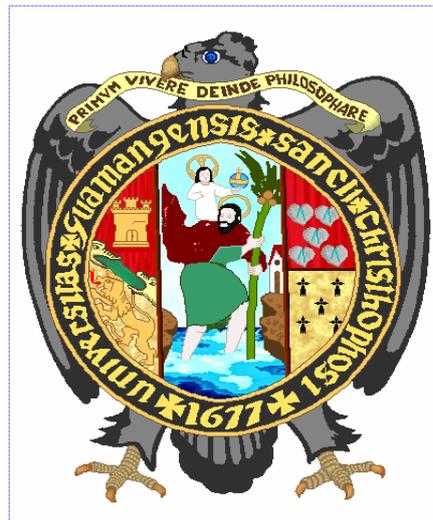


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



TESIS

**“EVALUACIÓN GEOMECÁNICO DEL MACIZO ROCOSO PARA EL
PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL SANTA
LORENZA I”**

PRESENTADO POR:

Bach. ELVIS URIEL CONTRERAS RAMÍREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE MINAS

AYACUCHO – JULIO

2017

DEDICATORIA

A mis padres; Dina y Marcos, a mis hermanos; a mi esposa Irma madre de mi hija Kahely, sostén y moral de mi carrera profesional. A mis profesores de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, por haberme guiado y facilitado los conocimientos de Ingeniero de Minas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Empresa de Generación Eléctrica Santa Lorenza, y a la Contratista IESA S.A, una empresa con amplia experiencia en minería y obras civiles (Excavación de túneles).

Al Ing. Marco Otárola Miraval, Gerente de obra. A la persona del Ing. Edie Torres Zegarra Coordinador corporativo de Seguridad y Medio Ambiente, por la oportunidad y apoyo que me brindan durante mi permanencia en la C.H. SANTA LORENZA I, fruto del cual es el presente trabajo.

Finalmente, a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra manera en la elaboración del presente trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis está referido al diseño y construcción del túnel hidráulico Santa Lorenza I, el cual por su contenido constituye un modelo de construcción de túneles y como objetivo tiene generar energía eléctrica aprovechando las aguas del río Huallaga.

Este trabajo comprende la etapa de excavación de túnel de aducción, túnel piloto y ventanas. La etapa de excavación a su vez comprende los ciclos de perforación, voladura, limpieza y sostenimiento. Además se cuenta con otros servicios indispensables como son ventilación y alumbrado en toda la longitud del túnel.

Se ha realizado un mapeo geológico y geomecánico en superficie a lo largo del eje del túnel y posteriormente complementado con perforaciones diamantinas que permitieron conocer las características geomecánicas del macizo rocoso existentes en todo eje del túnel.

De acuerdo a los resultados se ha determinado 5 tipos de roca (roca tipo I, II, II, IV y V), que han permitido elaborar los costos unitarios y las longitudes reales de estos tipos de roca.

La excavación se realizara mediante equipo mecanizado (jumbos de un solo brazo) con barra de 14" y diámetro de broca 45mm, la limpieza con scooptram de 3.5 yd³, acarreo del material volado con Dumper.

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Generación Eléctrica Santa Lorenza S.A.C. es una empresa privada de reciente creación que se dedica a la generación y comercialización de energía eléctrica y tiene dentro de sus planes la construcción de la Central Hidroeléctrica Santa Lorenza I, estará ubicada en la región de Huánuco, provincia de Ambo, distrito de San Rafael, cuya producción energética será destinada a Recursos Energéticos Renovables que será transmitida a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

El presente estudio abarca seis capítulos, distribuidos en el siguiente orden:

El primero trata acerca de los aspectos de la investigación. El segundo está referido acerca de la ubicación, accesibilidad, recursos, entre otros.

El tercer capítulo trata lo relacionado a la Geología, es decir el estudio describe las características de la geología regional y local del proyecto, la interrelación con los estudios geológicos, la evaluación geomecánico del macizo.

El cuarto capítulo, describe el diseño, construcción y controles de ejecución del túnel, En ella se resolverán temas como: características geométricas del túnel, método de excavación del túnel, equipo y maquinaria a utilizarse durante la ejecución del túnel.

El quinto capítulo trata sobre el estudio económico financiero, precios unitarios y presupuesto de obra.

El sexto capítulo, constituye la presentación de resultados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v

CAPITULO I ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL.....	1
1.2.2 PROBLEMA SECUNDARIO.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	1
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.4.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4.2 IMPORTANCIA.....	2
1.5 MARCO TEÓRICO.....	2
1.6 HIPÓTESIS.....	2
1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	2
1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICO.....	3
1.7 VARIABLES E INDICADORES.....	3
1.7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	3
1.7.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	3
1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.8.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.8.3 MÉTODO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	4

CAPITULO II ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	5
2.2 FISIOGRAFÍA.....	6
2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	6
2.4 ANTECEDENTES.....	7
2.5 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	8

CAPITULO III GEOLOGÍA Y GEOMECÁNICA

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
3.1.1 ESTRATIGRAFÍA.....	11

3.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	15
3.3	GEOLOGÍA LOCAL.....	16
3.3.1	GEOLOGÍA LOCAL DE LA CAPTACIÓN.....	17
3.3.2	TÚNEL DE CONDUCCIÓN.....	19
3.3.3	CHIMENEA DE EQUILIBRIO.....	22
3.4	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EVALUACIÓN DEL MACIZO ROCOSO.....	22
3.4.1	INTERRELACIÓN CON LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS.....	22
3.4.2	FACTORES GEOMORFOLÓGICOS.....	22
3.4.3	FACTORES LITO-ESTRATIGRÁFICOS.....	23
3.4.4	FACTORES GEO-ESTRUCTURALES.....	23
3.4.5	FACTORES HIDROGEOLOGÍCOS.....	23
3.4.6	FACTORES GEO-DINÁMICOS.....	24
3.4.7	FACTORES AMBIENTALES.....	24
3.5	EVALUACIÓN GEOMECAÁNICA DEL MACIZO ROCOSO.....	24
3.5.1	MAPEO GEOMECAÁNICO.....	24
3.5.2	MAPEO GEOLÓGICO.....	24
3.5.3	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO.....	25
3.5.3.1	PROPIEDADES FÍSICAS.....	25
3.5.3.2	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ROCA.....	26
3.6	SISTEMAS DE EVALUACIÓN GEOMECAÁNICA.....	26
3.6.1	RQD DE DEERE.....	26
3.6.2	RMR DE BIENIAWSKI.....	27
3.6.3	Q DE BARTON.....	30
3.7	DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN EL MACIZO ROCOSO.....	33
3.8	APLICACIÓN DE LA GEOMECAÁNICA EN LA PERFORACIÓN Y VOLADURA DEL TÚNEL.....	33

CAPITULO IV DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

4.1	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL TÚNEL.....	35
4.2	CAUDAL MÁXIMO DEL CONDUCTO DEL TÚNEL.....	36
4.3	EXCAVACIÓN DEL TÚNEL.....	36
4.3.1	PERFORACIÓN VOLADURA.....	36
4.3.1.1	PERFORACIÓN.....	36
4.3.1.2	CARGUÍO Y VOLADURA.....	43
4.3.2	VENTILACIÓN.....	45
4.3.3	LIMPIEZA.....	46
4.3.4	SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL.....	46
4.3.5	SOSTENIMIENTO SEGÚN TIPO DE ROCA.....	50
4.3.5.1	Sostenimiento clase II (roca buena – $60 < RMR \leq 80$).....	50
4.3.5.2	Sostenimiento clase III (roca Fracturada – $40 < RMR \leq 60$).....	51
4.3.5.3	Sostenimiento clase IV (roca mala – $20 < RMR \leq 40$).....	51
4.3.5.4	Sostenimiento clase VA (roca muy mala – $10 < RMR \leq 20$).....	52
4.3.5.5	Sostenimiento clase VB (roca extremadament. mala – $RMR \leq 10$).....	53
4.4	CONTROLES.....	54
4.4.1	CONTROL TOPOGRÁFICO.....	54

4.4.2	CONTROL GEOMECÁNICO.....	55
4.5	CONTROL DEL TÚNEL APLICANDO EL MÉTODO PERT - CPM.....	56
4.6	ILUMINACIÓN.....	57
4.7	EQUIPO Y MAQUINARIA.....	57
4.8	MANO DE OBRA.....	58
4.9	SEGURIDAD DURANTE LA OPERACIÓN.....	60

CAPITULO V EVALUACIÓN ECONÓMICO – FINANCIERO

5.1	COSTOS UNITARIOS DE CONSTRUCCIÓN.....	61
5.5.1	EXCAVACIÓN Y REVESTIMIENTO.....	61
a)	PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA TIPO II.....	61
b)	PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA TIPO III.....	61
c)	PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA TIPO IV.....	62
d)	PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA V-A.....	62
e)	PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA V-B.....	62
5.2	INVERSIONES.....	73
5.2.1	PRESUPUESTO DE OBRA.....	73
5.2.2	CRONOGRAMA DE INVERSIÓN – CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.....	74
5.3	FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN.....	75
5.4	EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO.....	75

CAPITULO VI RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	76
6.1.1	CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS GEOMECÁNICOS.....	76
a)	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS TÚNEL PILOTO.....	76
b)	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS VENTANA.....	77
c)	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PORTAL DE SALIDA DEL TÚNEL.....	78
d)	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL TÚNEL DE ADUCCIÓN.....	79
6.1.2	CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS TÉCNICOS CONSTRUCTIVOS.....	80
6.2	CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	81
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFÍA.....	85
	ANEXOS.....	86
1.	PLANOS.....	86
2.	FOTOGRAFÍAS.....	87

CAPITULO I

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La caracterización del macizo rocoso donde se construirá un túnel constituye un tema de suma importancia, pues su conocimiento determina las dimensiones de la labor, los tipos de roca y los tipos de sostenimiento a aplicarse en la estabilidad del túnel.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL

¿En qué medida influye el macizo rocoso en el diseño, construcción y sostenimiento del túnel Santa Lorenza I tendiente a la conducción de agua para la Central Hidroeléctrica?

1.2.2 PROBLEMA SECUNDARIO

¿Cómo influyen los aspectos técnicos-económicos para la construcción del Túnel Santa Lorenza I?

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Hallar el estado geomecánico del macizo rocoso a lo largo del eje del túnel

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar los tramos del túnel por tipo de roca y según esto proponer los tipos de sostenimiento tanto activos como pasivos.
- ✓ Diseñar las mallas de perforación y explosivos adecuados según el tipo de roca.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

1.4.1 JUSTIFICACIÓN.

Existe necesidad de conocer el comportamiento geomecánico del macizo donde se construirá el túnel Santa Lorenza, el cuál determinará los tipos de roca, sostenimiento y los diferentes costos de excavación y el presupuesto total de la obra.

1.4.2 IMPORTANCIA.

El conocimiento del macizo rocoso donde se realiza una abertura es un parámetro de suma importancia para la Empresa Hidroeléctrica, porque permitirá conocer las condiciones geoestructurales del macizo donde se construirá el túnel hidráulico.

1.5 MARCO TEÓRICO.

Para la caracterización del macizo rocoso se cuenta actualmente con sistemas basados en la geología, geomecánica y mecánica de rocas y que han venido perfeccionándose desde su creación y los más aplicables son de la Escuela Sudafricana representado por el Sistema RMR de Bieniawski, la Escuela de Noruega representado por el sistema Q de Barton y la Escuela Alemana.

Todos estos sistemas se basan en la resistencia de la roca, grado y condiciones de fracturamiento, litología y la acción de los esfuerzos inducidos.

1.6 HIPÓTESIS.

1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.

Con la evaluación geomecánica se logrará la caracterización del macizo rocoso.

1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA.

Determinar los tipos de rocas, los esfuerzos actuantes, el grado de estabilidad del túnel y tipos de sostenimiento a utilizarse.

1.7 VARIABLES E INDICADORES.

1.7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.

Estado geomecánico del macizo rocoso desde el frente de entrada a la salida del Túnel.

INDICADORES:

- ✓ Geomecánicos:
- ✓ Valores cualitativos de los parámetros geomecánicos.

1.7.2 VARIABLES DEPENDIENTES.

Valores geomecánicos cuantificados.

INDICADORES:

- ✓ Recuperación RQD (%)
- ✓ Valores de RMR, Q.
- ✓ Cargas actuantes sobre la labor (kg/cm²)
- ✓ Tiempos de autoaporte (horas, días, meses, años).
- ✓ Tipo de roca: I,II,III y IV.

1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a los propósitos de la tesis y teniendo en cuenta la aplicación de los conocimientos para la solución de lo planteado, se adoptara la “Investigación Aplicada”

1.8.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación es la explicativa. “las investigaciones explicativas buscan especificar las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que son sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo”.

1.8.3 MÉTODO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

El desarrollo del presente trabajo tendrá dos etapas:

a) Recopilación de información básica:

Comprenderá en mapeo geomecánico, toma de muestras rocosas de las labores, control de calidad de perforación, control de carguío y la utilización de explosivos y accesorios.

b) Trabajos de gabinete:

Ensayos de laboratorio de propiedades físicas y mecánicas de muestras tomadas, procesamiento de datos obtenidos, elaboración de cuadros geomecánicos, planos geomecánicos, cuadro geomecánicos, diseño de malla de perforación según el tipo de roca y finalmente la redacción de la tesis.

CAPITULO II ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

El proyecto de la C.H. SANTA LORENZA I, se ubica en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, distrito de San Rafael, departamento de Huánuco, entre las siguientes coordenadas (*Ver plano N° 1 en el anexo plano*):

Las coordenadas Geográficas son:

Longitud 76° 09' 00" a 76° 11' 29" Oeste

Latitud 10° 10' 30" a 10° 15' 6" Sur

Las coordenadas UTM son:

Este	Norte	a	Este	Norte
374020	8875002		369516	8866507

A una altitud entre 2,203 a 2,420 m.s.n.m.

El acceso desde la ciudad de Lima hasta el lugar de la obra se realiza por la ruta siguiente:

<u>Ruta</u>	<u>Tipo carretera</u>	<u>Distancia</u> <u>(Km)</u>	<u>Tiempo</u> <u>(Hr)</u>
Lima – Cerro de Pasco	Asfaltado	305	6
Cerro de Pasco – Huaracalla	Trocha	79	2

2.2 FISIOGRAFÍA

El relieve es caracterizado por tener una superficie de intensa erosión, laderas postmaduras, río modernamente profundos y relativamente empinadas. Las condiciones litológicas, estructurales y procesos morfodinámicos presentan un relieve elevado, zonas escarpadas de fuerte pendiente, cumbre de bajo ángulo y abruptas relacionadas a las características geomecánicas del basamento rocoso.

Sus superficies corresponden a depresiones, con secciones irregulares y asimétricas en forma de “U” identificado entre ventanas o puntones del basamento rocoso y cauce del río Huallaga en forma de “V” identificadas en las quebradas y/o tributarias que disectan con el río Huallaga.

La unidad se ha desarrollado entre las cotas de 1500 y 3000 msnm. Abarcando una longitud aproximada de 80 km. Concordante con la longitud y cauce del río Huallaga, este río nace en la confluencia del río Pucayacu y el río Huertas, se caracteriza por ser uno de los ríos más caudalosos, discurriendo en dirección Sur a Norte.

2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

La temperatura máxima anual de la zona es de 26.60°C, la mínima es de 12.8°C y la promedio es de 20°C. La humedad máxima anual en la zona es de 77%, la mínima es de 66% y la promedio es de 56%. La velocidad máxima del viento es de 20.80m/s.

La vegetación natural existente varía desde la Estepa Espinosa Montano Bajo Tropical caracterizado por especies representativas como la “cabuya” (*Fourcroya andina*), la “tara” (*Caesalpina tinotorea*), la “chamana” (*Dodonaea viscosa*), “molle” (*Schinus molle*) entre otras.

Conforme se va ascendiendo se pasa a la zona de Bosque Seco y luego rápidamente al Bosque Húmedo Montano Tropical donde se encuentra especies arbustivas llamadas “chilca” (*Baccharis* spp), el “quishuar” (*Buddleia incana*) el “quinhuall” (*Polylepis racemosa*) entre otras.

Al continuar ascendiendo llegamos a las llamadas pasturas naturales que son formaciones de pastos naturales conformadas por las especies Festuca, Calamagrostis y Poa, entre otras.

2.4 ANTECEDENTES

La EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SANTA LORENZA S.A.C., desarrolla en la zona de Huánuco – Ambo, el proyecto; Central Hidroeléctrica Santa Lorenza I, con el objetivo de generar energía.

El proyecto suministrara desde la Captación (río Huallaga) hasta la Casa de Máquinas (quebrada Mujinete) una potencia estimada de 18.7 MW, de energía que iniciara la producción con las instalaciones de 2 turbinas de 7.60 MW (4.50 MW por cada turbina).

Las características técnicas del proyecto se describen a continuación:

DESCRIPCIÓN

Información General:

Salto Bruto (m): 205.88

Salto Neto (m): 197.00

Caudal de Diseño (m³/s):
11.00

Potencia (MW): 18.7 MW

Bocatoma:

Barraje, Presa Vertedero, 2 Compuertas radiales, Desarenador, 2 naves.

Túnel de Conducción:

Longitud = 6,900.00 m.

Pendiente = 0.0015m/m

Ancho = 3.20 m.

Ancho = 3.40 m.

Chimenea:

Longitud (m): 20.00

Ancho Útil (m): 6.00

Tubería Forzada:

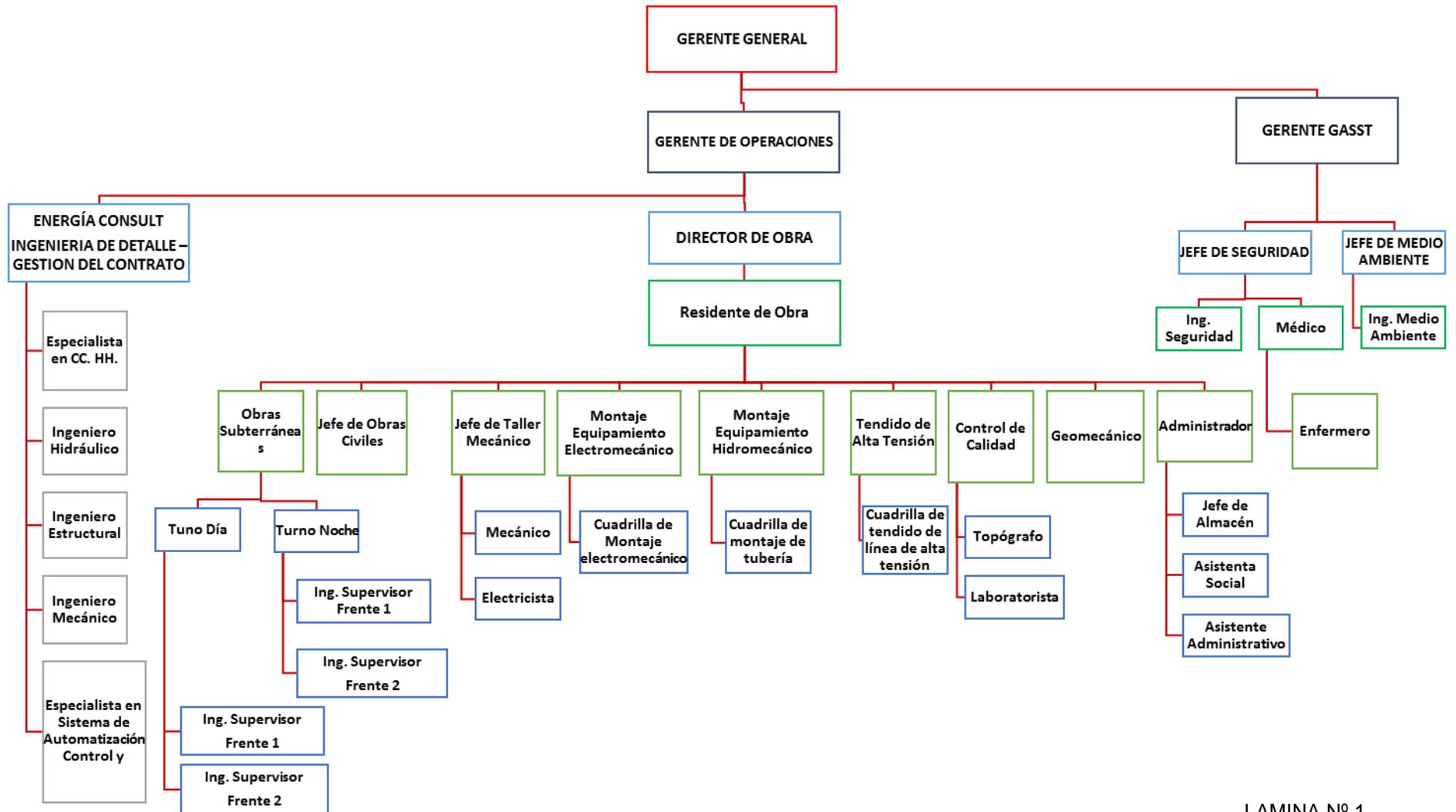
Longitud Exterior = 341.58 m.

Diámetro Interior 1.60 m.

Casa de Maquinas: ubicación superficial.

Eje de Tubería 2203.00 msnm.

2.5 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA



LAMINA Nº 1

CAPITULO III

GEOLOGÍA Y GEOMECÁNICA

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL.

El área del Proyecto se caracteriza por la presencia de rocas del Neo-Proterozoico al Cuaternario. Basamento rocoso metamórfico (mayor cantidad), sedimentarias e ígneas que han generado transiciones superficiales desde basamento rocoso (muy fracturado, muy alterado de baja dureza) hasta suelos residuales y cobertura cuaternaria superficial. La zona de estudio se ubica entre la cordillera Occidental y Oriental de variada morfología.

La geología regional del área estudiada se caracteriza por una superposición de eventos tectónicos que incide desde el Neo-Proterozoico hasta el cuaternario reciente, producidos en tres ciclos orogénicos, correspondientes a la tectónica Proterozoica, Hernicica y Andina.

El basamento Neo-Proterozoico está constituido principalmente por esquistos micáceos poli deformados, localmente marcado por facies anfibolíticas, a veces puede pasar a granulitos (gneis) proveniente de la erosión de un zócalo siálico muy antiguo, asociado a episodios volcánicos básicos parcialmente transportados. La Tectónica Brasilida de hace 600m.a. causo el metamorfismo regional.

La sedimentación durante el Paleozoico inferior inicia con la depositación de lutitas grises con abundante graptolites de la Formación Contaya del Llanvirniano que se encuentra discordante sobre las metamórficas del Neoproterozoico.

La fase de plegamientos que dio origen a la cadena Eo-herciniana, sucede a un periodo distensivo responsable de la formación de una cuenca carbonífera intra-montañosa con sedimentación molásica continental, interrumpida por eventos marinos y volcánicos.

El grupo Ambo de edad Mississipiano (Carbonífero inferior) se depositó en facies detríticas continentales, hacia el tope existió un episodio volcánico explosivo de composición riolítico donde los productos fueron resedimentados en medio lacustre o marino. La zona de profundidad media correspondería aproximadamente al curso superior del río Huallaga, caracterizado por una sedimentación clástica con niveles calcáreos gruesos. Lateralmente hacia el Oeste los conglomerados y areniscas han tenido débil transporte. La primera con fragmentos angulares de gran tamaño, indicando que se han formado casi in situ. Las areniscas son ricas en feldespatos y las micas son abundantes.

Sobre el Grupo Ambo se encuentra el Grupo Tarma-Copacabana (indiviso) representados por facies detríticas de poco grosor, correspondiendo al borde Occidental de la cuenca, en la parte superior de este grupo son frecuentes las calizas arenosas o llamadas también calcarenitas.

En el Pérmico superior, se depositaron molasas rojas del grupo Mitú que han sido depositados en cuencas continentales de dimensiones limitadas, en el curso de un periodo de reajuste epirogénico acompañado de fases volcánicas. La etapa final del Cretáceo concluye con la sedimentación marina con posterior levantamiento y plegamiento sometida a eventos exógenos de erosión y depositación continental representada por areniscas, limolitas, limo arcillitas rojas, calizas blanquecinas y conglomerados.

Durante las diferentes fases tectónicas del Mioceno, continuo la actividad ígnea a manera de dique, sills, stocks de característica plutónica a sub-volcánicas, muchas veces relacionados con mineralizaciones.

El proceso de levantamiento andino y erosión intensa, deglaciación, etc. Continúa actualmente registrando coberturas deluviales, coluviales, morrénicos y fluvio

glaciares, así como depósitos aluviales, fluviales y aluvionales. La geología estructural está controlado por fallas locales y regionales, plegamientos y sobre-escurrimientos ocasionados en diferentes épocas orogénicas del Neo-proterozoico, Hercínico y Andino.

La geodinámica externa del área estudiada es de moderada intensidad, donde la mayor erosión está dada en las quebradas con arrastres de material coluvial y deluvial, se nota también zonas de asentamientos, derrumbes y deslizamientos asociados a tramos donde se encuentran rocas intensamente fracturadas, conos deyección al final de las quebradas de grandes avenidas aluviales.

Las características del modelo Geológico del área donde se proyecta construir la Central Hidroeléctrica Santa Lorenza I (*Ver plano N° 2 en el anexo planos*).

La información del Modelo Geológico utilizado para la evaluación corresponde al Cuadrángulo de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores por Cobbing, Quispesivana y Paz noviembre de 1996 del INGEMMET.

3.1.1 ESTRATIGRAFÍA

La lito-estratigrafía de la zona del Proyecto está caracterizada por la presencia de las siguientes unidades geológicas (*Ver plano N° 2 en el anexo planos*):

a) Complejo Marañón (Pe-cma/e).

Las rocas metamórficas del complejo Marañón corresponden al Neo-proterozoico, los afloramientos en bloques son controlados por fallas regionales, caracterizadas en las áreas de Paucar (occidental) y del río Huallaga (oriental), diferenciándose dos tipos de roca metamórficas: gneis y esquistos.

✓ Esquisto

Esquistos constituido mineralógicamente de cuarzo-muscovita, textura granoblástica color gris verdoso a marrón algo amarillento, exfoliada, con venillas de cuarzo lechoso, siendo la muscovita (mica) entre 50 y 70% y el cuarzo 20 – 30%, los accesorios se presentan como clorita, feldespatos y anfíboles subhedral; presenta micro pliegues en Chevron, producto de la

segregación del metamorfismo regional de bajo grado. Fracturas de moderado a intenso y en variados sistemas (*Ver fotografía N° 1 en el anexo fotografías*).

✓ **Gneis**

Afloramientos rocoso ubicado al NE de Ambo, constituidos por gneis bandeados, con cristales de cuarzo feldespatos y micas de textura bandeda compactos; presentan morfología abrupta, conspicua y relieve accidentado. Petrograficamente presentan textura granoblástica.

b) Grupo Ambo (Ci – a)

Se constituyen en la base por un conglomerado basal que se reporta en discordancia angular sobre el complejo Marañón o Paleozoico inferior; el conglomerado está constituido por elementos bien redondeados a sub-angulosos de cuarcitas, areniscas, esquistos, concentrados en una matriz de arenisca feldespática y micacea.

El espesor varía de 0.50 a 150 metros; luego continúan areniscas gris marrón a verdes con intercalaciones de lutitas.

En la quebrada Mujinete se registran afloramientos sub-verticales en estratos de lutitas. La edad del Grupo Ambo corresponde al Carbonífero Inferior.

c) Grupo Tarma - Copacabana (Cp – Tc)

En el cuadrángulo de Ambo se observan niveles calcáreos (Copacabana) muy resistentes a la erosión, en la base se encuentran areniscas finas (Tarma) bastante delgadas, cubierta por depósitos cuaternarios.

Litología y grosor.-Transiciones de roca sedimentaria y metamórfica, de tipo cuarcita y arenisca cuarzosa. En algunos cortes de la margen izquierda del río Huallaga se describe al piso conglomerados con clastos de areniscas, cuarcitas, degradando a areniscas finas pardo amarillentas con intercalaciones de lutitas. En Huaracalla se reporta abundante fusulínidos.

d) Grupo Mitu (Pst – mi)

Basamento rocoso de origen sedimentario. Está constituida por conglomerados polimícticos, sub-angulosos cementados por una matriz areniscosa de grano fino color rojo ladrillo, con estratos delgados de lutitas grises a rojizas con clara estratificación laminar.

La arenisca registrada en áreas contiguas a la casa de máquinas es de color rojizo a rojo brunaceo, de grano medio a fino muy fracturado posiblemente afectado por fallas geológicas locales, meteorizadas. Se hallan ínter-estratificadas con un conglomerado polimíctico.

Edad: corresponden al Pérmico superior.

e) Basamento Intrusivo (Pst – a gr/gd)

El basamento intrusivo es un cuerpo plutónico identificado como el macizo San Rafael registrado en la margen izquierda del río Huallaga.

El Macizo San Rafael es un cuerpo de roca datada como del Pérmico superior, constituido por roca de tipo granito a monzogranito, de color gris claro a poco oscuro y algo amarillento, de textura fanerítica de grano grueso, holocristalina, constituido principalmente por fenocristales de plagioclasa, con una mineralización de feldespatos potásicos, cuarzos y plagioclasas, además de micas como la biotita oscura, sericita, limonita y opacos.

Se encuentran afectados por fallas geológicas locales y con presencia de 4 sistemas de fracturamiento. También se presentan diques de cuarzo lechoso, en variadas direcciones y formas, las que sobresalen por su alta resistencia a los procesos de erosión y meteorización. El contacto con el Complejo Marañón es directo, no presentando zonas de transición ni presencia de un metamorfismo de contacto importante.

f) Depósitos clásticos recientes

En áreas contiguas al proyecto se han registrado los depósitos siguientes:

✓ **Depósitos fluviales (Q-fl)**

Son producidos por el acarreo, transporte y acumulación del río Huallaga y sus afluentes, presenta disposición caótica, heterométrica y poligénica.

Estos depósitos forman el actual lecho del río Huallaga y está compuesto desde grandes bloques rocosos, cantos sub-redondeados, arenas y gravas, en capas lenticulares.

✓ **Depósitos aluviales (Q-al)**

Se encuentran formando el valle del río Huallaga con sus afluentes, y las restringidas terrazas del río, además está relleno las depresiones comprendidas entre los diferentes afloramientos rocosos.

Constituido por grandes bloques rocosos poligénicos y heterométricos, gravas, arenas, limos y algo de arcillas, que forman un depósito cuaternario heterogéneo y caótico.

✓ **Depósitos deluviales (Q-de)**

Se encuentran expuestos en gran parte del Valle conformando zonas de cultivos y parte de zonas deslizadas y con asentamientos restringidos cerca de Huraracalla.

Están constituidos por material arcillo limoso y fragmentos heterométricos angulosos. Se encuentran cubriendo las laderas de los cerros en forma de mantos, debido a que se han originado por flujos laminares, en época de intensas precipitaciones pluviales.

✓ **Coberturas coluviales (Q-co)**

Corresponden a coberturas que se presentan en las partes bajas y a media ladera de los taludes. Están constituidos por bloques menores de 0.50 m de diámetro y otros de menor dimensión hacia las partes superiores del depósito; carecen de material ligante, por lo cual no tienen estabilidad.

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

Las condiciones estructurales del área de estudio han sido formadas por diferentes episodios de deformación, registrando estructuras debajo de las formaciones recientes no deformadas. Así la deformación paleógeno es visible por el plegamiento del Grupo Calipuy; encontrándose asociada con plegamientos que se dan en rocas del Neoproterozoico La geología histórica estructural registra 3 eventos denominados zonas estructurales con diferentes características estructurales.

La zona estructural Geoanticlinal del Marañón corresponde al estudio de la C. H. Santa Lorenza I

- ✓ Geoanticlinal del Marañón
- ✓ Zona Imbricada.
- ✓ Zona Miogeosinclinal

GEOANTICLINAL DEL MARAÑÓN

Es un alto estructural donde se encuentran los afloramientos más antiguos del área de estudio; se observa en el cuadrángulo de Ambo, controlados por fallas regionales de dirección NO – SE y N – S; debido a la poca información conocida este complejo se encuentra conformado por rocas metamórficas y algunos cuerpos intrusivos, de edad Neoproterozoico, principalmente de esquistos verdes con vetillas de cuarzo lechoso bastante replegadas y fracturadas, con pliegues tipo Chevron siendo los mayores plegamientos post-metamórficos que son difíciles de seguir por falta de horizontes guía.

Esta secuencia dominante clástica de grosor desconocido fue depositada en la cuenca del Huallaga controlada por fallas longitudinales alineadas paralelamente a la tendencia andina.

