

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### CONSTRUCCIÓN PRESA Y OBRAS ANEXAS

#### CAPÍTULO 4

#### EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS

#### TABLA DE CONTENIDO

4.	EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS.....	1
4.1	ALCANCE .....	1
4.2	GENERALIDADES .....	1
4.3	ESPECIFICACIONES DE OBRA .....	1
4.3.1	Límites de excavación.....	1
4.3.2	Métodos de excavación.....	2
4.3.3	Protección de las superficies excavadas .....	4
4.3.4	Preparación de las superficies excavadas .....	6
4.3.5	Disposición de materiales excavados .....	6
4.3.6	Seguridad industrial .....	6
4.3.7	Registros de excavaciones subterráneas .....	8
4.3.8	Clasificación de las excavaciones y soporte según las condiciones del terreno.....	8
4.3.9	Excavación del túnel de desviación y la galería de acceso a la cámara de válvulas.....	10
4.3.10	Excavación de la cámara de válvulas .....	11
4.4	MEDIDA Y PAGO .....	11
4.4.1	Generalidades .....	12
4.4.2	Trabajos que tendrán medida y pago por separado .....	12
4.4.3	Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado .....	12
4.4.4	Requisitos para medida y pago .....	13
4.4.5	Medida .....	13
4.4.6	Ajuste del tiempo de construcción y costos de acuerdo con las condiciones geológicas realmente encontradas .....	14
4.4.7	Pago .....	16
4.5	ÍTEMS DE PAGO .....	17

## 4. EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS

### 4.1 ALCANCE

Este capítulo comprende los requisitos que se deberán seguir para ejecutar todas las excavaciones subterráneas que sean necesarias en la obra y establece los procedimientos para medida y pago de la parte de la obra relacionada con estas excavaciones, las cuales incluyen:

- El túnel de desviación del río Misicuni.
- La cámara de válvulas de la descarga de fondo
- La galería de acceso a la cámara de válvulas de la descarga de fondo
- Pozo de compuertas, en la obra de toma.

### 4.2 GENERALIDADES

Las excavaciones subterráneas enumeradas en la Sección 4.1 serán realizadas mediante el sistema convencional de perforación y voladura, y en algunos casos mediante métodos manuales o mecánicos si así se requiere. Con el objeto de reducir al mínimo las deformaciones en la roca situada por fuera de los límites de excavación se deberán emplear técnicas de voladura lisa (smooth blasting) o cualquier otro sistema aprobado por LA SUPERVISIÓN, que garantice obtener las líneas de excavación previstas. En el caso del pozo de compuertas la excavación podrá ser de forma convencional o por perforación ascendente "raise boring". Con el propósito de establecer los sistemas de soporte de las excavaciones subterráneas, se han subdividido las condiciones del terreno en varios tipos, que por tener comportamiento diferente requieren secuencias de excavación y sistemas de soporte distintos. El soporte de tales excavaciones subterráneas consistirá principalmente en hormigón proyectado, malla metálica y pernos de anclaje. En algunos sectores de la excavación subterránea se deberán usar arcos de acero estructural.

El procedimiento de excavación y soporte de las distintas obras subterráneas indicadas en la Sección 4.1, dependerá de la clasificación del tipo de terreno, que será realizada conjuntamente en el frente de excavación por El Contratista y LA SUPERVISIÓN, para lo cual en este capítulo se establecen parámetros de clasificación. En caso de existir discrepancias entre El Contratista y LA SUPERVISIÓN por la clasificación del tipo de terreno, LA SUPERVISIÓN decidirá finalmente sobre el tipo de terreno por excavar; tal decisión no eximirá al Contratista de su responsabilidad en la excavación y soporte de las obras subterráneas.

En el numeral 4.4.6.5 de este capítulo se establecen para cada obra subterránea, la longitud a excavar en cada uno de los distintos tipos de terreno. Dichas cantidades son sólo aproximadas y reflejan las condiciones geológicas que se espera encontrar durante la excavación. Sin embargo, en consideración a que dichas longitudes pudieren experimentar variación con respecto a las estimadas originalmente y a su vez éstas pudieren originar variaciones en el tiempo de construcción contractual del túnel y las otras obras subterráneas, se ha establecido en el numeral 4.4.6, un procedimiento que permite realizar ajustes del tiempo de construcción y costos a que El Contratista pudiere tener derecho por condiciones geológicas encontradas, diferentes a las esperadas, durante la excavación de las obras subterráneas.

Durante la excavación del túnel, cámara de válvulas, la galería y pozo de compuertas en la obra de toma, se deberán realizar lecturas frecuentes de los instrumentos que se coloquen, los cuales se especifican en el Capítulo 14 -Instrumentación geotécnica-. El Contratista deberá tener en cuenta las interferencias causadas por la instalación y lecturas de estos instrumentos en los trabajos de excavación, ya que no se le reconocerá ningún extracosto ni extensión de plazo por este motivo.

### 4.3 ESPECIFICACIONES DE OBRA

#### 4.3.1 Límites de excavación

Las superficies expuestas al efectuar excavaciones subterráneas deberán corresponder a las cotas, líneas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN. Las líneas de excavación que se muestran en los planos son líneas dentro de las cuales no se permitirá que quede ninguna clase de material no excavado. De igual manera, tampoco se

permitirá que permanezca o se proyecte dentro de estas líneas, cualquier tipo de soporte, con excepción de lo que a este respecto se muestre en los planos o se especifique más adelante en relación con arcos metálicos u hormigón proyectado usado como soporte.

El Contratista no deberá excavar más allá de las líneas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN sin previa aprobación por escrito de esta última. Toda sobreexcavación por fuera de las líneas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN será por cuenta del Contratista cualquiera sea la causa que la haya podido originar. Serán por cuenta del Contratista las sobreexcavaciones debidas a desviación de las perforaciones para voladura, a las condiciones geológicas, a la no oportuna o inadecuada instalación de soporte o al hecho de que ocurran accidentalmente, por cualquier otra causa o para cualquier propósito o razón. Asimismo toda excavación por fuera de las líneas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN que El Contratista lleve a cabo para cualquier propósito o razón, será por su cuenta, aunque dicha excavación haya sido aprobada por LA SUPERVISIÓN. Si en opinión de LA SUPERVISIÓN las sobreexcavaciones y excavaciones por fuera de las líneas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN deben rellenarse con el fin de completar la obra, el relleno correspondiente deberá ser hecho por y a cuenta del Contratista, a satisfacción de LA EMPRESA. Específicamente el relleno de cualquier cuneta que El Contratista decida construir al avance de la excavación, para el manejo de aguas de infiltración, deberá hacerse en hormigón, por cuenta del Contratista y a satisfacción de LA SUPERVISIÓN. Asimismo las tuberías y mangueras utilizadas para el manejo de agua durante la excavación o revestimiento de las obras subterráneas y que por cualquier razón sea necesario dejarlas embebidas en el revestimiento deberán ser rellenadas por y a cuenta del Contratista, de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN.

Durante el desarrollo de la obra, LA SUPERVISIÓN puede encontrar que es necesario o deseable variar las líneas y pendientes de cualquier parte de una excavación subterránea debido a las condiciones encontradas o por cualquier otra razón. Cuando tales variaciones hagan necesaria una excavación que vaya más allá de los límites mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN, y tal excavación se lleve a cabo después de que la excavación para esa parte haya sido terminada y soportada de acuerdo con las cotas, líneas y pendientes mostradas en los planos o establecidas previamente por LA SUPERVISIÓN, tal excavación se clasificará como excavación subterránea adicional. Esta excavación adicional deberá llevarse a cabo como lo indique LA SUPERVISIÓN, y en un todo de acuerdo con lo especificado en este capítulo y se medirá y pagará según lo estipulado en la Sección 4.4.

#### **4.3.2 Métodos de excavación**

El Contratista deberá adoptar los métodos de excavación y tomar las precauciones que sean necesarias para asegurar que las superficies excavadas sean uniformes y sólidas.

