túnel Trasandino - proyecto especial Olmos. In *Universidad Nacional de Piura*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2807844>
- Reátegui, C. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la construcción del túnel de metro de lima-callao línea 2, mediante máquinas tuneladoras.* 94. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15892>
- Rivero, M., Meneses, P., García, J., Anibal, R., & Zevallos, E. (2021). *Metodología de la Investigación* (M. S. Rivero Lazo (ed.)). <https://bitly.ws/W4LY>
- Rodriguez, C. (2020). *Desafios geomecanicos para el uso de tbn en mineria masiva de Chile.* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177569>
- Romero, E. (2018). "Análisis del procedimiento de operación, excavación y revestimiento en la construcción del Túnel de Conducción del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair entre las abscisas 00+000 a 09+878,30" (Issue 1) [Universidad Central del Ecuador]. <https://bitly.ws/W4yb>
- Samané, P. (2019). Análisis metodológico de sostenimiento y proceso de excavación por método perforación y voladura y tuneladora Túnel Trasandino de Olmos con estallidos de roca. In *Repositorio Institucional - UNH*. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1501>
- Schmaeh, P. (2015). *Túneles mecanizados en proyectos hidroeléctricos.* <https://bitly.ws/W4rR>
- Serradell, D. (2017). *Análisis de rendimiento en las diferentes etapas de excavacion de un tunel en suelo firme, utilizando un escudo EPB.* [Universidad Nacional Autonoma de México]. [//www.dgb.unam.mx/index.php/quienes-somos/dudas-y](http://www.dgb.unam.mx/index.php/quienes-somos/dudas-y)



- Vera, I. (2017). *Dedicada a mis padres Gabriel Vera Baeza y Patricia Bustillos Marinovic , también a mis abuelos , mis hermanos y en especial a mi tía Lidia que ya no se encuentra* [Universidad Andrés Bello]. https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/4602/a120181_Vera_I_Comparacion_tecnica_entre_el_metodo_2017_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wu, Z., Wei, R., Chu, Z., & Liu, Q. (2021). Real-time rock mass condition prediction with TBM tunneling big data using a novel rock-machine mutual feedback perception method. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(6), 1311–1325. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.07.012>



ANEXOS

Anexos 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general ¿En qué se diferencian las metodologías de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno?</p> <p>Problemas Específicos ¿Cuáles son los tipos de sostenimientos para la excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno?</p>	<p>Objetivo general Realizar un análisis comparativo de las metodologías de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno.</p> <p>Objetivos Específicos Establecer los tipos de sostenimientos para la excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno.</p>	<p>Hipótesis general La metodología de excavación mediante la aplicación de la tuneladora (TBM) permitirá minimizar los estallidos de rocas del Túnel de la central hidroeléctrica de San Gabán III, Puno.</p> <p>Hipótesis Específicos Los tipos de sostenimientos se desarrollarán mediante la aplicación de parámetros de la geomecánica evaluando las zonas de fallas peligrosas en el túnel de la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno.</p>	<p>VX Comparación de metodologías de excavación</p>	<p>1.1. Avance de excavación</p> <p>1.2. Economía</p> <p>1.3. Sostenimiento activo y pasivo del macizo rocoso, durante la excavación.</p>	<p>1.1.1. Tiempo</p> <p>1.2.1. Costo de excavación</p> <p>1.3.1. Evaluación del macizo rocoso, según Q de Barton, para tipo de sostenimiento</p>	<p>Enfoque de Investigación: Mixto</p> <p>Nivel de Investigación: Descriptivo - Correlacional</p> <p>Diseño de investigación: No experimental</p> <p>Población: La población de investigación del proyecto, se realizó en la central hidroeléctrica San Gabán de la ventana de Inspección III de la región de Puno.</p> <p>Muestras: Para la muestra de análisis se inspecciono 2 muestras situadas en el túnel, primeramente, se llegó a escoger la muestra de inspección para la aplicación de la metodología de excavación convencional D&B, para la cual se delimito por las progresivas, el cual inicia del km 0+143.70 y este termina km 0+305.70 aproximadamente. Asimismo, se llegó a escoger la segunda muestra de inspección del túnel para la aplicación de la metodología de excavación Tuneladora (TBM), para la cual se delimito por las progresivas, el cual inicia del km 13+840.30 y este termina km 13+350.80 aproximadamente, constituida en el proyecto.</p>
<p>¿Cuánto es la variación de rendimiento de trabajo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno?</p>	<p>Estimar cuanto es la variación de rendimiento de trabajo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno.</p>	<p>La variación de rendimiento de trabajo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno, será de 8m/día.</p>	<p>VY Aplicación convencional D&B</p>	<p>2.1. Topografía</p> <p>2.2. Niveles de intensidad de estallidos de roca</p> <p>2.3. Excavación con Maquina perforada y uso de explosivos, que se detonaran.</p>	<p>2.1.1. Coordenadas progresivas y</p> <p>2.2.1. Clasificación de intensidad de estallido de roca: Alto, medio y bajo.</p> <p>2.3.1. Especificaciones Técnicas</p>	<p>Técnicas de investigación: Recolección de datos</p> <p>Trabajo en Campo</p> <p>Recopilación Documental y Análisis de contenidos.</p> <p>Instrumentos de investigación: Fichas Técnicas Perforación y Voladura</p>
<p>¿Cuánto es la variación del costo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno?</p>	<p>Estimar cuanto es la variación del costo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la hidroeléctrica San Gabán III, Puno.</p>	<p>La variación de costo de excavación mediante la aplicación convencional D&B y tuneladora (TBM) en la central hidroeléctrica San Gabán III, Puno, será de \$.</p>	<p>VZ Aplicación tuneladora (TBM)</p>	<p>3.1. Topografía</p> <p>3.2. Niveles de intensidad de estallidos de roca</p> <p>3.3. Excavación con equipo TBM</p>	<p>3.1.1. Coordenadas progresivas y</p> <p>3.2.1. Clasificación de intensidad de estallido de roca: Alto, medio y bajo.</p> <p>3.3.1. Especificaciones Técnicas</p>	<p>Fichas Técnicas Topografía</p> <p>Cotización y obtención de material a adicionar</p> <p>Formatos de campo</p> <p>Software de analisis e interpretación de resultados</p>



Anexos 2. Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida
VX Comparación de metodologías de excavación	1.1. Avance de excavación	1.1.1. Tiempo	Días
	1.2. Economía	1.2.1. Costo de excavación	Metro cubico
	1.3. Sostenimiento activo y pasivo del macizo rocoso, durante la excavación.	1.3.1. Evaluación del macizo rocoso, según Q de Barton, para tipo de sostenimiento	Según tipo de roca I, II, III, IV.
VY Aplicación convencional D&B	2.1. Topografía	2.1.1. Coordenadas y progresivas	Metros
	2.2. Niveles de intensidad de estallidos de roca	2.2.1. Clasificación de intensidad de estallido de roca: Alto, medio y bajo.	Mega pascales (Mpa)
	2.3. Excavación con Maquina perforada y uso de explosivos, que se detonaran.	2.3.1. Diseño según tipo de roca.	RMR y RQD
VZ Aplicación tuneladora (TBM)	3.1. Topografía	3.1.1. Coordenadas y progresivas	Metros
	3.2. Niveles de intensidad de estallidos de roca	3.2.1. Clasificación de intensidad de estallido de roca: Alto, medio y bajo.	Mega pascales (Mpa)
	3.3. Excavación con equipo TBM	3.3.1. Diseño según tipo de roca.	RMR y RQD



Anexos 3. Matriz data

BASE DE DATOS T STUDENT PARA MUESTRAS RELACIONADAS - OMAR (1).sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	RENDIM ENTO_C ONVENC	RENDIMI ENTO_TB M	COSTO_ CONVEN CIONAL	COSTO_ TUNELA DORA_T..	var	var	var	var
1	191,12	967,55	16596,75	83975,03				
2	163,12	475,58	14165,56	41299,20				
3	82,99	679,02	7207,04	58966,07				
4	168,84	,00	14662,60	,00				
5	163,12	750,35	14165,56	65160,95				
6	163,12	723,94	14165,56	62866,55				
7	163,12	628,82	14165,56	58507,19				
8	168,84	700,15	14662,60	60801,59				
9	171,70	660,53	14911,12	57360,00				
10	82,99	306,48	7207,04	26615,04				
11	80,13	,00	6958,52	,00				
12	177,43	,00	15408,16	,00				
13	165,98	306,49	14414,08	26615,04				
14	168,84	565,41	15905,20	49100,16				
15	168,84	208,73	15905,20	18125,76				
16	165,98	560,12	14414,08	48641,28				
17	100,16	309,13	8698,15	26844,48				
18	165,98	290,63	14414,08	25238,40				
19	180,30	340,83	15656,68	29597,76				
20	174,57	105,68	15159,64	9177,60				
21	177,43	412,17	15408,16	35792,64				
22	183,16	750,35	15905,20	65160,94				
23	183,16	599,76	15905,20	52082,87				
24	105,89	425,37	9195,19	36939,84				
25	165,98	97,76	14414,08	8489,28				
26	171,71	420,08	14911,12	36480,96				
27	183,16	568,05	15905,20	49329,60				
28	197,46	554,84	17147,79	48182,40				
29	100,16	462,37	8698,15	40152,00				
30	194,60	18,49	16899,28	1606,08				
31								
32								
33								
34								
35								
36								