3.3 GEOLOGÍA LOCAL.

El presente estudio de geología es el resultado de las investigaciones de campo efectuadas en conjunto y para cada unidad de obra del proyecto, desarrollándose relevamiento ingeniero geológico estructural de detalle, así como el reconocimiento de las diferentes unidades litológicas en quebradas o estructuras expuestas cercanas a obras de interés.

Las características geomecánicas del túnel de conducción se desarrollaron en base a la geología de superficie, estaciones micro-tectónicas, inferencia estructural, modelamiento lito-estructural y evaluación de eventos geológicos en áreas o zonas contiguas o próximas al eje del túnel.

La zona del proyecto, corresponde a unidades geológicas datadas desde el Neo Proterozoico Complejo Marañón, Grupo Tarma – Copacabana del Pérmico inferior y

Grupo Mito del Pérmico superior, los que fueron intruídos por un basamento plutónico denominado Macizo San Rafael datada del Pérmico superior y la cobertura del Cuaternario constituido de depósitos inconsolidados de origen fluvial, coluvial, deluvial y aluvial (*Ver plano N° 3 en el anexo planos*).

El mapeo geológico y la identificación de las diferentes unidades lito-estratigráficas, así como los procesos hidrológicos y geomorfológicos definieron la caracterización integral del proyecto.

El área de captación estará emplazada en el río Huallaga a la altura del kilómetro 916 de la carretera Lima-Huanuco, la longitud estimada de cierre de la captación es de 80 m.

El desarenador se emplazara en la margen izquierda del río Huallaga, es una estructura de dos naves y longitud estimada de 80 m.

La longitud de excavación del túnel de conducción es de 6.90 Km. Aproximadamente, las transiciones de rocas metamórficas (gneis y esquistos), tienen una longitud de excavación de 60 a 70% de la longitud total, el basamento granodiorítico tiene una longitud de excavación de 15 a 20% de la longitud total del túnel y la diferencia corresponde a rocas sedimentarias de baja competencia.

La tubería forzada tiene una longitud de 400 m. estará emplazada en ladera superficial en cobertura coluvio-deluvial y principalmente en basamento rocoso sedimentario (arenisca).

Casa de Maquinas emplazada al pie de ladera en cobertura coluvial y cimentada en areniscas.

3.3.1 GEOLOGÍA LOCAL DE LA CAPTACIÓN

El área de captación incluye el barraje, desarenador y la estructura de transición hacia el portal de entrada del túnel de conducción, estará emplazado superficialmente sobre rellenos alotrópicos, sub-yace depósito aluvial e infrayace basamento rocoso del complejo Marañón, cuya basamento corresponde a rocas metamórficas regionales

de bajo grado, litológicamente se describe como esquistos, roca fracturada, poco alterada y dureza media y foliación de alto ángulo.

3.3.1.1 TOMA – BARRAJE

El área de Toma y Barraje se ubica aguas abajo de la confluencia del río Blanco y río Huallaga. Las laderas donde se construirán los estribos del barraje presentan las siguientes características geológicas – morfológicas:

- a) **Flanco Este**, margen derecha del río Huallaga, ladera de talud cuya inclinación varía de 55° a 70°, constituido por afloramiento rocoso esquistoso (metamórfico), de dureza alta, roca esquistosa de filiación con ángulo pronunciado, superficialmente meteorizada, se observan transiciones coluviales de poca potencia en la ladera media, hacia las cotas inferiores hasta el lecho del río se observan transiciones coluviales y terrazas restringidas aluvionales, espesor varía entre 1.50 – 2.00m. infrayace el basamento rocoso. Es importante indicar que en época de estiaje, dentro lecho del río se observan afloramientos rocosos cercanos a la margen derecha.

- b) **Flanco Oeste**, margen izquierda del río Huallaga, ladera de talud variable entre 25° a 60°, en la ladera inferior (25° a 35°) se observan rellenos alotrópicos (espesor varía de 3.00 6.00 m. aproximadamente) constituyen la base de la carretera central, en contacto irregular y heterogeneo infrayace con el deposito aluvial, constituido de bloques rocosos, cantos rodados, grava en disposición caótica, heterométrico y de naturaleza poligénica, erráticos angulosos de gran volumen.

La ladera media y superior tiene una cobertura orgánica e infrayace una cobertura deluvio coluvial y transiciones de escombros en variable espesor.

3.3.1.2 DESARENADOR

El desarenador proyecta su construcción sub-perpendicular a las estructuras del barraje, alineada con rumbo N 20° W, ubicada sobre terraza de la margen izquierda del río Huallaga.

Superficialmente se observan transiciones heterogéneas de cobertura orgánica, hacia la ladera se observa un banco coluvio deluvial, la transición de la carretera hacia la margen izquierda del río se ha identificado un relleno alotrópico cuya potencia es variable (1.50 a 5.00m.) y heterogénea, continua un depósito aluvional cuyo espesor varía de 3.00 a 10.00 metros, subyace a rocas esquistosas de naturaleza metamórfica, en cota promedio de 2407.00 msnm. Se ha registrado un cuerpo intrusivo, granito cuarcífero de cota 2396.00 a 2380.00 msnm.

3.3.2 TÚNEL DE CONDUCCIÓN

La zona del túnel está dentro de la unidad geomorfológica, conocida como Etapa Valle, ubicada hacia la margen izquierda del río Huallaga, sobre la Cordillera Oriental.

La forma del relieve es de ladera con pendientes moderadas a abrupto, bisectado por quebradas de escorrentía temporal, la principal incisión o quebrada que tiene incidencia con el trazo del túnel es la Quebrada Salapampa.

Se observan quebradas profundas (salapampa) que son afluentes del río Huallaga, las que inferimos son controladas por fallas geológicas de ajuste locales.

No se observan evidencia de una geodinámica externa activa, como presencia de deslizamientos de tipo rotacional, derrumbes, asentamiento, etc., que puedan comprometer la estructura del túnel, principalmente en la zona de afrontamiento, considerando que el encampane mínimo está por encima de los 20.00 m, según se observa en el perfil longitudinal del trazo del túnel.

El relieve es un indicativo del encampane del túnel, pudiendo clasificarse como superficial si es menor de 100 m, intermedio si es de 100 a 500 m y profundo cuando es mayor de 500 m; por lo tanto consideramos que el encampane predominante es de superficial a intermedio.

La zona geológica del área donde se proyecta construir el túnel de conducción se caracteriza por una superposición de eventos tectónicos que incide desde el Neo-Proterozoico hasta el cuaternario reciente, producidos en tres ciclos orogénicos, correspondientes a la tectónica Proterozoica, Hernicica y Andina.

El basamento Neo-Proterozoico está constituido principalmente por esquistos micáceos poli deformados, localmente marcado por facies anfibolíticas, proveniente de la erosión de un zócalo siálico muy antiguo, asociado a episodios volcánicos

básicos parcialmente transportados. La Tectónica Brasilida de hace 600 M. A. causó el metamorfismo regional.

Inferidos del portal de entrada 0+000 a 0+400 y 2+510 a 6+200, con una longitud aproximada de 4,090.00 metros lineales (59.68% de la longitud total del túnel).

La fase de plegamientos que dio origen a la cadena Eo-herciniana, sucede a un periodo distensivo, responsable de la formación de una cuenca carbonífera intramontañosa con sedimentación molásica continental, interrumpida por eventos marinos y volcánicos.

Sobre el Grupo Ambo se encuentra el Grupo Tarma-Copacabana (indiviso) representados por facies detríticas de poco grosor, correspondiendo al borde Occidental de la cuenca, en la parte superior de este grupo son frecuentes las calizas arenosas o llamadas también calcarenitas no registradas en áreas de la geología local del túnel.

En el Pérmico superior, se depositaron molasas rojas del grupo Mitú que han sido depositados en cuencas continentales de dimensiones limitadas, en el curso de un periodo de reajuste epirogénico acompañado de fases volcánicas.

Constituida por conglomerados polimícticos, sub-angulosos cementados por una matriz areniscosa de grano fino color rojo ladrillo, con estratos delgados de lutitas grises a rojizas con clara estratificación laminar. Inferidos en las siguientes progresivas 6+200 a 6+550, con una longitud aproximada de 350.00 metros lineales (5.106% de la longitud total del túnel).

En el Permico inferior se observan niveles calcáreos (Copacabana) muy resistentes a la erosión, en la base se encuentran areniscas finas (Tarma) bastante delgadas, cubierta por depósitos cuaternarios. Inferidos en las siguientes progresivas 6+550 a 6+853, con una longitud aproximada de 303.00 metros lineales (4.42% de la longitud total del túnel)

El basamento intrusivo mapeado en correspondencia próximo al trazo hidráulico del túnel de conducción, registra un cuerpo plutónico identificado como el macizo San Rafael.

El Macizo San Rafael es un cuerpo de roca datada como del Pérmico superior, constituido por roca de tipo granito a monzogranito, de color gris claro a poco oscuro y algo amarillento, de textura fanerítica de grano grueso, holocristalina, constituido principalmente por fenocristales de plagioclasa, con una mineralización de

feldespatos potásicos, cuarzos y plagioclasas, además de micas como la biotita oscura, sericita, limonita y opacos.

Se encuentran afectados por fallas geológicas locales y con presencia de 4 sistemas de fracturamiento. También se presentan diques de cuarzo lechoso, en variadas direcciones y formas, las que sobresalen por su alta resistencia a los procesos de erosión y meteorización.

El contacto con el Complejo Marañón es directo, no presentan zonas de transición ni presencia de un metamorfismo de contacto importante.

Inferidos en las siguientes progresivas 0+400 a 2+510, con una longitud aproximada de 2110.00 metros lineales (30.785% de la longitud total del túnel). La geología estructural registra 3 eventos denominados zonas estructurales con diferentes características estructurales. La zona estructural Geoanticlinal del Marañón corresponde al área donde se proyecta el túnel de conducción.

El Geoanticlinal del Marañón es un alto estructural donde se encuentran los afloramientos más antiguos del área de estudio; controlados por fallas regionales de dirección NO – SE y N – S; debido a la poca información conocida, este complejo se encuentra conformado por rocas metamórficas y algunos cuerpos intrusivos, de edad Neoproterozoico, principalmente de esquistos verdes con vetillas de cuarzo lechoso bastante replegadas y fracturadas, con pliegues tipo Chevron siendo los mayores plegamientos postmetamórficos que son difíciles de seguir por falta de horizontes guía.

Los rasgos estructurales en la zona del túnel se caracterizan por la presencia de una falla regional con dirección N – S, casi paralelo a la dirección del río Huallaga, incidiendo en las unidades Geológicas del Complejo Marañón, Grupo Tarma – Copacabana y grupo Mitu.

Los criterios para caracterizar las diferentes unidades geológicas por donde atravesaría el eje del túnel son los recomendados por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM 1978), la calidad del macizo rocoso se evalúa con los parámetros Índices de los Sistemas de Clasificación de Macizos Rocosos de Bieniawski-RMR y de Barton-Q.

3.3.3 CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Geológicamente la chimenea de equilibrio estará emplazada dentro del Grupo Tarma – Copacabana, se observan niveles calcáreos (Copacabana), en la base se encuentran areniscas finas (Tarma) bastante delgadas, cubierta por depósitos cuaternarios. En algunos cortes de la margen izquierda del río Huallaga se describe al piso conglomerados con clastos de areniscas, cuarcitas, degradando a areniscas finas pardo amarillentas con intercalaciones de lutitas.

Desde la progresiva 6+730 hasta 6+850 se ha considerado la trampa de roca, chimenea de equilibrio y caseta de válvula, estas unidades de obra están ubicadas cerca al portal de salida del túnel, litológicamente corresponden a areniscas calcáreas, roca fracturada a muy fracturada, alterada, moderadamente resistente a resistente.

3.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EVALUACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

3.4.1 INTERRELACIÓN CON LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS.

En la zona del proyecto se ha realizado los estudios geológicos correspondientes, encontrándose rocas desde el pre-cámbrico hasta el cuaternario los cuales tienen relación con la excavación y sostenimiento del túnel. Para saber los tipos de roca existentes a nivel del eje del túnel se ha realizado perforaciones diamantinas desde la superficie, con los cuales se ha determinado los tramos de túnel que atravesaran las rocas encontradas.

3.4.2 FACTORES GEOMORFOLÓGICOS

En el área del túnel se tiene una superficie abrupta formada por el río Huallaga, que ha determinado un valle angosto en forma de V. El túnel piloto se tuvo que ejecutar desde la carretera Marginal en razón de lo accidentado del terreno no se pudo llegar directamente a la boca de entrada del túnel de aducción, de igual forma la boca de salida se encuentra en un terreno accidentado y para cuyo ingreso se tuvo que habilitar un acceso.

3.4.3 FACTORES LITO-ESTRATIGRÁFICOS.

Las diferentes formaciones y grupos de rocas existentes en el tramo del túnel, se hallan inter-estratificados así tenemos en la parte más baja las filitas del complejo Marañón encima del cual se encuentran las rocas del paleozoico representados por el grupo Ambo y el grupo Tarma, continua el Mesoico conformados por rocas del Triásico, Jurásico y Cretácico y en la parte más alta están las rocas del Cenozoico representadas por rocas del paleógeno y del cuaternario.

3.4.4 FACTORES GEO-ESTRUCTURALES.

Las diferentes condiciones geo-estructurales del túnel han sido formadas por diferentes episodios de deformación, registrando estructuras debajo de las formaciones recientes no deformadas donde se encuentran los afloramientos más antiguos del área de estudio; se observa en el cuadrángulo de Ambo, controlados por fallas regionales de dirección NO – SE y N – S; debido a la poca información conocida este complejo se encuentra conformado por rocas metamórficas y algunos cuerpos intrusivos, de edad Neoproterozoico, principalmente de esquistos verdes con vetillas de cuarzo lechoso bastante replegadas y fracturadas, con pliegues tipo Chevron siendo los mayores plegamientos post-metamórficos que son difíciles de seguir por falta de horizontes guía.

Esta secuencia dominante clástica de grosor desconocido fue depositada en la cuenca del Huallaga controlada por fallas longitudinales alineadas paralelamente a la tendencia andina.

3.4.5 FACTORES HIDROGEOLÓGICOS.

En los tramos del túnel existen ojos de agua que se infiltran, por lo tanto durante la construcción del túnel se encontrara flujos de agua los cuales inciden negativamente en la estabilidad del túnel y requerirá para su evacuación equipos de bombeo.

3.4.6 FACTORES GEO-DINÁMICOS

La actividad geodinámica es relativamente reducida en el área del proyecto, no obstante, en la ejecución de las obras de conducción y de salto al exterior, se debe evitar drásticas modificaciones de los taludes del terreno a fin de no alterar su

equilibrio natural. En la zona del túnel no se observa deslizamientos ni derrumbes de roca, la superficie del terreno está cubierta por vegetación que impide la erosión.

Los procesos geodinámicos que ocurren en la zona del proyecto, están relacionados con el desarrollo de la Cordillera de los Andes y la Cordillera Oriental, que se encuentran en una fase de levantamiento muy lento; pero, con una fuerte erosión que se da en todos los valles andinos e interandinos, acompañada de varios procesos geodinámicos.

3.4.7 FACTORES AMBIENTALES.

El agua requerida para el proyecto de la C.H SANTA LORENZA I, se captara solamente mediante una bocatoma que no alterara el cauce del rio.

En la excavación del túnel piloto, ventanas y el túnel de aducción se generara escombros que serán destinados a botaderos autorizados y que al momento del termino de las obras serán estabilizados y cubiertos con vegetación, por lo que el daño al medio ambiente será mínimo.

3.5 EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO.

3.5.1 MAPEO GEOMECÁNICO.

El mapeo geomecánico se realizó en superficie por método de mapeo de línea de detalle en los cuales se analizaron las diferentes discontinuidades existentes, las condiciones de las mismas y se ha tomado muestras rocosas para su ensayo en laboratorio, también las muestras de roca de los sondajes diamantinos también han sido analizados en laboratorio a fin de determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

3.5.2 MAPEO GEOLÓGICO.

Con fines de la elaboración del expediente técnico se ha realizado el mapeo geológico del área del túnel y de la casa maquina se realizó una evaluación geológica a cargo una cuadrilla de geólogos, quienes han complementado con los sondajes diamantinos determinándose la geología regional y local descrita.

3.5.3 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO.

3.5.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS.

- a) **DENSIDAD.** Se define como la relación entre la masa del material y su volumen, siendo un factor ampliamente usado como indicador general de la mayor o menor dificultad que pueda encontrarse para romper a una roca.
- b) **POROSIDAD.** Es la relación del volumen total de los huecos existentes en una roca a su volumen aparente, la porosidad se expresa siempre en porcentajes de volumen aparente del sólido tomado como unidad.
- c) **ABSORCIÓN.** Es la capacidad de las rocas para saturarse de agua, los mismos que se determina en laboratorio de mecánica de rocas.

La densidad, absorción y porosidad de las rocas existentes construcción del túnel C.H SANTA LORENZA I, se observa en la tabla N° 1:

Tabla N° 1
PROPIEDADES FÍSICAS

ROCA	DENSIDAD Gr/cm ³	ABSORCIÓN %	POROSIDAD %
Granodiorita	2.67	1.21	3.09
Granito	2.65	1.38	3.49
Esquisto	2.58	1.15	2.92
Arenisca	2.52	1.08	3.10
Caliza	2.55	1.20	3.05

3.5.3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ROCA.

✓ **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL.**

Define la fuerza o carga por unidad de superficie bajo la cual una roca fallará por corte o cizalla. Las rocas existentes construcción del túnel C.H SANTA LORENZA I, conforme a los ensayos de laboratorio de mecánica de rocas tienen las siguientes resistencias en la tabla N° 2.

Tabla N° 2

PROPIEDADES MECÁNICAS

ROCA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	
	Kg/cm²	MPa
Granodiorita	1540	150.9
Granito	1420	139.2
Esquisto	1232	120.8
Arenisca	761	74.6
Caliza	678	66.5

3.6 SISTEMAS DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA.

3.6.1 RQD DE DEERE.

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD la calidad de la roca desde el punto de vista en la ingeniería (*ver tabla N° 3*):

Tabla N° 3

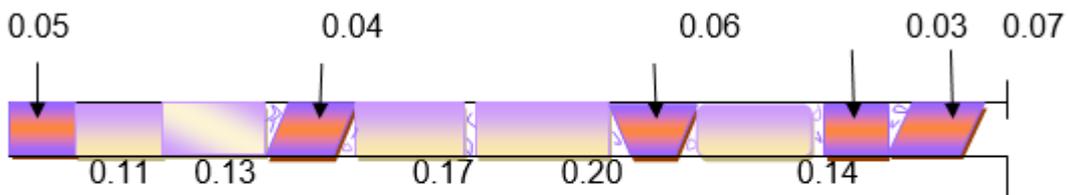
Designación de la calidad de roca (RQD)

RQD	CALIDAD DE ROCA
< 25%	Muy mala
25 - 50%	Mala
50 - 75%	Regular
75 - 90%	Buena
90 - 100%	Muy buena

La RQD, se define como el porcentaje de núcleos que se recuperan en piezas enteras de 100 mm o más, del largo total del barrenos, como se ve en el ejemplo siguiente:

Ejemplo:

Longitud de taladro = 1.0 m



Longitud de testigos recuperados = 0.75 m

$$\text{RQD} = \frac{0.65}{1.00} \times 100 = 75 \%$$

En el caso de no disponerse de sondaje diamantino, el RQD puede ser estimado a partir del número de juntas por unidad de volumen, al cual se le adiciona el número de juntas por metro para cada familia de juntas. La fórmula utilizada es $\text{RQD} = 115 - 3.3 J_v$, donde:

J_v = número de juntas por m^3

Ejemplo:

Se ha encontrado 12 juntas/ m^3 .

$$\text{RQD} = 115 - 3.3 (12)$$

$\text{RQD} = 75.4 \%$, que de acuerdo a la tabla es una roca regular.

3.6.2 RMR DE BIENIAWSKI.

Esta clasificación se basa en el índice RMR (Rock Mass Rating) desarrollado en Sudáfrica por Bieniawski (1973) que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Resistencia compresiva de la roca.
- ✓ Índice de calidad de la roca.
- ✓ Espaciamiento de juntas.
- ✓ Condición de juntas.
- ✓ Presencia de agua.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma en cada caso nos da el índice de calidad RMR que varía de 0 a 100, (*ver tabla N° 4*).

Los objetivos de esta clasificación son:

- ✓ Determinar y/o estimar la calidad del macizo rocoso.

- ✓ Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- ✓ Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- ✓ Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.
- ✓ Se clasifican las rocas en cinco categorías en cada categoría se estiman los valores y luego se definen los factores que intervienen en la clasificación. En la tabla Geomecánica se detallan los tipos de roca, características y resistencia de la roca.

Tabla N° 4

CLASIFICACION DEL C.S.I.R (MODIFICADA POR BIENIAWSKI)									
A. PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SU VALUACION.									
PARAMETROS		RANGO DE VALORES							
1	R.C.S. de la Matriz	Ensayo de carga de punto	>8 Mpa	4 - 8 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Usar Compresion Uniaxial		
		Resistencia a la compresion simple	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa
Valuacion			15	12	7	4	2	1	0
2	R.Q.D.		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
	Valuacion		20	17	13	8	3		
3	Espaciamento de fracturas		>3m	1 - 3m	0.3 - 1m	50 - 300mm	<50mm		
	Valuacion		30	25	20	10	5		
4	Condicion de fracturas		Superficies muy rugosas sin continuidad, sin separacion. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas. Separacion <1 mm paredes de roca dura.	Superficies ligeramente rugosas. Separacion <1 mm paredes de roca suave.	Superficies lisa o pulida o relleno <5 mm de espesor o fracturas abiertas 1-5 mm fracturas continuas.	Relleno >5 mm de espesor a fracturas abiertas >5 mm continuos.		
	Valuacion			25	20	12	6	0	
5	Agua Subteranea	Flujo en 10m de tunel (Lts/mn)	Nulo		<25 Lts/mn	25 - 125 Lts./mn	>125 Lts/mn		
		Presion de agua sobre fracturas	0		0.0 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5		
	Razon sobre fracturas Estuer. Ppal mayor	Completamente Seco		Solo humedo (intersticios)	Presencia moderada	Severos problemas			
	Condiciones generales	10		7	4	0			
Valuacion									
B. AJUSTE EN LA VALUACION POR ORIENTACION DE FRACTURAS.									
Orientacion de rumbo y echado de fracturas		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable			
valuacion	Tuneles	0	-2	-5	-10	-12			
	Fundaciones	0	-2	-7	-15	-25			
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60			
C. CLASES DE MACIZOS ROCOSOS EN FUNCION DE LA VALUACION TOTAL									
Valuacion	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<20				
Clase N°	I	II	III	IV	V				
Descripcion	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala				
D. SIGNIFICADO DE LA CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO									
Clase N°	I	II	III	IV	V				
Tiempo medio de estabilidad de la labor	10 años para 5 m de luz	6 meses para 4m de luz	1sem. Para 3 m de luz	5hrs. Para 1.5m de luz	10min. Para 0.5m de luz				
Cohesion del macizo rocoso	>300KPa	200 - 300KPa	150 - 200 Kpa	100 - 150 Kpa	<100 Kpa				
Angulo de friccion del macizo rocoso	>45°	40° - 45°	35° - 40°	30° - 35°	<30°				

Fuente: C.H. Santa Lorenza I.

La clasificación a lo largo de la excavación del túnel C.H SANTA LORENZA I, se muestra en la tabla N° 5.

Tabla N° 5

Clasificación Geomecánica C.H SANTA LORENZA I

Descripcion	Longitud (m)	%
<u>Tunel Piloto</u>		
Seccion Tipo III	48.00	62%
Seccion Tipo V	30.00	38%
Total	78.00	100%
<u>Tunel de Aduccion</u>		
Seccion Tipo I	190.00	3%
Seccion Tipo II	1,932.00	28%
Seccion Tipo III	2,612.00	38%
Seccion Tipo IV	1,362.00	20%
Seccion Tipo VA	650.00	10%
Seccion Tipo IVB	52.00	1%
Total	6,798.00	100%
<u>Trampa de Rocas</u>		
Seccion Tipo V	33.90	100%
Total	33.90	100%
<u>Chimenea de Equilibrio</u>		
Seccion Tipo III	44.07	100%
Total	44.07	100%
<u>Ventana de Acceso</u>		
Seccion Tipo III	154.00	29%
Seccion Tipo IV	208.00	39%
Seccion Tipo VA	107.00	20%
Seccion Tipo IVB	65.00	12%
Total	534.00	100%

Fuente: C.H. Santa Lorenza I.

3.6.3 Q DE BARTON.

Este sistema ha sido desarrollado por Barton y propuesto por el Instituto Geotécnico de Noruega indica la calidad de la masa rocosa, basado en la observación de cientos de casos típicos de estabilidad de excavaciones subterráneas.

Para obtener el valor numérico de este índice “Q” se plantea la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Donde:

- ✓ RQD: Representa una medida del fracturamiento de la roca propuesta por Deere.
- ✓ Jn: Representa el índice numérico del sistema de fisuras.

Jn Numeros de Familias	Valor
Roca masiva	0.5-1
Una familia de juntas	2
Id. Con otras juntas ocasionales	3
Dos familias de juntas	4
Id. Con otras juntas ocasionales	6
Tres familias de juntas	9
Id. Con otras juntas ocasionales	12
Cuatro o mas familias, roca muy fracturada	15
Roca triturada	20

- ✓ Jr: Representa el índice numérico del grado de rugosidad de las fisuras.

Jr Coeficientes de rugosidad de la junta	Valor
Juntas rellenas	1
Juntas limpias	
Discontinuas	4
Onduladas, rugosas	3
Onduladas, lisas	2
Planas, rugosas	1.5
Planas, lisas	1
Lisos o espejo de falla	
Ondulados	1.5
Planos	0.5

- ✓ Ja: Representa el índice numérico de alteración de las fisuras.

Ja Coeficiente de rugosidad de la junta	Valor
Juntas de paredes sanas	0.75-1
Ligera alteracion	2
Alteraciones arcillosas	4
Con detritus arenosos	4
Con detritus arcillosos pre-consolidados	6
Id. Poco consolidados	8
Id. Expansivos	8 - 12
Milonitos de roca y arcilla	8 - 12
Milonitos de arcilla limosa	5
Milonitos arcillosos-gruesos	10 - 20

- ✓ Jw: Representa la reducción del agua en las fisuras.

Iw Coeficiente reductor por la presencia de agua	Valor
Excavaciones secas o con <5 l/min localmente	1
Afluencia media con lavado de algunas juntas	0.66
Afluencia importante por juntas limpias	0.5
Id. Con lavado de juntas	0.33
Afluencia excepcional inicial, decreciente con el tiempo	0.2-0.1
Id. Mantenido	0.1-0.05

- ✓ SRF: Representa el índice del factor de reducción por esfuerzos.

SRF	Valor
Zona debiles:	
Multitud de zonas debiles o milonitos	10
Zona debiles aisladas, con arcilla o roca descompuesta	5
Id. Con cobertura > 50 m	2.5
Abundantes zonas debiles en roca competente	7.5
Zona debiles aisladas en roca competente	5
Id. Con cobertura > 50 m	2.5
Roca competente	
Pequeña cobertura	2.5
Cobertura media	1
Gran cobertura	0.5-2
Terreno fluyente	
Con bajas presiones descompuesta	5-10
Con altas presiones descompuesta	10-20
Terreno expansivo	
Con presion de hinchamiento moderado	5-10
Con presion de hinchamiento alta	10-15

De la combinación de estos parámetros se considera que índice Q que representa la calidad del macizo rocoso, es función de tres condiciones:

- ✓ Tamaño de los bloques (RQD/Jn)
- ✓ Resistencia al esfuerzo cortante entre bloques (Jr/Ja)
- ✓ Esfuerzos actuantes (Jw/SRF)

La clasificación de las rocas de acuerdo al sistema de clasificación NGI, índice de calidad del túnel Q es:

Q (rock mass quality)	Valoracion
0.001 - 0.01	excepcionalmente mala
0.01 - 0.1	extremadamente mala
0.1 - 1.0	muy mala
1.0 - 4	mala
4 - 10	regular
10 - 40	buena
40 - 100	muy buena
100 - 400	extremadamente buena
400 - 1000	excepcionalmente buena

3.7 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN EL MACIZO ROCOSO.

El túnel de aducción se encuentra a mediana profundidad con referencia a la altura máxima de carga litostática, en este caso la altura máxima es de 430 metros y por lo tanto el esfuerzo a ejercerse sobre el túnel será:

Esfuerzo vertical (σ_v):

$$\sigma_v = H \times \delta \Rightarrow \sigma_v = 430\text{m} \times 2.65 \text{ Kg/m}^3 = 113.95 \text{ Kg/cm}^2$$

Se considera que el túnel está a mediana profundidad por lo tanto el esfuerzo horizontal debe ser la tercera parte del esfuerzo vertical.

Esfuerzo horizontal (σ_h):

$$\sigma_h = 1/3 \times \sigma_v \Rightarrow \sigma_h = 1/3 \times 113.95 \text{ Kg/cm}^2 = 37.9 \text{ Kg/cm}^2$$

En consecuencia la resistencia de la roca para la estabilidad de la roca debe ser superior a este valor del esfuerzo vertical y se debe considerar para este caso un factor de seguridad de 3, así para el tramo analizado va ser 1480 Kg/cm². Dividiendo entre el factor de seguridad se tendría una resistencia de 493.33 Kg/cm² y que es bastante superior al esfuerzo vertical hallado y debe auto-soportarse en la excavación de todo el tramo evaluado.

3.8 APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LA PERFORACIÓN Y VOLADURA DEL TÚNEL.

De acuerdo a la evaluación Geomecánica se tiene definidos 5 tipos de roca, como son roca tipo I, II, III, IV, V. Por lo tanto el diseño de la malla de perforación y voladura tienen que estar de acuerdo a estos tipos de roca, como es para el caso del tipo I y II se empleara la misma malla con 56 taladros (*ver plano N° 4 en el anexo planos*),

además el factor de carga está directamente relacionado con el RMR de macizo evaluado, y el tipo de explosivo también está relacionado con tipo de roca.

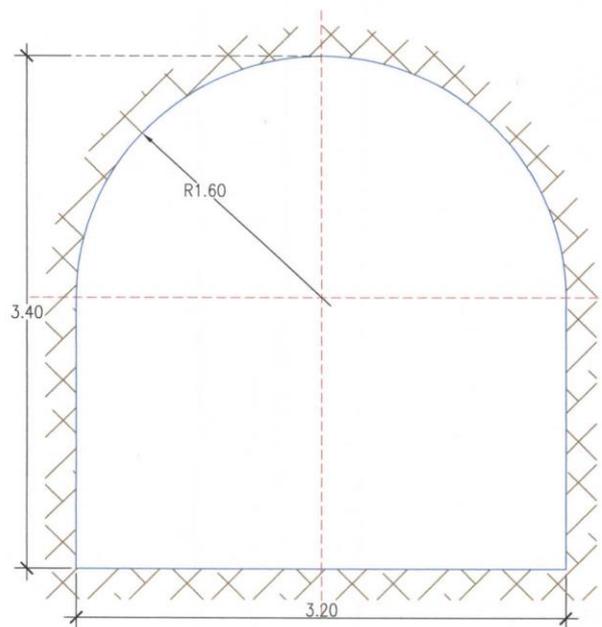
CAPITULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL TÚNEL.

El túnel de aducción, tendrá una longitud estimada de 6798m y una sección de excavación, tipo de baúl de 3.2m x 3.4m, área libre de 9.78m, y una gradiente de 0.002m/m.

GEOMETRÍA DE EXCAVACIÓN DE TUNEL SECCIÓN DE EXCAVACION DE 3.20 x 3.40 m



Datos de la Sección	Linea "A"
Área de Excavación (m ²)	9.78
Perímetro Total (ml)	11.83
Perímetro de Sost. (ml)	8.63

4.2 CAUDAL MÁXIMO DEL CONDUCTO DEL TÚNEL.

La C.H. SANTA LORENZA I, aprovechara un caudal de $11\text{m}^3/\text{s}$ y un salto bruto de 205.88m para contar con una potencia instalada inicial de 18.7MW.

- ✓ Caudal de diseño de la Central hidroeléctrica: $11\text{ m}^3/\text{seg}$.
- ✓ Caudal para la purga de las naves del desarenador: $1\text{ m}^3/\text{seg}$.
- ✓ Caudal de captación: $12\text{ m}^3/\text{seg}$.

4.3 EXCAVACIÓN DEL TÚNEL.

Se desarrollara mediante el sistema Trackles o mecanizado, con el apoyo de los siguientes equipos:

- ✓ Jumbo Electrohidráulico de 01 brazo.
- ✓ Scooptram diésel de 3.5 yd^3 .
- ✓ Camión de bajo perfil (Dumper) de 15 ton.
- ✓ Camión mixer 4 m^3

4.3.1 PERFORACIÓN VOLADURA.

En la excavación de la C.H. SANTA LORENZA I, se utilizara la malla de perforación y voladura para cada tipo de roca que se presente durante la ejecución del túnel, (*Ver plano N° 4 en el anexo planos*).