Las excavaciones subterráneas serán realizadas mediante el sistema convencional de perforación y voladura, y en algunos casos mediante métodos manuales o mecánicos si así se requiere. Antes de que El Contratista inicie la excavación para cualquier obra subterránea o cambie sus procedimientos de excavación deberá someter, con una anticipación no menor de 30 días al comienzo de las excavaciones, a la aprobación de LA SUPERVISIÓN detalles completos de los métodos que se propone emplear mediante la presentación de una memoria técnica que incluya toda la información requerida por LA SUPERVISIÓN.

Si en opinión de LA SUPERVISIÓN, los métodos de excavación adoptados por El Contratista no son satisfactorios debido a que ocasionan sobreexcavación excesiva, o porque no producen una superficie de roca lisa y sólida, El Contratista deberá emplear, aunque LA SUPERVISIÓN haya aprobado previamente los métodos utilizados, las técnicas y los procedimientos indicados por LA SUPERVISIÓN con el fin de obtener los resultados requeridos. Todos los costos en que incurra El Contratista para la adopción de esas nuevas técnicas y procedimientos serán a su cargo y no se reconocerá extensión alguna de plazo por este motivo.

##### **4.3.2.1 Sistema de excavación convencional de perforación y voladura**

El Contratista deberá presentar esquemas de los procedimientos de perforación y voladura; número, localización y profundidad de los huecos; detalles de los barrenos de corte; cantidad y potencia de los explosivos por hueco y por juego de barrenos; secuencia de ignición y cualquier otro detalle o información que LA SUPERVISIÓN considere necesaria para poder juzgar el propósito del Contratista en cuanto se refiere a la obtención de superficies de roca uniformes y sólidas en las excavaciones subterráneas. El Contratista no deberá comenzar la excavación hasta que sus métodos sean aprobados por LA SUPERVISIÓN y será responsable de los riesgos

y costos por emplear tales métodos, y de ello no lo exonera la aprobación que haya dado LA SUPERVISIÓN.

Se deberá emplear la técnica de voladura lisa o cualquier otro sistema aprobado por LA SUPERVISIÓN, que garantice obtener las líneas de excavación previstas. La utilización de técnicas de voladura aprobadas por LA SUPERVISIÓN no tendrá pago por separado ni dará lugar a reconocimiento de mayores costos o extensiones de plazo. Para el empleo correcto de la técnica de voladura lisa deberá cumplirse con los siguientes requisitos:

#### Precisión en el alineamiento de las perforaciones

El equipo de perforación deberá ser tal, que la desviación de la perforación en los huecos de corte no podrá ser mayor de 0,05 m por metro lineal de perforación en cualquier dirección y especialmente de la línea de excavación.

#### Espaciamiento de las perforaciones

El espaciamiento de las perforaciones de la periferia no podrá ser mayor de 0,60 m; si las condiciones de la roca lo requieren, este espaciamiento deberá reducirse hasta que el corte que se produzca sea óptimo a juicio de LA SUPERVISIÓN. La distancia entre las perforaciones de la periferia y de la primera fila para las voladuras de producción deberá ser del orden de 1,3 veces el espaciamiento de las perforaciones de la periferia.

Se tendrán las siguientes limitaciones de carga para los huecos de la periferia: carga lineal entre 0,25 Kgf/m y 0,35 Kgf/m y carga máxima específica de 0,7 Kgf/m<sup>3</sup>. La carga específica se calcula dividiendo el peso del explosivo especial por barreno por el producto de multiplicar la longitud de los existentes o vecina a una futura excavación o a roca previamente inyectada, El Contratista deberá adoptar los métodos de excavación y las precauciones que sean necesarias, incluyendo la reducción de las cargas al mínimo, con el fin de evitar que las estructuras, las excavaciones existentes, el terreno para excavaciones futuras o la roca previamente inyectada, sufran algún daño. Con el objeto de limitar y controlar las vibraciones producidas por las voladuras, a fin de evitar daños, se aplicarán las normas de control de vibraciones establecidas en el Capítulo 2 - Excavaciones en corte abierto.

Cualquier daño que resulte originado por voladuras deberá ser reparado por El Contratista a su costa y a completa satisfacción de LA SUPERVISIÓN.

#### 4.3.2.2 Excavación por método manual o mecánico

Cuando las condiciones del terreno así lo requieran será necesario el empleo de métodos manuales o mecánicos de excavación hasta cuando, a juicio de LA SUPERVISIÓN, pueda utilizarse el método de perforación y voladura. El procedimiento, equipo, materiales y secuencia de operaciones para el empleo de métodos manuales o mecánicos de excavación, estarán sujetos a la aprobación de LA SUPERVISIÓN, pero ello no relevará al Contratista de su responsabilidad para asegurar que las superficies excavadas sean uniformes y sólidas, y de acuerdo con los planos o con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN. El pago de estos trabajos se hará con el ítem de excavación subterránea correspondiente.

#### 4.3.2.3 Perforaciones de exploración

Cuando LA SUPERVISIÓN lo solicite o apruebe se deberán perforar huecos de exploración, con anterioridad a la excavación de un tramo cualquiera del túnel, cámara o galería para conocer la naturaleza y condiciones del material que se excavará. LA SUPERVISIÓN definirá el número, localización y dirección de dichos huecos. Los huecos deberán ser de diámetro NQ y deberán ser perforados con barreno de doble tubo y con corona de diamante que permita el recobro de núcleo de roca. Si las condiciones del terreno así lo hicieren necesario, se deberán utilizar tuberías de revestimiento para evitar el colapso del hueco o el atascamiento de la barrena.

El Contratista deberá llevar un registro preciso de todos los sondeos de exploración ejecutados para suministrarlos a LA SUPERVISIÓN una vez terminada la perforación o cuando LA SUPERVISIÓN los requiera. Cada registro deberá incluir una descripción de los materiales atravesados en el curso de la perforación, su localización con respecto al origen del sondeo y la localización de vetas, grietas abiertas, roca blanda o fracturada, sitios donde se pierde el agua de perforación o donde se encuentre ésta, y cualesquiera otra característica de interés que tenga relación con el propósito para el cual fue requerida la perforación.

El Contratista deberá guardar las muestras en el orden correcto de perforación en cajas metálicas con compartimientos adecuados de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 10 - Inyecciones a presión y huecos de drenaje de estas especificaciones. Las cajas se deberán llevar al sitio que LA SUPERVISIÓN señale.

Cuando se estén ejecutando perforaciones de exploración se deberán suspender o modificar las otras operaciones que se estén realizando en el frente de trabajo. Las suspensiones en el avance del frente de excavaciones que se requieran para ejecutar perforaciones de exploración ordenadas por LA SUPERVISIÓN, serán contabilizadas en el cálculo de tiempo de construcción real teórico con base en la longitud perforada y aprobada por LA SUPERVISIÓN, cuya ejecución requiera la suspensión del avance del frente de excavación y en el rendimiento de perforación que El Contratista establezca en su propuesta según se establece en el numeral 4.4.6.

#### 4.3.2.4 Perforaciones piloto

Cuando lo solicite El Contratista y lo apruebe LA SUPERVISIÓN o cuando lo solicite esta última, se deberán perforar huecos piloto durante el ciclo de excavación. Estos huecos deberán realizarse mediante el sistema de percusión o rotación desde el frente de cualquier excavación subterránea, para detectar acumulaciones de agua a presión. Los huecos deberán tener una profundidad mínima de 6 m. En estas perforaciones no se requiere recuperación de núcleos de roca.

También se podrán ejecutar perforaciones piloto de mayor longitud cuando se encuentren interrumpidas las actividades de excavación, tratando de perforar una longitud mayor a la que se pretende excavar en los días siguientes.

Durante la ejecución de las perforaciones piloto El Contratista deberá tomar muestras de ripio, y llevar un registro de la perforación que incluya caudales y características del agua, tiempos de perforación y características del ripio, a las profundidades e intervalos que LA SUPERVISIÓN indique. El registro y las muestras del ripio deberán ser enviadas a LA SUPERVISIÓN, a más tardar 8 horas después de finalizada la perforación.