Vista de datos Vista de variables

Nota. Vista de datos de costos

BASE DE DATOS T STUDENT PARA MUESTRAS RELACIONADAS - OMAR (1).sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	RENDIMIEN...	N Numérico	8	2	Rendimiento po...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
2	RENDIMIEN...	N Numérico	8	2	Rendimiento po...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
3	COSTO_CO...	N Numérico	8	2	Costo por el m...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
4	COSTO_TU...	N Numérico	8	2	Costo por el m...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											

Nota. Vista de variables para costos

Resultados T student para muestras relacionadas (1).spv [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Costo por el método TBM	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
-------------------------	----	--------	---	------	----	--------

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento por el método D&B	,362	30	,000	,756	30	,000
Rendimiento por el método TBM	,118	30	,200 [*]	,957	30	,257
Costo por el método D&B	,351	30	,000	,756	30	,000
Costo por el método TBM	,115	30	,200 [*]	,955	30	,234

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Rendimiento por el método D&B

Gráfico Q-Q normal de Rendimiento por el método D&B

Hipótesis general

*Resultados T student para muestras relacionadas (1).spv [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Costo por el método D&B

- Títulos
- Gráfico Q-Q normal
- Gráfico Q-Q normal

Logaritmo

- Prueba T
- Títulos
- Notas
- Estadísticas de muestra
- Correlaciones de muestra
- Prueba de muestras em

Logaritmo

- Prueba T
- Títulos
- Notas
- Estadísticas de muestra
- Correlaciones de muestr
- Prueba de muestras em

Registro

- Pruebas no paramétricas
- Título
- Notas
- Conjunto de datos activo
- Visor de modelos

Registro

- Explorar
- Título
- Notas
- Resumen de procesami
- Descriptivos
- Pruebas de normalidad
- Rendimiento por el mét
- Título
- Gráfico Q-Q normal
- Gráfico Q-Q normal
- Costo por el metodo D&B
- Título
- Gráfico Q-Q normal

NPTESTS

```

/RELATED TEST (RENDIMIENTO_CONVENCIONAL COSTO_CONVENCIONAL) WILCOXON
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

```

Pruebas no paramétricas

[ConjuntoDatos1] C:\Users\PC\Downloads\BASE DE DATOS T STUDENT PARA MUESTRAS RELACIONADAS - OMAR (2).sav

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Rendimiento por el método D&B y Costo por el método D&B es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

EXAMINE VARIABLES=RENDIMIENTO_CONVENCIONAL COSTO_CONVENCIONAL

```

/PLOT NPPLLOT
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.

```



Anexos 4. Ensayo de fuerza de tracción de pernos.

秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+850.00 - Y7+800.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 300 根 Cantidad de Pernos		报告编号: MT-2022-169 Código de Informe		Modelo del Medidor de Tracción				
锚固日期: 23/08/2023 - 25/08/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 1/09/2023 - 05/09/2023 Fecha de Ensayo		设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$ Fuerza diseñada				
锚固日期: 23/08/2023 - 25/08/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 1/09/2023 - 05/09/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 5/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+850.00 - Y7+800.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	II	300	Bóveda	Y7+847.36	10.55	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+831.10	10.28	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y7+822.94	10.93	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+814.76	9.75	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+805.65	9.55	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

E. Lora H.

校核:
Verificador

E. Lora H.

审批:
Aprobador

M. Benito J.

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+895.00 - Y7+850.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 292 根		报告编号: MT-2022-168		Modelo del Medidor de Tracción				
Cantidad de Pernos		Código de Informe		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 20/08/2023 - 23/08/2023		锚固日期: 31/08/2023 - 01/09/2023		签发日期: 1/09/2023				
Fecha de instalación		Fecha de Ensayo		Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+895.00 - Y7+850.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	292	Bóveda	Y7+890.92	10.75	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y7+880.15	9.44	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y7+872.95	10.30	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+865.64	10.01	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+860.95	11.29	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

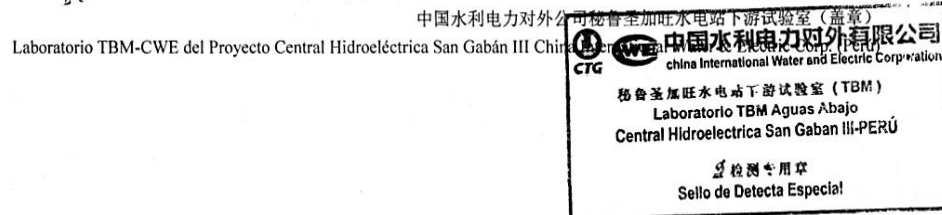
Edison H

校核:
Verificador

Edison H

审批:
Aprobador

Pedro Rodríguez





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y6+743.00 - Y6+693.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU					
锚杆数量: 216 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-201		Modelo del Medidor de Tracción					
锚固日期: 17/10/2023 - 19/10/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 29/10/2023 - 30/10/2023 Fecha de Ensayo		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$					
检测桩号 Abscisa		锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+743.00 - Y6+693.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	216	Bóveda	Y6+738.96	9.95	18.5	181.42	
		III		Bóveda	Y6+729.64	10.86	19.0	186.33	
		III		Bóveda	Y6+720.60	10.84	19.0	186.33	
		II		Bóveda	Y6+711.65	10.63	18.5	181.42	
检验依据 Referencia: 《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.		综合结论 Conclusión de Ensayo: 该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión:									

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y6+753.00 - Y6+743.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: Cantidad de Pernos: 72 根		报告编号: Código de Informe: MT-2022-200		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177KN$				
锚固日期: Fecha de instalación: 17/10/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo: 28/10/2023		签发日期: Fecha de informe: 29/10/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+753.00 - Y6+743.00	$\Phi 25mm$ 3.0m	IV	72	Bóveda	Y6+750.18	9.20	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y6+747.06	10.72	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y6+763.00 - Y6+753.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 84 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-199		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177\text{KN}$				
锚固日期: Fecha de instalación: 16/10/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo: 27/10/2023 - 28/10/2023		签发日期: Fecha de informe: 28/10/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+763.00 - Y6+753.00	$\Phi 25\text{mm } 3.0\text{m}$	IV	84	Bóveda	Y6+760.93	10.49	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y6+756.58	10.24	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y6+786.00 - Y6+763.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 124 根 Cantidad de Pernos		报告编号: MT-2022-198 Código de Informe		设计拉力值: Fuerza diseñada $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 15/10/2023 - 16/10/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 27/10/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 28/10/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+786.00 - Y6+763.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	124	Bóveda	Y6+778.60	9.51	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y6+770.36	9.01	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位：中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción			桩号/高程: Y6+936.00 - Y6+886.00 Abscisa/Cota:			锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción		
锚杆数量: 132 根 Cantidad de Pernos			报告编号: MT-2022-195 Código de Informe			设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$ Fuerza diseñada		
锚固日期: 06/10/2023 - 09/10/2023 Fecha de instalación			锚固日期: 18/10/2023 - 19/10/2023 Fecha de Ensayo			签发日期: 20/10/2023 Fecha de informe		
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+936.00 - Y6+886.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	II	132	Bóveda	Y6+919.66	9.45	18.5	181.42
				Bóveda	Y6+904.42	10.06	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

Cristina De

校核:
Verificador

Cristina De

审批:

Aprobador

N. Bonito Julia

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y6+986.00 - Y6+936.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 240 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-194		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 04/10/2023 - 06/10/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 17/10/2023 - 18/10/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 19/10/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+986.00 - Y6+936.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	240	Bóveda	Y6+968.42	9.69	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y6+956.26	10.52	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y6+947.47	9.20	18.5	181.42
		II		Bóveda	Y6+939.86	9.95	18.5	181.42
检验依据 Referencia: 《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018		Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.						
综合结论 Conclusión de Ensayo: La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).		该样品经检验达到设计要求。						
见证人 Supervisión:		C. QUINTANA						

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

N. Bcaito Tula

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corp. (Perú)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y6+997.00 - Y6+986.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 84 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe MT-2022-193		设计拉力值: Fuerza diseñada $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: Fecha de instalación 4/10/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo 16/10/2023		签发日期: Fecha de informe 17/10/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y6+997.00 - Y6+986.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	84	Bóveda	Y6+991.50	9.56	18.5	181.42
				Bóveda	Y6+986.75	10.60	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. QUINTANA							