4.3.1.1 PERFORACIÓN.

La perforación de los taladros de voladura se lograra por roto-percusión mediante el equipo de accionamiento electrohidráulico. La perforación será realizada de manera que se pueda obtener el paralelismo en los taladros, especialmente en los taladros perimétricos o de contorno evitando o minimizando así la sobre-excavación de la sección. En el frente de trabajo se contara con un jumbo electrohidráulico de 01 brazo. Para la perforación y colocación de alcayatas se contara con una perforadora manual, en general será utilizada para todas aquellas perforaciones de servicio que resulte tedioso realizarlos con el jumbo.

El propósito de la perforación es la de generar en la roca huecos cilíndricos denominados taladros, de profundidades variables y con diámetros variables, que están destinados a alojar el material explosivo y de sus accesorios iniciadores. El

principio de la perforación se basa en el efecto mecánico de percusión y rotación, cuya acción de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca.

Para conseguir una voladura eficiente la perforación se debe ejecutar con buen criterio y cuidado, la calidad de los taladros estarán determinados por cuatro condiciones:

- ✓ Diámetro.
- ✓ Longitud.
- ✓ Rectitud (paralelismo).
- ✓ Estabilidad (limpieza del taladro).

a) Trabajos previos a la perforación.

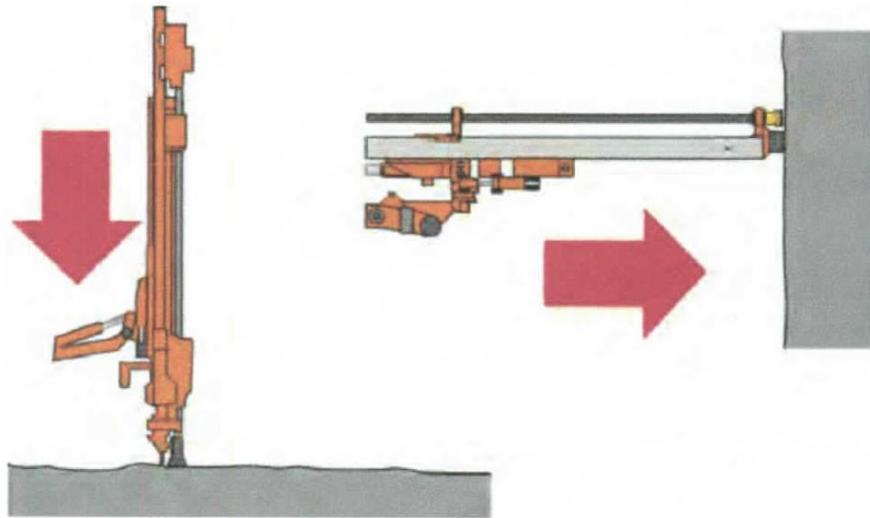
- ✓ Inspeccionar el equipo, utilizando el formato de pre uso (check list) verificando el funcionamiento del sistema eléctrico, hidráulico, mecánico y los dispositivos de seguridad.
- ✓ Inspeccionar la columna de perforación (barreno y/o tren de varillaje) verificando que se cuenta con los aceros adecuados.
- ✓ Verificar el estado actual de la labor, utilizando el formato de 5 puntos, teniendo especial cuidado en el desatado de rocas, sostenimiento, presencia de tiros cortados o sopladados. Está prohibido iniciar la perforación sobre o al lado de tiros cortados.
- ✓ Con la ayuda de equipo topográfico se realiza el marcado de la sección a perforar, se debe ubicar el punto de la dirección, gradiente y sección de la labor, evitando de esta manera la desviación y sobre rotura.
- ✓ Trasladar el equipo al frente de avance y realizar las conexiones para el suministro de agua y energía eléctrica, las conexiones y cables eléctricos del jumbo estarán en perfecto estado de conservación y acomodados adecuadamente evitando el contacto con el agua.
- ✓ Se realiza el marcado de la malla en el frente de perforación.

b) Trabajos durante la perforación.

Para iniciar los trabajos de perforación, el operador del equipo debe de tener en cuenta los siguientes factores:

- ✓ **Posicionamiento:**

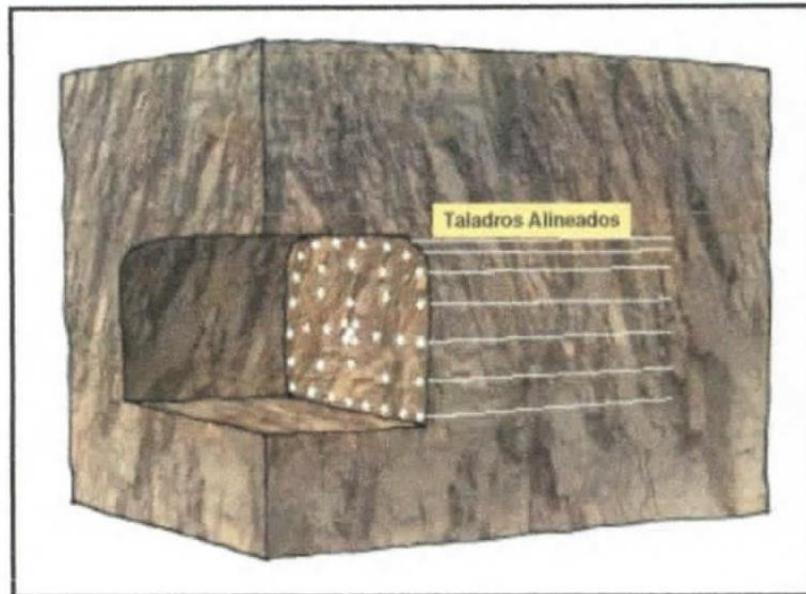
- La deslizadera o brazo del equipo debe estar presionada contra la roca antes durante y después de la perforación del taladro.
- Esto de modo que no se mueva la columna de perforación (tren de varillaje), en caso de producirse movimientos se podría doblar la columna de perforación, produciéndose la rotura.
- Una deslizadera colocada en forma estable permite utilizar adecuadamente la fuerza de avance para lograr la máxima velocidad de penetración.



Posicionamiento del Brazo del Jumbo

✓ **Alineación:**

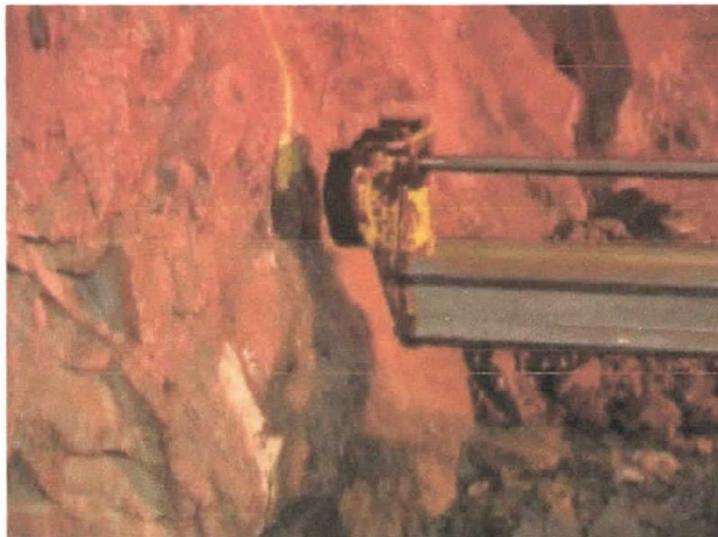
- Los taladros deben de ser lo más rectos posibles, para obtener una distribución optima del explosivo.
- La desviación total del barreno es con frecuencia el resultado combinado de una alineación incorrecta, mal emboquillado y desviación durante la perforación.
- Es necesario mantener el paralelismo de los taladros, así como el adecuado burden y espaciamiento.



Paralelismo

✓ Emboquillado

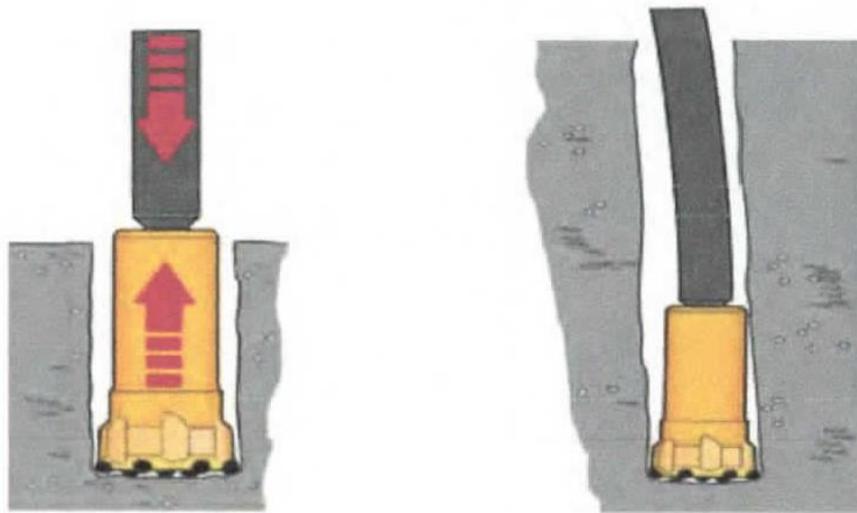
- El barreno se emboquilla presionando la broca contra la roca, comenzando la perforación con presiones de avance y percusión en baja.



✓ Correcto emboquillado.

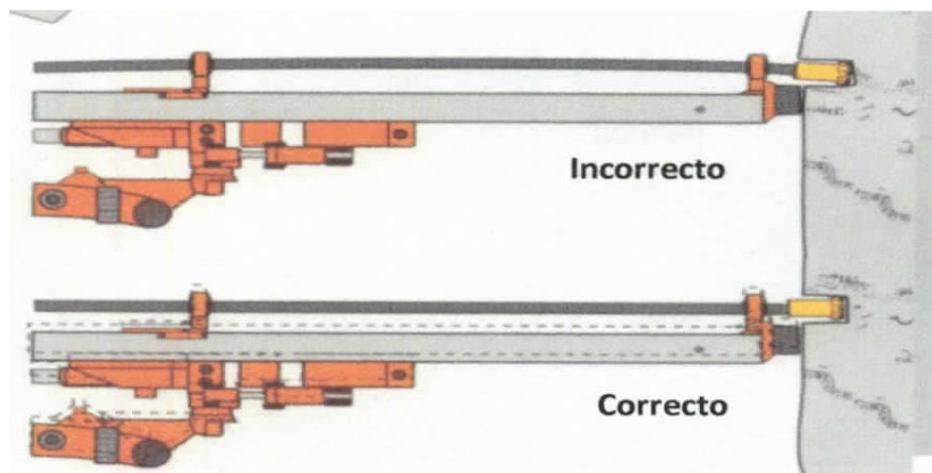
- Se debe aplicar siempre un barrido (agua y aire) con buena presión (05 bares como mínimo).
- Se debe aumentar la energía de impacto y la fuerza de avance, tan pronto la broca haya penetrado en la roca, un pie como mínimo.

- A veces se debe ajustar la posición del brazo de jumbo después de perforar unos centímetros o antes que la barra haya penetrado más de un pie de modo que la barra este recta y avance en la dirección prevista.
- En lo posible evitar mover el brazo durante la perforación, únicamente se deben realizar pequeñas correcciones.



✓ Comparación de Emboquillado

- Si la perforación se lleva a cabo sin que la barra esté exactamente paralela con la deslizadera, aumenta el riesgo de rotura por fatiga.



Posición de la Barra respecto con la Deslizadera

Durante la perforación misma del taladro, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros de perforación:

✓ **Percusión.**

- Es el impacto producido por el golpe de la perforadora generando unas ondas de choque, las cuales se transmiten hacia la broca a través de la columna de perforación (tren de varillaje).
- La energía de impacto se debe regular para ajustarlo al tipo de roca que se está perforando. Para el tipo de roca suave y fracturada se necesita menos energía, por lo tanto se debe reducir la presión de percusión.
- Los equipos modernos de perforación tienen dispositivos integrados llamados anti-atasque, para regular la energía de impacto.

✓ **Rotación.**

- Es el movimiento de giro de la columna de perforación (tren de varillaje), la broca debe de recorrer una determinada distancia para que cuando golpee la roca, esta se da en distintas posiciones.
- La velocidad de rotación se debe de ajustar al diámetro de la broca y a la frecuencia de impactos de la perforadora.
- Las brocas de mayor tamaño giran más despacio, una velocidad de rotación demasiado alta genera el desgaste prematuro de la broca.
- Para diámetros de broca entre 45 mm y 102 mm la velocidad de rotación es de 100 a 120 RPM.

✓ **Avance.**

- Es la fuerza de empuje que ejerce la perforadora sobre la columna de perforación (tren de varillaje), con la finalidad de mantener la broca en contacto con la roca.
- Una fuerza de avance insuficiente producirá una baja velocidad de penetración, debido a que las juntas de la columna de perforación no estén adecuadamente apretadas.
- Realizar la perforación con juntas flojas, dificulta la transmisión de energía a través de la columna de perforación (tren de varillaje), la energía que no se transmite se convierte en calor elevando la temperatura del acoplamiento y de las barras, de esta forma se

destruye el tratamiento térmico, produciéndose danos en forma de corrosión crateriforme, acortando la vida útil de los aceros.

- Una fuerza de avance elevada hará que se doblen las barras, dando lugar a grandes tensiones y desviación del taladro.

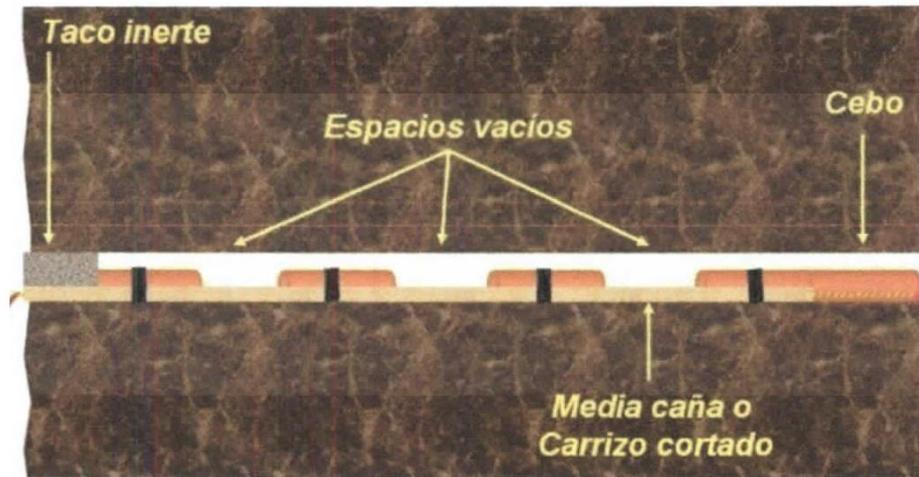
✓ **Barrido.**

- Es la presión de agua, aire o combinación de ambos que permite extraer el material roto o triturado (detritus) del fondo del taladro. El fondo del taladro debe mantenerse limpio durante la perforación.
- Un barrido deficiente reduce la velocidad de penetración y aumenta el riesgo de atascos.
- En perforaciones a altas velocidades es esencial un barrido eficaz, un buen barrido permite evacuar rápidamente el detritus del taladro y por ende mantener limpio el orificio de barrido del barreno.
- Las perforadoras hidráulicas tienen sistemas integrados de barrido, cuando el agente de barrido es el agua en un barrido central, la presión de agua debe ser menor a la presión del aire, sino existe el riesgo que el agua ingrese a la perforadora.
- Durante la perforación se debe verificar la existencia de fugas de aceite.
- Durante el tiempo que dure la perforación (antes, durante y después), se deberá verificar la estabilidad del macizo rocoso que pudiera ser alterado producto de las vibraciones generada por el equipo durante la perforación.
- Con la finalidad de preservar la estabilidad de los taladros cuando se perfore en material suelto estos serán revestidos con tuberías de PVC de 1.1/2" ø, en caso de ser necesario.
- Al término de la actividad, se deberá desconectar la energía eléctrica, agua y retirar el equipo a su área de reposo, los cables y las mangueras en un lugar seguro fuera del alcance del disparo.

4.3.1.2 CARGUÍO Y VOLADURA.

La operación de voladura comprende el manejo, almacenamiento y utilización de explosivos según las normas establecidos y válidas para el proyecto.

- ✓ El traslado de explosivos a la labor debe ser efectuado por personal capacitado y autorizado por la SUCAMEC.
- ✓ El explosivo será trasladado por separado de los accesorios de voladura, por el personal autorizado portando su carnet de SUCAMEC (cargador de frentes y ayudante).
- ✓ Antes de disponer el uso de explosivos en un determinado lugar se evaluara previamente, con el apoyo de la información geológica se determinara la carga más adecuada para cada caso y la metodología más apropiada de voladura.
- ✓ Previo a determinar dicho uso, se estudiaran mínimas desviaciones del trazado que de ser factibles permitan reducir la cantidad de explosivos a utilizar.
- ✓ Se tomara extrema precaución para prevenir accidentes que involucren personas y propiedades. Se pondrá en conocimiento a todo el personal de las medidas de seguridad adoptadas y se evitara la presencia de personas cerca al lugar del disparo.
- ✓ El cargador y el ayudante verificaran la longitud de cada taladro e insuflaran aire comprimido al interior de estos con el fin de eliminar el detritus y el agua presentes en los taladros, para esto utilizaran sopletes y obligatoriamente anteojos de seguridad y el resto del EPP.
- ✓ Una vez verificado la limpieza de los taladros se procederá a colocar la señalización de advertencia en el ingreso de la zona de voladura, e iniciaran la preparación de los cebos.
- ✓ Utilizando punzones de cobre o de polipropileno perforaran los cartuchos de dinamita para luego insertarle el fulminante fanel, este trabajo se efectuara lejos de la ubicación del explosivo.
- ✓ Concluida la preparación de cebos, se procederá a la preparación de cañas con los cartuchos de dinamita espaciados y unidos por una línea de pentacord, para el carguío de los taladros de la corona (voladura controlada).



Voladura Controlada

- ✓ **Inicio del carguío**, colocando los cebos en los taladros de arranques, luego las ayudas, cuadradores, alzas (cañas para voladura controlada) y finalmente los arrastres seguidamente de los cartuchos de dinamita. La columna del taladro será confinada ligeramente con el empleo de los atacadores de madera para evitar que sople el disparo, luego se sellara el taladro con material inerte. Tener en cuenta la secuencia de salida de los fulminantes (retardos).
- ✓ Verificación del carguío correcto de todos los taladros, se debe tener cuidado de que las mangueras de los fulminantes no se dañen, porque esto ocasionaría que el fulminante no sea iniciado (*ver fotografía N° 6 en el anexo Fotografías*).
- ✓ Al amarrar los conectores con el cordón detonante debe verificarse que el cordón no forme rizos ni este en contacto con las superficies angulosas, porque esto ocasionaría cortes en la voladura.
- ✓ Los fulminantes deben amarrarse al cordón detonante solamente cuando ya se va iniciar el chispeo.
- ✓ El personal debe retirarse a un lugar seguro (no menos de 150 m) apagando el ventilador y teniendo siempre en cuenta el tiempo, no sin antes verificar que las señales (letreros de advertencia) de voladura se hayan colocado, luego de esperar a que suene la detonación.
- ✓ Finalmente el personal se retira del área de trabajo no sin antes dejar ventilado el frente encendiendo el ventilador.

4.3.2 VENTILACIÓN.

Durante todo el tiempo que demande la ejecución de los trabajos de excavación subterráneo, se mantendrá operativo un sistema de ventilación forzada de los frentes de trabajo, los mismos que deben satisfacer las necesidades de aire fresco a las personas y equipos que laboran en el túnel. Dicho sistema deberá contar con ventilación axiales de accionamiento eléctrico en número y potencia suficientes para proporcionar aire fresco según las siguientes condiciones:

- ✓ 3m³/min.x cada trabajador en el frente de excavación.
- ✓ 3m³/min.x cada HP nominal de los equipos diésel que operan en el túnel.

Los ductos de ventilación, serán flexibles de poliéster con peso de 600 gr/cm² y espesor de 0.75mm capaces de soportar una presión de trabajo equivalente a 2,000mm de columna de agua.

Para realizar el objetivo, se empleara 01 ventilador de 75 HP colocado en la boca de ingreso que insuflara el aire desde la superficie hacia el tope durante la etapa de excavación.

Producido la voladura, el túnel debe ser ventilado por un tiempo adecuado, sugerido en los cálculos matemáticos, con el fin de remover los gases tóxicos de manera que la cantidad del aire sea aceptable dentro del túnel.

Si debido a la longitud excavada del túnel, la ventilación instalada resultase insuficiente, se deberá colocar ventiladores auxiliares a lo largo de la manga para compensar las pérdidas (*Ver plano N° 5 en el anexo planos*).

4.3.3 LIMPIEZA.

Para la evacuación del desmonte producto de las excavaciones se dispondrá de cámaras de acumulación distanciadas a 250m. Unas de otras con el fin de minimizar los tiempos de limpieza. Desde ese punto, el desmonte será cargado sobre camiones de bajo perfil (Dumper) para su traslado hasta las inmediaciones del portal de entrada del túnel.

- ✓ Scooptram diésel de 3.5 yd³.

- ✓ Camión de bajo perfil (Dumper) de 15 ton.

En una segunda operación, el desmonte es cargado sobre el camión volquete con el apoyo del cargador frontal. Finalmente, este excedente es trasladado hasta los botaderos autorizados por la supervisión.

4.3.4 SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL.

4.3.4.1 CONCRETO LANZADO.

El concreto lanzado (también llamado shotcrete), es una mezcla de agua, cemento, aditivo, acelerante, elementos de esfuerzo y agregados pétreos bien gradados (arena y grava) los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a tal velocidad sobre una superficie para obtener un recubrimiento de concreto compacto y resistente.

Este concreto debe cumplir la resistencia de 350 Kg/cm^2 en 28n días según al diseño de mezcla mostrado en la tabla N° 6.

Tabla N° 6
DISEÑO DE MEZCLAS

Tipo de concreto	Shotcrete Via Humeda
Resistencia mínima a la compresión a 28 días (kg/cm ²):	35MPa
Relación agua/cemento	0.45
Asentamiento	6" - 8"

Materiales:

Cemento	: Andino Tipo I
Agregado	: Cantera Unguymaran/Huallaga
Agua	: Procedente del Río Huallaga
Aditivo 1	: MasterRheobuild 1000
Aditivo 2	

Peso específico de materiales

Peso Especifico Cemento (gr/cm ³)	3120
Peso Especifico Aditivo 1 (gr/cm ³)	1200
Peso Especifico Aditivo 2 (gr/cm ³)	

Características de los agregados

	<u>Arena</u>
Tamaño maximo	1/2"
Peso Especifico Arena SSS (gr/cm ³)	2.64
Absorción (%)	1.50%
Humedad Natural (%)	3.89%
Módulo de Fineza	3.90

<u>CANTIDAD DE MATERIALES POR 1 M3</u>	<u>Diseño Seco</u>	<u>Diseño SSS</u>	<u>Diseño SSS</u>
Cemento (kg)	420.00	420.00	420.00
Adición (kg)	27.00	27.00	27.00
Arena (kg)	1,631.06	1655.69	1694.51
Agua (lt)	190.00	190	151.18
Fibra Metálica (kg)	0.00	0.00	0.00
MasterRheobuild 100 (kg)	7.14	7.14	7.14
P.U Teórico (kg)	2275.20	2299.83	2299.83

Fuente: C.H. Santa Lorenza I.

4.3.4.2 PERNO DE ANCLAJE HELICOIDAL.

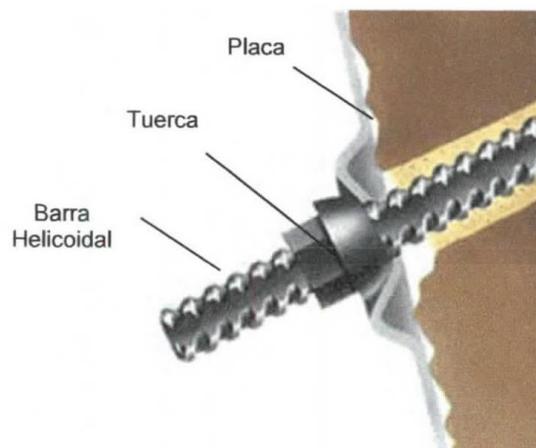
Son barras de acero que tienen una sección transversal levemente ovalada, con resaltes en forma de hilo helicoidal de gran peso el cual permite colocar una tuerca.

El diseño del hilo permite formar una sección resistente a los esfuerzos de torsión conjuntamente con el elemento cementante que servirá de sujeción.

Para confinar los la barra helicoidal en el interior del taladro se utilizara cartuchos de resina de acción rápida. Luego se rellenara toda la longitud de taladro con lechada de cemento (mezcla de agua con cemento). Además el perno estará provisto de una placa de sujeción y una tuerca de fijación como elementos de apoyo en la roca.

La barra helicoidal deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- ✓ Diámetro : 25mm
- ✓ Longitud : 1.5, 2.0 y 2.50 mts.
- ✓ Norma : ASTM A615 (American Society for Testing Materials)



4.3.4.3 MALLA ELECTROSOLDADA.

Consiste en una cuadrícula conformado con alambre los cuales están soldados en sus intersecciones, la malla es utilizada como refuerzo del concreto lanzado (Shotcrete) y para prevenir la caída de rocas actuando como sostenimiento de la superficie excavada.

La malla deberá ser fijada en la roca mediante grapas de fierro de 3/8" \varnothing x 0.30 mts, o mediante alambres auxiliares colocados especialmente con este propósito en los extremos sobresalientes de los pernos de anclaje, el colocado de la malla será colocado en todo el perímetro de la sección (excepto el piso).

Esta malla deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- ✓ Diámetro : #8
- ✓ Tamaño de la malla : 100 x 100 mm (4"x4")



4.3.4.4 CIMBRA PERFIL W4" x 13Lib/Pie.

Es un elemento de sostenimiento pasivo, conformado por arcos y parantes metálicos fabricados con perfiles de acero.

Este sistema de sostenimiento continuo demanda además de otros accesorios metálicos los cuales permiten el empalme, anclaje, encribado y topeado del mismo con el fin de transferir uniformemente las cargas sobre ella. Bajo cargas excéntricas la cimbra se vuelve ineficiente y estará expuesta a esfuerzos de torsión.

La cimbra deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

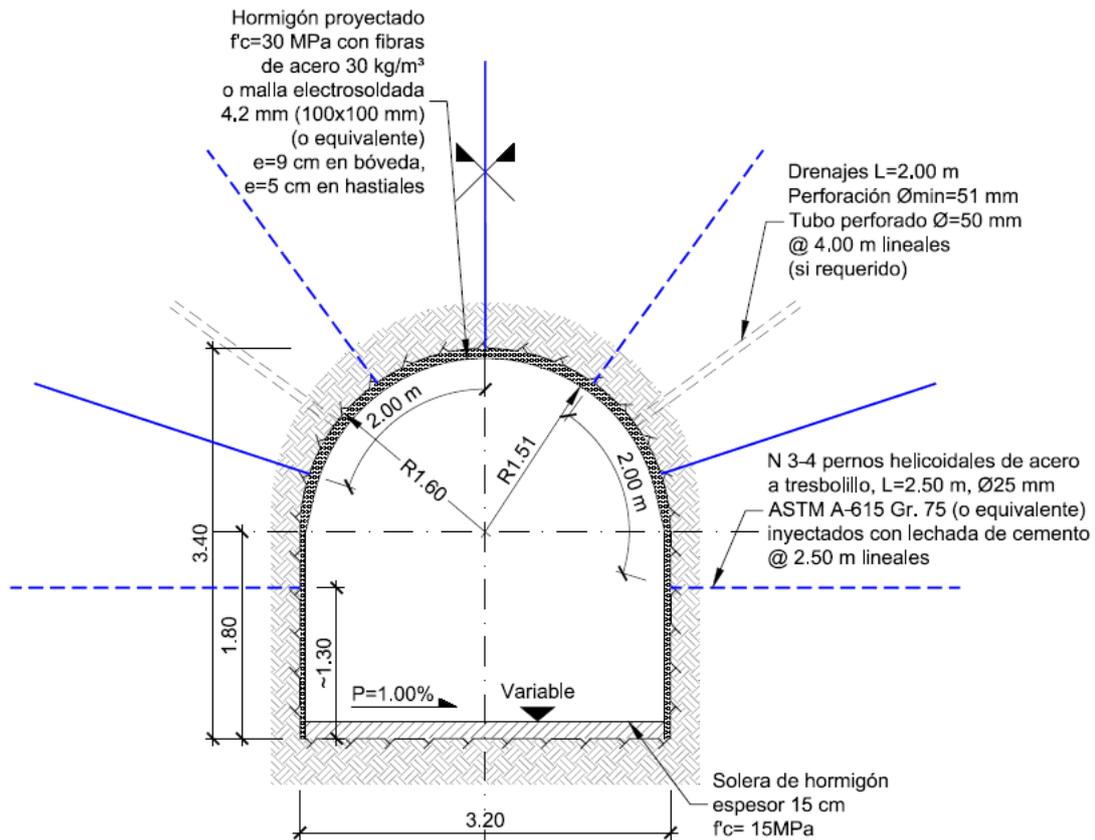
- ✓ Perfil : W4" x 13Lb/pie.
- ✓ Norma técnica: ASTM-A36

El topeado de las cimbras contra el macizo rocoso es esencial para permitir la transferencia uniforme de las cargas sobre la cimbra. El elemento de topeo será el bolsacreto.

Para el encribado de las cimbras se empleara las planchas colaborantes las cuales tendrá un traslape de 10cm. En vertical y una honda horizontal, detrás de estas (hacia el lado del macizo) se deben rellenar los espacios con material de excavación. No es recomendable dejar espacios entre el marco del sostenimiento y el terreno (los llamados puntos blandos) pues existe una mayor posibilidad de deformación de arco. Esta plancha colaborantes deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

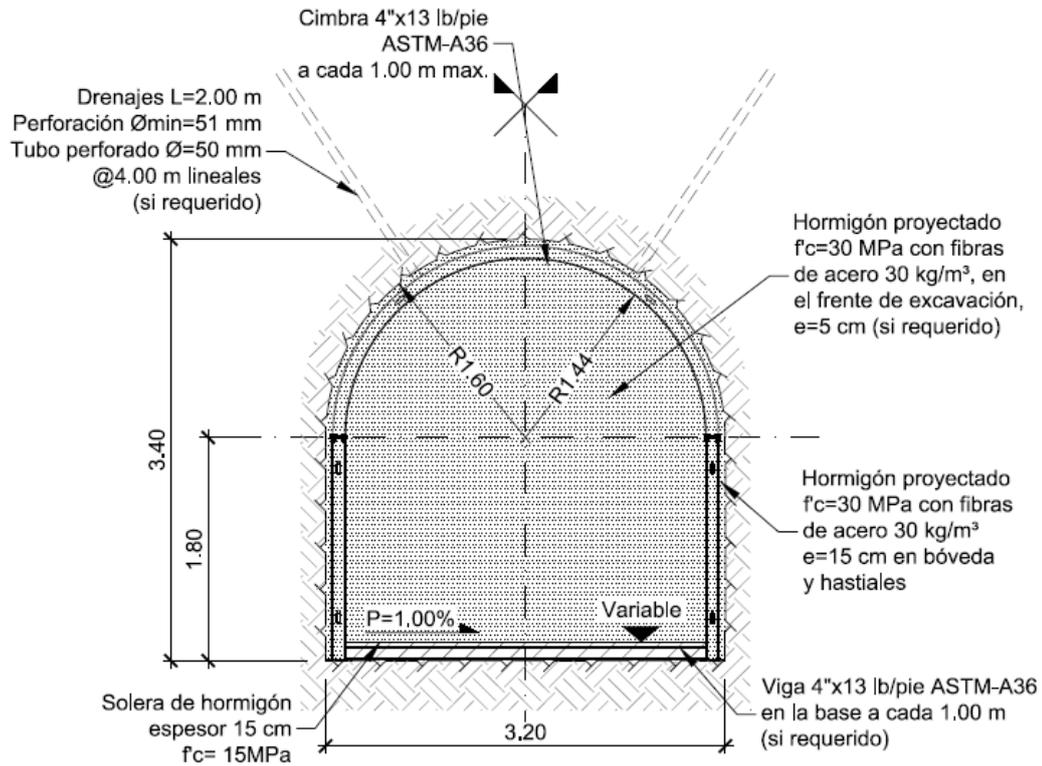
- ✓ Longitud : 1100mm.

transversal y longitudinal. Colocación de una capa de hormigón proyectado ($f'_c = 30$ MPa) con fibras de acero (dosificación de 30 kg/m^3) o malla electrosoldada de $4.2 \text{ mm} \times 100 \times 100 \text{ mm}$, con espesores de 9 cm en la bóveda y 5 cm en los hastiales. Adicionalmente se recomienda la instalación de drenajes con 2.0 m de longitud espaciados a cada 4.0 m si requerido.