Si se requiere la ejecución de huecos piloto que permitan aliviar la presión del agua subterránea con anterioridad a la excavación de alguna parte de la obra, El Contratista deberá ejecutar tales huecos hasta las profundidades y en los sitios indicados por LA SUPERVISIÓN o propuestos por El Contratista y aprobados por LA SUPERVISIÓN. La profundidad de estos huecos puede ser hasta de 50 m y su diámetro no debe ser inferior a 76 mm. En estos casos y si las condiciones de terreno lo hacen necesario, podría requerirse el uso de equipos de rotación para perforar con triconos y tubería de revestimiento para evitar el colapso de los huecos o el atascamiento del tricono.

Si es necesario, el tramo inicial de las perforaciones piloto deberá revestirse con tubería metálica de una longitud no menor de 6,0 m y un diámetro no menor de 80 mm, la cual deberá asegurarse a la roca, mediante mortero, o mediante cualquier otro sistema aprobado por LA SUPERVISIÓN. En el extremo de la tubería deberá colocarse una válvula adecuada que permita obturar el hueco rápidamente, en caso de que se presente arrastre de material durante la perforación. En caso de que por la cantidad de agua encontrada sea necesario dejar la tubería de revestimiento, ésta deberá perforarse para permitir el drenaje y a su vez la continuación de la perforación. Tanto estas tuberías como la requerida para encamisar los primeros metros se pagarán de acuerdo con lo estipulado en el Capítulo 10 – Inyecciones a presión y huecos de drenaje.

En aquellos frentes donde se haya solicitado la ejecución de perforaciones piloto, no se permitirá avanzar la excavación a menos que se tenga un mínimo de 6,0 m de perforación piloto adelante del frente de excavación.

Las perforaciones piloto que se ejecuten durante el ciclo de excavación no tendrán pago por separado y su costo deberá estar incluido en los ítems de pago correspondiente a excavaciones de obras subterráneas. Las perforaciones piloto que se ejecuten cuando se encuentren interrumpidas las actividades de excavación o aquellas que se requiera hacer en el frente de excavación para aliviar las presiones de agua, se pagarán según lo estipulado en la Sección 4.4 siempre y cuando la perforación tenga una longitud mayor de 20 m.

No habrá compensación de índole alguna ni prórroga del plazo para completar la excavación de cualquier obra subterránea por la interrupción o modificación de otras operaciones que sean necesarias mientras se ejecuten las perforaciones piloto.

### 4.3.3 Protección de las superficies excavadas

#### 4.3.3.1 Generalidades

El Contratista deberá soportar y proteger a satisfacción de LA SUPERVISIÓN todas las superficies expuestas por las excavaciones hasta la terminación de la obra.

El Contratista deberá retirar inmediatamente después de cada ciclo de excavación, todo el material suelto o inestable que haya en las superficies expuestas por la excavación y deberá mantener estas superficies durante todo el tiempo libres de rocas sueltas o peligrosas; esto deberá incluir la remoción de cualquier material que, en opinión de LA SUPERVISIÓN, sea inestable. La remoción de los materiales flojos deberá ser hecha por El Contratista y por cuenta suya aunque dichos materiales estén por fuera de los límites de excavación especificados en el numeral 4.3.1.

Se usarán pernos de anclaje, hormigón proyectado, malla metálica y arcos de acero estructural para soportar las excavaciones, cuando esto sea necesario y tal como se especifica más adelante. En algunos sectores de los túneles donde el tiempo de autoaporte del material que se esté excavando sea bajo podrá ser necesario el uso de pernos en spiling, pernos tipo C y/o atices, es decir entibado incrustado hacia adelante de la excavación, para proveer protección del tramo que se vaya a excavar a continuación.

En los planos no se muestran las dimensiones y el número de atices, entibados, separadores y cuñas, pero en todos los casos deberá instalarse la cantidad necesaria para cumplir las funciones de soporte y seguridad. El material que se utilice para los atices, entibados, separadores y cuñas deberá ser de acero y cumplir lo mencionado en el Capítulo 7- Arcos de acero.

En los sitios en que se usen atices, entibados, separadores o cuñas de acero, éstos podrán dejarse en su sitio siempre y cuando no interfieran con la colocación del revestimiento de hormigón, el cual podrá colocarse sobre estos elementos, según lo apruebe LA SUPERVISIÓN.

Excepto en los casos específicos en que LA SUPERVISIÓN lo autorice, el atizado y el entibado deberán colocarse en forma abierta con el fin de permitir el paso de hormigón, de manera tal que el revestimiento de hormigón quede en contacto por lo menos con la mitad del área excavada o del hormigón proyectado previamente aplicado, área que se considerará limitada por los ejes de dos soportes de acero contiguos y dos líneas longitudinales cualesquiera, separadas un metro.

De acuerdo con el comportamiento que presenten las excavaciones subterráneas, LA SUPERVISIÓN podrá solicitar la colocación de soporte adicional al establecido para los diferentes tipos de terreno, el cual será reconocido con los precios unitarios correspondientes de la Lista de cantidades y precios.

#### 4.3.3.2 Drenaje

El Contratista deberá suministrar, operar y mantener todos los equipos y elementos que se requieran para el drenaje y bombeo de agua y deberá tomar todas las medidas necesarias para mantener las excavaciones subterráneas libres de la acumulación de agua que resultare por cualquier causa. La evacuación de agua en las excavaciones subterráneas se pagará en la forma especificada en la Sección 4.4.

El Contratista deberá suministrar, instalar y mantener en cada sitio de descarga de agua procedente de cualquier excavación subterránea, un sistema de medida consistente en un depósito con un vertedero triangular de 60, para medir la cantidad de agua que se evacue. El diseño, localización y construcción de tales sistemas de medición estarán sujetos a la aprobación de LA SUPERVISIÓN y deberán calibrarse a satisfacción de la misma, para asegurar una exactitud razonable en la medida de las cantidades de agua que sean evacuadas.

La evacuación del agua de una excavación subterránea en cualquier frente excavado horizontalmente o hacia arriba, se considerará inherente al trabajo comprendido en este capítulo y no habrá pago separado por el agua evacuada, por la construcción de cunetas, por el suministro e instalación de tuberías o canales necesarios para este efecto, ni por el suministro e instalación de tuberías adicionales que requiera LA SUPERVISIÓN, cualquiera que sea la cantidad de agua extraída.

El Contratista deberá suministrar, instalar y mantener tuberías de drenaje de 20 cm y 30 cm de diámetro en los frentes donde se excave hacia abajo, donde se requieran para la evacuación de agua. Cuando LA SUPERVISIÓN lo solicite, El Contratista deberá suministrar, instalar y mantener tuberías adicionales de drenaje de 30 cm de diámetro en todos los frentes donde se excave hacia abajo. Estas tuberías se pagarán en la forma especificada en el numeral 4.4.7. Todas las tuberías de drenaje deberán ser de acero y deberán cumplir con la Norma ASTM A-501. El Contratista será responsable del retiro de las tuberías de drenaje al final de la obra y de su entrega a LA SUPERVISIÓN, y no habrá pago por separado por este concepto.

Las tuberías y mangueras utilizadas para el manejo de agua durante la excavación o revestimiento de las obras subterráneas y que por cualquier razón sea necesario dejarlas

embebidas en el revestimiento deberán rellenarse con mortero por y a cuenta del Contratista de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. Los materiales, equipos y procedimientos que se han de emplear en el relleno de estas tuberías y mangueras estarán sujetos a la aprobación de LA SUPERVISIÓN.

#### **4.3.4 Preparación de las superficies excavadas**

Una vez terminada la excavación de un sector dado de cualquier obra subterránea, El Contratista deberá limpiar con agua y aire a presión las superficies excavadas. Los métodos y sistemas de limpieza de las superficies de roca estarán sujetos a la aprobación de LA SUPERVISIÓN.