检验:
Inspector

Cristina Orta

校核:
Verificador

Cristina Orta

审批:
Aprobador

Benito Juca

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室(盖章)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción			桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+007.00 - Y6+997.00			锚杆拉力计型号: RH302-PERU		
锚杆数量: 84 根 Cantidad de Pernos			报告编号: MT-2022-192 Código de Informe			设计拉力值: Fuerza diseñada $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$		
锚固日期: 03/10/2023 - 04/10/2023 Fecha de instalación			锚固日期: 14/10/2023 Fecha de Ensayo			签发日期: 15/10/2023 Fecha de informe		
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+007.00 - Y6+997.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	84	Bóveda	Y7+003.83	10.68	19.0	186.33
		IV		Bóveda	Y7+000.18	10.33	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. Quinsora							

检验:
Inspector

Cristina Orc

校核:
Verificador

Cristina Orc

审批:
Aprobador

Benito Julca

中国水利电力对外公司 秘鲁圣加旺水电站
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corporation

秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (TBM)
Laboratorio TBM Aguas Abajo
Central Hidroeléctrica San Gabán III-PERÚ

检测专用章
Sello de Detecta Especial



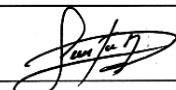
秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)


部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción			桩号/高程: Y7+017.00 - Y7+007.00 Abscisa/Cota:			锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción		
锚杆数量: 96 根 Cantidad de Pernos			报告编号: MT-2022-191 Código de Informe			设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$ Fuerza diseñada		
锚固日期: 02/10/2023 - 03/10/2023 Fecha de instalación			锚固日期: 13/10/2023 Fecha de Ensayo			签发日期: 14/10/2023 Fecha de informe		
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+017.00 - Y7+007.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	96	Bóveda	Y7+014.81	10.47	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y7+009.06	10.41	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. Quiriano							

检验:
Inspector


Cristina De

校核:

Verificador

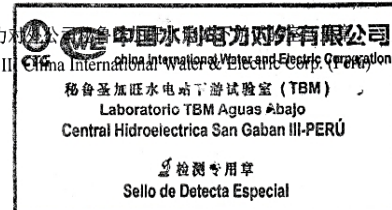

Cristina De

审批:

Aprobador


N. Benito Julca

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción			桩号/高程: Y7+043.00 - Y7+017.00 Abscisa/Cota:			锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción		
锚杆数量: 136 根 Cantidad de Pernos			报告编号: MT-2022-190 Código de Informe			设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$ Fuerza diseñada		
锚固日期: 01/10/2023 - 02/10/2023 Fecha de instalación			锚固日期: 12/10/2023 - 13/10/2023 Fecha de Ensayo			签发日期: 14/10/2023 Fecha de informe		
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程 Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+043.00 - Y7+017.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	136	Bóveda	Y7+040.49	10.80	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+025.80	10.86	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	C. Quintana							

检验:
Inspector

Cristina Drc

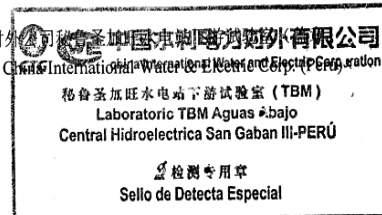
校核:
Verificador

Cristina Drc

审批:
Aprobador

N. Benito Julia

中国水利电力对外公司 秘鲁圣加旺水电站施工部
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+082.00 - Y7+043.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU					
锚杆数量: 104 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe MT-2022-189		Modelo del Medidor de Tracción					
锚固日期: 29/09/2023 - 01/10/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 11/10/2023 Fecha de Ensayo		设计拉力值: Fuerza diseñada $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$					
检测桩号 Abscisa		锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+082.00 - Y7+043.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	II	104	Bóveda	Y7+060.20	9.01	18.5	181.42	
		II		Bóveda	Y7+051.15	10.08	19.0	186.33	
检验依据 Referencia		《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo		该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión		 C. Quinsana							

检验:
Inspector


Cristina De

校核:
Verificador


Cristina De

审批:
Aprobador


N. B. C. J. L.

中国水利电力对外公司 秘鲁圣加旺水电站水利电力对外有限公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corporation

秘鲁圣加旺水电站TBM试验室 (TBM)
Laboratorio TBM Aguas Abajo
Central Hidroeléctrica San Gabán III-PERÚ

检测专用章
Sello de Detecta Especial



秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+132.00 - Y7+082.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: Cantidad de Pernos: 160 根		报告编号: Código de Informe: MT-2022-188		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: Fecha de instalación: 28/09/2023 - 29/09/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo: 9/10/2023 - 10/10/2023		签发日期: Fecha de informe: 10/10/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+132.00 - Y7+082.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	II	160	Bóveda	Y7+126.02	9.10	19.0	186.33
		II		Bóveda	Y7+118.45	10.26	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+110.48	9.90	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. Quintana							

检验:
Inspector

Cristina De

校核:
Verificador

Cristina De

审批:
Aprobador

M. Benito Julia

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

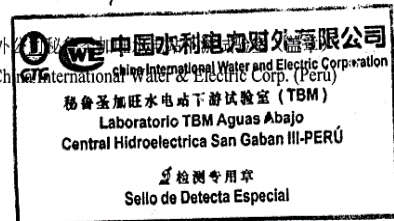
部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+182.00 - Y7+132.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: Cantidad de Pernos: 196 根		报告编号: Código de Informe: MT-2022-187		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: Fecha de instalación: 24/09/2023 - 27/09/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo: 7/10/2023 - 9/10/2023		签发日期: Fecha de informe: 10/10/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+182.00 - Y7+132.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	196	Bóveda	Y7+169.77	11.09	19.0	186.33
		II		Bóveda	Y7+156.38	10.69	18.5	181.42
		II		Bóveda	Y7+144.31	10.51	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corp. (Perú)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción			桩号/高程: Y7+195.00 - Y7+182.00 Abscisa/Cota:			锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción		
锚杆数量: 120 根 Cantidad de Pernos			报告编号: MT-2022-186 Código de Informe			设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177KN$ Fuerza diseñada		
锚固日期: 23/09/2023 - 24/09/2023 Fecha de instalación			锚固日期: 7/10/2023 Fecha de Ensayo			签发日期: 7/10/2023 Fecha de informe		
检测桩号 Abcisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+195.00 - Y7+182.00	$\Phi 25mm$ 3.0m	IV	120	Bóveda	Y7+191.88	10.73	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y7+186.72	9.33	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corp. (Perú)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+215.00 - Y7+205.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 96 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-184		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 22/09/2023 - 23/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 5/10/2023 - 6/10/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 7/10/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+215.00 - Y7+205.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	96	Bóveda	Y7+212.04	10.49	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y7+208.04	9.10	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

T. Benito Juca

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III Ch





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+245.00 - Y7+225.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 104 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-182		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 20/09/2023 - 21/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: Fecha de Ensayo: 4/10/2023		签发日期: Fecha de informe: 5/10/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+245.00 - Y7+225.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	104	Bóveda	Y7+241.41	10.41	19.0	186.33
				Bóveda	Y7+232.20	10.48	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

校核:
Verificador

审批:
Aprobador

N. Benito Jula

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán







秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

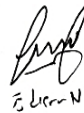
Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Y7+295.00 - Y7+245.00 Abscisa/Cota:		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 204 根 Cantidad de Pernos		报告编号: MT-2022-181 Código de Informe		设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177KN$ Fuerza diseñada				
锚固日期: 18/09/2023 - 20/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 01/10/2023 - 03/10/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 3/10/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+295.00 - Y7+245.00	$\Phi 25mm$ 3.0m	III	204	Bóveda	Y7+282.20	10.68	19.0	186.33
		II		Bóveda	Y7+270.07	10.41	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+249.05	10.51	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 							

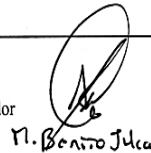
检验:
Inspector



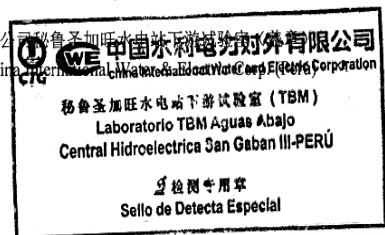
校核:
Verificador



审批:
Aprobador


M. Benito Julia

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corp (Perú) Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+345.00 - Y7+295.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: Cantidad de Pernos 156 根		报告编号: Código de Informe MT-2022-180		设计拉力值: Fuerza diseñada $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: Fecha de instalación 16/09/2023 - 18/09/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo 29/09/2023 - 30/09/2023		签发日期: Fecha de informe 30/09/2023				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+345.00 - Y7+295.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	II	156	Bóveda	Y7+343.72	10.98	19.0	186.33
		II		Bóveda	Y7+334.68	8.51	18.5	181.42
		II		Bóveda	Y7+325.54	10.65	19.0	186.33
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

E. J. S. - H

校核:
Verificador

E. J. S. - H

审批:
Aprobador

P. Benito Jilca

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corp. (Perú)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+395.00 - Y7+345.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: Cantidad de Pernos: 156 根		报告编号: Código de Informe: MT-2022-179		Modelo del Medidor de Tracción				
锚固日期: Fecha de instalación: 13/09/2023 - 16/09/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo: 26/09/2023 - 27/09/2023		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177KN$		签发日期: Fecha de informe: 28/09/2023		
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程 Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+395.00 - Y7+345.00	$\Phi 25mm$ 3.0m	III	156	Bóveda	Y7+793.63	9.19	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y7+387.64	10.69	18.5	181.42
		II		Bóveda	Y7+380.01	10.51	18.5	181.42
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