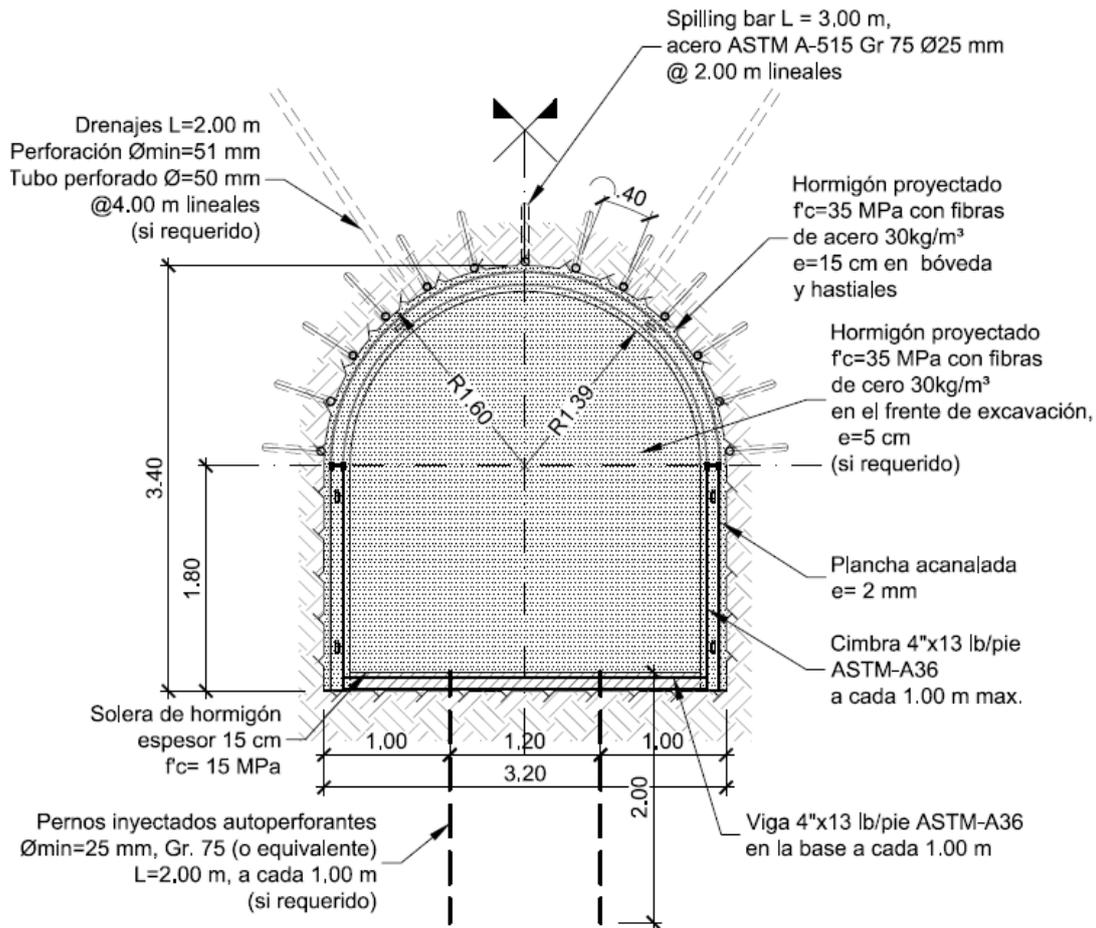
4.3.5.3 Sostenimiento clase IV (roca mala – $20 < \text{RMR} \leq 40$)

La clase IV consta de la aplicación sistemática en tresbolillo de pernos de acero inyectados con lechada de cemento (7 y 6 pernos en bóveda y hastiales), con 2.50 m de longitud, diámetro de 25 mm , espaciados a cada 1.20 m en la sección transversal y longitudinal. Como medida de sostenimiento entre pernos de anclaje se recomienda la ejecución de una capa de hormigón proyectado ($f'_c = 30$ MPa) con fibras de acero (dosificación de 30 kg/m^3) o malla electrosoldada de $4.2 \text{ mm} \times 100 \times 100 \text{ mm}$, espesor de 12 cm en la bóveda y hastiales. Son previstos también drenajes con longitud de 2.0 m en la bóveda del túnel, si requerido.



4.3.5.5 Sostenimiento clase VB (roca extremadament. mala – RMR ≤ 10)

Los soportes de la clase VB que deben ser aplicados constan de la instalación cimbras y vigas de acero en el piso de 4"x13 lb/pie (ASTM-A36) a cada 1.0 m; instalación en el piso de pernos de acero autoperforantes (Gr. 75 o equivalente) espaciados a cada 1.0 m si necesario, con diámetro mínimo igual a 25 mm y longitud de 2 m; ejecución de capa de hormigón proyectado en bóveda y hastiales ($f'_c = 35$ MPa), espesor igual a 15 cm con fibras de acero (dosificación de 30 kg/m^3); spilling bars instalados en la bóveda con longitud igual a 3.0 m, diámetro de la barra de 25 mm (ASTM 515 – Gr 75). Caso necesario se propone también la instalación de drenajes en la bóveda del túnel con longitud de 2 m espaciados a cada 4.0 m lineales.



4.4 CONTROLES

4.4.1 CONTROL TOPOGRÁFICO

Las obras subterráneas se ejecutarán siguiendo los ejes, perfiles y niveles indicados en los planos o según ordene el Supervisor.

No se permitirá desviaciones totales mayores de ± 50 mm., en los alineamientos ni de ± 100 mm. En las gradientes.

A menos que se indique de otro modo en los planos, el límite entre la excavación en superficie y la excavación subterránea del túnel será la cara de roca a partir de la cual se requiere excavación por métodos de tunelería.

El Contratista mantendrá informado al Supervisor, con suficiente anticipación, de la programación de las excavaciones de modo que se pueda verificar con precisión, a intervalos no mayores de diez (10) metros, las dimensiones efectivas excavadas,

sometiendo los respectivos registros al Supervisor en formato aprobado (*Ver planos N° 6,7 y 8 en el anexo planos*).

Las secciones excavadas, con referencia a la sección de diseño mostrada en los planos, podrán determinarse por medición directa o bien por otro método adecuado.

4.4.2 CONTROL GEOMECÁNICO.

Se ha usado el Sistema de Clasificación Geomecánica de valoración del macizo rocoso “Rock Mass Rating” o RMR, definiendo cinco categorías de roca para establecer rangos promedio de características geomecánicas para fines de diseño, se evaluara con el formato de mapeo geomecánico (*ver Lamina N° 2*).

RMR	TIPO DE CLASIFICACIÓN	
	ROCA	USADA
80 - 100	Excelente	I
60 - 80	Buena	II
40 - 60	Regular	III
20 - 40	Mala	IV
< 20	Muy mala	V

LAMINA N° 2

Formato de Mapeo Geomecánico.

		FORMATO MAPEO GEOMECANICO		Tunel: Progresiva	Fecha
F1		F3			
Az/Bz	#fract/mt.	favor/contra	Az/Bz	#fract/mt.	favor/contra
F2		F4			
Az/Bz	#fract/mt.	favor/contra	Az/Bz	#fract/mt.	favor/contra

Filtracion por cada 10 m (L/min)	Descripciones	Puntaje	R.Q.D. %	Puntaje
Nada	Completamente seco	15	90-100	20
< 10	Apenas humedo	10	75-90	17
10 a 25	humedo	7	50-75	13
25 a 125	Goteo	4	25-50	8
> 125	Flujo continuo	0	< 25	3

Espaciamiento (m)	Puntaje	Índice del ensayo de carga puntual (Mpa)	Resistencia a la compresión simple	Puntaje
>2	20	> 10 Mpa	> 250	15
0.6-0.2	15	4 a 10 Mpa	100-250	12
0.2-0.6	10	2 a 4 Mpa	50-100	7
0.06 - 0.02	8	1 a 2 Mpa	25-50	4
< 0.06	5	-----	5 a 25	2
		-----	1 a 5	1
		-----	< 1	0

Long discontinuidad (m)	< 1m	1-3m	3-10m	10-20m	> 20m
persistencia	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm
	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Levemente rugosa	Lisa	Pulida
	6	5	3	1	0
Tipo de relleno	Nada	esistente < 5mm	Resistente > 5mm	Blando < 5mm	Blando > 5mm
	6	4	2	2	0
temperización (alteración)	Inalterada	levemente alt.	Moderadamente alt.	Muy alterada	Descompuesta
	6	5	3	1	0

RQD = 115-3.3Jv

RMR =+.....+.....+.....+.....=

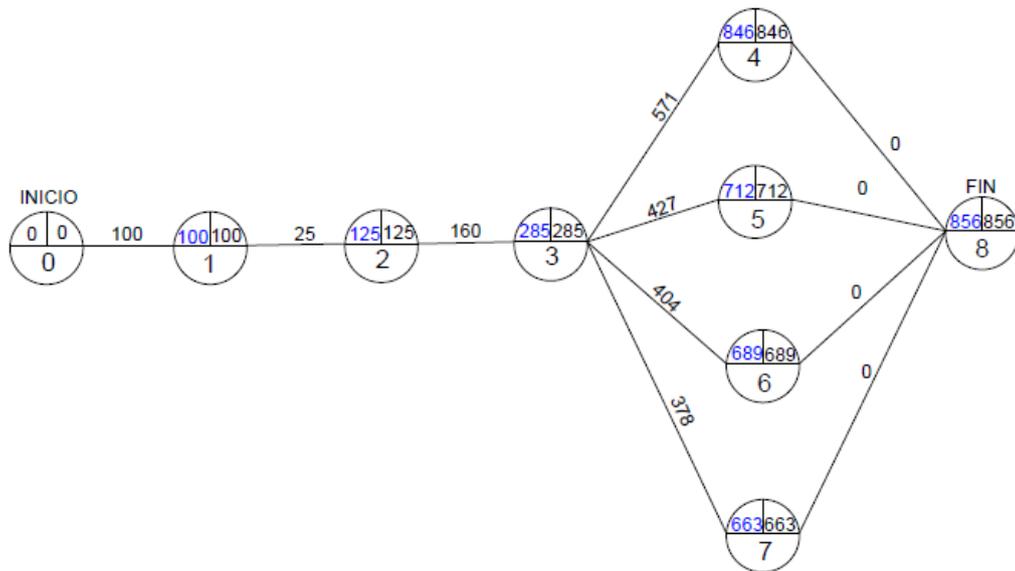
Fuente: C.H. Santa Lorenza I.

4.5 CONTROL DEL TÚNEL APLICANDO EL MÉTODO PERT - CPM.

ACTIVIDADES:

1. Trabajos Preliminares : 100 días
2. Excavación del túnel piloto : 25 días.
3. Excavación ventana : 160 días
4. Excavación frente 1 : 571 días
5. Excavación frente 2 : 427 días
6. Excavación frente 3 : 404 días
7. Excavación frente 4 : 378 días

DIAGRAMA PERT -CPM



RUTAS CRITICA: 0-1-2-3-4-8 = 856 días

4.6 ILUMINACIÓN.

Durante la excavación el túnel será iluminado en su totalidad, se instalara luminarias (fluorescentes) espaciados cada 5m, desde la entrada hasta 15 metros atrás del frente.

4.7 EQUIPO Y MAQUINARIA.

Los principales equipos que serán empleados para la ejecución del túnel, son los siguientes:

a) *Excavaciones subterráneas.*

- ✓ Jumbo Electrohidráulico : 01 brazo.
- ✓ Scooptram Diésel : 3.5 yd³
- ✓ Perforadora Stoper
- ✓ Shotcretera Eléctrica (Aliva) : 6m³/hr.
- ✓ Bomba de concreto : 30m³/hr.
- ✓ Compresora Diésel : 750 cfm.
- ✓ Plataforma Trepadora (Alimak)
- ✓ Bomba de Inyección de Concreto
- ✓ Perforadora Neumática
- ✓ Camión Mezclador Mixer : 4.0 m³
- ✓ Camión de Bajo Perfil (Dumper) : 15 ton.
- ✓ Electrobomba Sumergible Major : 10HP.

- ✓ Electrobomba Sumergible Matador : 35 HP.
- ✓ Ventilador Eléctrico : 75 HP.

b) Excavación superficial.

- ✓ Excavadora Hidráulico : 177 HP.
- ✓ Rodillo Autopulsado Vibratorio : 10 ton.
- ✓ Volquete : 15 ton
- ✓ Manipulador Telescópico
- ✓ Dosificadora de Concreto : 20 m³/hr.
- ✓ Bomba de Concreto : 30 m³/hr.
- ✓ Cargador Frontal
- ✓ Automezcladora de Concreto : 5.5m³
- ✓ Grupo Electrónico : 125HP.
- ✓ Motoniveladora
- ✓ Tractor Sobre Orugas
- ✓ Chancadora para Agregados
- ✓ Camión Cisterna : 1500 gal.

c) Eliminación de material excedente.

- ✓ Cargador Frontal : 2.7m³
- ✓ Camión Volquete : 15 m³

4.8 MANO DE OBRA.

La fuerza laboral está constituida por:

a) Personal de Dirección.

- ✓ Ing. Gerente de Obra.
- ✓ Ing. Residente de Obra.
- ✓ Ing. Asist. de Residente.
- ✓ Ing. Residente de Obras Civiles.
- ✓ Ing. Jefe de Guardia.
- ✓ Ing. Jefe de Seguridad.
- ✓ Ing. De Seguridad.
- ✓ Ing. Jefe de Taller Mecánico.

- ✓ Topógrafo.

b) Personal de Obras Subterráneas.

- ✓ Capataz.
- ✓ Perforista.
- ✓ Shotcretero.
- ✓ Operador de Jumbo.
- ✓ Operador de Scoop.
- ✓ Operador de Dumper.
- ✓ Chofer de Volquete.
- ✓ Cargador.
- ✓ Bodeguero.
- ✓ Mecánico.
- ✓ Eléctrico.
- ✓ Servicios.
- ✓ Ayudantes.

c) Personal de Obras Superficiales.

- ✓ Capataz.
- ✓ Operador de Tractor.
- ✓ Operador de Excavadora.
- ✓ Operador de Cargador Frontal.
- ✓ Operador de Rodillo Autopropulsado.
- ✓ Operador de Manipulador Telescópico.
- ✓ Chofer de Volquete.
- ✓ Chofer de Camión Cisterna.

d) Personal Administrativo.

- ✓ Administrador de Obra.
- ✓ Asist. Administrativo.
- ✓ Asist. Social.
- ✓ Tareador.
- ✓ Jefe de Almacén.
- ✓ Ayudante de Almacén.

4.9 SEGURIDAD DURANTE LA OPERACIÓN.

Durante la ejecución del proyecto lo primordial es proteger y mantener la salud de los trabajadores bajo el control de la organización, mediante la prevención de incidentes o enfermedades siguiendo las siguientes normativas:

- ✓ *Ley 29783*, “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”
- ✓ *D.S. 005-2012-TR*, “Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”
- ✓ *NORMA G 050* Seguridad durante la construcción
- ✓ *R.M N° 050-2013-TR*, “Formatos referenciales con la información mínima que deben contener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo”

CAPITULO V
EVALUACIÓN ECONÓMICO – FINANCIERO

5.1 COSTOS UNITARIOS DE CONSTRUCCIÓN.

5.5.1 EXCAVACIÓN Y REVESTIMIENTO.

a) PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA TIPO II.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PERFORACION, VOLADURA, ELMINACION DE MATERIAL Y SOSTENIMIENTO ROCA TIPO II

OBRA: C.H "SANTA LORENZA

SECCION: 3.2 x 3.4m

PERFORACION, VOLADURA, ELMINACION DE MATERIAL Y SOSTENIMIENTO ROCA TIPO II Avance: 1.00ML/dia							
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 2		M3	9.7800	71.90	703.18	
2	SOLERA DE CONCRETO EN TUNEL FC=210KG/CM2		M3	0.6400	251.69	161.08	
3	ACERO DE REFUERZO EN SOLERA TUNEL		M3	18.0000	1.74	31.32	
4	EXCAVACION DE REFUGIOS 2.0 x 2.0 x 1.5m		ML	0.0200	458.26	9.17	
5	PERNO DE ANCLAJE D=25MM L=2.5M		UND	1.2800	35.38	45.29	
6	CONCRETO ROCIADO SIMPLE		M3	0.2500	394.23	98.56	
7	MALLA DE ACERO PARA FIJACION DE SHOTCRETE		M2	5.0000	12.44	62.20	
8	PERFORACION DE DRENAJE		ML	1.3333	12.19	16.25	
9	ELMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A CANCHA		M3	9.7800	4.29	41.96	
TOTAL:							1169.01

b) PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA TIPO III.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PERFORACION, VOLADURA, ELMINACION DE MATERIAL Y SOSTENIMIENTO ROCA TIPO III

OBRA: C.H "SANTA LORENZA

SECCION: 3.2 x 3.4m

ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
	PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 3		M3	9.7800	89.24	872.77	
	SOLERA DE CONCRETO EN TUNEL FC=210KG/CM2		M3	0.6400	251.69	161.08	
	ACERO DE REFUERZO EN SOLERA TUNEL		M3	18.0000	1.74	31.32	
	EXCAVACION DE REFUGIOS 2.0 x 2.0 x 1.5m		ML	0.0200	458.26	9.17	
	PERNO DE ANCLAJE D=25MM L=2.5M		UND	1.4400	35.38	50.95	
	CONCRETO ROCIADO SIMPLE		M3	0.5320	394.23	209.73	
	MALLA DE ACERO PARA FIJACION DE SHOTCRETE		M2	5.0000	12.44	62.20	
	PERFORACION DE DRENAJE		ML	1.3333	12.19	16.25	
	ELMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A CANCHA		M3	9.7800	4.29	41.96	
TOTAL:							1,455.43

c) PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA TIPO IV.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PERFORACION, VOLADURA, ELMINACION DE MATERIAL Y SOSTENIMIENTO ROCA TIPO IV

OBRA: C.H "SANTA LORENZA

SECCION: 3.2 x 3.4m

ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
	PERFORACION, VOLADURA Y ELMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 4		M3	9.7800	140.10	1,370.18		
	SOLERA DE CONCRETO EN TUNEL F'C=210KG/CM2		M3	0.6400	251.69	161.08		
	ACERO DE REFUERZO EN SOLERA TUNEL		M3	18.0000	1.74	31.32		
	EXCAVACION DE REFUGIOS 2.0 x 2.0 x 1.5m		ML	0.0200	458.26	9.17		
	PERNO DE ANCLAJE D=25MM L=2.5M		UND	4.3400	35.38	153.55		
	CONCRETO ROCIADO CON FIBRA		M3	0.8900	448.06	398.77		
	MALLA DE ACERO PARA FIJACION DE SHOTCRETE		M2	8.9600	12.44	111.46		
	PERFORACION DE DRENAJE		ML	1.3333	12.19	16.25		
	ELMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A CANCHA		M3	9.7800	4.29	41.96		
TOTAL:							2,293.74	

d) PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA V-A.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PERFORACION, VOLADURA, ELMINACION DE MATERIAL Y SOSTENIMIENTO ROCA TIPO V-A

OBRA: C.H "SANTA LORENZA

SECCION: 3.2 x 3.4m

ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
	PERFORACION, VOLADURA Y ELMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 5		M3	9.7800	179.72	1,757.66		
	SOLERA DE CONCRETO EN TUNEL F'C=210KG/CM2		M3	0.6400	251.69	161.08		
	ACERO DE REFUERZO EN SOLERA TUNEL		M3	18.0000	1.74	31.32		
	EXCAVACION DE REFUGIOS 2.0 x 2.0 x 1.5m		ML	0.0200	458.26	9.17		
	ARCO DE ACERO W4 x 13 LB		UND	1.0000	714.97	714.97		
	INVERT DE ACERO W4 x 13 LB		UND	1.0000	213.13	213.13		
	CONCRETO ROCIADO SIMPLE		M3	1.3400	394.23	528.27		
	MALLA DE ACERO PARA FIJACION DE SHOTCRETE		M2	9.1000	12.44	113.20		
	PERFORACION DE DRENAJE		ML	1.3333	12.19	16.25		
	ELMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A CANCHA		M3	9.7800	4.29	41.96		
TOTAL:							3,587.01	

e) PRECIOS UNITARIOS PARA ROCA V-B.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PERFORACION, VOLADURA, ELMINACION DE MATERIAL Y SOSTENIMIENTO ROCA TIPO V-B

OBRA: C.H "SANTA LORENZA

SECCION: 3.2 x 3.4m

ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
1	PERFORACION, VOLADURA Y ELMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 5		M3	9.7800	246.16	2,407.44		
2	SOLERA DE CONCRETO EN TUNEL F'C=210KG/CM2		M3	0.6400	251.69	161.08		
3	ACERO DE REFUERZO EN SOLERA TUNEL		M3	18.0000	1.74	31.32		
4	ARCO DE ACERO W4 x 13 LB		UND	1.0000	714.97	714.97		
5	INVERT DE ACERO W4 x 13 LB		UND	1.0000	213.13	213.13		
6	COLOCACION DE SPILLING BAR		UND	7.7200	36.09	278.61		
7	PLANCHAS DE ACERO ACANALADAS		KG	184.2800	3.67	676.31		
8	CONCRETO ROCIADO SIMPLE		M3	1.8200	394.23	717.50		
9	PERFORACION DE DRENAJE		ML	1.3333	12.19	16.25		
10	ELMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A CANCHA		M3	9.7800	4.29	41.96		
TOTAL:							5,258.57	

El análisis de los precios unitarios de las partidas del P.U por tipo de roca es:

EXCAVACION DE REFUGIOS 2.0 x 2.0 x 1.5m		Rend: 18.0954 H-H/M		Avance: 4.2 ML/Día			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	1.00	H-H	2.8571	12.56	35.89	
	OPERARIO	1.00	H-H	2.8571	8.91	25.46	
	OPERARIO MECANICO	0.50	H-H	1.4286	11.32	16.17	
	OPERARIO ELECTRICISTA	0.50	H-H	1.4286	11.32	16.17	
	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	1.00	H-H	2.8571	9.40	26.86	
	OPERARIO EQUIPO PESADO	2.00	H-H	5.7143	11.09	63.37	
	OFICIAL	1.00	H-H	2.8571	7.52	21.49	
	PEON	1.00	H-H	5.7143	6.86	39.20	244.61
2	EXPLOSIVOS						
	FULMINANTE FANEL		UND	12.6000	1.90	23.94	
	CARMEX 2.10M		UND	0.7000	0.85	0.60	
	GUIA DE SEGURIDAD		ML	4.2000	0.25	1.05	
	CORDON DETONANTE 5P		ML	12.9000	0.23	2.97	
	EMULNOR 1000		KG	0.5000	2.30	1.15	
	EMULNOR 3000		KG	0.7500	2.50	1.88	
	EMULNOR 5000		KG	2.1000	2.70	5.67	
	TUBO PVC PRECORTE 1 1/2" x 4m		UND	2.1000	0.90	1.89	39.15
3	PERFORACION						
	MARTILLO NEUMATICO 25/29 KG	1.000	H-M	1.9048	2.60	4.95	
	BARRENO DE 3"		UND	0.0154	103.00	1.59	
	BARRENO DE 8"		UND	0.0154	120.00	1.85	
	BARRENO DE 6"		UND	0.0154	107.00	1.65	10.04
4	LIMPIEZA						
	SCOOPTRAM DE 3.5 YD3	1.000	H-M	2.8571	45.50	130.00	130.00
5	EQUIPOS Y MATERIALES						
	PATILLADORA	0.500	H-M	0.9524	2.47	2.35	
	AFILADORA DE BARRENOS	0.500	H-M	0.9524	2.60	2.48	
	PUNTA PATILLADORA		UND	0.0105	30.00	0.32	
	ACOPLE PARA MANGUERAS		UND	0.0420	15.00	0.63	
	MANGUERA DE 1"		ML	0.0210	3.33	0.07	
	MANGUERA DE 1/2"		ML	0.0210	1.56	0.03	
	ACEITE ROCK DRILL		GLN	0.2100	8.00	1.68	7.56
6	HERRAMIENTAS						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	7.0000	244.61	17.12	17.12
7	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	HERRAMIENTAS		%M.O	4.0000	244.61	9.78	9.78
TOTAL:							458.26

ELMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A CANCHA		Rend: 0.0720 H-H/M3		Avance: 200.00 m3/día			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO	1.20	H-H	0.0720	11.09	0.80	0.80
2	EQUIPOS						
	CARGADOR S/LLANT. 160/195HP 3.5YD3	0.500	H-M	0.0300	37.70	1.13	
	CAMION VOLQUETE 15M3	1.00	H-M	0.0600	38.35	2.30	3.43
3	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	3.0000	0.80	0.02	0.02
4	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	5.0000	0.80	0.04	0.04
TOTAL:							4.29

PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 2				Rend: 2.4038H-H/M3	Avance: 52.40M3/dia.		
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla Equipo	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO US\$	PARCIAL US\$	TOTAL US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	1	H-H	0.1923	12.56	2.42	
	OPERARIO JUMBERO	1	H-H	0.1923	11.32	2.18	
	OPERARIO	2	H-H	0.3846	8.91	3.43	
	OPERARIO MECANICO	1	H-H	0.1923	11.32	2.18	
	OPERARIO ELECTRICISTA	1	H-H	0.1923	11.32	2.18	
	OPERARIO EQUIPO PESADO	1	H-H	0.1923	11.09	2.13	
	OPERARIO COMPRESORISTA	1	H-H	0.1923	8.91	1.71	
	OPERARIO BOMBERO	0.5	H-H	0.0962	8.91	0.86	
	OFICIAL	2	H-H	0.3646	7.52	2.89	
	PEON	1	H-H	0.1923	6.86	1.32	
	OPERADOR SCOOP	1	H-H	0.1923	11.09	2.13	23.43
2	EXPLOSIVOS						
	FULMINANTE FANEL		UND	1.3522	1.90	2.57	
	CARMEX 2.10M		UND	0.0601	0.85	0.05	
	CORDON DETONANTE 5P		ML	1.3522	0.23	0.31	
	EMULNOR 1000		KG	0.7000	2.30	1.61	
	EMULNOR 3000		KG	1.0500	2.50	2.63	
	EMULNOR 5000		KG	1.7500	2.70	4.73	
	TUBO PVC PRECORTE 1 1/2" x 4m		UND	0.3606	0.90	0.32	12.22
3	PERFORACION						
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE 01 BRAZO	0.4	H-M	0.0769	50.70	3.90	
	BROCA 45mm		UND	0.0117	87.00	1.02	
	SHANCK ADAPTER		UND	0.0019	256.52	0.49	
	ACOPLE T38		UND	0.0019	62.15	0.12	
	BARRA DE PERFORACION T38-H35SR35 x 14"		UND	0.0019	390.94	0.74	
	BROCA RIMADORA DE 31/2"		UND	0.0080	328.74	0.25	6.52
4	LIMPIEZA						
	SCOOPTRAM DE 3.5 Y D3	0.45	H-M	0.0865	45.50	3.94	
	CAMION DE BAJO PERFIL	0.35	H-M	0.0673	52.00	3.50	7.44
5	EQUIPOS Y MATERIALES						
	COMPRESORA DIESEL DE 375 CFM	0.3	H-M	0.0577	28.60	1.65	
	TRANSFORMADOR	1	H-M	0.1923	3.25	0.62	
	VENTILADOR DE 60HP	2	H-M	0.3846	3.90	1.50	
	BOMBA ELECTRICA MAJOR	0.4	H-M	0.0769	2.60	0.20	
	AFILADORA DE BROCAS	0.2	H-M	0.0385	1.95	0.08	
	MANGA DE VENTILACION SIAMESA 20"		ML	0.0962	16.00	1.54	
	MANGUERA DE 1"		ML	0.0150	3.33	0.05	
	MANGUERA DE 1/2"		ML	0.0150	1.56	0.02	
	TUBERIA POLIETILENO 2"		ML	0.0962	2.20	0.21	
	TUBERIA POLIETILENO 4"		ML	0.0962	6.40	0.62	
	TUBERIA POLIETILENO 6"		ML	0.0481	13.50	0.65	
	ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.0520	8.51	0.44	
	ALAMBRE NEGRO N° 8		KG	0.0481	0.95	0.05	
	ARTEF. FLUORESC.		UND	0.0096	33.00	0.32	
	CABLE ELECTRICO NYY 1 x 120 mm2		ML	0.0962	70.00	6.73	
	CABLE DE ILUMINACION SOLIDO N° 8		ML	0.0962	2.50	0.24	
	ALCAYATA DE 3/4" 0.70 x 0.10m		UND	0.0577	2.70	0.16	
	ALCAYATA DE 5/8" 0.70 x 0.10m		UND	0.0577	1.65	0.11	15.19
6	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	5.0000	23.43	1.17	1.17
7	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	8.0000	23.43	1.87	1.87
8	OTROS						
	EXCAVACION SUBT. ROCA CAMARA DE TRANSF.		M3	0.0800	50.69	4.06	4.06
TOTAL:							71.90

PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 3							Rend: 3.7760 H-H/M3	Avance: 42.90M3/dia.
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
1	MANO DE OBRA							
	CAPATAZ	1.00	H.H	0.2797	12.56	3.51		
	OPERARIO JUMBERO	1.00	H.H	0.2797	11.32	3.17		
	OPERARIO	2.00	H.H	0.5594	8.91	4.98		
	OPERARIO MECANICO	1.00	H.H	0.2797	11.32	3.17		
	OPERARIO ELECTRICISTA	1.00	H.H	0.2797	11.32	3.17		
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO	1.00	H.H	0.2797	11.09	3.10		
	OPERARIO COMPRESORISTA	1.00	H.H	0.2797	8.91	2.49		
	OPERARIO BOMBERO	0.50	H.H	0.1399	8.91	1.25		
	OFICIAL	2.00	H.H	0.5594	7.52	4.21		
	PEON	1.00	H.H	0.2797	6.86	1.92		
	OPERADOR SCOOP	1.00	H.H	0.2797	11.09	3.10	34.07	
2	EXPLOSIVOS							
	FULMINANTE FANEL		UND	1.3000	1.90	2.47		
	CARMEX 2.10M		UND	0.0826	0.85	0.07		
	CORDON DETONANTE 5P		ML	1.9951	0.23	0.46		
	EMULNOR 1000		KLKG	0.5000	2.30	1.15		
	EMULNOR 3000		KLKG	0.7500	2.50	1.88		
	EMULNOR 5000		LKG	1.2500	2.70	3.38		
	TUBO PVC PRECORTE 1 1/2"X4m		UND	0.4958	0.90	0.45	9.86	
3	PERFORACION							
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE UN BRAZO	0.400	H.M	0.1119	50.70	5.67		
	BROCA 45MM		UND	0.0120	87.00	1.04		
	SHANK A DAPTER		UND	0.0019	256.52	0.49		
	ACOPLE T38		UND	0.0019	62.15	0.12		
	BARRA DE PERFORACION T38-H35SR35X14"		UND	0.0019	390.94	0.74		
	BROCA RIMADORA 3 1/2"		UND	0.0009	328.74	0.30	8.36	
4	LIMPIEZA							
	SCOOPTRAM DE 3.5 YD3	0.400	H.M	0.1119	45.50	5.09		
	CAMION BAJO PERFIL	0.350	H.M	0.0979	52.00	5.09	10.18	
5	EQUIPOS Y MATERIALES							
	COMPRESORA DIESEL 375 CFM	0.300	H.M	0.0839	28.60	2.40		
	TRANSFORMADOR	1.000	H.M	0.2797	3.25	0.91		
	BOMBA ELECTRICA MAJOR	0.500	H.M	0.1399	2.60	0.36		
	VENTILADOR DE 60 HP	2.000	H.M	0.5594	3.90	2.18		
	AFILADORA DE BROCAS	0.200	H.M	0.0559	1.95	0.11		
	ALCAYATA DE 3/4" 0.70x0.10M		UND	0.0651	2.70	0.18		
	ALCAYATA DE 5/8" 0.70x0.10M		UND	0.0400	1.65	0.07		
	MANGA DE VENTILACION SIAMESA 20"		ML	0.1115	16.00	1.78		
	ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.0052	8.51	0.04		
	ALAMBRE NEGRO N° 8		KG	0.0481	0.95	0.05		
	ARTEF. FLUORESC.		UND	0.0111	33.00	0.37		
	CABLE DE ENERGIA NYY 1x120 mm2		ML	0.1115	70.00	7.81		
	CABLE DE ILUMINACION SOLIDO N° 8		ML	0.1115	2.50	0.28		
	MANGUERA DE 1 PULG.		ML	0.0065	3.33	0.02		
	MANGUERA DE 1/2 PULG		ML	0.0065	1.56	0.01		
	TUBERIA POLIETILENO 2"		ML	0.1115	2.20	0.25		
	TUBERIA POLIETILENO 4"		ML	0.1115	6.40	0.71		
	TUBERIA POLIETILENO 6"		ML	0.0557	13.50	0.75	18.28	
6	HERRAMIENTAS							
	HERRAMIENTAS		% M.O	5.0000	34.07	1.70	1.70	
7	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	8.0000	34.07	2.73	2.73	
8	OTROS							
	EXCAVACION SUBT. ROCA CAMARA TRANS.		M3	0.0800	50.69	4.06	4.06	
TOTAL:							89.24	

PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 4							Rend: 6.0317 H-H/M3	Avance: 22.88M3/dia.
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
1	MANO DE OBRA							
	CAPATAZ	1.00	H.H	0.5245	12.58	6.59		
	OPERARIO JUMBERO	1.00	H.H	0.5245	11.32	5.94		
	OPERARIO	2.00	H.H	1.0490	8.91	9.35		
	OPERARIO MECANICO	1.00	H.H	0.5245	11.32	5.94		
	OPERARIO ELECTRICISTA	1.00	H.H	0.5245	11.32	5.94		
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO	1.00	H.H	0.5245	11.09	5.82		
	OPERARIO BOMBERO	0.50	H.H	0.2622	8.91	2.34		
	OFICIAL	2.00	H.H	1.0490	7.52	7.89		
	PEON	1.00	H.H	0.5245	6.86	3.60		
	OPERADOR SCOOP	1.00	H.H	0.5245	11.09	5.82	59.23	
2	EXPLOSIVOS							
	FULMINANTE FANEL		UND	1.2000	1.90	2.28		
	CARMEX 2.10M		UND	0.0541	0.85	0.05		
	CORDON DETONANTE 5P		ML	2.0563	0.23	0.47		
	EMULNOR 1000		KLKG	0.2500	2.30	0.58		
	EMULNOR 3000		KLKG	1.0000	2.50	2.50		
	EMULNOR 5000		LKG	1.2500	2.70	3.38		
	TUBO PVC PRECORTE 1 1/2"X4m		UND	0.5952	0.90	0.54	9.80	
3	PERFORACION							
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE UN BRAZO	0.500	H.M	0.2622	50.70	13.29		
	BROCA 45MM		UND	0.0200	87.00	1.74		
	BROCA RIMADORA 3 1/2"		UND	0.0014	328.74	0.46		
	SHANK ADAPTER		UND	0.0036	256.52	0.92		
	A COUPLE T38		UND	0.0036	62.15	0.22		
	BARRA DE PERFORACION T38-H35SR35X14"		UND	0.0036	390.94	1.41	18.04	
4	LIMPIEZA							
	SCOOPTRAM DE 3.5 YD3	0.350	H.M	0.1836	45.50	8.35		
	CAMION BAJO PERFIL	0.350	H.M	0.1835	52.00	9.55	17.90	
5	EQUIPOS Y MATERIALES							
	COMPRESORA DIESEL 375 CFM	0.300	H.M	0.1573	28.60	4.50		
	TRANSFORMADOR	1.000	H.M	0.5245	3.25	1.70		
	BOMBA ELECTRICA MAJOR	0.500	H.M	0.2622	2.60	0.68		
	VENTILADOR DE 60 HP	2.000	H.M	1.0490	3.90	4.09		
	AFILADORA DE BROCAS	0.200	H.M	0.1049	1.95	0.20		
	ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.0090	8.71	0.08		
	ALAMBRE NEGRO N° 8		KG	0.0062	0.95	0.01		
	ARTEF. FLUORESC. 1x40 WATTS		UND	0.0110	33.00	0.36		
	CABLE DE ENERGIA NYY 1x120 mm2		ML	0.1100	70.00	7.70		
	CABLE DE ILUMINACION SOLIDO N° 8		ML	0.1100	2.50	0.28		
	MANGUERA DE 1 PULG.		ML	0.0081	3.33	0.03		
	MANGUERA DE 1/2 PULG		ML	0.0081	1.56	0.01		
	TUBERIA POLIETILENO 2"		ML	0.1100	2.20	0.24		
	TUBERIA POLIETILENO 4"		ML	0.1100	6.40	0.70		
	TUBERIA POLIETILENO 6"		ML	0.0500	13.50	0.68		
	ALCAYATA DE 3/4" 0.70x0.10M		UND	0.0812	2.70	0.22		
	ALCAYATA DE 5/8" 0.70x0.10M		UND	0.0812	1.65	0.13		
	MANGA DE VENTILACION SIAMESA 20"		ML	0.1100	16.00	1.76	23.37	
6	HERRAMIENTAS							
	HERRAMIENTAS		% M.O	5.0000	59.23	2.96	2.96	
7	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	8.0000	59.23	4.74	4.74	
8	OTROS							
	EXCAVACION SUBT. ROCA CAMARA TRANS.		M3	0.0800	50.69	4.06	4.06	
TOTAL:								140.10

PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 5A							Rend:8.8460 H-H/M3	Avance: 15.60M3/dia.
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
1	MANO DE OBRA							
	CAPATAZ	1.00	H.H	0.7692	12.56	9.66		
	OPERARIO JUMBERO	1.00	H.H	0.7692	11.32	8.71		
	OPERARIO	2.00	H.H	1.5385	8.91	13.71		
	OPERARIO MECANICO	1.00	H.H	0.7692	11.32	8.71		
	OPERARIO ELECTRICISTA	1.00	H.H	0.7692	11.32	8.71		
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO	1.00	H.H	0.7692	11.09	8.53		
	OPERARIO BOMBERO	0.50	H.H	0.3846	8.91	3.43		
	OFICIAL	2.00	H.H	1.5385	7.52	11.57		
	PEON	1.00	H.H	0.7692	6.86	5.28		
	OPERADOR SCOOP	1.000	H.H	0.7692	11.09	8.53	86.84	
2	EXPLOSIVOS							
	FULMINANTE FANEL		UND	1.2000	1.90	2.28		
	CARMEX 2.10M		UND	0.5410	0.85	0.46		
	CORDON DETONANTE 5P		ML	2.0563	0.23	0.47		
	EMULNOR 1000		KLKG	0.2500	2.30	0.58		
	EMULNOR 3000		KLKG	1.0000	2.50	2.50		
	EMULNOR 5000		LKG	1.2500	2.70	3.38		
	TUBO PVC PRECORTE 1 1/2"X4m		UND	0.6391	0.90	0.58	10.25	
3	PERFORACION							
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE UN BRAZO	0.38	H.M	0.2923	50.70	14.82		
	BROCA RIMADORA 3 1/2"		UND	0.0014	328.74	0.46		
	BROCA 45MM		UND	0.0200	87.00	1.74		
	SHANK ADAPTER		UND	0.0036	256.52	0.92		
	ACOPLE T38		UND	0.0035	62.15	0.22		
	BARRA DE PERFORACION T38-H35SR35X14"		UND	0.0036	390.94	1.41	19.57	
4	LIMPIEZA							
	SCOOPTRAM DE 3.5 YD3	0.38	H.M	0.2923	45.50	13.30		
	CAMION BAJO PERFIL	0.3	H.M	0.2308	52.00	12.00	25.30	
5	EQUIPOS Y MATERIALES							
	TRANSFORMADOR	1	H.M	0.7692	3.25	2.50		
	BOMBA ELECTRICA MAJOR	0.5	H.M	0.3846	2.60	1.00		
	VENTILADOR DE 60 HP	2	H.M	1.5385	3.90	6.00		
	AFILADORA DE BROCAS	0.2	H.M	0.1538	1.95	0.30		
	ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.0900	8.51	0.77		
	ALAMBRE NEGRO N° 8		KG	0.0620	0.95	0.06		
	ARTEF. FLUORESC. 1x40W (C/REJILLA)		UND	0.0110	35.00	0.39		
	CABLE DE ENERGIA NYY 1x120 mm2		ML	0.1066	70.00	7.46		
	CABLE DE ILUMINACION SOLIDO N° 8		ML	0.1066	2.50	0.27		
	MANGUERA DE 1 PULG.		ML	0.0081	3.33	0.03		
	MANGUERA DE 1/2 PULG		ML	0.0081	1.56	0.01		
	TUBERIA POLIETILENO 2"		ML	0.1066	2.20	0.23		
	TUBERIA POLIETILENO 4"		ML	0.1066	6.40	0.68		
	TUBERIA POLIETILENO 6"		ML	0.0533	13.50	0.72		
	ALCAYATA DE 3/4" 0.70x0.10M		UND	0.0640	2.70	0.17		
	ALCAYATA DE 5/8" 0.70x0.10M		UND	0.0640	1.65	0.11		
	MANGA DE VENTILACION SIAMESA 20"		ML	0.1066	16.00	1.71	22.41	
6	HERRAMIENTAS							
	HERRAMIENTAS		% M.O	5.0000	86.84	4.34	4.34	
7	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	8.0000	86.84	6.95	6.95	
8	OTROS							
	EXCAVACION SUBT. ROCA CAMARA TRANS.		M3	0.0800	50.69	4.06	4.06	
TOTAL:							179.72	

PERFORACION, VOLADURA Y ELIMINACION DE MAT. DEL TUNEL ROCA TIPO 5B							Rend:12.6920 H-H/M3	Avance: 10.40M3/dia.
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL	
		Equipo			US\$	US\$	US\$	
1	MANO DE OBRA							
	CAPATAZ	1.00	H.H	1.1538	12.56	14.49		
	OPERARIO JUMBERO	1.00	H.H	1.1538	11.32	13.06		
	OPERARIO	2.00	H.H	2.3077	8.91	20.56		
	OPERARIO MECANICO	1.00	H.H	1.1538	11.32	13.06		
	OPERARIO ELECTRICISTA	1.00	H.H	1.1538	11.32	13.06		
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO	1.00	H.H	1.1538	11.09	12.80		
	OFICIAL	2.00	H.H	2.3077	7.52	17.35		
	PEON	1.00	H.H	1.1538	6.86	7.92		
	OPERADOR SCOOP	1.00	H.H	1.1538	11.09	12.80	125.10	
2	EXPLOSIVOS							
	FULMINANTE FANEL		UND	1.2000	1.90	2.28		
	CARMEX 2.10M		UND	0.5410	0.85	0.46		
	CORDON DETONANTE 5P		ML	2.0563	0.23	0.47		
	EMULNOR 1000		KLG	0.2500	2.30	0.58		
	EMULNOR 3000		KLG	1.0000	2.50	2.50		
	EMULNOR 5000		LKG	1.2500	2.70	3.38		
	TUBO PVC PRECORTE 1 1/2"X4m		UND	0.6391	0.90	0.58	10.25	
3	PERFORACION							
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE UN BRAZO	0.380	H.M	0.4385	50.70	22.23		
	BROCA 45MM		UND	0.0200	87.00	1.74		
	SHANK ADAPTER		UND	0.0036	256.52	0.92		
	A COUPLE T38		UND	0.0035	62.15	0.22		
	BARRA DE PERFORACION T38-H35SR35X14"		UND	0.0036	390.94	1.41		
	BROCA RIMADORA 3 1/2"		UND	0.0014	328.74	0.46	26.98	
4	LIMPIEZA							
	SCOOPTRAM DE 3.5 Y D3	0.380	H.M	0.4385	45.50	19.95		
	CAMION BAJO PERFIL	0.300	H.M	0.3462	52.00	18.00	37.95	
5	EQUIPOS Y MATERIALES							
	TRANSFORMADOR	1.000	H.M	1.1538	3.25	3.75		
	BOMBA ELECTRICA MAJOR	0.500	H.M	0.5769	2.60	1.50		
	VENTILADOR DE 60 HP	2.000	H.M	2.3077	3.90	9.00		
	ACEITE ROCK DRILL		GLN	0.0090	8.00	0.07		
	ALAMBRE NEGRO N° 8		KG	0.0620	0.95	0.06		
	ARTEF. FLUORESC. 1x40W (C/REJILLA)		UND	0.0110	35.00	0.39		
	CABLE DE ENERGIA NYY 1x120 mm2		ML	0.1066	70.00	7.46		
	CABLE DE ILUMINACION SOLIDO N° 8		ML	0.1066	2.50	0.27		
	MANGUERA DE 1 PULG.		ML	0.0081	3.33	0.03		
	MANGUERA DE 1/2 PULG		ML	0.0081	1.56	0.01		
	TUBERIA POLIETILENO 2"		ML	0.1066	2.20	0.23		
	TUBERIA POLIETILENO 4"		ML	0.1066	6.40	0.68		
	TUBERIA POLIETILENO 6"		ML	0.0533	13.50	0.72		
	ALCAYATA DE 3/4" 0.70x0.10M		UND	0.0640	2.70	0.17		
	ALCAYATA DE 5/8" 0.70x0.10M		UND	0.0640	1.65	0.11		
	MANGA DE VENTILACION SIAMESA 20"		ML	0.1066	16.00	1.71		
	AFILADORA DE BROCAS	0.200	H.M	0.2308	1.95	0.45		
	MATERIALES VARIOS		GBL	1.0500	5.25	5.51	32.12	
6	HERRAMIENTAS							
	HERRAMIENTAS		% M.O	4.0000	125.10	5.00	5.00	
7	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	7.0000	125.10	8.76	8.76	
TOTAL:							246.16	

PERNO DE ANCLAJE D=25MM L=2.5M		Rend: 1.2800 H-H/UND		Avance: 30 UND/Dia			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.20	H-H	0.0800	12.56	1.00	
	OPERARIO	1.00	H-H	0.4000	8.91	3.56	
	OFICIAL	1.00	H-H	0.4000	7.52	3.01	
	PEON	1.00	H-H	0.4000	6.86	2.74	10.31
2	PERFORACION						
	MARTILLO NEUMATICO 25/29 KG	0.750	H-M	0.3000	2.60	0.78	
	BARRENO DE 4"		UND	0.0040	97.00	0.39	
	BARRENO DE 8"		UND	0.0040	120.00	0.48	1.65
3	EQUIPOS Y MATERIALES						
	COMPRESORA DIESEL 375 CFM	0.500	H-M	0.2000	28.60	5.72	
	BOMBA DE INYECCION PERNO CEMENTADO	0.500	H-M	0.2000	1.69	0.34	
	GATA HIDRAULICA PARA PRUEBAS	0.250	H-M	0.1000	1.30	0.13	
	CEMENTO PORTLAD TIPO I		BL	0.1250	6.50	0.81	
	RESINA EPOXICA FRAGUA RAPIDA		UND	1.0000	0.80	0.80	
	PERNO HELICOIDAL D=25 MM L=2.5M		UND	1.0200	14.00	14.28	22.08
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	5.0000	10.31	0.52	0.52
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	8.0000	10.31	0.82	0.82
TOTAL:							35.38

CONCRETO ROCIADO SIMPLE		Rend: 7.2000 H-H/M3		Avance: 20.00 m3/Dia			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	1.00	H-H	0.6000	12.56	7.54	
	OPERARIO	1.00	H-H	0.6000	8.91	5.35	
	OPERARIO SHOTCRETERO	1.00	H-H	0.6000	9.40	5.64	
	OPERARIO EQUIPO PESADO	2.00	H-H	1.2000	11.09	13.31	
	OFICIAL	3.00	H-H	1.8000	7.52	13.54	
	PEON	4.00	H-H	2.4000	6.86	16.46	61.84
2	EQUIPOS Y MATERIALES						
	AUTOMEZCLADORA	0.600	H-M	0.3600	29.58	10.65	
	CAMION MIXER 4M3	0.500	H-M	0.3000	32.50	9.75	
	SHOTCRETERA	0.500	H-M	0.3000	16.25	4.88	
	ARENA GRUESA		M3	1.7600	26.50	46.64	
	CEMENTO PORTLAD TIPO I		BL	18.0000	6.50	117.00	
	ADITIVO RHEOBULD		LT	9.6000	1.70	16.32	
	ADITIVO MEYCO		LT	41.0000	1.20	49.20	
	MICROSILICA FUME		KG	41.0000	1.21	49.61	
	CALIBRADORES PARA SHOTCRETE		UND	10.0000	0.10	1.00	305.05
3	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	5.0000	61.84	3.09	3.09
4	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	8.0000	61.84	4.95	4.95
5	OTROS						
	TRANSPORTE DE AGREGADOS		M3	1.7600	4.55	8.01	
	AGUA		M3	0.3200	35.27	11.29	19.30
TOTAL:							394.23

MALLA DE ACERO PARA FJACION DE SHOTCRETE Rend: 1.0080 H-H/M2 Avance: 50.00 M2/Dia							
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.20	H-H	0.0480	12.56	0.60	
	OPERARIO	1.00	H-H	0.2400	8.91	2.14	
	OFICIAL	1.00	H-H	0.2400	7.52	1.80	
	PEON	2.00	H-H	0.4800	6.86	3.29	7.83
2	PERFORACION						
	MARTILLO NEUMATICO 25/29 KG	0.250	H-M	0.0600	2.60	0.16	
	BARRENO DE 4"		UND	0.0020	97.00	0.19	0.35
3	MATERIALES						
	MALLA DE ACERO ELECTROSOLDADA		M2	1.3000	1.95	2.54	
	FIERRO CORRUGADO 1/2"		KG	0.7000	0.95	0.67	
	MANGUERA DE 1"		ML	0.0050	3.33	0.02	
	MANGUERA DE 1/2"		ML	0.0050	1.56	0.01	3.24
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	5.0000	7.83	0.39	0.39
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	8.0000	7.83	0.63	0.63
TOTAL:							12.44

PERFORACION DE DRENAJE REND: 0.2460 H-H/M2 Avance: 100ML/dia							
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.05	H-H	0.0060	12.56	0.08	
	OPERARIO JUMBERO	1.00	H-H	0.1200	11.32	1.36	
	OFICIAL	1.00	H-H	0.1200	7.52	0.90	2.34
2	PERFORACION						
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE 01 BRAZO	1.000	H-M	0.1200	50.70	6.08	
	BARRA DE PERFORACION T38-H35SR35 x 14"		UND	0.0010	390.94	0.39	
	BROCA DE 75 MM		UND	0.0040	600.00	2.40	
	SHANCK ADAPTER		UND	0.0010	256.52	0.26	
	ACOPLE T38		UND	0.0010	62.15	0.06	9.19
3	MATERIALES						
	ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.0400	8.71	0.35	0.35
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	5.0000	2.34	0.12	0.12
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	8.0000	2.34	0.19	0.19
TOTAL:							12.19

CONCRETO ROCIADO CON FIBRA		Rend: 6.2728 H-H/M3	Avance: 22.00 m3/Dia				
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.50	H-H	0.2727	12.56	3.43	
	OPERARIO	1.00	H-H	0.5455	8.91	4.86	
	OPERARIO SHOTCRETERO	1.00	H-H	0.5455	9.40	5.13	
	OPERARIO EQUIPO PESADO	2.00	H-H	0.0909	11.09	12.10	
	OFICIAL	3.00	H-H	1.6364	7.52	12.31	
	PEON	4.00	H-H	2.1818	6.86	14.97	52.80
2	EQUIPOS Y MATERIALES						
	AUTOMEZCLADORA	0.600	H-M	0.3273	29.58	9.68	
	MEZCLADORA DE 11P3	0.700	H-M	0.3818	6.50	2.48	
	CAMION MIXER 4M3	0.500	H-M	0.2727	32.50	8.86	
	SHOTCRETERA	0.500	H-M	0.2727	16.25	4.43	
	A RENA GRUESA		M3	1.7600	26.50	46.64	
	FIBRA DE ACERO PARA SHOTCRETE		KG	41.0000	1.59	65.19	
	CEMENTO PORTLAD TIPO I		BL	18.0000	6.50	117.00	
	ADITIVO RHEOBULD		LT	8.0000	1.70	13.60	
	ADITIVO MEYCO		LT	41.0000	1.20	49.20	
	MICROSILICA FUME		KG	41.0000	1.21	49.61	
	CALIBRADORES PARA SHOTCRETE		UND	10.0000	0.10	1.00	367.69
3	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		%M.O	5.0000	52.80	2.64	2.64
4	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		%M.O	8.0000	52.80	4.22	4.22
5	OTROS						
	TRANSPORTE DE AGREGADOS		M3	1.7600	4.55	8.01	
	AGUA		M3	0.3600	35.27	12.70	20.71
TOTAL:							448.06

ARCO DE ACERO W4 x 13LB		Rend:35.4000 H-H/UND	Avance: 2.00 UND/dia.				
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.20	H-H	1.2000	12.56	15.07	
	OPERARIO	2.00	H-H	12.0000	8.91	106.92	
	OFICIAL	2.00	H-H	12.0000	7.52	90.24	
	PEON	1.00	H-H	6.0000	6.86	41.16	
	OPERADOR SCOOP	0.20	H-H	1.2000	11.09	13.31	
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	0.50	H-H	3.0000	11.09	33.27	299.97
2	PERFORACION						
	MARTILLO NEUMATICO 25/29KG	0.150	H-M	0.9000	2.60	2.34	
	BARRENO DE 4"		UND	0.0500	97.00	4.85	7.19
3	EQUIPOS Y MATERIALES						
	PATILLADORA	0.500	H-M	3.0000	2.47	7.41	
	COMPRESORA DIESEL 375 CFM		H-M	0.5000	28.60	14.30	
	SCOOPTRAM DE 3.5YD3		H-M	0.5000	45.50	22.75	
	ACERO ESTRUCTURAL PARA CIMBRA		UND	1.0000	290.00	290.00	
	PUNTA DE PATILLADORA		UND	0.5000	26.00	14.00	
	SOLDADURA		KG	2.0000	4.15	8.30	356.76
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		% M.O	5.0000	299.97	15.00	15.00
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	8.0000	299.97	24.00	24.00
6	OTROS						
	CONCRETO 21 MPA CLASE H PARA SOLERA		M3	0.0500	241.05	12.05	12.05
TOTAL:							714.97

INVERT DE ACERO W4 x 13LB		Rend:13.6800 H-H/UND		Avance: 10.00 UND/dia.			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.20	H-H	0.2400	12.56	3.01	
	OPERARIO	2.00	H-H	2.4000	8.91	21.38	
	OFICIAL	2.00	H-H	2.4000	7.52	18.05	
	PEON	1.00	H-H	1.2000	6.86	8.23	
	OPERADOR SCOOP	0.20	H-H	0.2400	11.09	2.66	
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	0.50	H-H	0.6000	11.09	6.65	59.98
2	PERFORACION						
	MARTILLO NEUMATICO 25/29KG	0.150	H-M	0.1800	2.60	0.47	
	BARRENO DE 4"		UND	0.0500	97.00	4.85	5.32
3	EQUIPOS Y MATERIALES						
	PATILLADORA	0.500	H-M	0.6000	2.47	1.48	
	COMPRESORA DIESEL 375 CFM		H-M	0.2500	28.60	7.15	
	SCOOPTRAM DE 3.5YD3		H-M	0.2000	45.50	9.10	
	PUNTA DE PATILLADORA		UND	0.5000	26.00	14.00	
	SOLDADURA		KG	2.0000	4.15	8.30	
	ACERO ESTRUCTURAL PARA INVERT		UND	1.0000	100.00	100.00	140.03
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		% M.O	5.0000	59.98	3.00	3.00
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	8.0000	59.98	4.80	4.80
TOTAL:							213.13

COLOCACION DE SPILLING BAR		Rend:1.4667 H-H/UND		Avance: 45.00 UND/dia.			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.50	H-H	0.1333	12.56	1.67	
	OPERARIO JUMBERO	1.00	H-H	0.2667	11.32	3.02	
	OPERARIO	1.00	H-H	0.2667	8.91	2.38	
	OFICIAL	1.00	H-H	0.2667	7.52	2.01	
	PEON	2.000	H-H	0.5333	6.86	3.66	12.74
2	PERFORACION						
	JUMBO ELECTROHIDRAULICO DE UN BRAZO	0.500	H-M	0.1333	50.70	6.76	
	BROCA DE 45MM		UND	0.0016	87.00	0.14	
	SHANCK ADAPTER		UND	0.0016	256.52	0.41	
	ACOPLE T38		UND	0.0016	62.15	0.10	
	BARRA DE PERFORACIÓN T38-H35SR35X14"		UND	0.0016	390.94	0.63	
	ADAPTADOR DE CULTATA SHANCK T38		UND	0.0167	100.00	1.67	9.71
3	EQUIPOS Y MATERIALES						
	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO		KG	12.5100	0.95	11.88	
	AFILADORA DE BROCAS	0.200	H-M	0.0533	1.95	0.10	11.98
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		% M.O	5.0000	12.74	0.64	0.64
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	8.0000	12.74	1.02	1.02
TOTAL:							36.09

PLANCHAS DE ACERO ACANALADAS		Rend:0.1320 H-H/KG		Avance: 500.00 KG/dia.			
ITEM	DESCRIPCION	Cuadrilla	Unidad	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
		Equipo			US\$	US\$	US\$
1	MANO DE OBRA						
	CAPATAZ	0.50	H-H	0.0120	12.56	0.15	
	OPERARIO	2.00	H-H	0.0480	8.91	0.43	
	OFICIAL	2.00	H-H	0.0480	7.52	0.36	
	PEON	1.00	H-H	0.0240	6.86	0.16	1.10
3	EQUIPOS Y MATERIALES						
	MAQUINA DE SOLDAR	0.500	H-M	0.0120	4.23	0.05	
	ANDAMIO GRS	1.000	M2	0.0240	4.23	0.10	
	SOLDADURA		KG	0.0400	4.15	0.17	
	PLANCHA ACANALADA E=2MM		KG	1.0500	2.00	2.10	2.42
4	HERRAMIENTAS						
	HERRAMIENTAS		% M.O	8.0000	1.10	0.09	0.09
5	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O	5.0000	1.10	0.06	0.06
TOTAL:							3.67

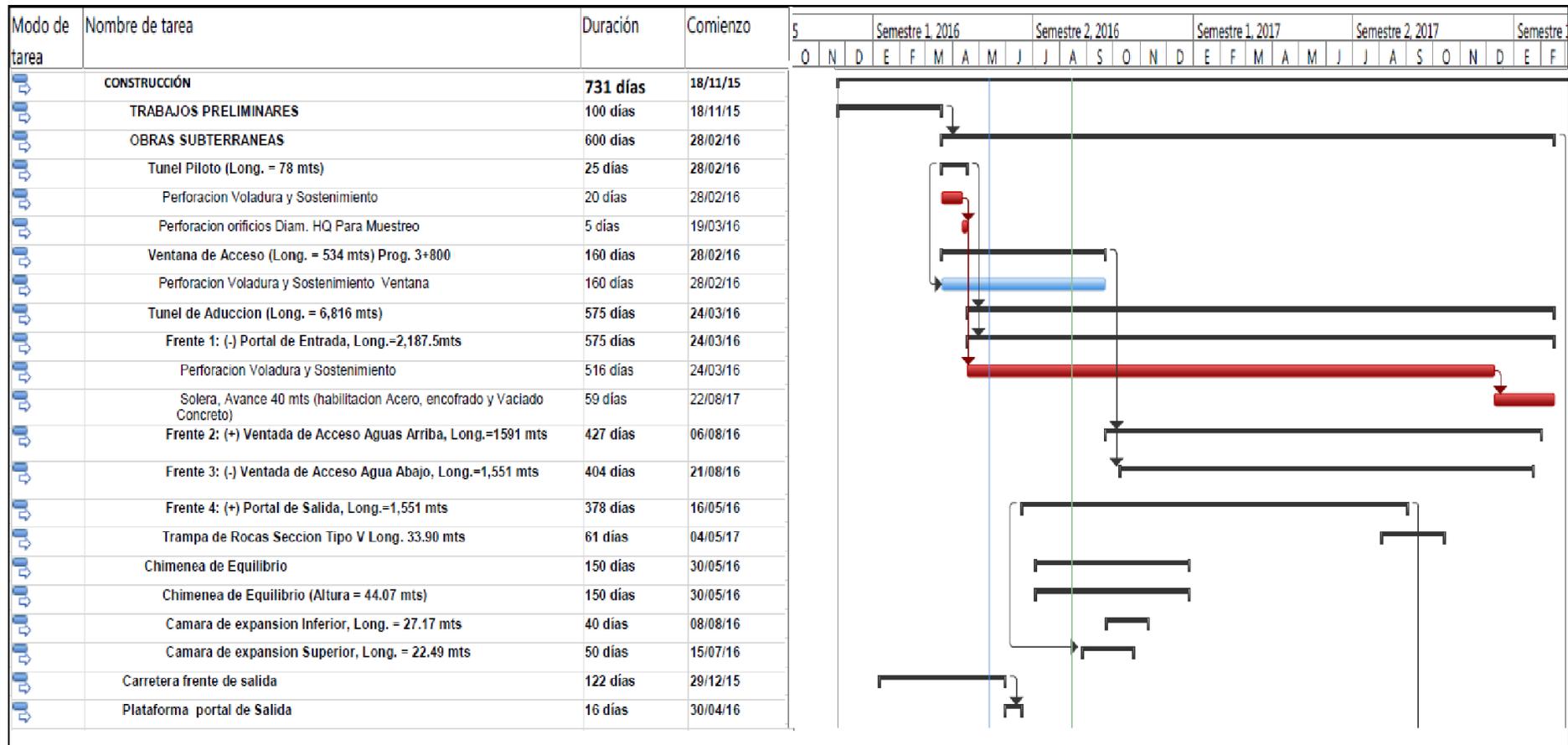
5.2 INVERSIONES.

5.2.1 PRESUPUESTO DE OBRA.

El monto total del presupuesto de la obra es de 42, 060,677.36 dólares americanos así como se muestra en el resumen siguiente:

<i>COSTO DIRECTO TOTAL</i>	US\$ 27,717,170.69
G.Grals. 24.8913 %	6,899,164.11
Utilidad 3.7100 %	1,028,307.03
<i>SUB TOTAL PRESUPUESTO</i>	US\$ 35,644,641.83
IGV 18.00 %	6,416,035.53
<i>TOTAL PRESUPUESTO</i>	US\$ 42,060,677.36

5.2.2 CRONOGRAMA DE INVERSIÓN – CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.



Lamina N° 4

5.3 FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN.

El propietario EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SANTA LORENZA S.A.C, financiara en su totalidad la construcción de la C.H. SANTA LORENZA I, con una potencia instalada de 18.7 MW. Y el precio de la energía producida será de 64,80 US\$/MWh

5.4 EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO.

El proyecto de ubica en la región Huánuco, Departamento de Huánuco, Provincia de Ambo, Distritos de San Rafael y Ambo, Centro poblado de Huaracalla cuya producción energética será destinada al RER (Recursos Energéticos Renovables), la cual, se conectara al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) a través de la línea de transmisión 138 kV Paragsha II – Huánuco (L-1120).

Con este proyecto se lograra aumentar la cobertura energética en todo el país.

CAPITULO VI

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

6.1.1 CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS GEOMECÁNICOS.

a) PARÁMETROS GEOMECÁNICOS TÚNEL PILOTO

Los parámetros geomecánicos estimados para el túnel piloto indica resistencia a la compresión simple que puede estar de 58.00 Mpa, RQD de 20% a 25%, espaciamientos de fracturas es del orden de 0.05 a 0.3 m., bajo condiciones de discontinuidades con persistencia de 3 a 10 m., apertura de 1 a 5mm., superficie ondulada, relleno arcillo – arenoso con roca triturada, medianamente alterada, dureza alta, roca poco competente y con posibilidades de filtraciones.

Clasificación geomecánica:

Sistema RMR: 37 - Categoría IV – Categoría Roca Mala

Tipo de roca: Esquisto

Recomendaciones:

Índice Geomecánico de sostenimiento recomendado: pernos de anclaje y shotcrete, si las condiciones estructurales son muy desfavorables el shotcrete se instalara con malla electro soldada y pernos de anclaje sistemáticos. Si las condiciones estructurales del basamento rocoso es muy precario el sostenimiento recomendado es con cimbra metálica con entivamiento de acero, se implantara inmediatamente después de la voladura.