La preparación final de las superficies de roca en excavaciones subterráneas sobre o contra las cuales se vaya a colocar hormigón proyectado o hormigón convencional deberá cumplir con lo especificado en los Capítulos 9 – Hormigón proyectado y 11 – Hormigón convencional.

#### **4.3.5 Disposición de materiales excavados**

Todos los materiales provenientes de las excavaciones subterráneas deberán llevarse a las zonas de botadero mostradas en los planos o a los sitios que LA SUPERVISIÓN señale. Dichos materiales deberán depositarse de acuerdo con lo establecido al respecto en el Capítulo 2 – Excavaciones en corte abierto - de estas especificaciones. El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias con el fin de prevenir que los materiales de desecho invadan las zonas de trabajo utilizadas por él, o por otros Contratistas o creen condiciones de inestabilidad en el área, contaminación de agua, taponamiento de cauces o daño ecológico.

No se permitirá arrojar materiales provenientes de la excavación de las diferentes obras al río Misicuni o a cualquier otro cauce natural. El acarreo de los materiales excavados hasta las zonas de desecho y su disposición en tales zonas deberá ser efectuado por El Contratista y no habrá medida ni pago por separado por tal trabajo.

Todos los materiales excavados son propiedad de LA SUPERVISIÓN y El Contratista no podrá disponer de ellos para ningún propósito sin previa aprobación escrita de LA SUPERVISIÓN.

#### **4.3.6 Seguridad industrial**

El Contratista deberá cumplir en todo momento las normas de seguridad industrial y las especificaciones que se indican a continuación. En caso de incumplimiento de cualquiera de ellas, LA SUPERVISIÓN suspenderá los trabajos en el frente o frentes afectados hasta cuando se restablezcan las condiciones estipuladas y esta suspensión no dará derecho a compensación de costos o ampliación de plazos al Contratista.

##### **4.3.6.1 Ventilación**

###### **Generalidades**

El Contratista deberá suministrar, instalar, operar y mantener sistemas de ventilación adecuados en todas las excavaciones subterráneas de la obra. La capacidad de dichos sistemas de ventilación deberá ser suficiente para asegurar que el aire en la excavación no presente ningún riesgo para la salud de los trabajadores ni peligro de explosión. En ningún momento se permitirá la presencia de bolsas de aire estancado dentro de las obras subterráneas.

El Contratista deberá someter a la aprobación de LA SUPERVISIÓN, por lo menos 30 días antes de iniciar los trabajos de excavación subterránea, el diseño y los procedimientos de instalación de los sistemas de ventilación y de los aparatos de alarma, pero dicha aprobación no relevará en ningún caso al Contratista de su responsabilidad por la seguridad en los trabajos subterráneos y por la prevención de explosiones de gas.

###### **Aparatos detectores de gases**

El sistema de ventilación deberá incluir aparatos detectores de gases en el aire y el equipo para su calibración, con los cuales pueda medirse la concentración de gases en el aire, tanto en el frente de excavación como a lo largo del túnel; dichos aparatos deberán tener un sistema de alarma automático que indique que la concentración de gases está llegando a niveles peligrosos. No habrá pago por separado por el suministro de estos aparatos.

###### **Anemómetros**

El Contratista deberá suministrar, como parte del sistema de ventilación, anemómetros para medir la velocidad del aire dentro de las excavaciones subterráneas.

#### Capacidad del sistema de ventilación

- La capacidad de los sistemas de ventilación deberá ser la suficiente para suministrar aire fresco en cualquier parte de una excavación subterránea en una cantidad superior a cualquiera de las siguientes:
- 6,0 m3 por minuto por cada persona que permanezca en la excavación.
- 6,0 m3 por minuto por cada caballo de vapor, de potencia al freno, de todas las máquinas de combustión interna que estén trabajando dentro de la excavación.
- La capacidad requerida para producir una velocidad lineal promedio del aire mayor de 0,5 m/s a través de cualquier sección normal al eje longitudinal de la excavación.
- La capacidad requerida para no exceder en ningún momento las siguientes concentraciones de gas:

Monóxido de carbono:	0,005 %
Dióxido de nitrógeno:	0,0005%
Aldehidos:	0,0005%
Bióxido de carbono:	0,5%
Vapores nitrosos:	0,0005%
Ácido sulfhídrico:	0,002%
Anhídrido sulfuroso:	0,0005%

- La capacidad requerida para que la carga de polvo en el aire no exceda de 5 mg/m3 y la concentración de sílice libre en el polvo no exceda el 5%.
- La capacidad requerida para que en ningún momento la concentración de gas metano sea superior o igual al 1%.

Las lecturas para determinar el contenido de gases nocivos deberán efectuarse por lo menos una vez por turno o cada vez que lo solicite LA SUPERVISIÓN. El Contratista deberá llevar un registro completo de las lecturas efectuadas y deberá enviar semanalmente a LA SUPERVISIÓN una copia de las mismas lecturas.

El Contratista deberá mantener los sistemas de ventilación de las excavaciones subterráneas en perfectas condiciones de funcionamiento y operación hasta la terminación de la obra. El Contratista deberá dejar el personal necesario y capacitado para operar y reparar el equipo después de que hayan terminado las excavaciones subterráneas, con el fin de que se puedan adelantar trabajos por parte de LA SUPERVISIÓN o de otros Contratistas y realizar las inspecciones y ensayos que sean necesarios dentro de las mismas, hasta la terminación de este Contrato.

#### 4.3.6.2 Iluminación

El Contratista deberá proveer en todo momento hasta la terminación del Contrato la iluminación adecuada que se requiera en todas las excavaciones subterráneas incluyendo la que se requiera durante los trabajos ejecutados por EL PROPIETARIO u otros Contratistas. Los sistemas de iluminación deberán tener la capacidad suficiente para proveer un mínimo de intensidad de iluminación de 200 luxes en las zonas de trabajo durante la perforación, la remoción de escombros, la limpieza y la instalación del sistema de soporte. El alumbrado en los demás sectores de las excavaciones subterráneas deberá suministrar un mínimo de intensidad de 50 luxes. El sistema de iluminación deberá ser de seguridad y a prueba de explosión. El Contratista deberá contar con el equipo apropiado para verificar la intensidad de iluminación, cuando así lo requiera LA SUPERVISIÓN.

El diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado temporales deberán ser aprobados por LA SUPERVISIÓN, pero dicha aprobación no relevará en ningún caso al Contratista de su responsabilidad por la seguridad en los trabajos subterráneos.

Ventilación, alumbrado y drenaje durante la instalación de equipos y de instalaciones eléctricas

El Contratista deberá suministrar, instalar, operar y mantener a su costa, los sistemas de ventilación, alumbrado y drenaje de las excavaciones subterráneas durante la instalación de los equipos y de otras partes de la obra, hasta la terminación de todos los trabajos.

Tales sistemas de ventilación, alumbrado y drenaje estarán sujetos a las especificaciones generales de este capítulo y, además, deberán cumplir con los requisitos que se estipulan a continuación:

Las instalaciones necesarias para proveer los servicios de ventilación, alumbrado y drenaje requeridos, deberán permitir el libre paso y proyectarse por fuera de los espacios libres necesarios para la instalación de blindajes y de los equipos de esta parte de la obra.

El Contratista será responsable por el manejo de agua durante el montaje de cualquier equipo y durante la ejecución de las instalaciones eléctricas.

#### 4.3.6.3 Manejo de explosivos

Para el manejo de explosivos El Contratista deberá tomar todas las medidas y precauciones estipuladas en el Capítulo 2 – Excavaciones en corte abierto de estas especificaciones.