E.d.r.-H

校核:
Verificador

E.d.r.-H

审批:
Aprobador

M. B. S. T. S.

中国水利电力对外公司 秘鲁圣加旺水电站施工部
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+412.00 - Y7+395.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 164 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-178		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 12/09/2023 - 13/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: Fecha de Ensayo: 23/09/2023 - 24/09/2023		签发日期: 25/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+412.00 - Y7+395.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	IV	164	Bóveda	Y7+411.86	9.35	19.0	186.33
		IV		Bóveda	Y7+403.20	9.86	18.5	181.42
		IV		Bóveda	Y7+398.30	10.94	18.5	181.42
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

Edison H

校核:
Verificador

Edison H

审批:
Aprobador

M. Benito Jilca

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corporation





秘魯圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘魯圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Y7+455.00 - Y7+412.00 Abscisa/Cota:		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 224 根 Cantidad de Pernos		报告编号: MT-2022-177 Código de Informe		设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$ Fuerza diseñada				
锚固日期: 11/09/2023 - 12/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 21/09/2023 - 22/09/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 23/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+455.00 - Y7+412.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	224	Bóveda	Y7+450.47	9.76	19.0	186.33
		IV		Bóveda	Y7+442.38	10.73	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+430.27	9.36	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y7+421.00	10.72	18.5	181.42
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

E. 12.14

校核:
Verificador

E. 12.11

审批:
Aprobador

N. Benito Julca

中国水利电力对外公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corporation





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+505.00 - Y7+455.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 264 根 Cantidad de Pernos		报告编号: MT-2022-176 Código de Informe		设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$ Fuerza diseñada				
锚固日期: 09/09/2023 - 11/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 19/09/2023 - 20/09/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 20/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+505.00 - Y7+455.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	264	Bóveda	Y7+491.45	9.85	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+482.36	9.31	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+471.92	10.95	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y7+462.72	10.86	18.5	181.42
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión								

检验:
Inspector

E. S. H.

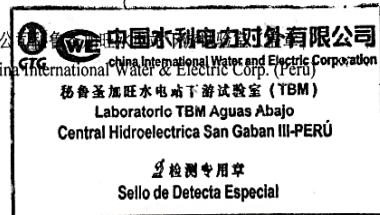
校核:
Verificador

E. S. H.

审批:
Aprobador

P. Barrio J.

中国水利电力对外公司 中国水利电力对外有限公司
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water and Electric Corporation






秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

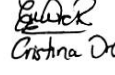
Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+555.00 - Y7+505.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 276 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-175		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 06/09/2023 - 09/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 17/09/2023 - 18/09/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 19/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+555.00 - Y7+505.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	276	Bóveda	Y7+548.27	8.34	18.5	181.4
		II		Bóveda	Y7+539.39	9.99	18.5	181.4
		IV		Bóveda	Y7+520.61	10.47	19.0	186.3
		III		Bóveda	Y7+509.87	9.95	18.5	181.4
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. WINTANA							

检验:
Inspector


Cristina Oc

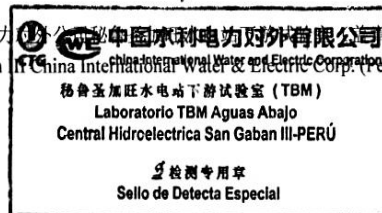
校核:
Verificador


Cristina Oc

审批:
Aprobador


M. Benito J.

中国水利电力对外公司 (China International Water & Electric Corp.)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)



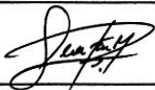


秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

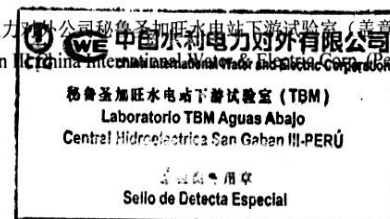
部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Y7+605.00 - Y7+555.00 Abscisa/Cota:		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 228 根 Cantidad de Pernos		报告编号: MT-2022-174 Código de Informe		设计拉力值: $\Phi 25 \geq 177KN$ Fuerza diseñada				
锚固日期: 05/09/2023 - 06/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 14/09/2023 - 16/09/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 17/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+605.00 - Y7+555.00	Φ25mm 3.0m	II	228	Bóveda	Y7+596.48	9.58	18.5	181.4
				Bóveda	Y7+587.52	8.76	18.5	181.4
				Bóveda	Y7+575.35	9.82	19.0	186.3
				Bóveda	Y7+555.80	10.91	19.0	186.3
检验依据 Referencia		《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.						
综合结论 Conclusión de Ensayo		该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).						
见证人 Supervisión		 C. Quirón						

检验: 
Inspector Cristina Orc

校核: 
Verificador Cristina Orc

审批: 
Aprobador P. Barranto J.

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)






秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+655.00 - Y7+605.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: 132 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-173		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$				
锚固日期: 01/09/2023 - 05/09/2023 Fecha de instalación		锚固日期: 11/09/2023 - 12/09/2023 Fecha de Ensayo		签发日期: 13/09/2023 Fecha de informe				
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+655.00 - Y7+605.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	II	132	Bóveda	Y7+653.97	10.76	19.0	186.3
				Bóveda	Y7+638.47	10.73	19.0	186.3
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. Quintana							

检验:
Inspector


Cristina Orc

校核:
Verificador


Cristina Orc

审批:
Aprobador


J. B. CANTO

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室(美华)
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)






秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+705.00 - Y7+655.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU Modelo del Medidor de Tracción				
锚杆数量: Cantidad de Pernos: 152 根		报告编号: Código de Informe: MT-2022-172		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177KN$				
锚固日期: Fecha de instalación: 29/08/2023 - 31/08/2023		锚固日期: Fecha de Ensayo: 10/09/2023 - 11/09/2023		签发日期: Fecha de informe: 12/09/2023				
检测桩号 Abseisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+705.00 - Y7+655.00	$\Phi 25mm$ 3.0m	II	152	Bóveda	Y7+700.66	10.24	19.0	186.3
				Bóveda	Y7+691.53	9.34	18.5	181.4
				Bóveda	Y7+664.58	9.00	18.5	181.4
检验依据 Referencia	《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.							
综合结论 Conclusión de Ensayo	该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).							
见证人 Supervisión	 C. Quiñana							


检验:
Inspector


Cristina Ore

校核:


Verificador Cristina Ore

审批:


Aprobador A.B. Julia

Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III China International Water & Electric Corp. (Perú)
中国水利电力对外有限公司 秘鲁圣加旺水电站项目试验室 (盖章)
China International Water & Electric Corp. (Perú)
秘鲁圣加旺水电站项目试验室 (TBM)





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ
锚杆拉拔试验报告

INFORME DEL ENSAYO DE FUERZA DE TRACCIÓN DE PERNOS

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

部位: Posición de Obra: Túnel de Conducción		桩号/高程: Abscisa/Cota: Y7+800.00 - Y7+751.00		锚杆拉力计型号: RH302-PERU				
锚杆数量: 264 根 Cantidad de Pernos		报告编号: Código de Informe: MT-2022-170		Modelo del Medidor de Tracción				
锚固日期: 25/08/2023 - 27/08/2023 Fecha de instalación		锚固日期: Fecha de Ensayo: 5/09/2023 - 06/09/2023		设计拉力值: Fuerza diseñada: $\Phi 25 \geq 177 \text{KN}$		签发日期: Fecha de informe: 7/09/2023		
检测桩号 Abscisa	锚杆规格 Medida de Perno	围岩 Tipo de roca	数量 Cantidad	锚杆位置 Ubicación de ensayo	桩号/高程: Progresiva/Cota:	位移 (mm) Desplazamiento	拉拔仪显示值 Valor de lectura de carga (Tm)	检测值 Carga de Ensayo (kN)
Y7+800.00 - Y7+751.00	$\Phi 25 \text{mm } 3.0 \text{m}$	III	264	Bóveda	Y7+796.69	10.90	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+789.38	9.03	19.0	186.33
		III		Bóveda	Y7+782.12	10.02	18.5	181.42
		III		Bóveda	Y7+773.08	11.49	18.5	181.42
检验依据 Referencia: 《水电水利工程锚喷支护技术规范》DL/T5181-2018 Especificaciones técnica de perno, shotcrete y sostenimiento en proyectos hidroeléctricos.								
综合结论 Conclusión de Ensayo: 该样品经检验达到设计要求。 La muestra es inspeccionada y cumple con los requisitos del diseño. (El valor numérico del diseño corresponde al documento de licitación).								
见证人 Supervisión:								

检验:
Inspector

E. Jara - H

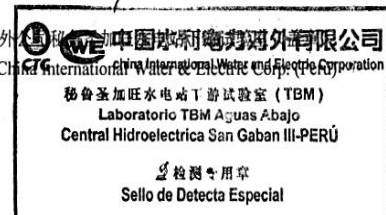
校核:
Verificador

E. Jara - H

审批:
Aprobador

D. Benito Julia

中国水利电力对外公司 秘鲁圣加旺水电站施工部
Laboratorio TBM-CWE del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corporation





Anexos 5. Ensayo de resistencia a la compresión de la roca.

**秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ**

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM	试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y6+945.00 - Y6+845.00	成型日期: Fecha de Extracción	10/11/2023
水泥品种: Tipo de roca:	II	试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100	签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión	平均(Mpa) Promedio
MR-012	78.54	127.7 121.8 125.2	124.9
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR		
检验结论 Conclusión de Prueba	获得的结果为样本分配了 12 分。但是, 有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型: (R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。 El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 12. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).		
见证人 Supervisor			

检验:
Inspector

Cristina Ore

校核:
Verificador

Cristina Ore

审批:

Gian Foraguila

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)

Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp.





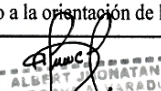
秘鲁圣加旺水电站 CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位：中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM	试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y8+430.00 - Y8+380.00	成型日期: Fecha de Extracción	7/11/2023
水泥品种: Tipo de roca:	II	试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100	签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión	平均(Mpa) Promedio
MR-011	78.54	122.4 120.1 -	121.3
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR		
检验结论 Conclusión de Prueba	<p>获得的结果为样本分配了 12 分。但是，有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型：（R.Q.D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数）。</p> <p>El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 12. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).</p>		
见证人 Supervisor	 ALBERTO GONZALEZ COORDINADOR CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III PERÚ		

检验: 
Inspector Cristina Ore

校核: 
Verificador Cristina Ore

审批: 
Aprobador Gian Foruquita

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室（盖章）
Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric





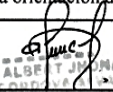
秘鲁圣加旺水电站 CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca		Túnel de Conducción - TBM		试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo		Y6+980.00 - Y6+950.00		成型日期: Fecha de Extracción	4/11/2023
水泥品种: Tipo de roca:		III		试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra		Φ100*100		签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión			平均(Mpa) Promedio
MR-010	78.54	82.8	73.3	-	78.1
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR				
检验结论 Conclusión de Prueba	<p>获得的结果为样本分配了 7 分。但是, 有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型: (R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。</p> <p>El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 7. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).</p>				
见证人 Supervisor	 ALBERT JIMENA JEFE DE GEOLOGIA CENTRAL HIDROELECTRICA SAN GABAN III PERU				


检验:

Inspector


Cristina Ore


校核:

Verificador


Cristina Ore

审批:

Aprobador


Gian Foraguitta

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)

Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric





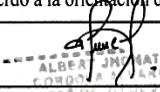
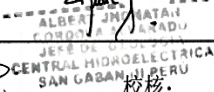
秘鲁圣加旺水电站 CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位：中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

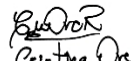
Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM	试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y8+340.00 - Y8+270.00	成型日期: Fecha de Extracción	2/11/2023
水泥品种: Tipo de roca:	III	试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100	签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión	平均(Mpa) Promedio
MR-009	78.54	54.2 85.4 85.8	75.1
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR		
检验结论 Conclusión de Prueba	<p>获得的结果为样本分配了 7 分。但是，有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型：(R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。</p> <p>El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 7. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).</p>		
见证人 Supervisor	 		

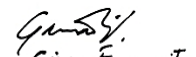
检验:
Inspector


Cristina Ore

校核:
Verificador


Cristina Ore

审批:
Aprobador


Gian Foraguitta

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric





秘鲁圣加旺水电站 CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM	试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y8+205.00 - Y8+150.00	成型日期: Fecha de Extracción	30/10/2023
水泥品种: Tipo de roca:	IV	试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100	签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión	平均(Mpa) Promedio
MR-008	78.54	50.0 44.5 44.6	46.4
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR		
检验结论 Conclusión de Prueba	获得的结果为样本分配了 4 分。但是,有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型: (R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。 El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 4. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).		
见证人 Supervisor			

检验:
Inspector

Cristina Ore

校核:
Verificador

Cristina Ore

审批:
Aprobador

Gian Foraguitta

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)
Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric





秘鲁圣加旺水电站 CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位：中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM	试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y8+266.00 - Y8+223.00	成型日期: Fecha de Extracción	27/10/2023
水泥品种: Tipo de roca:	IV	试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100	签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión	平均(Mpa) Promedio
MR-007	78.54	47.3 43.6 41.6	44.2
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR		
检验结论 Conclusión de Prueba	获得的结果为样本分配了 4 分。但是，有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型：（R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数）。 El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 4. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).		
见证人 Supervisor			

检验:
Inspector

Cristina Ore

校核:
Verificador

Cristina Ore

审批:

Aprobador

Gian Foraguitta

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室（盖章）
Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)





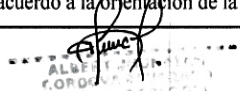
秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

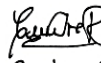
INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部


Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM		试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y10+600.00 - Y10+585.00		成型日期: Fecha de Extracción	24/10/2023
水泥品种: Tipo de roca:	IV		试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100		签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión		
		平均(Mpa) Promedio		
MR-006	78.54	43.1	39.2	-
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR			
检验结论 Conclusión de Prueba	<p>获得的结果为样本分配了 4 分。但是, 有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型: (R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。</p> <p>El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 4. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).</p>			
见证人 Supervisor				

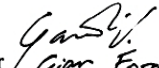
检验:
Inspector


Cristina Ore

校核:
Verificador


Cristina Ore

审批:


Aprobador Gian Foraguita

中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站下游试验室 (盖章)

Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric





秘鲁圣加旺水电站 CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位：中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM	试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y10+649.00 - Y10+617.00	成型日期: Fecha de Extracción	21/10/2023
水泥品种: Tipo de roca:	IV	试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100	签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión	平均(Mpa) Promedio
MR-005	78.54	49.5 47.8 48.5 41.5 - -	46.8
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR		
检验结论 Conclusión de Prueba	获得的结果为样本分配了 4 分。但是，有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型：(R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。 El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 4. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).		
见证人 Supervisor			

检验:
Inspector

Cristina Ore

校核:
Verificador

Cristina Ore

审批:
Aprobador

Giam Foraguitta

中国水利电力对外公司
Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III





秘鲁圣加旺水电站
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN III, PERÚ

岩石压缩测试报告

INFORME DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA

施工单位: 中国水利电力对外公司秘鲁圣加旺水电站施工部

Constructora: Dpto. de Construcción del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corp. (Perú)

石料产地 Procedencia de la roca	Túnel de Conducción - TBM		试件制作人: Productor de Muestras	Cristina Ore
取样地点 Ubicación de muestreo	Y10+780.00 - Y10+650.00		成型日期: Fecha de Extracción	18/10/2023
水泥品种: Tipo de roca:	III		试验日期: Fecha de Ensayo	14/11/2023
试件规格 (mm): Dimensiones de la muestra	Φ100*100		签发日期: Fecha de Emisión	14/11/2023
试件编号 Número de muestra	受压面积 (cm ²) Área Compresión	抗压强度(Mpa) Resistencia a la Compresión		
MR-004	78.54	62.9	63.0	88.5
		73.0	53.9	60.1
平均(Mpa) Promedio	66.9			
检验依据 Referencia	根据 RMR 地质力学分类对岩体进行分类 Clasificación del macizo rocoso según la clasificación geomecánica RMR			
检验结论 Conclusión de Prueba	获得的结果为样本分配了 7 分。但是, 有必要考虑 RMR 地质力学分类的其他 4 个参数来确定岩石类型: (R. Q. D.、不连续性之间的距离、不连续性的状况、地下水和根据主要不连续性方向的修正系数)。 El resultado obtenido asigna a la muestra un puntaje 7. Sin embargo, se requiere considerar los otros 4 parámetros de la clasificación geomecánica RMR para determinar el tipo de roca: (R.Q.D., distancia entre las discontinuidades, condición de las discontinuidades, agua subterránea y el factor de corrección de acuerdo a la orientación de la discontinuidad principal).			
见证人 Supervisor				