CLASIFICACION RMR - Bieniawski (1989)

	Parametros	Puntaje
1	Resistencia de la Roca Inalterada	7
2	RQD	3
3	Espaciamiento de Juntas	8
	Persistencia	2
	Separacion	1
4	Rugosidad	1
	Relleno	2
	Meteorizacion	3
5	Aguas Subterranas	15
6	Ajuste por orientacion de Fracturas	-5
VALUACION RMR		37
TIPO DE ROCA		IV
ROCA MALA		

b) PARÁMETROS GEOMECÁNICOS VENTANA

Los parámetros geomecánicos estimados para la ventana indica una resistencia a la compresión simple proyectada de 58.00 Mpa, RQD de 20% a 25%, espaciamientos de fracturas es del orden de 0.05 a 0.3 m., bajo condiciones de discontinuidades con persistencia de 1 a 3 m., apertura de 1 a 5mm., superficie ondulada, relleno arenoso, medianamente alterada, dureza alta, roca de baja competencia y con posibilidades de filtraciones.

CLASIFICACION RMR - Bieniawski (1989)

	Parametros	Puntaje
1	Resistencia de la Roca Inalterada	7
2	RQD	3
3	Espaciamiento de Juntas	8
	Persistencia	4
	Separacion	1
4	Rugosidad	1
	Relleno	2
	Meteorizacion	3
5	Aguas Subterranas	15
6	Ajuste por orientacion de Fracturas	-12
VALUACION RMR		32
TIPO DE ROCA		IV
ROCA MALA		

Clasificación geomecánica:

Sistema RMR: 32 - Categoría IV – Categoría Roca Mala

Tipo de Roca: Esquistos

Índice Geomecánico de sostenimiento recomendado: pernos de anclaje y shotcrete, si las condiciones estructurales son muy desfavorables el shotcrete se instalara con malla electro soldada y pernos de anclaje sistemáticos. Si las condiciones estructurales del basamento rocoso es muy precario el sostenimiento recomendado es con cimbra metálica con entivamiento de acero, se implantara inmediatamente después de la voladura.

c) PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PORTAL DE SALIDA DEL TÚNEL

Los parámetros geomecánicos estimados para el portal de salida del túnel, proyecta una resistencia a la compresión simple que varía de 100.00 a 200.00 Mpa, RQD de 25% a 30%, espaciamentos de fracturas es del orden de < 0.05 m., bajo condiciones de discontinuidades con persistencia de 0.05 a 0.3 m., apertura de 1 a 5mm., superficie ondulada, relleno arenoso - cuarzoso, medianamente alterada, dureza alta, roca de baja competencia y con posibilidades de filtraciones.

CLASIFICACION RMR - Bieniawski (1989)

	Parametros	Puntaje
1	Resistencia de la Roca Inalterada	7
2	RQD	5
3	Espaciamiento de Juntas	8
	Persistencia	4
	Separacion	1
4	Rugosidad	1
	Relleno	4
	Meteorizacion	1
5	Aguas Subterranas	10
6	Ajuste por orientacion de Fracturas	-12
VALUACION RMR		29
TIPO DE ROCA		IV
ROCA MALA		

Clasificación geomecánica:

Sistema RMR : 29 - Categoría IV – Categoría Roca Mala

Tipo de Roca: Calco-Arenisca

.
Índice Geomecánico de sostenimiento recomendado: pernos de anclaje y shotcrete, si las condiciones estructurales son muy desfavorables el shotcrete se instalara con malla electro soldada y pernos de anclaje sistemáticos. Si las condiciones estructurales del basamento rocoso es muy precario el sostenimiento recomendado es con cimbra metálica con entivamiento de acero, se implantara inmediatamente después de la voladura.

d) PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL TÚNEL DE ADUCCIÓN

Las condiciones Geomecánicas y Geotécnicas del Túnel de aducción está definida en base a la interpretación de las estructuras principales, estereográfica, condiciones geomecánicas y análisis de cuñas del basamento rocoso, también se registraron las propiedades físicas de las rocas y principalmente el índice geomecánico de sostenimiento RMR, obteniendo una clasificación de la roca en toda la longitud del túnel de conducción. (*Ver plano N° 9 en el anexo planos*).

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL TÚNEL DE CONDUCCIÓN

TRAMO	RMR	Q	TIPO DE ROCA
Km 0+000 - Km 0+330	38	1.1	IV
Km 0+330 - Km 0+430	15	3.95	V
Km 0+430 - Km 1+500	62	1.3	II
Km 1+500 - Km 2+410	49	1.26E-02	III
Km 2+410 - Km 2+610	15	90	V
Km 2+610 - Km 4+510	32	36	IV
Km 4+510 - Km 6+200	42	1	III
Km 6+200 - Km 6+300	10	6	V
Km 6+300 - Km 6+700	37	2	IV
Km 6+700 - Km 6+856.68	19	1.10E-02	V

6.1.2 CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS TÉCNICOS CONSTRUCTIVOS.

Las Especificaciones contenidas en esta sección se aplican en los trabajos de perforación y voladura, limpieza y acarreo, sostenimiento en las obras subterráneas del Túnel de Conducción de la Central Hidroeléctrica Santa Lorenza I.

a) Perforación Voladura.

Se utilizara jumbo de un brazo, con una barra de 14" y un broca con diámetro de 45mm, Las excavaciones se efectuaran hasta las líneas y niveles indicados en los planos, a excepción de que excavaciones adicionales para fines de seguridad, u otros propósitos aprobados por el Supervisor. Estas excavaciones adicionales se permitirán, y se considerarán incluidas dentro de los precios unitarios contratados respectivos. Se utilizara las mallas de perforación y voladura diseñadas para cada tipo de tipo roca (*Ver planos N° 4, 6, 7 y en el anexo planos*).

b) Ventilación

El sistema de ventilación garantizará el suministro permanente de aire según las siguientes dotaciones mínimas:

- ✓ 4,2 m³/min para cada persona o trabajador en la zona de las obras.
- ✓ 3,0 m³/min por cada HP desarrollado por los equipos o plantas de combustión interna que operen en el área de las obras.

La velocidad promedio del aire en todas las áreas de excavación no será menor que 15 m/min.

La temperatura en el interior de las obras no excederá de 32°C; cuando tienda a ocurrir esto, se rebajará la temperatura por medio de inyecciones de aire refrigerado o por cualquier otro método aprobado por el Supervisor.

c) Limpieza y acarreo.

Después de cada disparo se evacuarán los escombros provenientes de la excavación subterránea para ser descargados en las áreas aprobadas por el Supervisor. Estos materiales se colocarán en dichas áreas en forma tal que queden firmes, estables y suficientemente drenados.

d) Sostenimiento.

El sostenimiento de roca se instalará de acuerdo a la clasificación del tipo de roca determinado por el Supervisor y según el diseño correspondiente mostrado en los *planos N° 10 y 11 en el anexo planos*

En todos los casos, para decidir sobre las distintas medidas de sostenimiento a adoptar se tomará en consideración los siguientes factores en orden de prioridad:

seguridad del personal y del material, conveniencia técnica y económica y plazos de construcción.

Las instalaciones necesarias para la colocación de anclajes o concreto lanzado se mantendrán listas para su empleo, en la proximidad del frente de excavación. Según las circunstancias, también se tendrá otras instalaciones y medidas de protección que sean necesarias. En los almacenes de la obra se tendrá cantidad suficiente de materiales para

La protección del perfil, evitando así demoras en la excavación. Los gastos que ello implique se consideran incluidos en los precios unitarios y no se reconocen atrasos en los trabajos por falta de previsión al respecto.

6.2 CON RELACIÓN A LOS ASPECTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

Se tomará todas las medidas de seguridad que sean necesarias para proteger la vida y la salud del personal, cumpliendo con la normatividad legal vigente:

- ✓ *Ley 29783*, “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”
- ✓ *D.S. 005-2012-TR*, “Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”
- ✓ *NORMA G 050* Seguridad durante la construcción
- ✓ *R.M N° 050-2013-TR*, “Formatos referenciales con la información mínima que deben contener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo”

Se proporcionará todo el equipo de seguridad y el que fuera necesario para los trabajadores y supervisores. Dichos equipos deberán estar dentro de los estándares de aceptación internacional y las Normas Básicas de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación.

Antes de iniciar con los trabajos se deberá implementar el Plan de Seguridad, para la construcción de la Central Hidroeléctrica Santa Lorenza I; el cual contendrá como mínimo:

- ✓ Descripción de los trabajos para la ejecución de las obras

- ✓ Lugar de Emplazamiento del Plantel y distribución de equipo e Instalaciones.
- ✓ Suministro de energía eléctrica y agua potable
- ✓ Disposición de las aguas servidas.
- ✓ Identificación de los Riesgos Generales más frecuentes
- ✓ Análisis, Evaluación del riesgo y medidas preventivas
- ✓ Prevención de Riesgos en La Obra
- ✓ Normas Básicas de Seguridad
- ✓ Plan de Implementación y Seguimiento del Programa de Seguridad.
- ✓ Plan de Capacitación del personal
- ✓ Organigrama de seguridad, higiene y Medio Ambiente, para la Obra.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la evaluación geológica y geomecánica el túnel de la Central Hidroeléctrica Santa Lorenza I, atravesara varias formaciones de roca, de diferentes características tanto litológicas como geomecánicas, que a su vez acondicionará los trabajos de excavación y sostenimiento.
2. La clasificación geomecánica ha servido para determinar el tipo de roca a lo largo del eje del túnel, de tal forma que se encontró 5 tipos de roca (Roca II, III, IV, VA y VB).
3. Las mallas de perforación y voladura fueron diseñadas de acuerdo a la clasificación del tipo de roca, con el cual se formuló el costo unitario de excavación correspondiente, que directamente incide en el costo de excavación general.
4. Durante la ejecución del proyecto se cumplió con las normas de seguridad exigidas por la normatividad legal vigente. así como la Norma G-50 Seguridad durante la construcción, 29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo” y otros.
5. Durante la excavación se ha aplica la tecnología moderna de construcción de túneles, para cual se dispone de equipos perforadora jumbo, camión dumper, scooptram, lo cual ha permitido cumplir con los avances mensuales de excavación programados.
6. El túnel de aducción tendrá una sección de tipo baúl de 3.2 x 3.4 metros y una longitud de 6879 metros de longitud, con una gradiente de 0.002 m/m lo cual permitirá conducir 11m³/seg.
7. El presupuesto requerido para la construcción será financiado directamente con recursos de la EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SANTA LORENZA S.AC, y cuyo capital será recuperado con la venta de la energía eléctrica producida.
8. La C.H. SANTA LORENZA I, es un proyecto destinado a la producción de energía eléctrica de 18.7 MW para lo cual se utilizara las aguas del rio Huallaga.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda cumplir con los parámetros establecidos en los planos para cada tipo de trabajo a realizarse.
2. Para dotar de una buena ventilación en los frentes de trabajo se recomienda cumplir con el diagrama de ventilación propuesta y se debe contar con ventiladoras extractoras.
3. En el frente 3 aguas abajo se tiene problemas con la presencia de agua producto de filtraciones para lo cual se debe contar bombas sumergibles en número y capacidad suficiente.
4. Para evitar continuas paralizaciones durante del proyecto del proyecto por problemas sociales la empresa debe llegar a un común acuerdo, que permita culminar los trabajos de acuerdo al programa establecido.
5. Para la ejecución del túnel de aducción debe respetarse con el cronograma de actividades propuestas, para no sufrir retrasos e incrementar el presupuesto establecido.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARTON N. LIEN R. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Youngst. Oslo 2000.
2. EXSA. Manual práctico de voladura. 4ta. Edición. Lima 2005.
3. HOEK AND BROWN. Excavaciones subterráneas en roca. Edit. Mc Graw Hill. Nueva York 1990.
4. LOMBARDI S.A. Revisión de diseño del túnel de aducción de la central Hidroeléctrica de Santa Lorenza.- Informe Técnico. Junio 2015.
5. LOPEZ JIMENO C. Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Instituto Tecnológico de España. Madrid 1998.
6. PARISEAU W.G. Design analysis in rock mechanics. Ed. Taylor & Francis. New York 2009
7. SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA Y PETRÓLEO. Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de roca en minería subterránea. Lima 2000

ANEXOS

1. PLANOS.

- ✓ Plano N° 1: Ubicación y Acceso.
- ✓ Plano N° 2: Geología Regional.
- ✓ Plano N° 3: Geología Local.
- ✓ Plano N° 4: Malla de Perforación y Voladura.
- ✓ Plano N° 5: Diagrama de suministro de energía y ubicación de ventiladores.
- ✓ Plano N° 6: Túnel de Conducción Planta y Perfil Longitudinal
- ✓ Plano N° 7: Túnel Piloto planta, perfil longitudinal y sección típica.
- ✓ Plano N° 8: Túnel ventana planta, perfil longitudinal y sección típica
- ✓ Plano N° 9: Perfil Longitudinal Geológico – Geomecánico.
- ✓ Plano N° 10: Secciones típicas de sostenimiento roca tipo I, II, III, y IV.
- ✓ Plano N° 11: Secciones típicas de sostenimiento roca tipo VA y VB.

2. FOTOGRAFÍAS.

- ✓ Fotografía N° 1: Vista del esquistismo presente en la parte alta del eje del Túnel de Aducción.



- ✓ Fotografía N° 2: Portal de entrada del Túnel de Conducción ubicado al pie de ladera, en basamento rocoso metamórfico (esquistos).



- ✓ Fotografía N° 3: Portal de entrada del Túnel de Conducción, en basamento rocoso metamórfico (esquistos) de progresiva 0+000 a 0+380



- ✓ Fotografía N° 4: Túnel de Conducción, en basamento rocoso metamórfico (esquistos) de progresiva 2+400 a 4+060 aproximadamente. Ventana de acceso proyectado en la progresiva 3+400.



- ✓ Fotografía N° 5: Túnel, trazo hidráulico proyectado de progresiva 6+200 a 6+857, portal de salida. Roca del grupo Mitu y Copacabana.

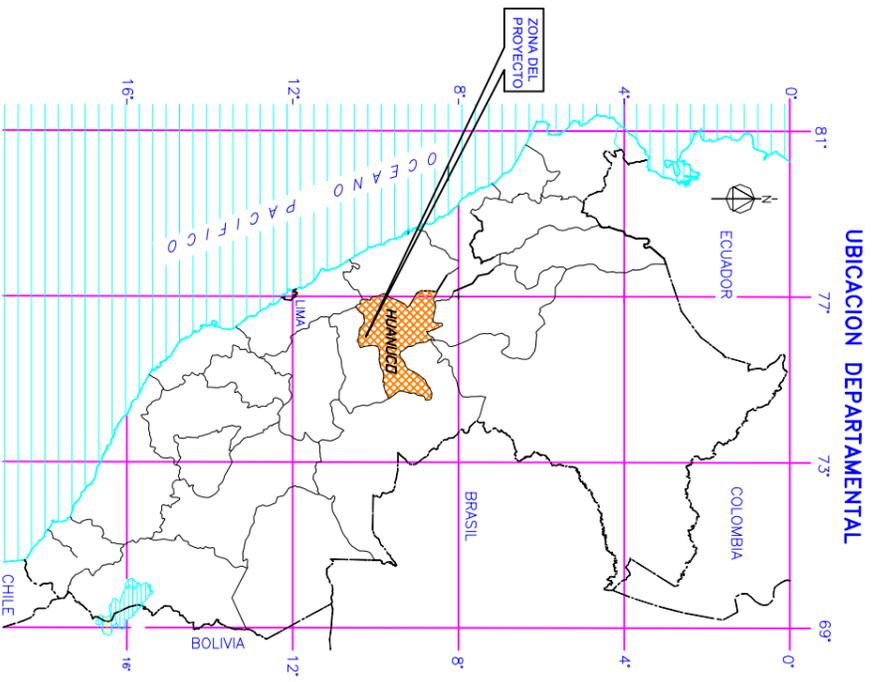
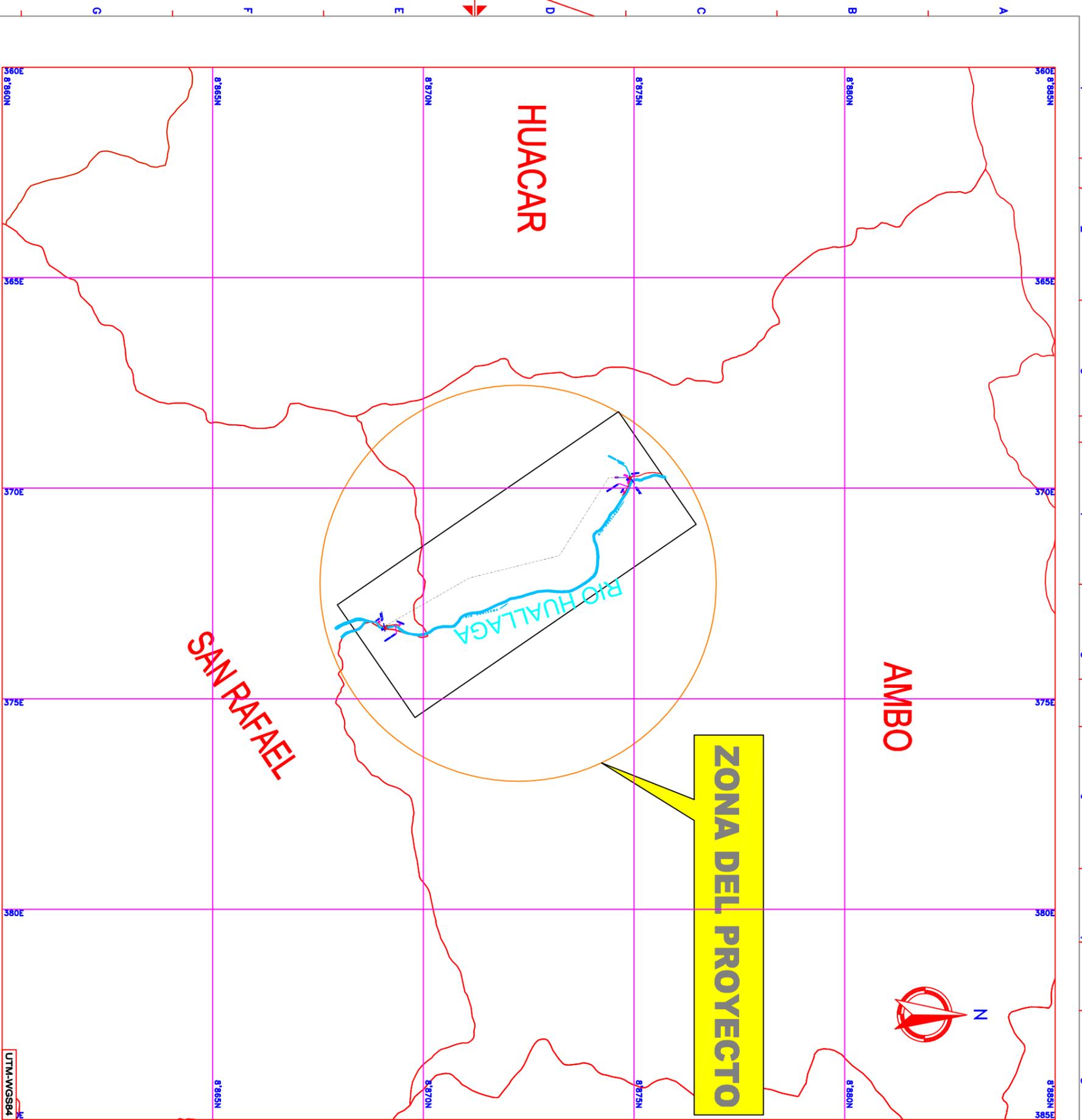


- ✓ Fotografía N° 6: Control Durante el carguío de Frente.



- ✓ Fotografía N° 7: Entrada Túnel piloto (Ventana 1)



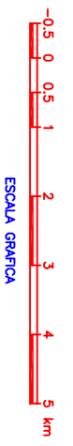


UBICACION POLITICA

DISTRITO : SAN RAFAEL
 PROVINCIA : AMBO
 DEPARTAMENTO : HUANUCO

LEYENDA

— DISTRICTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANCA
 Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERA DE MINAS

Proyecto: CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA LORENZA I
 Escala: 1:50 000
 Fecha: Julio 2017

Plano: PLANO DE UBICACION
 Pínamo: N-1

Revisión/Descripción	Fecha	Por	Aprob

Dibujado	Firma	Fecha
H.P		
Revisado		
M.O		



ESCALA GRAFICA
 0 0.75 1.5 3 4.5 6 7.5 km

ERA/TIEMPO	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS	
				PLUTONICAS	INTRUSIVAS HIPABISALES
CUATERNARIO	HOLOCENO		Depositos aluviales	KP-10, gdl	
			Depositos Coluviales	KP-10, gdl	
			Depositos fluvio-glaciales	KP-10, gdl	
CRETACEO	INFERIOR		Depositos Morfénicos	Q-dl	
			Depositos Aluviales	Q-mo	
			Formación Casapalca	Q-c	
MESOZOICO	SUPERIOR		Formación Jumashia	Ke-1	
			Fm. Chilic-Porotompo	Ki-pt	
			Grupo Goyllorquigua	Ki-ch	
MESOZOICO	SUPERIOR		Fm. Condorsingo	Ki-g	
			Fm. Armochoy	Ji-c	
			Fm. Chambard	Ji-d	
MESOZOICO	SUPERIOR		Grupo Mitsu	Jr-ch	
			Gpa. Tarma-Copacabana	Ps-m	
			Grupo Ambo	Pg-cia	
MESOZOICO	INFERIOR		Grupo Escalier	SD-e	
			Fm. Contayo	O-c	
			Esquistos	Pe-cm6	
PALEOZOICO	MEDIO		Complejo Marañon	Pe-cm5	
			Devonico Inferior	CI-a	
			Silurico	SD-e	
PALEOZOICO	INFERIOR		Carbonifero Missisipiense	Pe-gr	
			Permico Inferior	Ps-m	
			Triasico Superior	Ji-c	

SIMBOLOGIA	
	Rumbo y buzamiento de estratos
	Rumbo y buzamiento de foliación y esquistosidad
	Contacto Geológico conocido
	Contacto Geológico Intenido
	Falla Geológica conocida
	Falla Geológica Intendida
	Logunas
	Carreteras
	Rios y Quebradas

COORDENADAS UTM WGS84

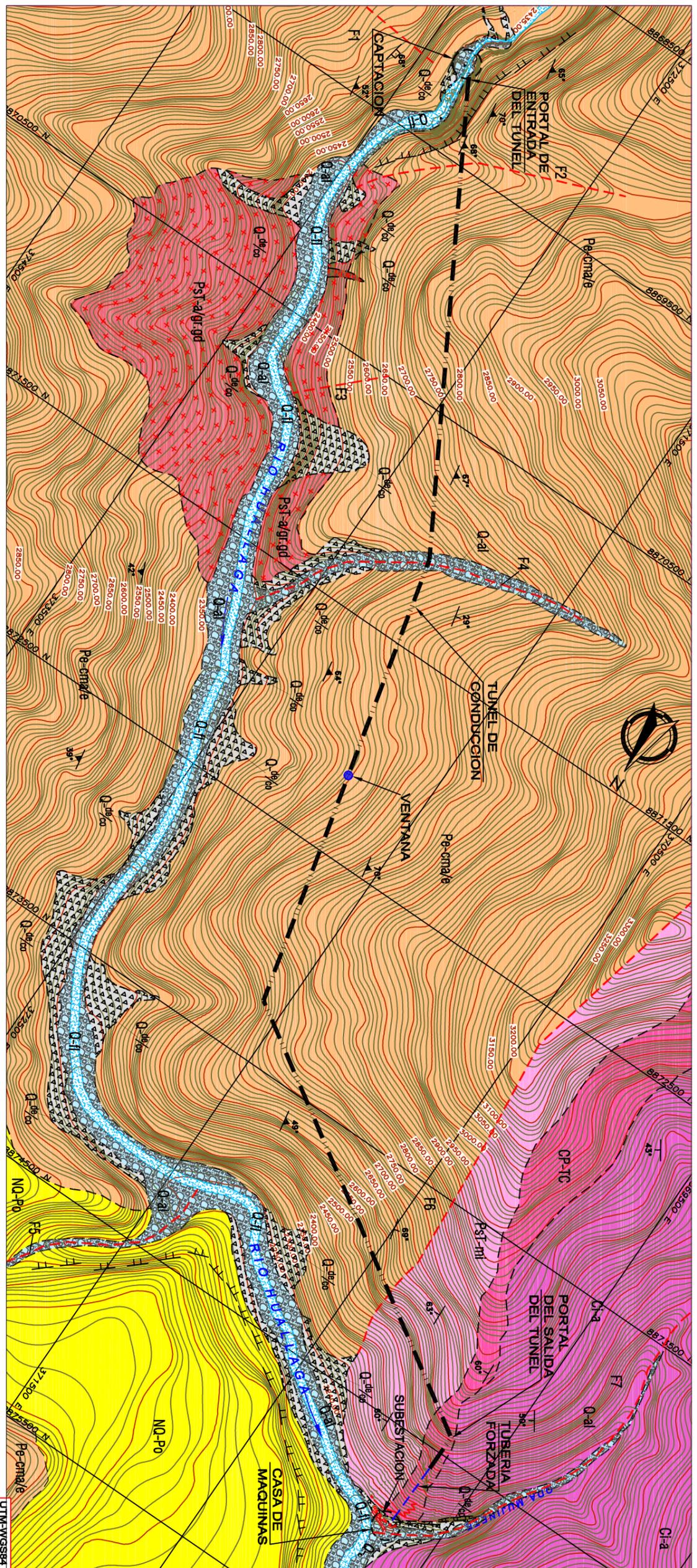
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

Proyecto: CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA LORENZA I
 Fecha: Julio 2017

Plano: GEOLOGIA REGIONAL
 N-2

Escala: 1:75 000	Firma	Fecha
Dibujado	H.P	
Revisado	CV	
Aprobado	M.O	

Revisión/Descripción	Fecha	Por	Aprob



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	MATERIAL ALUCTIONS	PLUTONICAS -GRANITO -GRANDIODORITA
		DEPOSITO FLUVIAL	Q-fl	
PALEOGENO	EOCENO	DEPOSITO ALUVIAL	Q-dl	Pst-q/gr-gd
		COBERTURA DELUVIO-COLUVIAL	Q-co	
PALEOZOICO	CARBONIFERO	CONGLOMERADO Y LACUSTRES	NO-Po	HIPABISALES -ANDESITA -DACITA
		PERMICO	Pst-mi	
MISSISSIPIANO	SUPERIOR	GRUPO MITU	CP-Tc	Pst-gm/da
		GRUPO TARMA COPACABANA	CP-Tc	
MISSISSIPIANO	INFERIOR	GRUPO AMBO	Ci-d	Pst-gm/da
		ESQUISTOS	Pe-cm/a/e	



SIMBOLOGIA

	CONTACTO GEOLOGICO
	CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE FRACTURAS
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE FOLIACION Y ESQUISTOSIDAD
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS
	FALLA GEOLOGICA
	FALLA GEOLOGICA INFERIDA
	ESCARPA INFERIDA
	TUBERIA FORZADA
	TRAZO DEL TUNEL DE CONDUCCION
	CURVA PRINCIPAL
	CURVA INTERMEDIA
	RIO

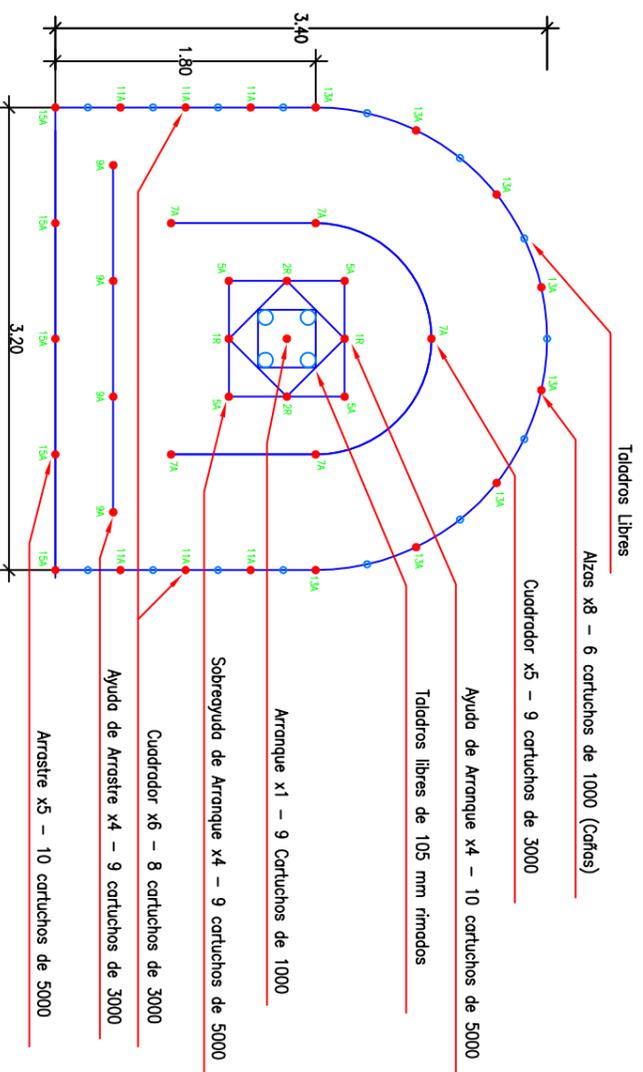
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

Proyecto: **CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA LORENZA I**
 Escala: 1:75 000
 Fecha: Julio 2017

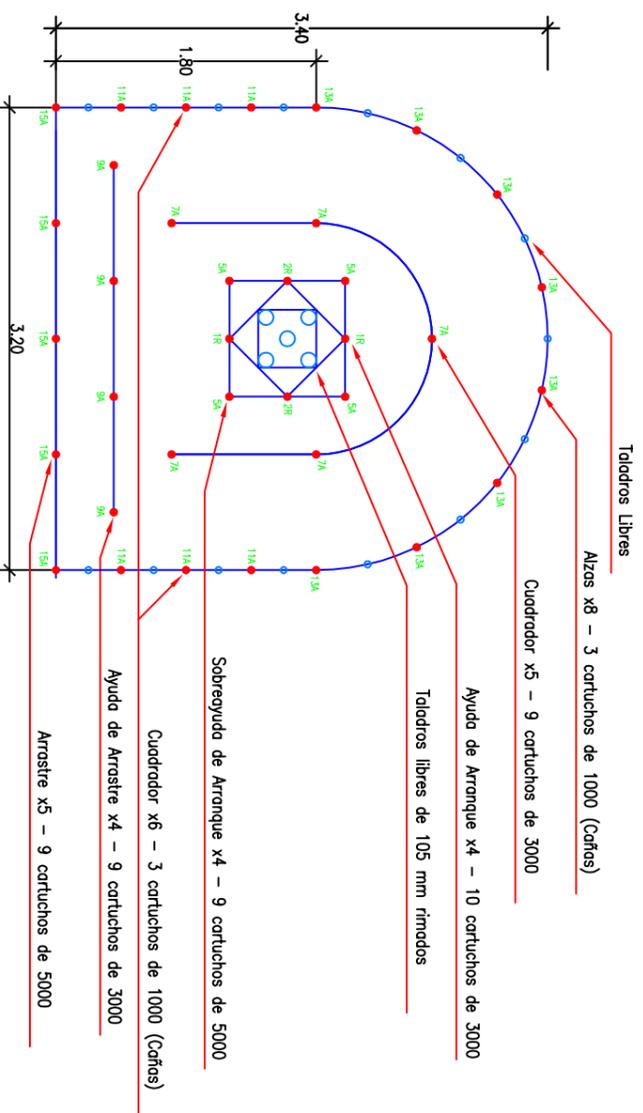
Plano: **GEOLOGIA LOCAL**
 Numero: **N-3**