#### 4.3.7 Registros de excavaciones subterráneas

El Contratista deberá llevar registros completos y precisos de todos los frentes de trabajo de excavación subterránea que formen parte de la obra y deberá suministrar diariamente a LA SUPERVISIÓN una copia de tales registros. La siguiente información deberá registrarse en formularios aprobados por LA SUPERVISIÓN para cada turno y para cada frente de excavación:

- Localización al iniciar cada ciclo de excavación.
- Localización al finalizar cada ciclo de excavación.
- Sistemas de perforación incluyendo el número, localización, tamaño y longitud de las perforaciones, o descripción del método de excavación manual o mecánico utilizado.
- Tipo y cantidad de los explosivos para cada voladura y tipo, localización y secuencia de encendido de los detonadores.
- Cantidad de hormigón proyectado utilizado como soporte, indicando el sitio de colocación y el espesor del mismo.
- Número, longitud, localización y tipo de pernos de anclaje instalados, así como área recubierta con malla electrosoldada.
- Número, localización y tipo de arcos de acero estructural instalados junto con la cantidad y localización de cualquier atizado que se haya instalado.
- Número y clasificación del personal y del equipo empleado en cada frente de excavación.
- Tiempo transcurrido para movilización, organización de la operación, perforación, cargue, voladuras, ventilación, instalación de soportes, remoción de escombros y lapsos de trabajo inactivo en el frente.
- Infiltraciones de agua, localización, magnitud. Lectura del vertedero ubicado en el portal.
- Descripción geológica de las rocas excavadas.
- Situaciones especiales.

LA SUPERVISIÓN podrá verificar en cualquier momento estos registros y solicitar ampliación de cualquier parte de la información suministrada por El Contratista.

#### 4.3.8 Clasificación de las excavaciones y soporte según las condiciones del terreno

La secuencia de los trabajos de excavación y de colocación de soporte dependerá de las condiciones del terreno que se encuentre, para lo cual se ha hecho una clasificación del terreno con base en los siguientes parámetros:

- Descripción del terreno.
- Descripción del comportamiento del terreno bajo las condiciones prescritas de sistemas de excavación y soporte.
- Influencia del agua de infiltración en el comportamiento del terreno.

- Descripción de la secuencia de excavación y soporte.
- A continuación se describen los tipos de terreno que se espera encontrar en el túnel de desviación y en la galería de acceso:

#### 4.3.8.1 Terreno Tipo I

Corresponde esta clasificación a roca sana, poco fracturada, dura y estable caracterizada por bancos de limolita gruesa, donde se puede realizar la excavación sin necesidad de colocar soporte en el frente de la excavación. En este tipo de terreno las infiltraciones en el frente pueden llegar a presentarse en forma de goteos y/o chorros, pero concentradas a lo largo de fracturas abiertas sin que produzcan inestabilidad. Después de realizar los trabajos de desabombe y limpieza de superficies excavadas establecido en los numerales 4.3.3 y 4.3.4, no se requiere soporte excepto por la instalación de pernos aislados y/o colocación esporádica de malla metálica y hormigón proyectado, en espesores de 5,0 cm, por razones de seguridad, según se indica en los planos. En este tipo de terreno el túnel de desviación y la galería de acceso podrán ser excavados en una sola etapa.

#### 4.3.8.2 Terreno Tipo II

Corresponde esta clasificación a rocas de dureza media, moderadamente fracturadas caracterizadas por bancos de limolita de estratificación media. Pueden existir trazas de meteorización y/o alteración en la roca o en algunos planos de discontinuidad, por lo que se espera que pueda existir la tendencia a que se produzcan pequeños desprendimientos en la clave con el tiempo. Las infiltraciones pueden presentarse en forma de goteos y/o chorros, sin afectar la estabilidad de la excavación subterránea, limitándose a producir pequeños desprendimientos locales.

En este tipo de terreno el túnel de desviación y la galería de acceso podrán ser excavadas en una sola etapa con la limitación de un avance máximo de 3,0 m por ciclo. El sistema de soporte deberá ser sistemático, como sigue:

- Colocación de 5,0 cm de hormigón proyectado en la sección superior, después de cada avance.
- Colocación de los pernos de anclaje radiales después de cada avance, con los espaciamientos y longitudes mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.
- Colocación de 5,0 cm de hormigón proyectado en las paredes, colocados a no más de tres avances del frente de excavación.
- Colocación de malla metálica electrosoldada, mostrada en los planos, adherida a la primera capa de hormigón proyectado, a no más de cuatro avances del frente de excavación.
- Aplicación de 5,0 cm adicionales de hormigón proyectado en la sección superior y las paredes a no más de seis avances del frente de excavación

El sistema de soporte de un tramo deberá quedar colocado en su totalidad, como máximo siete días después de haberse efectuado la voladura correspondiente.

#### 4.3.8.3 Terreno Tipo III

Corresponde esta clasificación a roca meteorizada, fracturada a muy fracturada, caracterizada por bancos de limolita, con posibilidad de encontrar zonas débiles sueltas. Será frecuente encontrar planos de discontinuidad meteorizados y alterados. En este terreno se caracterizan los materiales alterados y depósitos de suelo, iniciando los portales de los túneles. En este tipo de terreno el material podrá desprenderse en el frente y no permitirá llevar la excavación en toda la sección, por lo cual se debe excavar primero la sección superior y luego la sección inferior. Las infiltraciones, si bien pueden ser de magnitud moderada, aumentarán apreciablemente los desprendimientos, requiriéndose su control inmediatamente.

En este tipo de terreno el túnel de desviación deberá excavarse en dos etapas, con una altura mínima para la banca (sección inferior) de 3,0 m. El avance por ciclo en la sección superior no podrá ser mayor de 2,0 m aclarándose que éste es un avance máximo, pudiéndose encontrar sectores donde el avance posible por ciclo necesariamente puede ser m de pared sin soporte, pudiéndose disminuir esta distancia si LA SUPERVISIÓN así lo solicita.

En el caso de la galería de acceso, por ser de dimensiones menores, la excavación podrá adelantarse en una sola etapa dependiendo de las condiciones encontradas.

El sistema de soporte en general deberá ser como sigue:

- Colocación de 5,0 cm de hormigón proyectado en la sección superior después del avance.
- Colocación de malla metálica electrosoldada mostrada en los planos en la sección superior, adherida a la primera capa de hormigón proyectado, después de cada avance.
- Colocación de arcos de acero estructural similar o igual al tipo TH-21, espaciados cada 1,5 m, en promedio en la sección superior, después de cada avance.
- Colocación de 5,0 cm adicionales de hormigón proyectado en la sección superior después de cada avance.
- Colocación de los pernos radiales de anclaje con las longitudes y espaciamientos mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN, en la sección superior.
- En la sección inferior el soporte deberá ser colocado siguiendo la misma secuencia descrita anteriormente para la sección superior y deberá completarse a no más de 10 m del frente de excavación de la banca. En caso de material muy inestable esta distancia deberá reducirse.
- Colocación de 10 cm adicionales de hormigón proyectado en la sección superior e inferior a no más de 10 avances del frente de excavación de la sección superior.

En este tipo de terreno es factible que en algunas ocasiones se requieran pernos en spiling de 5,0 m de longitud, para estabilizar el frente, las cuales serán definidos por LA SUPERVISIÓN.

El sistema de soporte de un tramo deberá estar colocado en su totalidad, en un tiempo entre 10 días y 20 días después de excavada la sección correspondiente. Este tiempo podrá ser menor si LA SUPERVISIÓN así lo ordena.

#### **4.3.9 Excavación del túnel de desviación y la galería de acceso a la cámara de válvulas**

##### **4.3.9.1 Generalidades**

La excavación del túnel de desviación del río Misicuni y de la galería de acceso deberá hacerse siguiendo las líneas, cotas y pendientes mostradas en los planos o establecidas por LA SUPERVISIÓN.

Con el propósito de establecer el soporte del túnel y la galería se han subdividido las condiciones del terreno en tres tipos. Para cada tipo de terreno por tener comportamiento diferente, que requieren secuencias de excavación y soportes distintos.

El soporte consistirá principalmente en hormigón proyectado, pernos de anclaje y malla metálica electrosoldada. En el terreno tipo III se deberá usar adicionalmente arcos de acero estructural. La combinación, de estos elementos de soporte dependerá de la clasificación de la roca, que será realizada conjuntamente en el frente de excavación por El Contratista y LA SUPERVISIÓN.