检验:
Inspector

Cristina Ore

校核:
Verificador

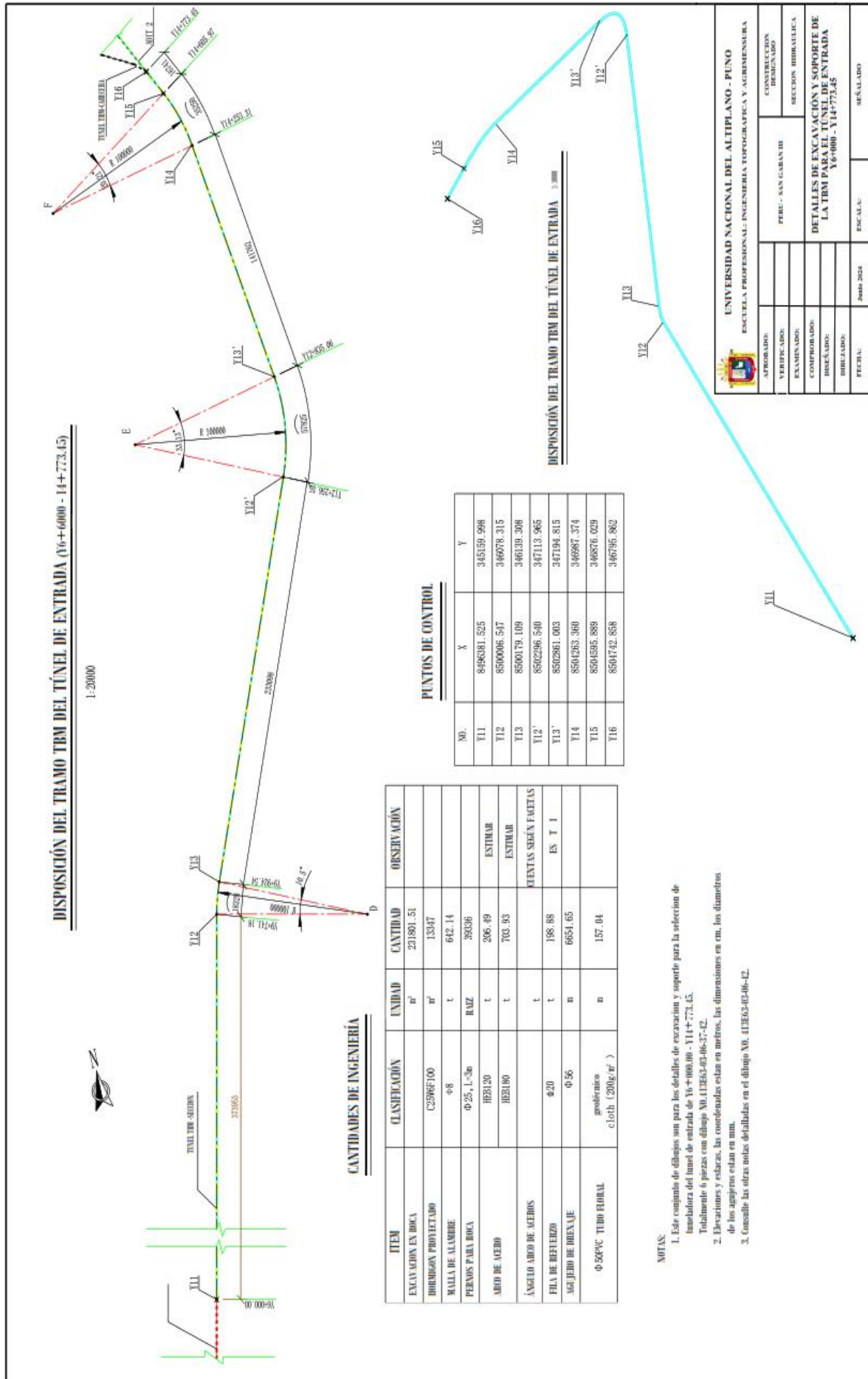
Cristina Ore

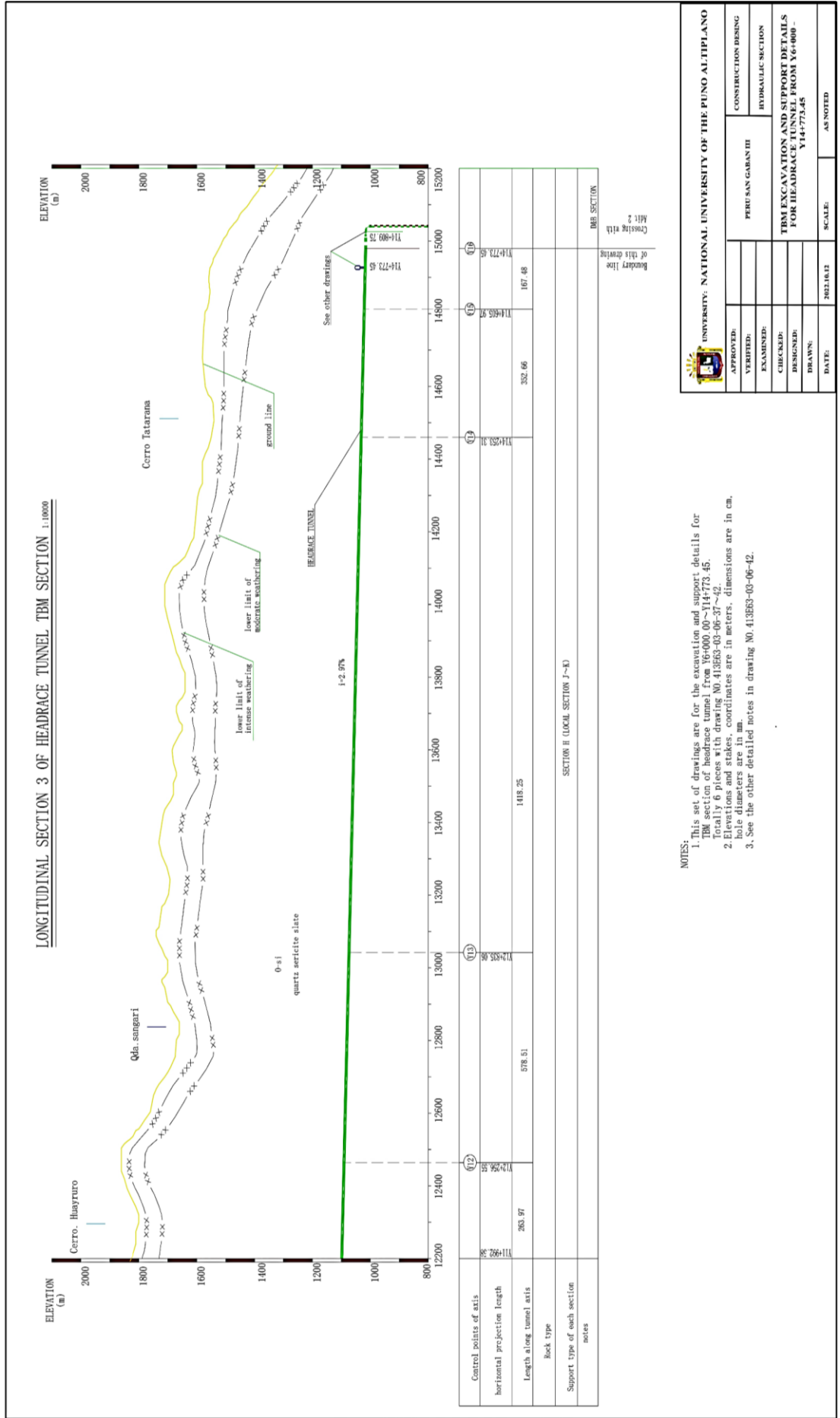
审批:
Aprobador

Gian Foraguitta

中国水利电力对外公司
Laboratorio CWE-TBM del Proyecto Central Hidroeléctrica San Gabán III de China International Water & Electric Corporation
秘鲁圣加旺水电站 TBM 测试实验室 (TBM)
Laboratorio TBM Aguas Abajó Corp. (Perú)
Central Hidroeléctrica San Gabán III-PERÚ
检测专用章
Sello de Detecta Especial

Anexos 6. Planos de TBM



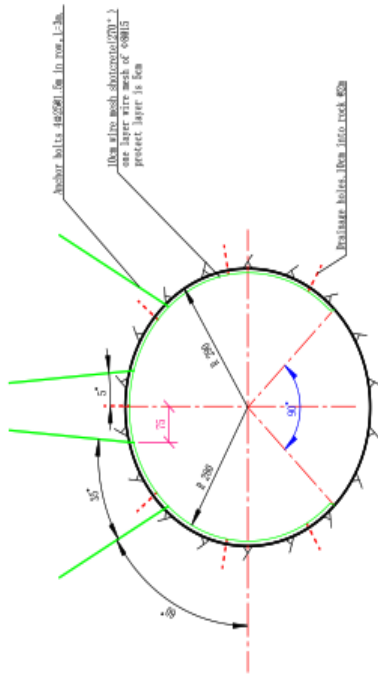


NOTES:

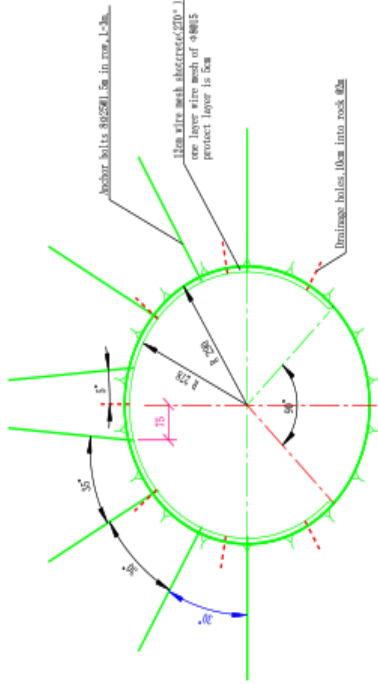
- This set of drawings are for the excavation and support details for TBM section of headrace tunnel from Y6+000.00~Y14+773.45. Totally 6 pieces with drawing NO.413863-03-06-37~42.
- Elevations and stakes, coordinates are in meters, dimensions are in cm, hole diameters are in mm.
- See the other detailed notes in drawing NO.413863-03-06-42.