Revisión/Descripción	Fecha	Por	Aprob

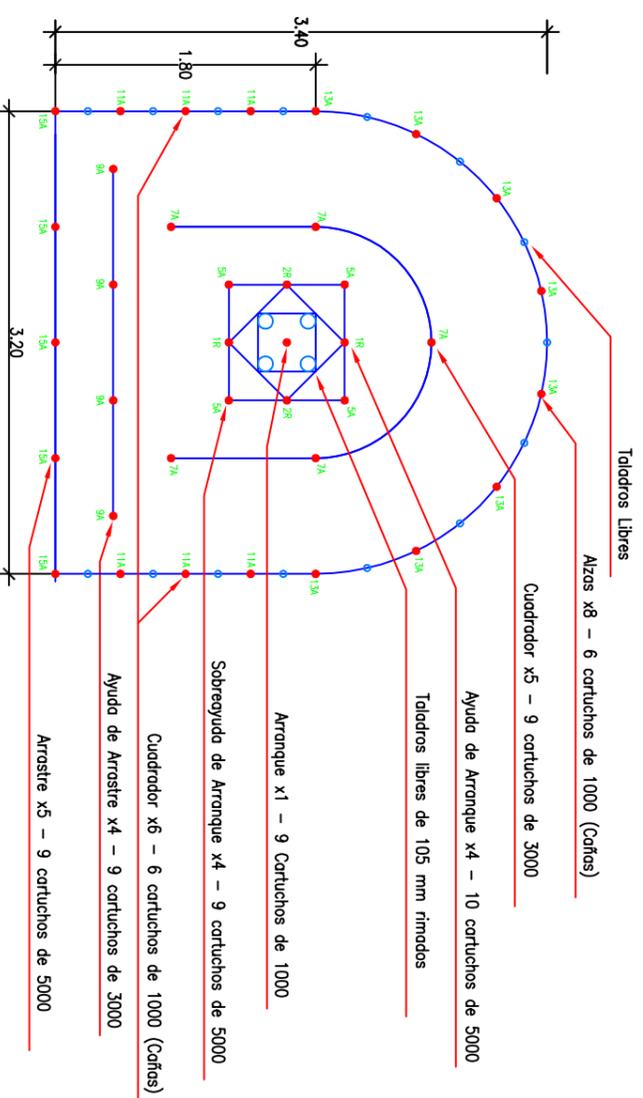
DETALLE DE MALLA DE VOLADURA



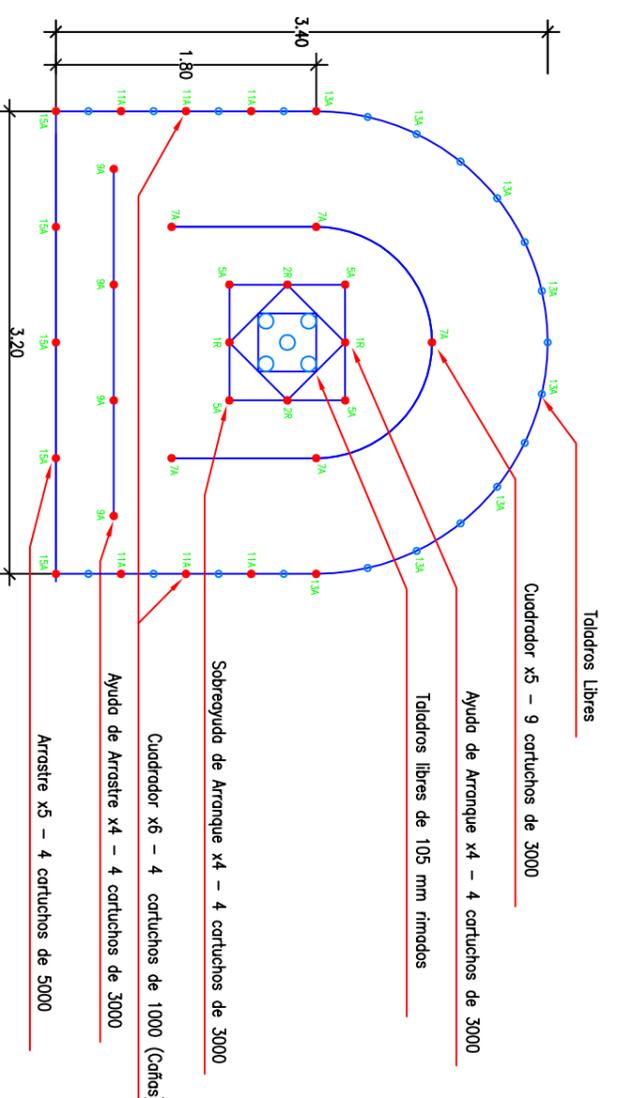
Detalle de Malla de Voladura en Roca Tipo II



Detalle de Malla de Voladura en Roca Tipo IV



Detalle de Malla de Voladura en Roca Tipo III



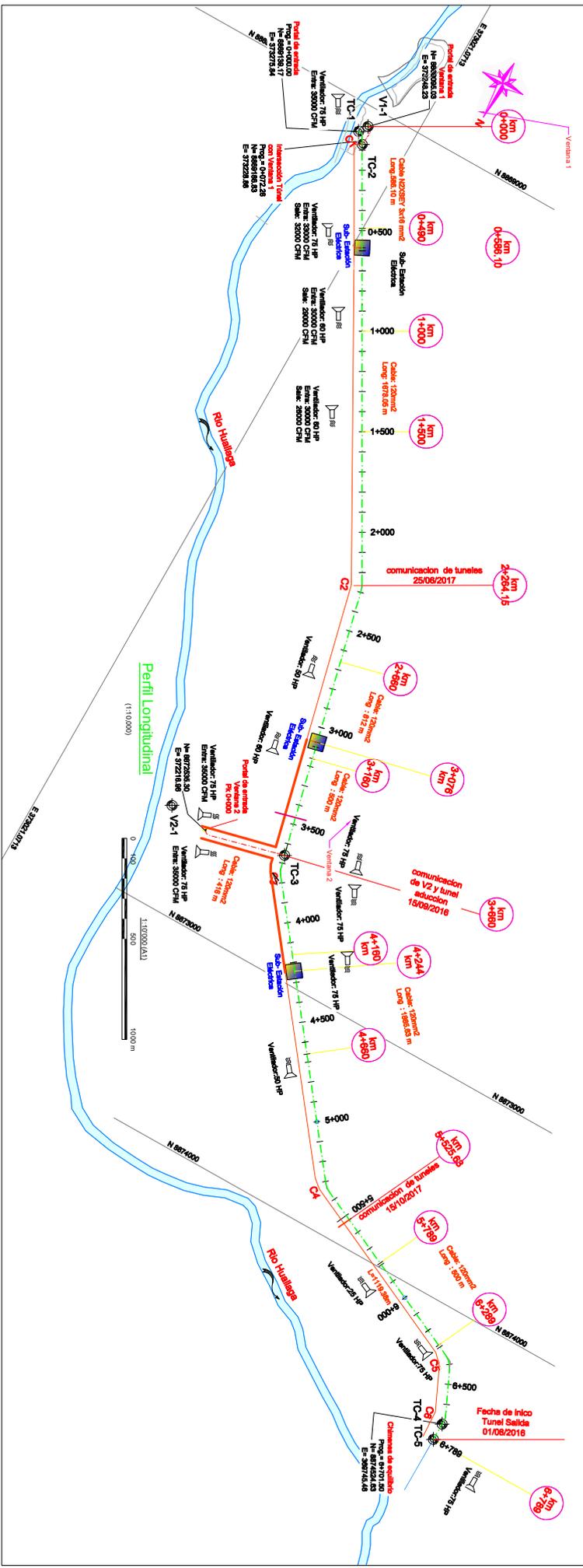
Detalle de Malla de Voladura en Roca Tipo Va y Vb

- ⊙ Taladro Cargado
- Taladro Libre (Ativo)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANCA		Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas	
Proyecto: CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTA LORENZA I		Fecha : Julio 2017	
Escala: 1/50		Plano: Malla de Perforación y Voladura	
Firma	Fecha	Dibujado	H.P
Revisado	C.V	Revisado	M.O
Revisión/Descripción	Fecha	Por	Aprobó

DIAGRAMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA

(1:10.000)



Referencias:

- 20110-3-401 - Tunnel de Conduccion - Planos y Perfil Longitudinal km 0+000 a 2+000 - Geometria
- 20110-3-402 - Tunnel de Conduccion - Planos y Perfil Longitudinal km 2+000 a 4+000 - Geometria
- 20110-3-403 - Tunnel de Conduccion - Planos y Perfil Longitudinal km 4+000 a 6+754 - Geometria
- 20110-3-404 - Tunnel de Conduccion - Planos y Perfil Longitudinal km 6+000 a 6+754 - Geometria

Legenda:

- Eje Tunnel de Conduccion
- Eje de Ventilacion
- Avance Hasta La Fecha
- L = Longitud
- PC = Principio de curva
- PI = Punto de interseccion
- PT = Fin de curva
- LC = Longitud de curva
- CX = Curva horizontal numero X
- = Angulo de deflexion

Puntos	Norte [m]	Este [m]	Elevacion [m s.n.m.]
TC-1	8869130.17	373275.84	2413.21
TC-2	8869180.43	373228.88	2413.01
TC-3	8872440.28	371617.49	2399.86
TC-4	8874624.83	369746.46	2398.66
TC-5	8874612.13	369746.92	2398.66
TC-6	8868956.03	373246.28	2423.70
VZ-1	8872535.30	372716.96	2398.00

Descripcion	Unidades
Ventilador 75 HP	85 Ap
Ventilador 60 HP	75 Ap
Ventilador 50 HP	60 Ap
Ventilador 25 HP	30 Ap
Cable NZSSEV 3x 6mm2 3.6kV	750 ms
Cable Elic 6x 20 mm2	500 ms
Cable 70 mm2	500 ms
Cable Elic 35 mm2	200 ms
Cable 3/8	300 ms

Notas:

1. Distancias y cotas expresadas en metros, excepto donde se indique lo contrario.
2. Las elevaciones expresadas en metros sobre el nivel del mar.
3. Las abreviaciones indicadas para el perfil del tunnel de conduccion corresponden al nivel de la esfera de homologo del Tunnel.
4. La elevacion del portal de salida y la interseccion con la orografia de equis, así como la pendiente del ultimo tramo del tunnel de conduccion, ha de ser revisada una vez el contratista confirme la ubicacion final y metodologias constructivas de la chimenea de equis, así como el area necesaria para el equipamiento de ventilacion de la obra.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEODINAMICA Y CIVIL

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

Proyecto: **DIAGRAMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA Y UBICACION DE VENTILADORES**

Fecha: **Julio 2017**

Escala: **1:10.000**

Dibujado: **HP**

Revisado: **CV**

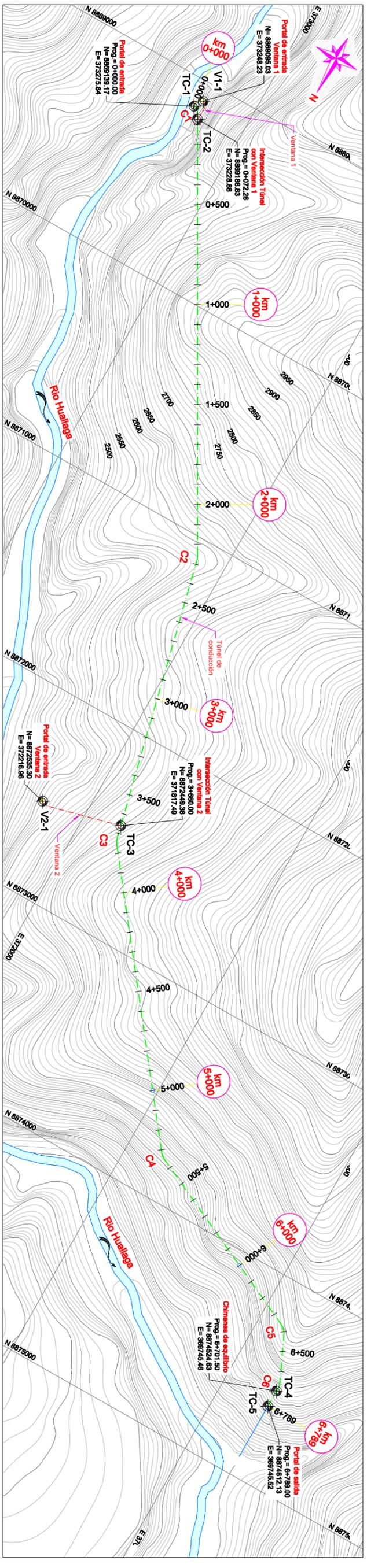
MO

Fecha: **Julio 2017**

Plano: **N-5**

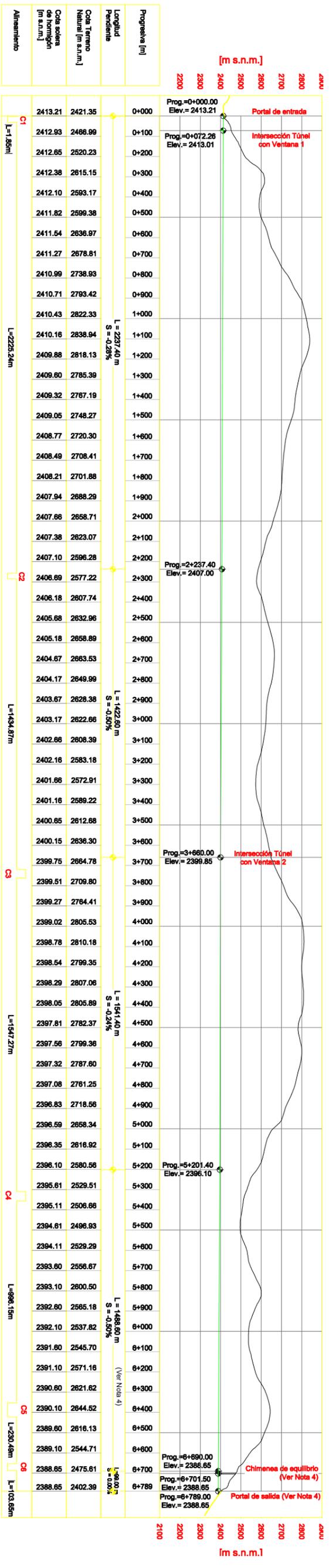
Planta - Túnel de Conducción

(1:10,000)



Perfil Longitudinal

(1:10,000)



Notas:

1. Distancia y cotas expresadas en metros, excepto donde se indique lo contrario.
2. Topografía según levantamiento recibido el 24/11/2015.
3. Las elevaciones indicadas para el perfil del túnel de conducción corresponden al nivel de la soleda de hormigón del túnel.
4. La elevación del portal de salida y la intersección con la chimenea de equilibrio, así como la pendiente del último tramo del túnel de conducción, ha de ser revisada una vez el contratista confirme la ubicación final y metodología constructiva de la chimenea de equilibrio, así como el área necesaria para el esquema de válvulas de la tubería forzada.

Referencias:

- 20110.3-401 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 0+000 a 2+000 - Geometría
- 20110.3-402 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 2+000 a 4+000 - Geometría
- 20110.3-403 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 4+000 a 6+000 - Geometría
- 20110.3-404 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 6+000 a 6+789 - Geometría

Legenda:

- - - Eje Túnel de Conducción
- - - Eje de Ventanas
- L = Longitud
- S = Pendiente
- SC = Principio de curva
- PI = Principio de intersección
- LC = Longitud de curva
- C-X = Curva horizontal número X
- Δ = Angulo de deflexión

Elementos de curvas horizontales

N°	Sentido	Radio	LC	Tang. Curva	Ext. Curva	Rumbo	Δ	PC	PI	PT	Nota [m]	Este [m]
C1D	25.00	29.63	18.83	5.14	S82° 30' 40.99" W	06° 54' 23"	0+001.85	0+018.89	0+031.48	8 889 136.73	373 257.31	
C2D	100.00	27.94	14.06	0.98	N29° 34' 55.87" W	01° 00' 38"	2+256.72	2+270.79	2+294.67	8 871 098.78	372 143.52	
C31	100.00	42.43	21.54	2.88	N13° 34' 17.80" W	02° 41' 03"	3+719.53	3+741.07	3+761.98	8 872 628.18	371 798.46	
C41	100.00	47.05	23.97	2.83	N37° 57' 49.07" W	02° 57' 37"	5+309.23	5+333.20	5+356.28	8 873 785.36	370 820.46	
C5D	100.00	69.98	38.49	6.45	N64° 50' 28.00" W	04° 05' 34"	6+362.43	6+388.92	6+422.41	8 874 234.58	369 894.11	
C6D	75.00	32.45	16.48	1.79	N24° 44' 51.71" W	02° 47' 15"	6+682.80	6+689.39	6+695.55	8 874 491.99	369 745.44	

Cuadro de coordenadas

Puntos	Norte [m]	Este [m]	Elevación [m s.n.m.]
TC-1	8869139.17	373275.84	2413.21
TC-2	8869186.83	373228.88	2413.01
TC-3	8872449.38	371817.49	2399.85
TC-4	8874524.63	369745.46	2388.65
TC-5	8874612.13	369745.52	2388.65
VI-1	8869095.03	373248.23	2423.70
VZ-1	8872535.30	372216.96	2396.00



Revisión/Descripción

Fecha

Por

Aprob

Dibujado

Revisado

Aprobado

H.P

C.V

M.O

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANCA

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERA DE MINAS

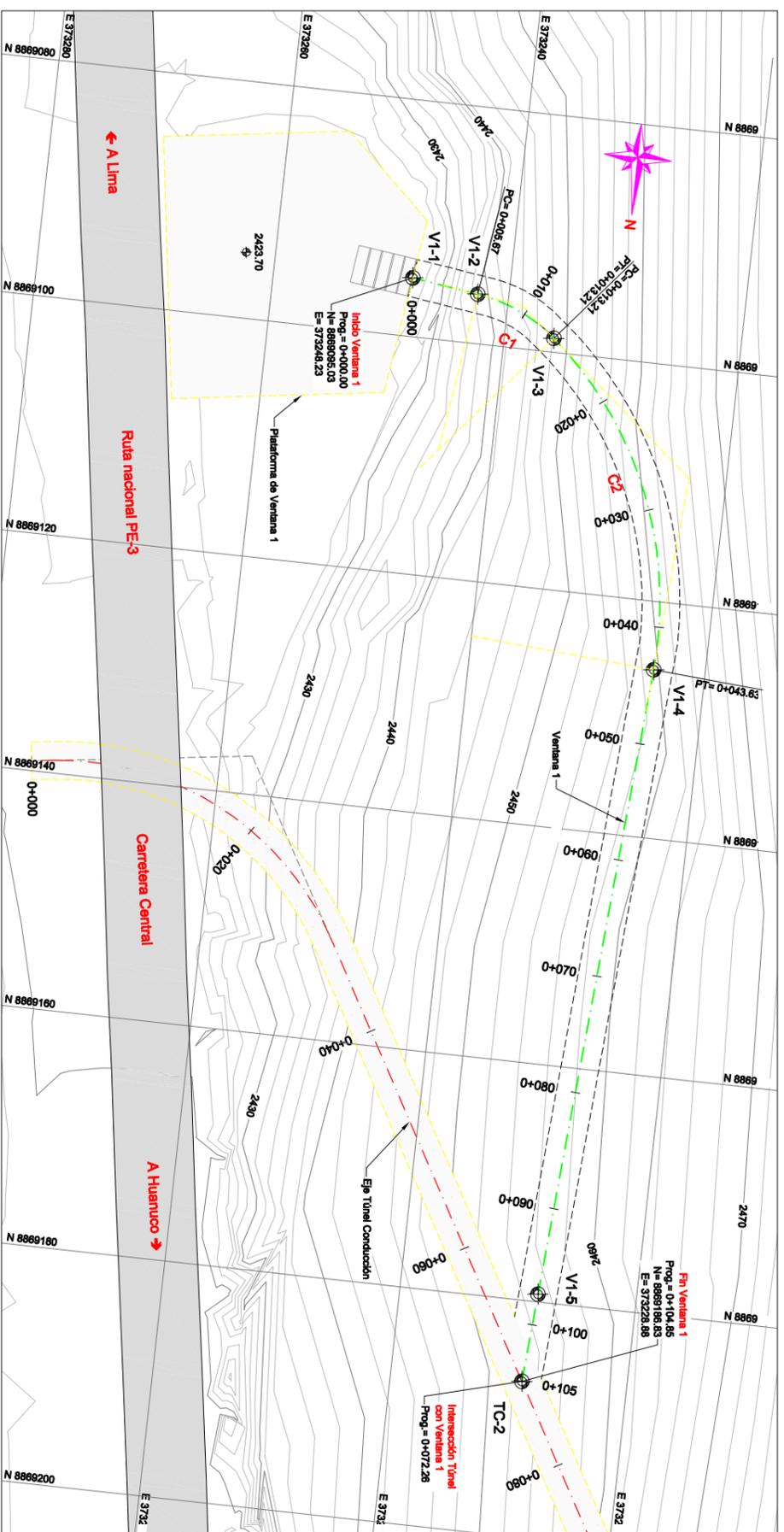
Proyector: CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA LORENZA I

Fecha: Julio 2017

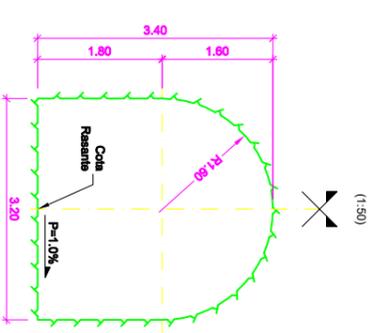
Plano: TUNEL DE CONDUCCION PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

N-6

Planta
(1:250)



Sección A-A - Sección Típica
(1:50)

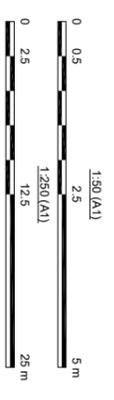


Notas:

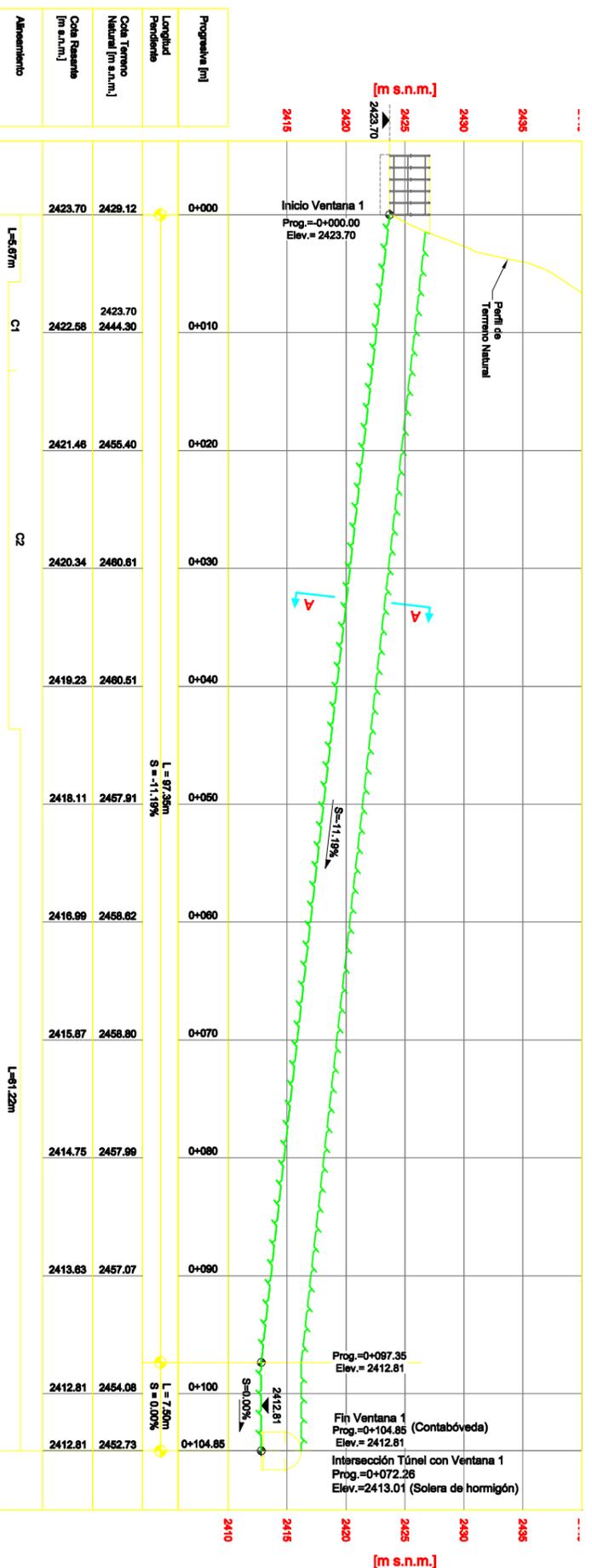
1. Distancia y cotas expresadas en metros, excepto donde se indique lo contrario.
2. Topografía según levantamiento recibido el 24/11/2015.

Cuadro de coordenadas			
Puntos	Norte [m]	Este [m]	Elevación [m s.n.m.]
V1-1	8869095.03	373248.23	2423.70
V1-2	8869095.81	373242.61	2424.07
V1-3	8869098.81	373235.81	2422.22
V1-4	8869125.77	373224.36	2418.82
V1-5	8869179.35	373228.32	2412.81
TC-2	8869188.83	373228.88	2412.81

V1: Ventana 1
TC: Tunnel de Conduccion

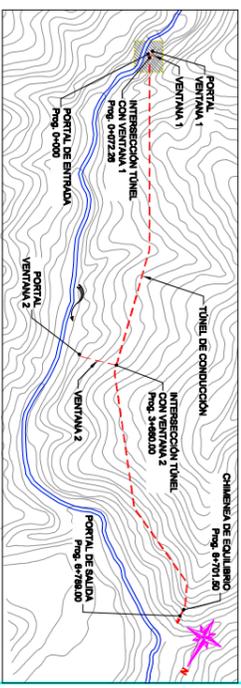


Perfil Longitudinal
(1:250)



Elementos de Curvas Horizontales												
No.	Sentido	Radio	LC	Tang. Curva	Ext. Curva	Rumbo	A	PC	PI	PT	Norte [m]	Este [m]
C1	D	13.54	7.83	3.87	0.54	N82° 07' 34.85"W	031° 52' 46"	0+005.67	0+008.54	0+013.21	8 869 098.34	373 238.78
C2	D	32.00	30.43	16.47	3.89	N50° 14' 48.35"W	064° 28' 33"	0+013.21	0+029.88	0+043.83	8 869 108.34	373 223.15

- Referencias:
- 20110.3-400 : Tunnel de Conduccion - Planta y Perfil Longitudinal Geometría
 - 20110.3-401 : Tunnel de Conduccion - Planta y Perfil Longitudinal km 0+000 a 2+000 - Geometría
 - 20110.3-407 : Tunnel Ventana 1 - Saneamiento Portal de Entrada Paralela Sección AA y B-B.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANCA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERA DE MINAS

Proyecto: TUNEL VENTANA 1 (PILOTO) PLANTA
 Plan: TUNEL VENTANA 1 (PILOTO) PLANTA PERFIL Y SECCION TIPICA

Fecha: Julio 2017
 Escala: 1:250

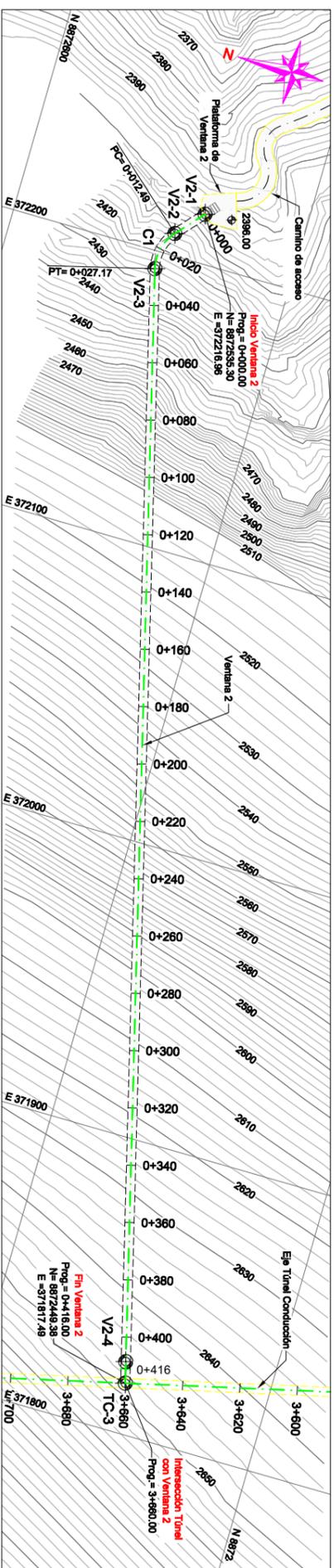
Firmo: [Firma]
 Fecha: [Fecha]

Dibujo: H/P
 Revisado: C/V
 M.O.

Revisión/Descripción: [Tabla de Revisión]
 Fecha: [Fecha]
 Por: [Nombre]
 Aprob: [Nombre]

Planta

(1:1'000)

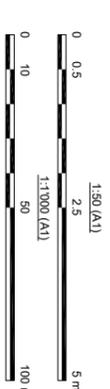
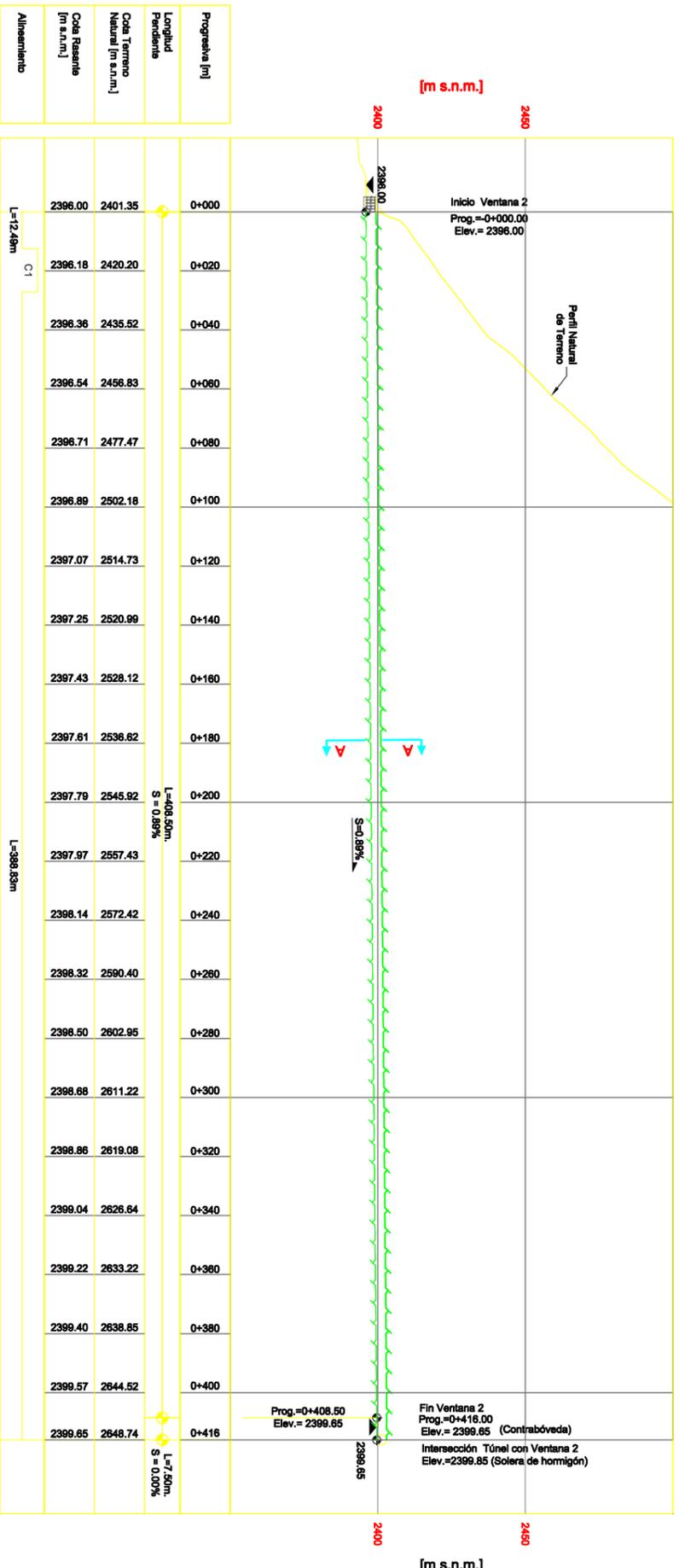


Puntos	Norte [m]	Este [m]	Elevación [m s.n.m.]
VZ-1	887255.30	372216.98	2396.00
VZ-2	887254.59	372207.60	2396.11
VZ-3	887254.68	372193.90	2396.24
VZ-4	887245.26	371824.75	2399.65
TC-3	887244.38	371817.49	2399.65

VZ: Ventana 2
TC: Túnel de Conducción

Perfil Longitudinal

(1:1'000)

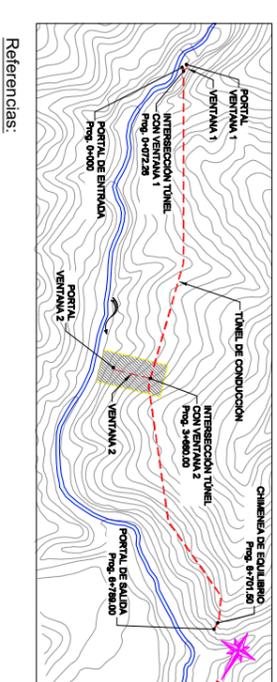
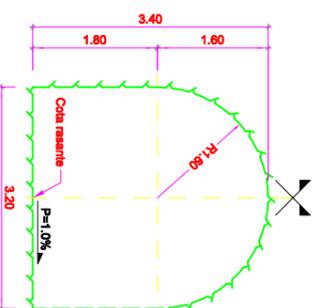