##### **4.3.9.2 Excavación y soporte**

La secuencia de los trabajos de excavación y de instalación de soporte dependerá de las condiciones del terreno que se encuentre, para lo cual se utilizará la clasificación establecida en la sección 4.3.8 para los tipos de terreno I, II, III.

El sistema de soporte y la secuencia de colocación para los diferentes tipos de terreno deberá ser como se describe en la sección 4.3.8. En el caso de la galería de acceso, el soporte que se deberá colocar y la secuencia de instalación serán iguales a los mencionados en el aparte indicado anteriormente para los terrenos tipo I, II y III, teniendo en cuenta que los pernos serán de menor longitud. En terreno tipo III, se podrá excavar la sección en una sola etapa.

Después de excavado y soportado un tramo, se podrá requerir la colocación de malla electrosoldada, pernos de anclaje y hormigón proyectado adicionales, trabajos que serán reconocidos con los precios unitarios correspondientes en la lista de cantidades y precios.

#### 4.3.9.3 Revestimiento

Para el túnel de desviación el revestimiento consistirá en hormigón convencional a sección completa. En el sector de la cámara de válvulas, se utilizará blindaje de acero con hormigón detrás del blindaje, según se muestra en los planos. En este sector el revestimiento de primera etapa será similar al del resto del túnel, solo que se dejarán llaves de corte que ayudarán a la estabilidad del tapón que será colocado en segunda etapa. Estas llaves serán de 0,15 m de espesor, lo cual implica que el revestimiento variará de 0,50 m a 0,35 m de espesor. Como estas llaves deberán ser reforzadas, el acero de refuerzo ayuda a suplir la disminución en el espesor de 0,50 m a 0,35 m mientras funciona como revestimiento de primera etapa.

En la galería de acceso se deberá construir una solera de hormigón convencional en toda su longitud. Igualmente esta galería irá revestida completamente en hormigón convencional. Para los ítems de pago y especificaciones técnicas del hormigón de revestimiento se debe seguir en un todo lo contemplado en el Capítulo 11 – Hormigón convencional.

### 4.3.10 Excavación de la cámara de válvulas

#### 4.3.10.1 Generalidades

La excavación para esta cámara deberá realizarse dentro de los límites y de acuerdo con las líneas, cotas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN.

Para la excavación de la cámara de válvulas no será necesaria la clasificación del tipo de terreno. La excavación podrá realizarse por etapas de acuerdo con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN.

#### 4.3.10.2 Soporte

El soporte de estas excavaciones consistirá en hormigón proyectado, malla metálica electrosoldada y pernos de roca, ajustado a las dimensiones de esta obra subterránea en conjunto con el soporte previamente colocado para el túnel de desviación y según indicaciones de LA SUPERVISIÓN. Durante la excavación de esta parte de la obra, LA SUPERVISIÓN podrá modificar las características y cantidades de los elementos de soporte, de acuerdo con las condiciones realmente encontradas.

### 4.3.11 Excavación del pozo de compuertas.-

#### 4.3.11.1 Generalidades

La excavación para el Pozo de compuertas de la Obra de Toma de 70 m de altura se la realizara desde la bóveda del Túnel Principal en la abscisa 0+196 hasta la superficie. Podrá ser de forma convencional o por perforación ascendente "raise boring" de acuerdo a los límites y cotas mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN.

Con el propósito de establecer el soporte del pozo se han subdividido las condiciones del terreno en tres tipos por tener comportamiento diferente, que requieren secuencias de excavación y soportes distintos.

El soporte consistirá principalmente en hormigón proyectado, pernos de anclaje y malla metálica electrosoldada. En el terreno tipo III se deberá usar adicionalmente arcos de acero estructural. La combinación, de estos elementos de soporte dependerá de la clasificación de la roca, que será realizada conjuntamente en el frente de excavación por El Contratista y LA SUPERVISIÓN.

#### 4.3.11.2 Excavación y soporte

La secuencia de los trabajos de excavación y de instalación de soporte dependerá de las condiciones del terreno que se encuentre, para lo cual se utilizará la clasificación establecida en la sección 4.3.8 para los tipos de terreno I, II, III.

El sistema de soporte y la secuencia de colocación para los diferentes tipos de terreno deberán ser como se describe en la sección 4.3.8. Después de excavado y soportado un tramo, se podrá requerir la colocación de malla electrosoldada, pernos de anclaje y hormigón proyectado adicionales, trabajos que serán reconocidos con los precios unitarios correspondientes en la lista de cantidades y precios.

#### 4.3.11.3 Revestimiento

Para el pozo de compuertas el revestimiento consistirá en Hormigón Armado convencional a sección completa, según se muestra en los planos

Para los ítems de pago y especificaciones técnicas del hormigón de revestimiento se debe seguir en un todo lo contemplado en el Capítulo 11 – Hormigón convencional.

### 4.4 MEDIDA Y PAGO

#### 4.4.1 Generalidades

La parte de la obra por ejecutar a los precios unitarios de la Lista de cantidades y precios consistirá en el suministro de toda la mano de obra, planta y equipo y en la ejecución de todo lo requerido para llevar a cabo las excavaciones subterráneas para la obra.

#### 4.4.2 Trabajos que tendrán medida y pago por separado

Los siguientes trabajos que se deben realizar para completar esta parte de la obra, se medirán y pagarán según se establece a continuación:

- Excavaciones en corte abierto para portales según lo especificado en el Capítulo 2 – Excavaciones en corte abierto.
- Suministro y colocación de arcos de acero estructural entibado metálico y atices, según lo especificado en el Capítulo 7 – Arcos de acero estructural.
- Suministro y colocación de pernos de anclaje, según lo especificado en el Capítulo 8 – Pernos y barras de anclaje.
- Suministro de materiales, elaboración y colocación de hormigón proyectado, según lo especificado en el Capítulo 9 – Hormigón proyectado.
- Suministro y colocación de malla metálica electrosoldada, según lo especificado en el Capítulo 13 – Acero de refuerzo.
- Suministro de materiales, elaboración y colocación de hormigón convencional, según lo especificado en el Capítulo 11 – Hormigón convencional.
- Suministro e instalación de instrumentación según lo especificado en el Capítulo 14 – Instrumentación geotécnica.
- Suministro e instalación de tubería de revestimiento para perforaciones piloto y de exploración, según lo especificado en el Capítulo 10 – Inyecciones a presión y huecos de anclaje.
- Perforaciones piloto de longitud mayor que 20 m según lo especificado en el Capítulo 10.

#### 4.4.3 Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado

No habrá medida ni pago por separado por la realización de los siguientes trabajos requeridos para completar esta parte de la obra.

- Excavaciones subterráneas ejecutadas por fuera de los límites mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN que sean llevadas a cabo por El Contratista intencional o accidentalmente, aunque tales excavaciones hayan sido aprobadas por LA SUPERVISIÓN, incluyendo las galerías o nichos requeridos para instalación de las estaciones de bombeo.
- Relleno en hormigón de excavaciones ejecutadas por fuera de los límites de excavación mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN y que en concepto de ésta deben rellenarse. Asimismo, relleno de sobreexcavaciones que se conformen por condiciones geológicas.
- Suministro, instalación, operación y mantenimiento hasta que se termine la instalación de equipos en las excavaciones subterráneas objeto de este contrato, de sistemas de iluminación y ventilación, incluidos los instrumentos necesarios para determinar si se cumplen los requisitos de las especificaciones al respecto.