UNIVERSITY: NATIONAL UNIVERSITY OF THE PUNO ALTIPLANO	
APPROVED:	CONSTRUCTION DESING
EXAMINEE:	HYDRAULIC SECTION
CHECKED:	PERU SAS GABAN III
DESIGNED:	TBM EXCAVATION AND SUPPORT DETAILS
DRAWN:	FOR HEADRACE TUNNEL FROM Y6+000 -
DATE:	Y14+773.45
2023.10.12	SCALE: AS NOTED

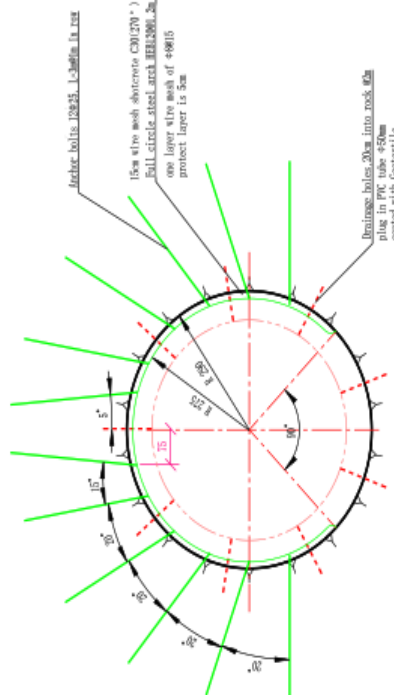
(SECTION G) CLASS II FOR TBM 1:100



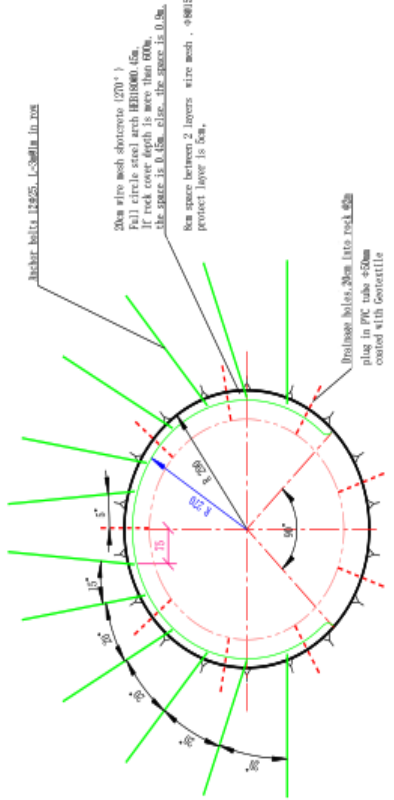
(SECTION H) CLASS III FOR TBM 1:100



(SECTION J) CLASS IV FOR TBM 1:100



(SECTION K) CLASS V FOR TBM 1:100

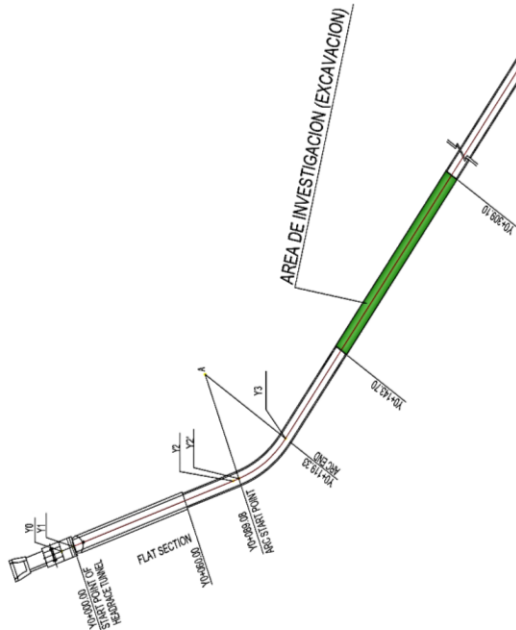


NOTES:

- This set of drawings are for the excavation and support details for TBM section of headrace tunnel from V6-000 00~114-773.45. Totally 6 pieces with drawing NO.413653-03-06-37~42.
- Elevations and stakes, coordinates are in meters, dimensions are in cm, hole diameters are in mm.
- See No. 413653-03-06-42 for other instructions. If there is no anchor bolts connected with the reinforcement mesh within the hanging mesh range, a $\phi 18$ dowel bar shall be set (the row spacing is 1.5m) which is reliably fixed with reinforcement mesh, and the depth of the dowel bar into the rock is 1.5m. The drilling and grouting requirements of dowel bars are the same as those of anchor bolts. See article 11 of the description for the exposure requirements of anchor bolts and dowel bars.

UNIVERSITY: NATIONAL UNIVERSITY OF THE PUNO ALTIPLANO		CONSTRUCTION DESIGN
APPROVER:	VERIFIED:	HYDRAULIC SECTION
DESIGNED:	EXAMINER:	
CHECKER:		
DRAWN:		
DATE:	SCALE:	AS NOTED
TBM EXCAVATION AND SUPPORT DETAILS FOR HEADRACE TUNNEL FROM V6-000 - Y14-773.45		

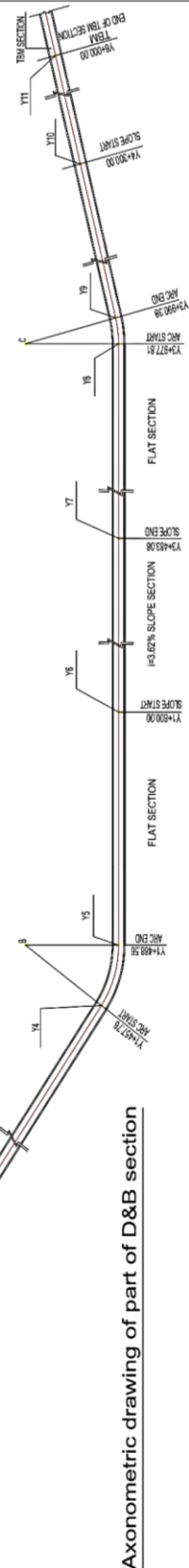
General layout of D&B section
(Y0+000.00~Y6+000.00)



NO.	X	Y
Y0	8491638.315	342121.681
Y1	8491638.397	342127.752
Y2	8491625.183	342115.179
YZ	8491625.021	342116.251
Y3	8491629.547	342145.700
Y4	8492217.810	343447.921
Y5	8492238.782	343469.830
Y6	8492238.574	343523.223

NO.	X	Y
Y7	8493988.279	344425.025
Y8	8494422.501	344662.100
Y9	8494434.183	344666.683
Y0	8491731.307	347142.713
Y11	8496381.525	345159.998
A	8491874.659	342233.724
B	8492262.722	343425.945
C	8494446.461	344818.214