Elementos de Curvas Horizontales

No.	Sentido	Radio	LC	Tang. Curva	Ext. Curva	Rumbo	Δ	PC	PI	PT	Norte [m]	Este [m]
C1	I	15.00	14.88	7.99	1.99	N48° 27' 31.62"W	096° 03' 49"	0+012.49	0+020.48	0+027.17	8 872 548.88	372 201.63

Sección A-A - Sección Típica

(1:150)

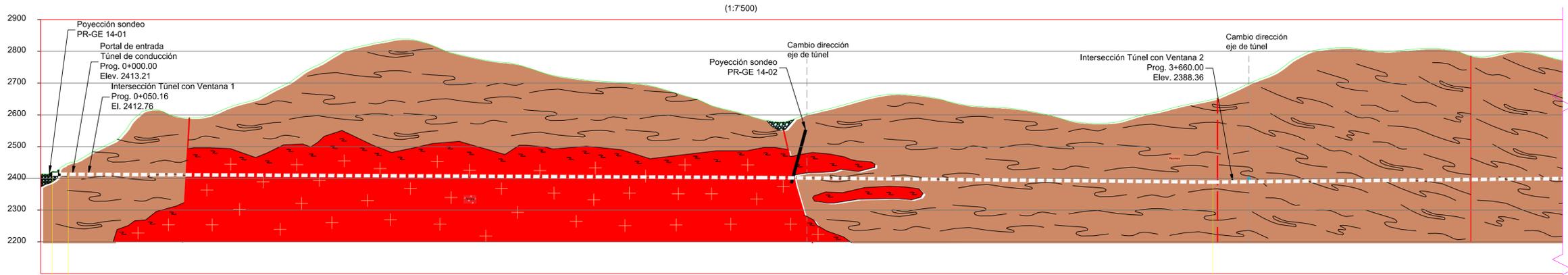


Referencias:

- 201103-400 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal Geometría
- 201103-402 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 2+000 a 4+000 - Geometría
- 201103-408 - Túnel Ventana 2 - Saneamiento Portal de Entrada Planta, Sección A-A y B-B.
- 201103-100 : Ventana 2 - Camino de Acceso - Perfil Longitudinal km 0+000 a 0+833.69 - Geometría

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANCA FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS	
Proyecto:	Escala: 1:1000	Fecha:	Julio 2017
Plano:	TUNEL VENTANA 2 PLANTA PERFIL Y SECCION TIPICA	Dibujado:	H.P.
		Revisado:	C.V.
		Aprobado:	M.O.
Revisión/Descripción	Fecha	Por	Aprob

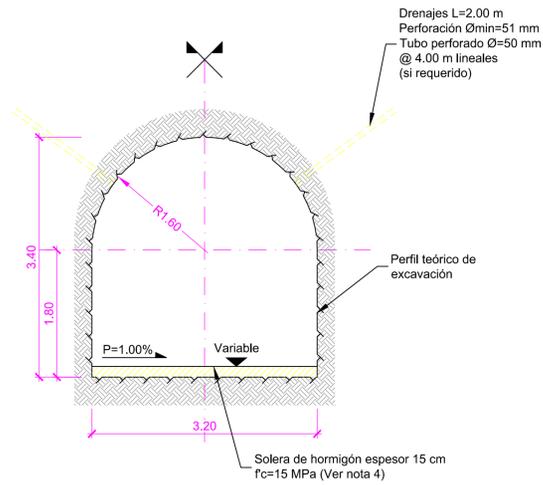
Perfil Geológico - Geomecánico



ABSCISA (m)	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800	2+900	3+000	3+100	3+200	3+300	3+400	3+500	3+600	3+700	3+800	3+900	4+000	4+100	4+200	4+300	4+400	4+500	4+600	4+700																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
COTA TERRENO (msnm)	2413.21	2421.35	2466.99	2520.23	2615.15	2593.17	2593.38	2636.97	2678.81	2735.93	2793.42	2822.33	2838.94	2818.13	2785.39	2767.19	2748.27	2720.30	2708.41	2701.88	2686.29	2665.71	2623.07	2577.22	2507.74	2532.96	2558.89	2563.53	2548.98	2522.66	2515.18	2492.94	2482.22	2466.22	2451.68	2438.95	2426.68	2412.68	2398.30	2384.78	2370.80	2356.41	2341.68	2326.55	2311.16	2295.53	2279.68	2263.53	2247.16	2230.53	2213.68	2196.53	2179.16	2161.53	2143.68	2125.53	2107.16	2088.53	2069.68	2050.53	2031.16	2011.53	1991.68	1971.53	1951.16	1930.53	1909.68	1888.53	1867.16	1845.53	1823.68	1801.53	1779.16	1756.53	1733.68	1710.53	1687.16	1663.53	1639.68	1615.53	1591.16	1566.53	1541.68	1516.53	1491.16	1465.53	1439.68	1413.53	1387.16	1360.53	1333.68	1306.53	1279.16	1251.53	1223.68	1195.53	1167.16	1138.53	1109.68	1080.53	1051.16	1021.53	991.68	961.53	931.16	900.53	870.16	839.53	808.68	777.53	746.16	714.53	682.68	650.53	618.16	585.53	552.68	519.53	486.16	452.53	418.68	384.53	350.16	315.53	280.68	245.53	210.16	174.53	138.68	102.53	66.16	29.53	-7.16	-42.53	-77.68	-112.53	-147.16	-181.53	-215.68	-249.53	-283.16	-316.53	-349.68	-382.53	-415.16	-447.53	-479.68	-511.53	-543.16	-574.53	-605.68	-636.53	-667.16	-697.53	-727.68	-757.53	-787.16	-816.53	-845.68	-874.53	-903.16	-931.53	-959.68	-987.53	-1015.16	-1042.53	-1069.68	-1096.53	-1123.16	-1149.53	-1175.68	-1201.53	-1227.16	-1252.53	-1277.68	-1302.53	-1327.16	-1351.53	-1375.68	-1399.53	-1423.16	-1446.53	-1469.68	-1492.53	-1515.16	-1537.53	-1559.68	-1581.53	-1603.16	-1624.53	-1645.68	-1666.53	-1687.16	-1707.53	-1727.68	-1747.53	-1767.16	-1786.53	-1805.68	-1824.53	-1843.16	-1861.53	-1879.68	-1897.53	-1915.16	-1932.53	-1949.68	-1966.53	-1983.16	-2000.53	-2017.68	-2034.53	-2051.16	-2067.53	-2083.68	-2099.53	-2115.16	-2130.53	-2145.68	-2160.53	-2175.16	-2189.53	-2203.68	-2217.53	-2231.16	-2244.53	-2257.68	-2270.53	-2283.16	-2295.53	-2307.68	-2319.53	-2331.16	-2342.53	-2353.68	-2364.53	-2375.16	-2385.53	-2395.68	-2405.53	-2415.16	-2424.53	-2433.68	-2442.53	-2451.16	-2459.53	-2467.68	-2475.53	-2483.16	-2490.53	-2497.68	-2504.53	-2511.16	-2517.53	-2523.68	-2529.53	-2535.16	-2540.53	-2545.68	-2550.53	-2555.16	-2559.53	-2563.68	-2567.53	-2571.16	-2574.53	-2577.68	-2580.53	-2583.16	-2585.53	-2587.68	-2589.53	-2591.16	-2592.53	-2593.68	-2594.53	-2595.16	-2595.53	-2595.68	-2595.53	-2595.16	-2594.53	-2593.68	-2592.53	-2591.16	-2589.53	-2587.68	-2585.53	-2583.16	-2580.53	-2577.68	-2574.53	-2571.16	-2567.53	-2563.68	-2559.53	-2555.16	-2550.53	-2545.68	-2540.53	-2535.16	-2529.53	-2523.68	-2517.53	-2511.16	-2504.53	-2497.68	-2490.53	-2483.16	-2475.53	-2467.68	-2459.53	-2451.16	-2442.53	-2433.68	-2424.53	-2415.16	-2405.53	-2395.68	-2385.53	-2375.16	-2364.53	-2353.68	-2342.53	-2331.16	-2319.53	-2307.68	-2295.53	-2283.16	-2270.53	-2257.68	-2244.53	-2231.16	-2217.53	-2203.68	-2189.53	-2175.16	-2160.53	-2145.68	-2130.53	-2115.16	-2099.53	-2083.16	-2066.53	-2049.68	-2032.53	-2015.16	-1997.53	-1979.68	-1961.53	-1943.16	-1924.53	-1905.68	-1886.53	-1867.16	-1847.53	-1827.68	-1807.53	-1787.16	-1766.53	-1745.68	-1724.53	-1703.16	-1681.53	-1659.68	-1637.53	-1615.16	-1592.53	-1569.68	-1546.53	-1523.16	-1500.53	-1477.68	-1454.53	-1431.16	-1407.53	-1383.68	-1359.53	-1335.16	-1310.53	-1285.68	-1260.53	-1235.16	-1209.53	-1183.68	-1157.53	-1131.16	-1104.53	-1077.68	-1050.53	-1023.16	-995.53	-967.68	-939.53	-911.16	-882.53	-853.68	-824.53	-795.16	-765.53	-735.68	-705.53	-675.16	-644.53	-613.68	-582.53	-551.16	-519.53	-487.68	-455.53	-423.16	-390.53	-357.68	-324.53	-291.16	-257.53	-223.68	-189.53	-155.16	-120.53	-85.68	-50.53	-15.16	20.53	55.68	90.53	125.16	159.53	193.68	227.53	261.16	294.53	327.68	360.53	393.16	425.53	457.68	489.53	521.16	552.53	583.68	614.53	645.16	675.53	705.68	735.53	765.16	794.53	823.68	852.53	881.16	909.53	937.68	965.53	993.16	1020.53	1047.68	1074.53	1101.16	1127.53	1153.68	1179.53	1205.16	1230.53	1255.68	1280.53	1305.16	1329.53	1353.68	1377.53	1401.16	1424.53	1447.68	1470.53	1493.16	1515.53	1537.68	1559.53	1581.16	1602.53	1623.68	1644.53	1665.16	1685.53	1705.68	1725.53	1745.16	1764.53	1783.68	1802.53	1821.16	1839.53	1857.68	1875.53	1893.16	1910.53	1927.68	1944.53	1961.16	1977.53	1993.68	2009.53	2025.16	2040.53	2055.68	2070.53	2085.16	2099.53	2113.68	2127.53	2141.16	2154.53	2167.68	2180.53	2193.16	2205.53	2217.68	2229.53	2241.16	2252.53	2263.68	2274.53	2285.16	2295.53	2305.68	2315.53	2325.16	2334.53	2343.68	2352.53	2361.16	2369.53	2377.68	2385.53	2393.68	2401.53	2409.16	2416.53	2423.68	2430.53	2437.16	2443.53	2449.68	2455.53	2461.16	2466.53	2471.68	2476.53	2481.16	2485.53	2489.68	2493.53	2497.16	2500.53	2503.68	2506.53	2509.16	2511.53	2513.68	2515.53	2517.16	2518.53	2519.68	2520.53	2521.16	2521.53	2521.68	2521.53	2521.16	2520.53	2519.68	2518.53	2517.16	2515.53	2513.68	2511.53	2509.68	2507.53	2505.16	2502.53	2500.68	2498.53	2496.16	2493.53	2490.68	2487.53	2484.16	2480.53	2476.68	2472.53	2468.16	2463.53	2458.68	2453.53	2448.16	2442.53	2436.68	2430.53	2424.16	2417.53	2410.68	2403.53	2396.16	2388.53	2380.68	2372.53	2364.16	2355.53	2346.68	2337.53	2328.16	2318.53	2308.68	2298.53	2288.16	2277.53	2266.68	2255.53	2244.16	2232.53	2220.68	2208.53	2196.16	2183.53	2170.68	2157.53	2144.16	2130.53	2116.68	2102.53	2088.16	2073.53	2058.68	2043.53	2028.16	2012.53	1996.68	1980.53	1963.68	1946.53	1929.16	1911.53	1893.68	1875.53	1857.16	1838.53	1819.68	1800.53	1781.16	1761.53	1741.68	1721.53	1701.16	1680.53	1659.68	1638.53	1617.16	1595.53	1573.68	1551.53	1529.16	1506.53	1483.68	1460.53	1437.16	1413.53	1389.68	1365.53	1341.16	1316.53	1291.68	1266.53	1241.16	1215.53	1189.68	1163.53	1137.16	1110.53	1083.68	1056.53	1029.16	1001.53	973.68	945.53	917.16	888.53	859.68	830.53	801.16	771.53	741.68	711.53	681.16	650.53	619.68	588.53	557.16	525.53	493.68	461.53	429.16	396.53	363.68	330.53	297.16	263.53	229.68	195.53	161.16	126.53	91.68	56.53	21.16	-14.53	-49.68	-84.53	-119.16	-153.53	-187.68	-221.53	-255.16	-288.53	-321.68	-354.53	-387.16	-419.53	-451.68	-483.53	-515.16	-546.53	-577.68	-608.53	-639.16	-669.53	-700.68	-730.53	-760.16	-789.53	-818.68	-847.53	-876.16	-904.53	-932.68	-960.53	-988.16	-1015.53	-1042.68	-1069.53	-1096.16	-1122.53	-1148.68	-1174.53	-1200.16	-1225.53	-1250.68	-1275.53	-1300.16	-1324.53	-1348.68	-1372.53	-1396.16	-1419.53	-1442.68	-1465.53	-1488.16	-1510.53	-1532.68	-1554.53	-1576.16	-1597.53	-1618.68	-1639.53	-1659.68	-1679.53	-1699.16	-1718.53	-1737.68	-1756.53	-1775.16	-1793.53	-1811.68	-1829.53	-1847.16	-1864.53	-1881.68	-1898.53	-1915.16	-1931.53	-1947.68	-1963.53	-1979.16	-1994.53	-2009.68	-2024.53	-2039.16	-2053.53	-2067.68	-2081.53	-2095.16	-2108.53	-2121.68	-2134.53	-2147.16	-2159.53	-2171.68	-2183.53	-2195.16	-2206.53	-2217.68	-2228.53	-2239.16	-2249.53	-2259.68	-2269.53	-2279.16	-2288.53	-2297.68	-2306.53	-2315.16	-2323.53	-2331.68	-2339.53	-2347.16	-2354.53	-2361.68	-2368.53	-2375.16	-2381.53	-2387.68	-2393.53	-2399.16	-2404.53	-2409.68	-2414.53	-2419.16	-2423.53	-2427.68	-2431.53	-2435.16	-2438.53	-2441.68	-2444.53	-2447.16	-2449.53	-2451.68	-2453.53	-2455.16	-2456.53	-2457.68	-2458.53	-2459.16	-2459.53	-2459.68	-2459.53	-2459.16	-2458.53	-2457.68	-2456.53	-2455.16	-2453.53	-2451.68	-2449.53	-2447.68	-2445.53	-2443.16	-2440.53	-2437.68	-2434.53	-2431.16	-2427.53	-2423.68	-2419.53	-2415.16	-2410.53	-2405.68	-2400.53	-2395.68	-2390.53	-2385.16	-2379.53	-2373.68	-2367.53	-2361.16	-2354.53	-2347.68	-2340.53	-2333.16	-2325.53	-2317.68	-2309.53	-2301.16	-2292.53	-2283.68	-2274.53	-2265.16	-2255.53	-2245.68	-2235.53	-2225.16	-2214.53	-2203.68	-2192.53

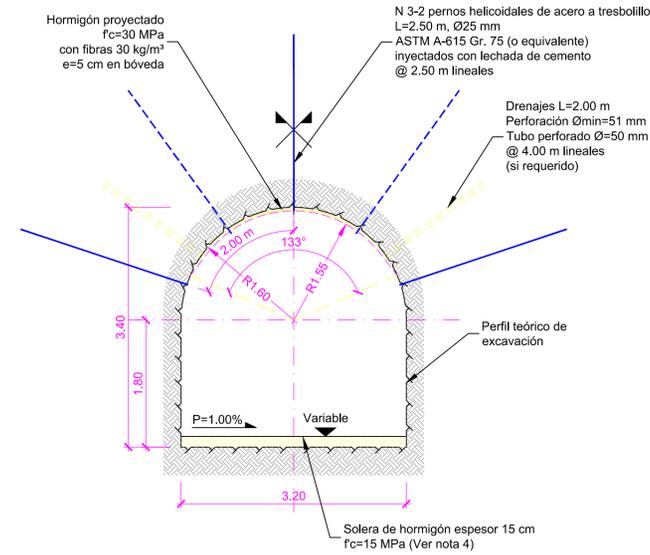
Sostenimiento Clase II
Roca Muy Buena (RMR>80)

(1:50)



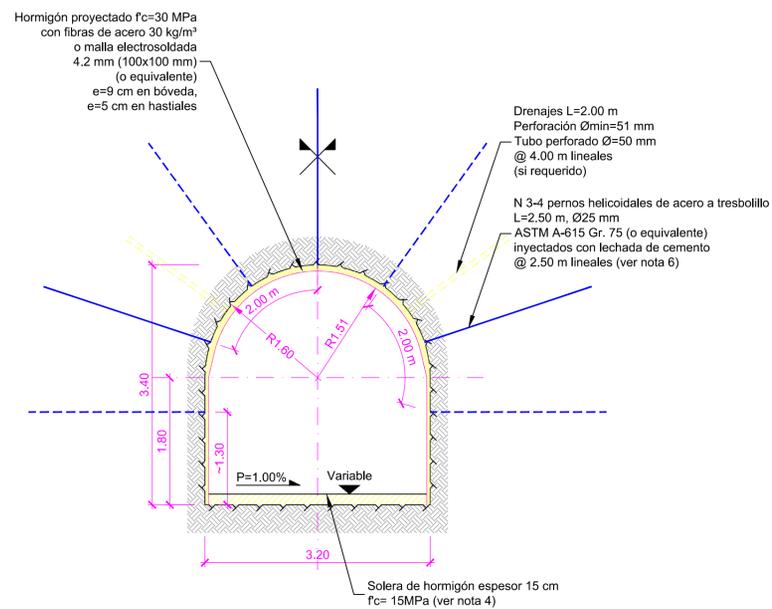
Sostenimiento Clase II
Roca Buena (60<RMR≤80)

(1:50)



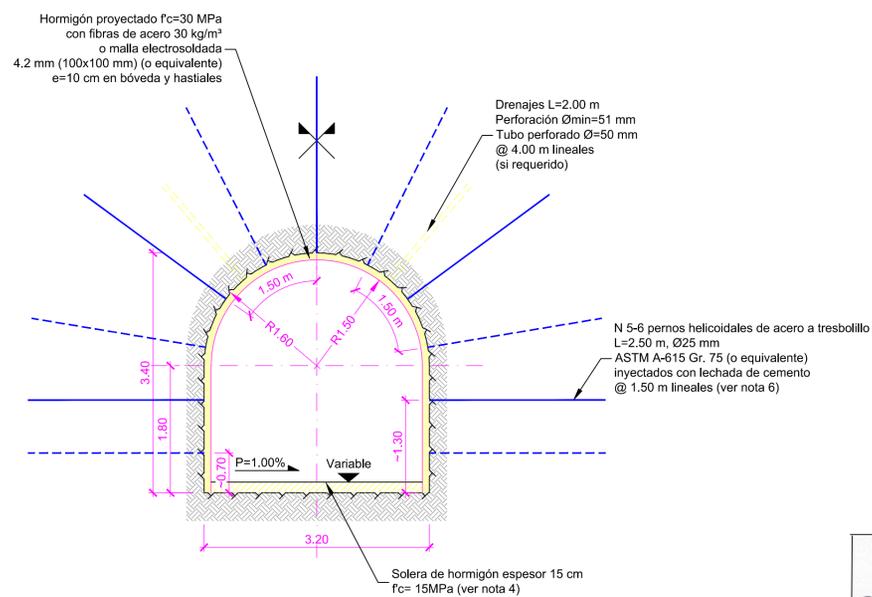
Sostenimiento Clase III
Roca Fracturada (40<RMR≤60)

(1:50)



Sostenimiento Clase IV
Roca Mala (20<RMR≤40)

(1:50)

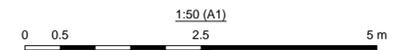


Notas:

1. Las dimensiones están expresadas en metros, excepto donde se indique lo contrario.
2. El ángulo de instalación y posición de los pernos de anclaje puntuales podrá ser adaptado por el geólogo en obra en función del mapeo del frente de excavación.
3. El mapeo de las fracturas y clasificación del macizo rocoso se deberá realizar de forma sistemática durante todas las excavaciones del túnel.
4. La solera de hormigón deberá ser construida solamente en el túnel de conducción.
5. Antes de la ejecución de la primera capa de hormigón proyectado, se deberá desatar y limpiar con agua a presión el frente de excavación.
6. Pernos puntuales serán instalados en caso sean requeridos por el geólogo / ingeniero encargado del túnel, para solventar posibles cuñas inestables.

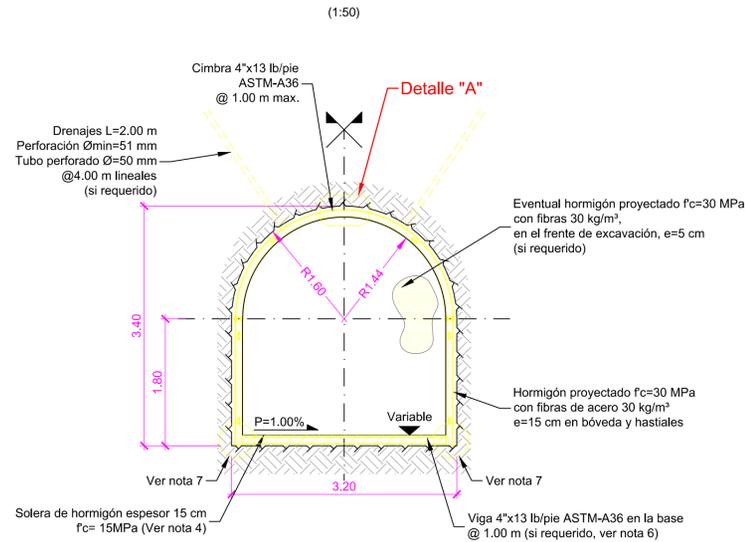
Referencias:

- 20110.3-400 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal Geometría
- 20110.3-401 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 0+000 a 2+000 - Geometría
- 20110.3-402 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 2+000 a 4+000 - Geometría
- 20110.3-403 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 4+000 a 6+000 - Geometría
- 20110.3-404 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal km 6+000 a 6+794 - Geometría
- 20110.3-405 : Túnel Ventana 1 - Planta, Perfil Longitudinal y Sección Típica Geometría
- 20110.3-406 : Túnel Ventana 2 - Planta, Perfil Longitudinal y Sección Típica Geometría
- 20110.3-407 : Túnel Ventana 1 - Portal de Entrada - Excavación y Sostenimiento Planta, Sección A-A y B-B
- 20110.3-408 : Túnel Ventana 2 - Portal de Entrada - Excavación y Sostenimiento Planta, Sección A-A y B-B
- 20110.3-410 : Túnel de Conducción, Ventanas 1 y 2 - Secciones Típicas de Sostenimientos Clase VA y VB
- 20110.3-414 : Túnel de Conducción - Losa de Hormigón Secciones y Detalles

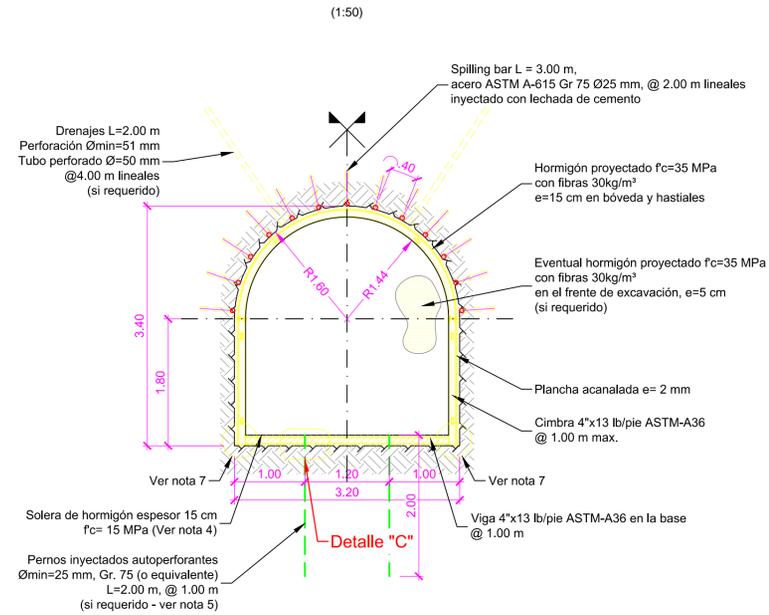


		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA	
		FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL	
Escala: 1:50		Proyecto: CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA LORENZA I	
Dibujado: H.P.		Fecha: Julio 2017	
Revisado: C.V.		Plano: SECCIONES TIPICAS DE SOSTENIMIENTO CLASES I, II, III, IV	
Aprobado: M.O.		Plano: N-10	

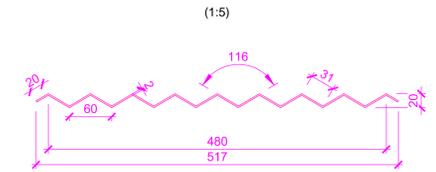
Sostenimiento Clase VA
Roca Muy Mala (10<RMR≤20)



Sostenimiento Clase VB
Roca Extremadamente Mala (RMR≤10)



Plancha acanalada



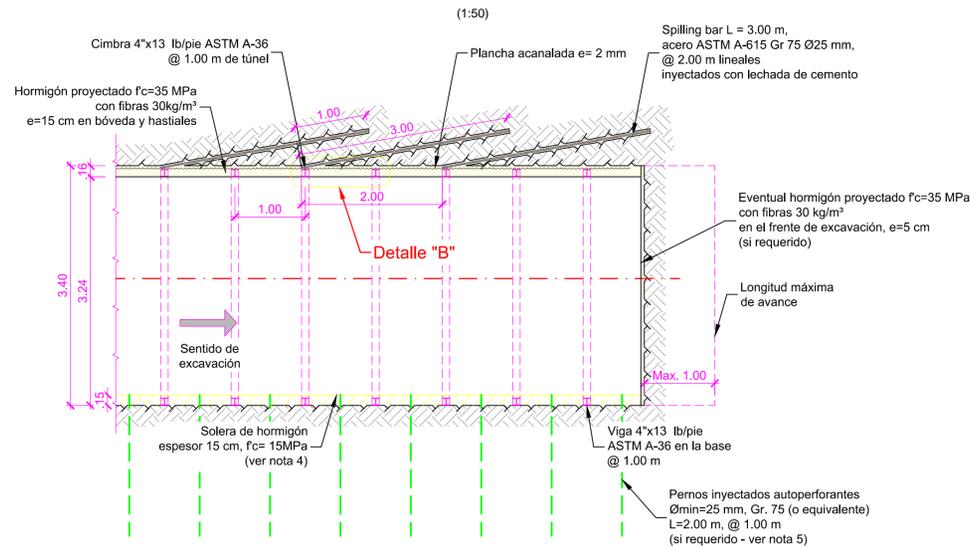
Notas:

- Las dimensiones están expresadas en metros, excepto donde se indique lo contrario.
- El mapeo y clasificación del macizo excavado se deberá realizar de forma sistemática durante todas las excavaciones del túnel.
- Las inyecciones deberán ser ejecutadas inmediatamente después de realizadas las perforaciones.
- La solera de hormigón deberá ser construida solamente en el túnel de conducción.
- Pernos inyectados autopercutores serán instalados en el invert en caso de que el estudio de convergencia lo requiera.
- La viga de 4"x13 lb/pie en la clase VA será instalada en caso el estudio de convergencia lo requiera.
- El contratista deberá garantizar un apoyo restante al hundimiento cuando el material de cimentación de la cimbra sea de mala calidad (VA, VB).

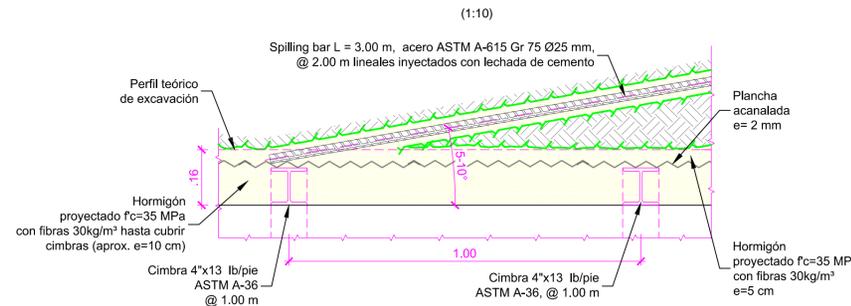
Referencias:

- 20110.3-400 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal - Geometría
- 20110.3-401 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal - km 0+000 a 2+000 - Geometría
- 20110.3-402 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal - km 2+000 a 4+000 - Geometría
- 20110.3-403 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal - km 4+000 a 6+000 - Geometría
- 20110.3-404 : Túnel de Conducción - Planta y Perfil Longitudinal - km 6+000 a 6+794 - Geometría
- 20110.3-407 : Túnel Ventana 1 - Portal de Entrada - Excavación y Sostenimiento - Planta, Sección A-A y B-B
- 20110.3-408 : Túnel Ventana 2 - Portal de Entrada - Excavación y Sostenimiento - Planta, Sección A-A y B-B
- 20110.3-409 : Túnel de Conducción y Ventanas - Cimbra metálica - Cortes Típicos y Detalles
- 20110.3-411 : Túnel de Conducción y Ventanas - Cimbra metálica - Cortes Típicos y Detalles
- 20110.3-414 : Túnel de Conducción - Losa de Hormigón - Secciones y Detalles

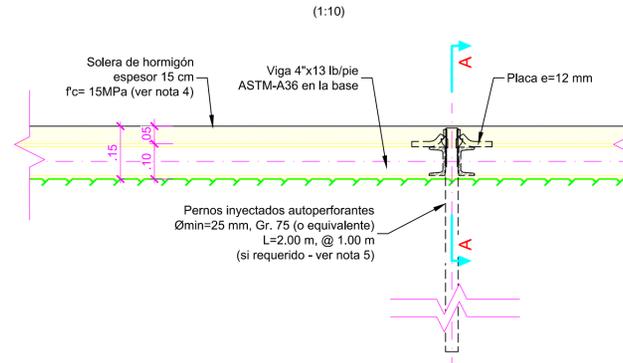
Clase VB - Sección Longitudinal



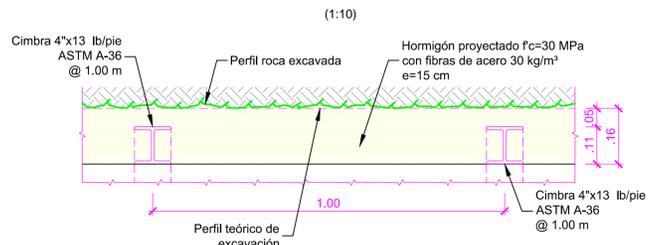
Detalle "B"



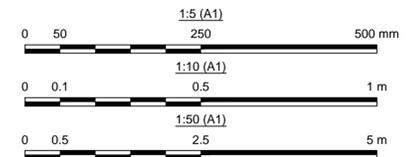
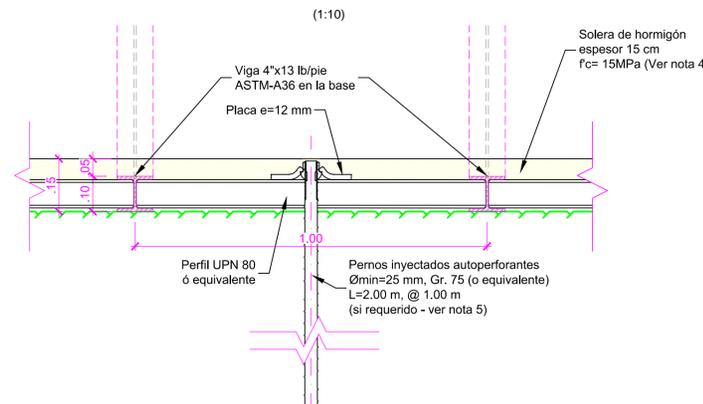
Detalle "C"



Detalle "A" - Clase VA



Sección A-A



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA		
		FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL		
Escala: 1:50		Proyecto: CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA LORENZA I		Fecha: Julio 2017
Dibujado	H.P	Plano: SECCIONES TIPICAS DE SOSTENIMIENTO CLASE VA y VB		Plano: N-11
Revisado	C.V			
Aprobado	M.O			