- Evacuación de agua de las excavaciones subterráneas que se excaven horizontalmente o hacia arriba. El costo del suministro o construcción y operación de tal sistema deberá estar incluido en los respectivos ítems de excavación que sean aplicables.
- Ejecución de perforaciones piloto, que se lleven a cabo durante el ciclo de excavación o cuando se encuentren interrumpidas las operaciones de excavación pero cuya longitud sea inferior a 20 m.
- Toma de muestras para el control de la resistencia del hormigón proyectado y ejecución de los respectivos ensayos según lo especificado en el Capítulo 9 –Hormigón proyectado.
- Pruebas de pernos y barras de anclaje, instalados, según lo especificado en el Capítulo 8 – Pernos y barras de anclaje.
- Relleno de las tuberías y mangueras de drenaje utilizadas en la construcción de la obra subterránea cuando por cualquier razón sea necesario dejarlas en el revestimiento.
- Empleo de método de voladura controlada.
- Todos los demás trabajos que deberá ejecutar El Contratista para cumplir lo especificado en este Capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.

#### 4.4.4 Requisitos para medida y pago

LA SUPERVISIÓN no autorizará la medida y pago de la excavación de una parte cualquiera de las excavaciones subterráneas hasta tanto El Contratista haya completado a satisfacción de LA SUPERVISIÓN y en todo de acuerdo con las especificaciones, los siguientes trabajos requeridos en tales excavaciones:

- Cargue, acarreo y disposición en las zonas de botadero del material extraído de esa parte de la excavación subterránea.
- Limpieza y preparación de las superficies excavadas.
- Recolección y manejo de las aguas de infiltración encontradas en esa parte de la excavación, así como el suministro, instalación y mantenimiento del vertedero ubicado en el sitio de descarga de tales aguas de infiltración.
- Instalación de sistemas adecuados de ventilación e iluminación de esa parte de la excavación.
- Instalación del sistema de soporte de la excavación subterránea de acuerdo con lo establecido en las especificaciones y mostrado en los planos, o indicado por LA SUPERVISIÓN de acuerdo con los avances establecidos.
- Instalación de la instrumentación de esa parte de la excavación de acuerdo con lo establecido en las especificaciones y mostrado en los planos, o indicado por LA SUPERVISIÓN. A no más de diez avances del frente de excavación.
- Realización de todas las pruebas establecidas en las especificaciones para comprobar la resistencia de los pernos de anclaje instalados en esa parte de la excavación.
- Toma de muestras para controlar la resistencia del hormigón proyectado aplicado en esa parte de la obra, así como la ejecución de los ensayos respectivos.
- Ejecuciones de las perforaciones piloto y de exploración, ordenadas por LA SUPERVISIÓN, de acuerdo con las especificaciones.
- Entrega oportuna de los registros diarios de esa parte de la excavación de acuerdo con lo establecido en la Sección 4.3.7.
- La excavación ejecutada a la cual no se autorizó la medida y pago por no haberse cumplido uno de los requisitos anteriores, se incluirá en el acta de obra del mes en que El Contratista corrija esa deficiencia.

#### 4.4.5 Medida

Los trabajos de las excavaciones subterráneas se medirán para el pago tal como se especifica a continuación:

- La medida para el pago de las excavaciones subterráneas será el volumen en m<sup>3</sup>, aproximado al décimo de m<sup>3</sup>, comprendido por las líneas teóricas de excavación mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN.
- La medida para el pago de excavaciones subterráneas adicionales ordenadas por LA SUPERVISIÓN después de que El Contratista haya excavado hasta las líneas de diseño de la excavación mostradas en los planos o previamente señaladas, será el volumen en m<sup>3</sup>, aproximado al décimo de m<sup>3</sup> comprendido entre las líneas teóricas de excavación final ordenadas por LA SUPERVISIÓN y las líneas y pendientes teóricas de excavación hasta las cuales se ejecutó originalmente la excavación tal como se muestra en los planos o según lo indicado por LA SUPERVISIÓN.
- La medida para el pago por la perforación de los huecos de exploración será la longitud en metros, aproximado al décimo de metro, de los núcleos de muestras recobradas satisfactoriamente y aceptadas por LA SUPERVISIÓN. El precio unitario de perforación incluirá además la identificación, empaque y manejo de las muestras recobradas hasta su entrega a LA SUPERVISIÓN.
- La medida para el pago de las perforaciones piloto de longitud mayor a 20 m, será la longitud en metros lineales de perforación, que exceda de 20 m, aproximada al decímetro, ejecutada desde el frente de excavación y que haya sido ordenada o aprobada por LA SUPERVISIÓN.
- La medida para el pago del suministro, instalación y retiro final de tuberías de 20 cm y 30 cm de diámetro será la longitud en metros lineales de tubería, aproximada al decímetro, de cada diámetro instalada para evacuar el agua, en excavaciones subterráneas, excavadas hacia abajo.
- La medida para el pago del suministro, instalación y retiro final de tuberías adicionales de drenaje de 30 cm de diámetro, será la longitud en metros lineales de tubería instalada, aproximada al decímetro para evacuar el agua en excavaciones subterráneas excavadas hacia abajo.
- La medida para el pago de la evacuación y disposición del agua subterránea en los túneles excavados hacia abajo, será el volumen en metros cúbicos de agua evacuada, aproximado al décimo de m<sup>3</sup>.
- No habrá medida ni pago por separado para diámetros de tuberías diferentes a los especificados para la evacuación y disposición de aguas en excavaciones subterráneas.

#### **4.4.6 Ajuste del tiempo de construcción y costos de acuerdo con las condiciones geológicas realmente encontradas**

##### 4.4.6.1 Generalidades

Los ajustes del tiempo de construcción y costos a los cuales El Contratista pudieren tener derecho por variación en el tiempo de construcción contractual debido a condiciones geológicas encontradas durante la excavación del túnel, diferentes a las esperadas y por suspensiones de la excavación para ejecución de perforaciones de exploración ordenadas por LA SUPERVISIÓN, solo se determinarán una vez terminada la excavación del túnel.

Los ajustes se realizarán mediante la comparación del tiempo de construcción contractual y del tiempo de construcción real teórico, los cuales se definen a continuación.

Tiempo de construcción contractual

El tiempo de construcción contractual corresponde al tiempo total de excavación y soporte, determinado con base en las longitudes previstas en los Pliegos de Licitación, para cada tipo de terreno, y en los rendimientos propuestos por El Contratista en su oferta, también para cada tipo de terreno. No se deberán considerar en el tiempo de construcción contractual, posibles suspensiones del avance de excavaciones para ejecución de perforaciones piloto.

Los rendimientos propuestos por El Contratista en su oferta serán por día calendario, y deberán considerar el tiempo necesario para realizar la excavación e instalar los elementos de soporte especificados para cada tipo de terreno.

El tiempo de construcción contractual es igual a la duración de la excavación y soporte del túnel establecida por El Contratista en el programa general de construcción, incluido en la oferta y aprobado por LA SUPERVISIÓN.

#### Tiempo de construcción real teórico

El tiempo de construcción real teórico corresponde al tiempo total de excavación y soporte del túnel para la geología realmente encontrada y se calcula con base en las longitudes realmente excavadas en cada tipo de terreno y en los rendimientos propuestos por El Contratista, en su oferta, para cada tipo de terreno, sumado al tiempo de suspensión del avance de excavación para ejecución de perforaciones de exploración, calculados con base en las longitudes ejecutadas de perforaciones de exploración aprobadas por LA SUPERVISIÓN, cuya ejecución hubiese requerido la suspensión del avance del frente de excavación y en el rendimiento de perforaciones de exploración propuesto por El Contratista en su oferta.

#### 4.4.6.2 Criterios para realizar ajuste

Para determinar los ajustes del tiempo de construcción contractual y de costos, se deberán utilizar los siguientes criterios:

- Si el tiempo de construcción real teórico resulta igual al tiempo de construcción contractual aumentado en un porcentaje menor o igual al 20%, se considera que no existieron cambios en las condiciones geológicas previstas y por lo tanto no se realizará ajuste alguno.
- Si el tiempo de construcción real teórico resulta igual al tiempo de construcción contractual aumentado en un porcentaje mayor del 20%, LA SUPERVISIÓN reconocerá al Contratista una compensación por el número de días calendario calculado como la diferencia entre el tiempo real teórico y 1.15 veces el tiempo contractual de construcción.
- Si el tiempo de construcción real teórico resulta igual al tiempo de construcción contractual disminuido en cualquier porcentaje, no se realizará ajuste alguno.

#### 4.4.6.3 Compensaciones

La eventual y única compensación económica a que El Contratista tenga derecho por mayor permanencia y demás sobrecostos directos e indirectos causados por la diferencia en las condiciones geológicas previstas y encontradas, será calculada como se indica a continuación:

##### Cálculo de la compensación

Para determinar los valores de la compensación se tomará como base el 30% del valor de la excavación del túnel.

Así mismo, sólo para estos fines, se considera que el valor de excavación del túnel corresponde al precio unitario del ítem de excavación cotizado para el túnel, multiplicado por las cantidades aprobadas por LA SUPERVISIÓN para pago en las Actas de Obra Ejecutada. El cálculo del valor de excavación del túnel se hará a precios origen del Contrato.

El valor diario de la excavación se calculará dividiendo el valor total de excavación, calculado a precios origen del Contrato en la forma indicada anteriormente, por el número de días calendario del tiempo de construcción contractual para el túnel correspondiente.

El valor total de la compensación, a precios origen del Contrato, será el 40% del valor diario de la excavación multiplicado por el número de días del tiempo de compensación a que tiene derecho El Contratista, según lo indicado en el numeral 4.4.6.2. "Criterios para Realizar Ajuste".

La compensación al Contratista se reconocerá siempre y cuando el tiempo de compensación a que tenga derecho El Contratista por condiciones geológicas diferentes a las previstas y por la ejecución de perforaciones de exploración, sea superior al atraso que se hubiere causado por asuntos imputables a la responsabilidad del Contratista, y sin perjuicio de las multas por retraso que se estipulan en el Contrato.

#### 4.4.6.4 Ajuste del tiempo de construcción y los plazos

Los tiempos de construcción y plazos del programa de ejecución contractual se ajustarán adicionando o deduciendo a los plazos respectivos, la diferencia entre el tiempo real teórico y el tiempo de construcción contractual.

#### 4.4.6.5 Longitudes estimadas de excavación en cada tipo de terreno

A continuación se presenta un estimativo de las longitudes de cada tipo de terreno previstos para las obras subterráneas, aclarándose que estas cifras corresponden solo a estimativos para efectos del precio que El Contratista ofrezca en su propuesta.

	Total	Tipo de terreno (%)		
		I	II	III
1. Túnel de desviación	L = 430 m	21	45	34
2. Galería de acceso a cámara de válvulas	L = 225 m	17	40	43
<b>3 Pozo de compuertas</b>	<b>Altura = 69 m</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	<b>61</b>

#### 4.4.7 Pago

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios de la Lista de cantidades y precios consistirá en la ejecución de las excavaciones subterráneas de la obra y deberá incluir el suministro de explosivos, detonadores, retardos y en general todos los elementos y materiales necesarios para llevar a cabo las voladuras, incluyendo los que se requieran por modificaciones que sea necesario realizar a los patrones de voladura para lograr resultados satisfactorios; el suministro de toda la mano de obra, gastos de administración, imprevistos y utilidades, planta, equipo y energía requeridos para la perforación de huecos para voladura, para el cargue, acarreo y transporte de los materiales excavados hasta las zonas de botadero mostradas en los planos y/o indicadas por LA SUPERVISIÓN y el suministro de toda la mano de obra, planta, equipo y energía requeridos para llevar a cabo la excavación por métodos manuales o mecánicos, y los demás trabajos que sean necesarios para completar esta parte de la obra y todos aquellos que no tendrán medida ni pago por separado según lo establecido en el numeral 4.5.3.

##### 4.4.7.1 Excavación del túnel de desviación - Ítem 4.1

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.1 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la excavación subterránea del túnel de desviación del río Misicuni entre los límites mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

##### 4.4.7.2 Excavación de la galería de acceso a la cámara de válvulas de la descarga de fondo - Ítem 4.2

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.2 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la excavación subterránea de la galería de acceso a la cámara de válvulas entre los límites mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

##### 4.4.7.3 Excavación de la cámara de válvulas de la descarga de fondo - Ítem 4.3

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.3 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la excavación subterránea de la cámara de válvulas entre los límites mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

##### 4.4.7.4 Excavación subterránea adicional - Ítem 4.4

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.4 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la excavación subterránea adicional entre los límites aprobados o indicados por LA SUPERVISIÓN.

##### 4.4.7.5 Perforación de huecos piloto entre 20 m y 50 m - Ítem 4.5

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.5 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la perforación de huecos piloto entre 20 m y 50 m de longitud, mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN. Se reconocerá para pago la longitud de perforación que exceda de 20 m.

#### 4.4.7.6 Perforación de huecos de exploración desde las excavaciones subterráneas - Ítem 4.6

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.6 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la perforación de huecos de exploración desde las excavaciones subterráneas mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

#### 4.4.7.7 Tuberías de drenaje de 20 cm de diámetro - Ítem 4.7

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.7 de la Lista de cantidades y precios consistirá en el suministro, instalación y retiro final de tubería de drenaje de 20 cm de diámetro para el manejo de agua subterránea, en excavaciones ejecutadas hacia abajo.

#### 4.4.7.8 Bombeo del agua subterránea en los frentes excavados hacia abajo - Ítem 4.8

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.8 de la lista de cantidades y precios consistirá en el suministro y operación del equipo de bombeo necesario y en la evacuación del agua de infiltración de los túneles y pozos excavados hacia abajo.

El Contratista deberá tener en cuenta que el bombeo de agua de infiltración en los frentes excavados hacia aguas abajo, se realizará hasta cuando se complete la conexión entre los frentes aguas arriba y aguas abajo, y que dicho empate se debe hacer lo más pronto posible. En el caso en que la conexión entre alguno de estos frentes se demore por negligencia o por causas imputables al Contratista, el volumen del agua de infiltración de dicho frente será a su costa hasta que se logre el empate entre los dos frentes. El Contratista también deberá tener en cuenta que se le pagará por metro cúbico de agua de infiltración realmente bombeada de acuerdo al precio unitario ítem de pago correspondiente a Bombeo del agua subterránea en los frentes excavados hacia abajo no reajutable, y que incluye todos los costos de consumo de energía que se requiere para la operación de los equipos de bombeo de agua de infiltración.

#### 4.4.7.9 Remoción de hormigón de revestimiento del túnel – Ítem 4.9

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 4.9 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la remoción del hormigón de revestimiento del túnel para la construcción de la descarga de fondo, de acuerdo con los planos o lo especificado por LA SUPERVISIÓN.

#### 4.4.7.10 Excavación del pozo de Compuertas Ítem 22

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 22 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la excavación subterránea del Pozo de compuertas de la Obra de Toma de 70 m de altura desde la bóveda del Túnel Principal en la abscisa 0+196 hasta la superficie, de acuerdo a los límites mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

### 4.5 ÍTEMS DE PAGO

Todo el costo de los trabajos especificados en este Capítulo deberá estar cubierto por los precios unitarios cotizados por El Contratista para los siguientes ítems:

Ítem	Descripción	Unidad de medida
4.1	Excavación del túnel de desviación	m <sup>3</sup>
4.2	Excavación de la galería de acceso a la cámara de válvulas de la descarga de fondo	m <sup>3</sup>
4.3	Excavación de la cámara de válvulas de la descarga de fondo	m <sup>3</sup>
4.4	Excavación subterránea adicional	m <sup>3</sup>
4.5	Perforaciones de huecos piloto entre 20 m y 50 m de longitud	m
4.6	Perforación de huecos de exploración desde las excavaciones subterráneas	m

4.7	Tuberías de drenaje de 20 cm de diámetro	m
4.8	Bombeo del agua subterránea en los frentes excavados hacia abajo	m <sup>3</sup>
4.9	Remoción de hormigón de revestimiento del túnel	m <sup>3</sup>
21.1.1	Excavación del pozo de Compuertas	m <sup>3</sup>