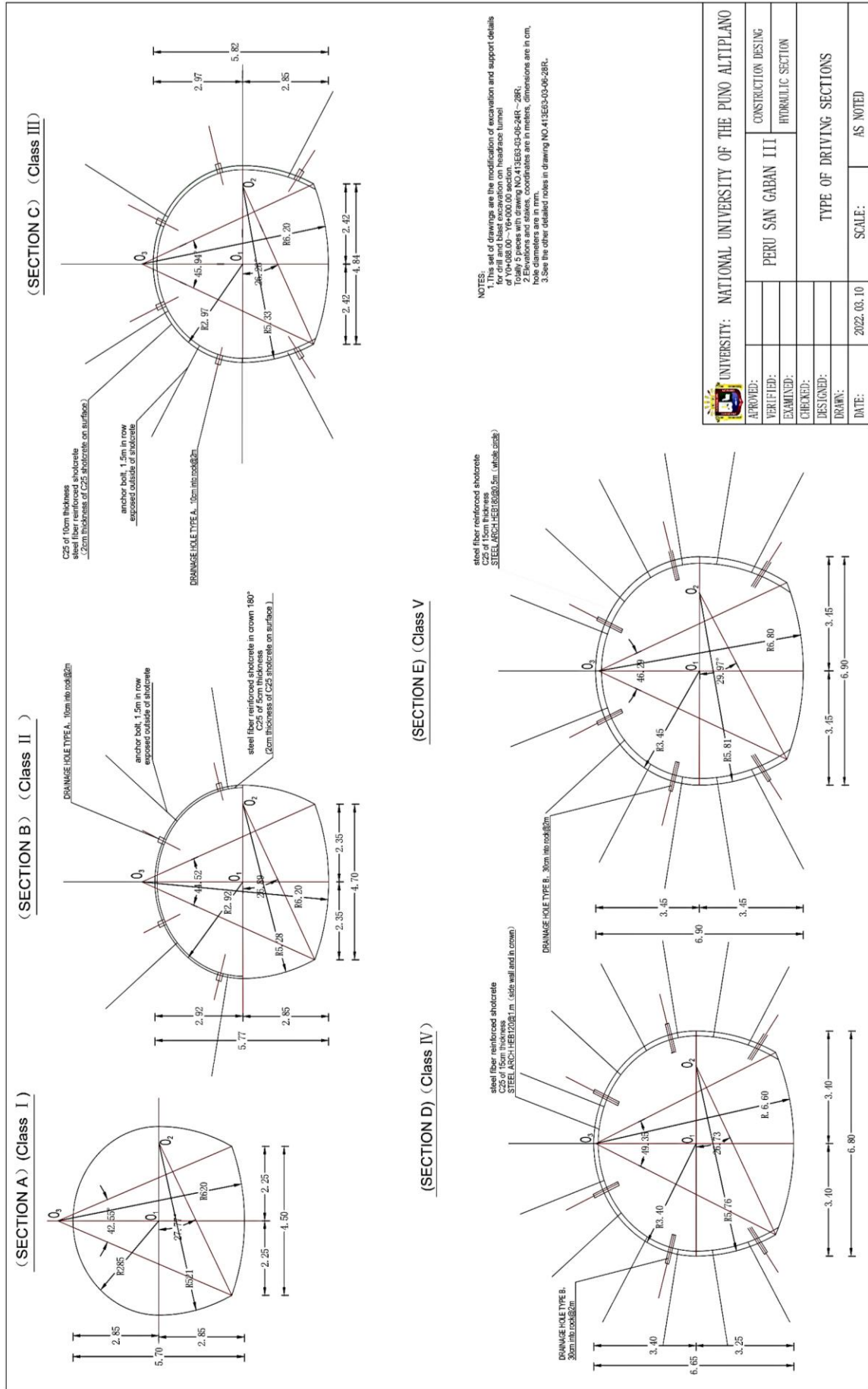
NOTES:
 1. This set of drawings are the modification of excavation and support details for drill and blast excavation on headrace tunnel of Y0+088.00 ~ Y6+000.00 section.
 Totally 5 pieces with drawing NO.413E63-03-06-24R ~ 28R;
 2. Elevations and stakes, coordinates are in meters, dimensions are in cm, hole diameters are in mm.
 3. See the other detailed notes in drawing NO.413E63-03-06-28R.

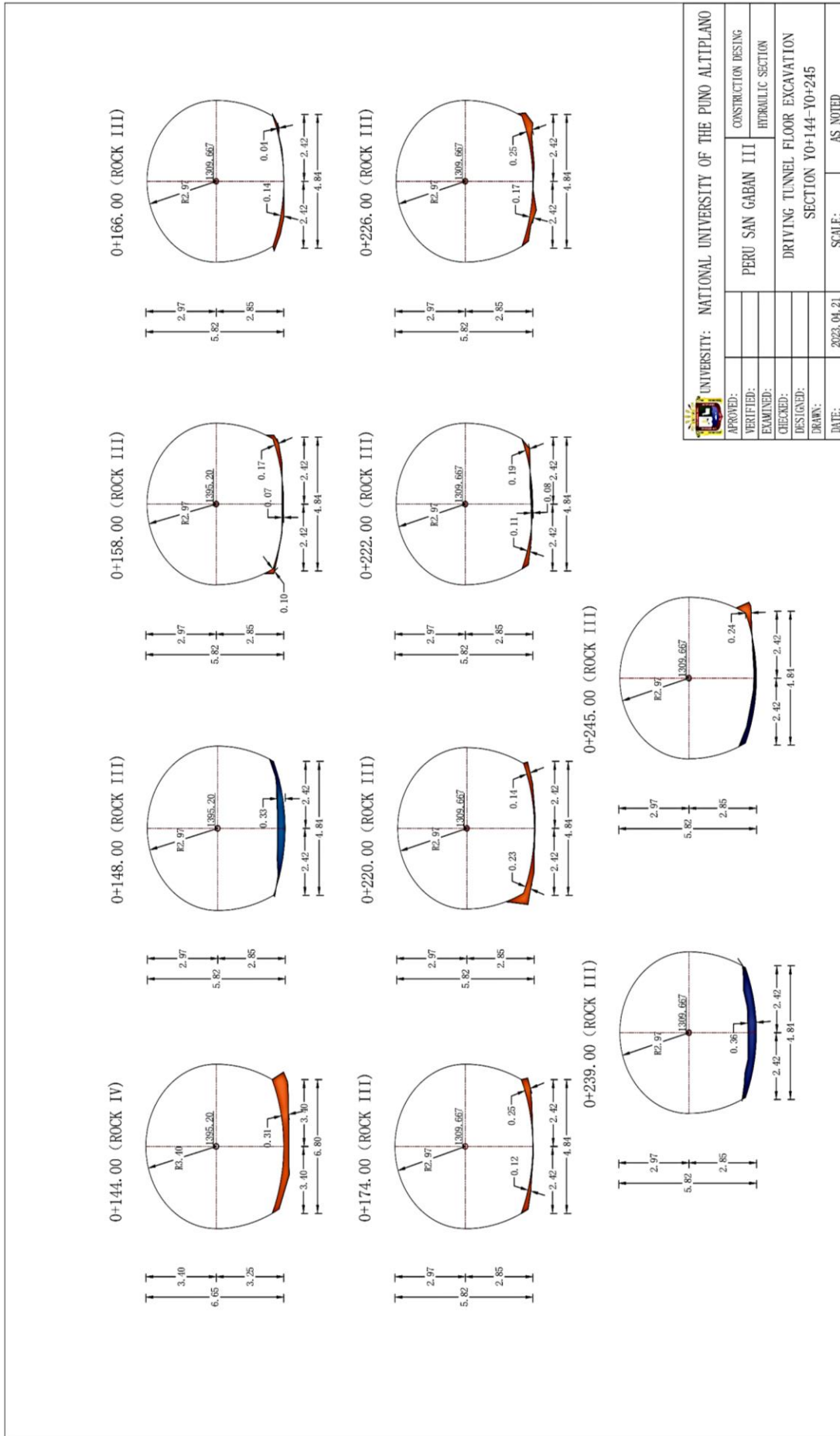


Axonometric drawing of part of D&B section



UNIVERSITY: NATIONAL UNIVERSITY OF THE PUNO ALTIPLANO	
APPROVED:	CONSTRUCTION DESING
VERIFIED:	PERU SAN GABAN III
EXAMINED:	HYDRAULIC SECTION
CHECKED:	CONNECTION TUNNEL EXCAVATION PLAN
DESIGNED:	SECTION Y0+000~Y6+000
DRAWN:	
DATE: 2022.03.10	SCALE: AS NOTED





UNIVERSITY: NATIONAL UNIVERSITY OF THE PUNO ALTIPLANO	
APPROVED:	CONSTRUCTION BESING
VERIFIED:	PERU SAN GABAN III
EXAMINED:	HYDRAULIC SECTION
CHECKED:	DRIVING TUNNEL FLOOR EXCAVATION
DESIGNED:	SECTION YO+144-YO+245
DRAWN:	
DATE: 2023.04.21	SCALE: AS NOTED

Figura 13. Perforación con jumbo para colocación de pernos de anclaje



Nota. Utilización de mortero y pernos de anclaje de acero para sostenimiento.

Figura 14. Lanzado de concreto en el túnel para sostenimiento



Nota. Sostenimiento primario con concreto en túnel de conducción TBM.

Figura 15. Sostenimiento con simbra y pernos de anclaje en roca tipo V.



Nota. Sostenimiento primario con simbra de conducción TBM.

Figura 16. Cabina de control de tuneladora TBM.



Nota. Cabina de control de Topografía y cabezal de corte en tuneladora TBM.

Figura 17. Tuneladora TBM.



Nota. Tuneladora TBM con Gripper, especial para rocas duras.

Figura 18. Jumbo de dos brazos.



Nota. Jumbo de dos brazos, para perforaciones de excavaciones de túneles.

Figura 19. Control topográfico.



Nota. Control topográfico en excavación convencional D&B.



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo DAVE INCAQUISPE RODRIGUEZ,
identificado con DNI 48304541 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRICULTURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE EXCAVACIÓN
MEDIANTE LA APLICACIÓN CONVENCIONAL DSB Y TUNELADORA
TBN EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA SAN GABRIEL III, PUNO "

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de DIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo INDO INCAQUISPE ESCOBAR identificado con DNI 48394541 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIENSURA
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE EXCAVACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN CONVENCIONAL OBB Y TUNELADORA TBN EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA SAN GABON III, PUNO. ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de DICIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Noé Chumbi Narizo
identificado con DNI 73537396 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Topográfica y Agrimensura

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Análisis comparativo de metodologías de excavación mediante la
aplicación convencional D&B y Tunneladora (TBM) en la central
hidroeléctrica San Gabán III - PUNO ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de Diciembre del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Noé Charbi Narizo,
identificado con DNI 73537396 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Topográfica y Agimansuta,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Análisis Comparativo de metodologías de Excavación
mediante la aplicación convencional D&B y Tuneladora (TBM)
en la central Hidroeléctrica San Gabán III - PUNO ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de Diciembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella