



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Implementación del túnel de integración para mejorar el Sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

ANCHIRAICO CUSI, ELVIS JOSE

ASESOR:

Ing. RAMOS GALLEGOS, SUSY GIOVANA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

LIMA-PERÚ

2018

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO DE LIMA

DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 248-2018-2 UCV-LIMA NORTE/ING.

El Presidente y los miembros del Jurado Evaluador de Tesis designado con RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 1530/EP/ING.CIVIL.UCV LIMAN de la Escuela de Ing. Civil, dictaminan:

PRIMERO.

Aprobar por sobresaliente (Pasará a publicación)	: 18 - 20 puntos	()
Aprobar por unanimidad	: 14 - 17 puntos	(+)
Aprobar por mayoría	: 11 - 13 puntos	()
Desaprobar	: 0 - 10 puntos	()

La Tesis denominada " **IMPLEMENTACIÓN DEL TUNEL DE INTEGRACIÓN PARA MEJORAR EL SISTEMA DE BOMBEO Y DRENAJE DE LAS MINAS SAN CRISTOBAL Y CARAHUACRA-JUNIN -2018** " presentado por el (la) estudiante **ANCHIRAICO CUSI, ELVIS JOSE**

SEGUNDO. Que la calificación obtenida en la sustentación de la Tesis por el (la) estudiante es como corresponde:

Apellidos y Nombres	Calificación en números	Calificación en letras
ANCHIRAICO CUSI, ELVIS JOSE	16	Dieciséis

Los Olivos, 05 de diciembre del 2018

Presidente(a): **MAG. LUIS VARGAS CHACALTANA**
Nombre Completo

Secretario(a): **MAG LUCAS LUDENA GUTIERREZ**
Nombre Completo

Vocal: **MAG. SUSY GIOVANA RAMOS GALLEGOS**
Nombre Completo

(Handwritten signature)
Firma

(Handwritten signature)
Firma

(Handwritten signature)
Firma



Dedicatoria

A mi Madre Feli a la que impulsó siempre mi sentido de responsabilidad y lucha constante en todo momento.

A mi querida Esposa Ivette la cual con su gran apoyo en cada momento me impulsó a no decaer en este camino; para llegar a la titulación, a mis Hijos Daniela y Sebastián que confiaron siempre en Mí y me dieron los mejores deseos para culminar la carrera

Agradecimientos

A la Mag. Susy Giovana Ramos Gallegos, por el tiempo y paciencia dedicado a la enseñanza de mi tesis, en la última etapa de la Universidad, así como también al Mag. Luis Vargas Chacaltana por inculcarme el propósito de la carrera en su magistral clase de Puentes y Obras de Arte.

A los amigos que me pasaron un largo tiempo de enseñanza y apoyo mutuo, sin ellos este fin de carrera no sería posible también.


DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Elvis Jose Anchiraico Cusi, identificado con DNI N° 40729838, en la senda de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que los documentos que se adjuntan son fidedignos.

Asimismo, indico bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En el caso que hubiera falta, omisión o falsedad asumo los correspondientes procesos investigativos y sanciones de acuerdo a las normas internas de la Universidad.

En concordancia, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, con las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 05 de diciembre del 2018.


Elvis Jose Anchiraico Cusi
D.N.I. N° 40729838

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Implementación del túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Civil.

Anchiraico Cusi Elvis José

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	IV
PRESENTACIÓN	V
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPITULO I :	3
INTRODUCCION.....	3
1.1 Descripción, realidad problemática	4
1.2 Proyectos de investigación previos	6
1.2.1 En el ámbito internacional.....	6
1.2.2 En el ámbito nacional.....	9
1.3 Teorías con relación al tema	11
1.3.1 Proyecto de Túneles	11
1.3.1.1 Túneles de carretera	13
1.3.1.2 Túneles ferroviarios	14
1.3.1.3 Túneles metropolitanos	15
1.3.1.4 Túneles inclinados.....	16
1.3.1.5 Túneles hidráulicos	17
1.3.1.6 Túneles sumergidos.....	19
1.3.1.7 Perforación y voladura	20
1.3.1.7.1 Nivel de avances.....	20
1.3.1.7.2 Sistemas de montaje	21
1.3.1.7.3 Explosivos y accesorios.....	23
1.3.1.8 Soporte y revestimiento.....	24

1.3.1.8.1	Caracterización geomecánica	24
1.3.1.8.2	Resistencia del concreto proyectado.....	29
1.3.2	Sistema de bombeo	29
1.3.6.1	Canales o cunetas	31
1.3.6.2	Tuberías	33
1.3.7	Desarenador	36
1.3.7.1	Cámara de sedimentación.....	37
1.3.7.1.1	Vertedero	37
1.3.7.1.2	Compuerta	37
1.3.8	Estación de bombeo.....	38
1.3.8.1	Bombas volumétricas	40
1.3.8.2	Bombas centrífugas	43
1.4	Formulación del problema	46
1.4.1	Problema general	46
1.4.2	Problemas específicos	46
1.5	Justificación de la investigación	47
1.6	Hipótesis	48
1.6.1	Hipótesis general.	48
1.6.2	Hipótesis específicas.	48
1.7	Objetivos.....	49
1.7.1	Objetivo general	49
1.7.2	Objetivo específico.....	49
CAPITULO II :.....		50
MÉTODO		50
2.1	Tipo de la investigación.....	51
2.2	Nivel de la investigación.....	51
2.3	Diseño de la investigación	51
2.4	Variables – operacionalización.....	52
2.4.1	Variables.....	52

2.4.1.1	Variable dependiente	52
2.4.1.2	Variable independiente	52
2.4.2	Operacionalización de las variables	53
2.5.	Población – muestra – muestreo	56
2.5.1.	Población	56
2.5.2.	Muestra	56
2.5.3.	Muestreo	56
2.6.	Técnicas e instrumentos para recopilación de datos, validez y confiabilidad	57
2.6.1	Técnicas.....	57
2.6.2	Instrumentos de recopilación de datos	57
2.6.3	Validez	58
2.6.4	Confiabilidad.....	58
2.7.	Métodos de análisis de datos.....	59
CAPITULO III:		60
RESULTADOS		60
3.1.	Descripción de la Investigación – Proyecto.....	61
3.2.	Sistema de bombeo de las Minas San Cristóbal y Carahuacra	63
3.2.1.	Descripción del sistema de bombeo de la Mina San Cristóbal	63
3.2.2.	Descripción del sistema de bombeo de la Mina Carahuacra	64
3.2.3.	Inventario de bombas y estaciones de bombeo mina San Cristóbal	66
3.2.4.	Inventario de bombas y estaciones de bombeo mina Carahuacra.....	68
3.2.5.	Recopilación de información – aforos de agua.....	72
3.2.6.	Diseño del sistema de bombeo (diseño hidráulico)	73
3.2.7.	Selección de Bombas (diseño hidráulico).....	77
3.2.7.1	Estación N° 5	77
3.2.7.2	Estación N° 4	78

3.2.7.3 Estación N° 3 (Intermedia)	79
3.2.7.4 Estación N° 3	80
3.2.7.5 Estación N° 2	81
3.2.7.6 Estación N° 2 (intermedio)	82
3.2.7.7 Estación N° 1 (intermedio)	83
3.2.8. Resultados de la investigación (diseño hidráulico).....	85
3.3. Construcción del Túnel de Integración.....	86
3.3.1 Frentes de trabajo	86
3.3.1 Consideraciones Geométricas.....	88
3.3.2 Consideraciones de Operación	90
3.3.3 Consideraciones de Operación	90
3.3.3.1 Sección transversal:.....	90
3.3.3.2 Velocidades del equipo rodante:	90
3.3.3.3 Superficie de rodadura:	90
3.3.4 Ciclos de trabajo	91
3.3.5 Ciclo de pavimentación	92
3.3.5 Control Topográfico	92
3.3.5 Control Técnico en la perforación y voladura.....	93
3.3.5.1 Perforación	93
3.3.5.2 Voladuras	93
3.3.5.3 Control de avances	94
3.3.5.3 Control de costos.....	97
3.3.6 Limpieza de escombros	99
3.3.6 Soporte y revestimiento	100
3.3.6.1 Clasificación geomecánica del macizo rocoso	101
Análisis de cuñas.....	102
3.3.6.2 Resistencia del concreto proyectado.....	105
Actividades.....	105
3.3.6 Análisis de costos	109

CAPITULO IV :	111
DISCUSIÓN.....	111
CAPITULO V :	118
CONCLUSIONES.....	118
CAPITULO VI :	123
RECOMENDACIONES	123
CAPITULO VII :	125
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	125
CAPITULO VIII :	128
ANEXOS	128

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Listado de túneles revestidos con dovela hexagonal</i>	17
Tabla 2: <i>Etapas del sistema de bombeo</i>	29
Tabla 3: <i>Accesorios de la estación de bombeo.....</i>	30
Tabla 4: <i>Matriz de operacionalización</i>	54
Tabla 5: <i>Coeficientes de validez.....</i>	58
Tabla 6: <i>Coeficiente de confiabilidad</i>	59
Tabla 7: <i>Relación de estaciones de bombeo y bombas.1 (Mina San Cristóbal)</i>	67
Tabla 8: <i>Relación de estaciones de bombeo y bombas.2 (Mina San Cristóbal)</i>	68
Tabla 9: <i>Relación de estaciones de bombeo y bombas (Mina Carahuacra)</i>	69
Tabla 10: <i>Balance de caudales Mina San Cristóbal – Mina Carahuacra</i>	70
Tabla 11: <i>Diámetro de tubería según el caudal.</i>	76
Tabla 12: <i>Alturas dinámicas totales (ADT) del Túnel de Integración.</i>	85
Tabla 13: <i>Resultados iniciales de la implementación del Túnel de Integración.</i>	86

Tabla 14: <i>Pruebas con 12 voladuras Mina Carahuacra</i>	95
Tabla 15: <i>Pruebas 4 disparos realizados en octubre</i>	95
Tabla 16: <i>Monitoreo de vibraciones</i>	96
Tabla 17: <i>Resultados obtenidos nivel de avance</i>	97
Tabla 18: <i>Malla de prueba en avances de Mina San Cristóbal</i>	98
Tabla 19: <i>Análisis de costos por mes año 2018 de la Mina San Cristóbal</i>	109
Tabla 20: <i>Análisis de costos por valor unitario año 2018 de la Mina San Cristóbal</i>	109
Tabla 21: <i>Análisis de costos por tipo de etapas de avances año 2018 de la Mina San Cristóbal</i>	110
Tabla 22: <i>Cálculo de la vida de Mina San Cristóbal preparada – año 2018</i>	110
Tabla 23: <i>Cálculo de la situación actual de la Mina San Cristóbal preparada – año 2018</i>	120
Tabla 24: <i>Cálculo de mejora en el segundo año Túnel Integración</i>	120
Tabla 25: <i>Cálculo de mejora en el tercer año Túnel Integración</i>	121
Tabla 26: <i>Cálculo de mejora en el cuarto año Túnel Integración</i>	121

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Túnel de Monrepós. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas.....	14
<i>Figura 2:</i> Túnel de Mongat. Primer túnel español construido en la línea Barcelona-Mataró. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas.....	15
<i>Figura 3:</i> Cloaca máxima de Roma. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas	16
<i>Figura 4:</i> Vía de circulación y <i>back up</i> discreto. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas	17
<i>Figura 5:</i> Túnel de aducción de la Central Hidroeléctrica Chaglla. Fuente: Revista <i>Proyecta</i> , publicado en Ed. 32 Lima – Perú	18
<i>Figura 6:</i> Vista del Túnel Sumergido de Öresund. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas.	19
<i>Figura 7:</i> Esquema del sistema de bombeo. Fuente: <i>Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero</i>	30
<i>Figura 8:</i> Sección transversal de un canal trapecial. Fuente: <i>Abastecimiento de agua</i> ..	32
<i>Figura 9:</i> Sección transversal de un canal rectangular. Fuente: <i>Abastecimiento de agua</i>	32

<i>Figura 10:</i> Sección transversal de un canal circular. Fuente: Abastecimiento de agua.	33
<i>Figura 11:</i> Ubicación de la zona de investigación. Fuente: elaboración propia.	62
<i>Figura 12:</i> Ubicación de la estación de bombeo Nivel 820. Fuente: Mina San Cristóbal.	71
<i>Figura 13:</i> Ubicación de descarga hacia el Túnel Victoria Nivel 820. Fuente: Mina San Cristóbal.	71
<i>Figura 14:</i> Cálculo del caudal – aforo método volumétrico. Fuente: Aforo del agua en canales y tuberías. 2008.	72
<i>Figura 15:</i> Recopilación de información, aforo de caudales. Fuente: Mina San Cristóbal.	72
<i>Figura 16:</i> Esquema de sistema de bombeo Mina San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.	73
<i>Figura 17:</i> Esquema de sistema de bombeo Mina San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.	73
<i>Figura 18:</i> Simulación de canales para la recepción de canal o cuneta. Fuente: Elaboración propia.	75
<i>Figura 19:</i> Diseño preliminar de estación de bombeo. Fuente: Elaboración propia.	76
<i>Figura 20:</i> Diseño tentativo de estaciones de bombeo. Fuente: Elaboración propia.	85
<i>Figura 21:</i> Frentes y punto clave de avances. Fuente: Elaboración VOLCAN CIA Minera SAA.	88
<i>Figura 22:</i> Esquema del Proyecto. Fuente: Elaboración VOLCAN CIA Minera SAA.	89
<i>Figura 23:</i> Sección típica del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.	91
<i>Figura 24:</i> Sismogramas del monitoreo de vibraciones por voladuras. Fuente: Elaboración propia.	96
<i>Figura 25:</i> Malla de prueba en avances de Mina San Cristóbal. Fuente: P & V Volcan CIA Minera.	98
<i>Figura 26:</i> Resultados de la malla de prueba en avances de Mina San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.	99
<i>Figura 27:</i> Zonificación del macizo rocoso y categoría de sostenimiento Fuente: Barton y luego Bienawsky (1986).	100
<i>Figura 28:</i> Ensayo de constantes elásticas.	101
<i>Figura 29:</i> Ensayo de compresión triaxial.	101

<i>Figura 30:</i> Formato de mapeo Geomecánico RMR89 donde podemos ver que se tiene en la caja techo un RMR de 41 siendo de mejor calidad que la veta y caja piso que son de 35 y 33 respectivamente. Fuente: Elaboración propia.....	102
<i>Figura 31:</i> Evaluación de cuñas Túnel de Integración. Fuente: Elaboración propia. ...	103
<i>Figura 32:</i> Propiedades físicas de la roca intacta. Fuente: Elaboración propia.	104
<i>Figura 33:</i> Propiedades físicas de la roca intacta. Fuente: Elaboración propia.	104
<i>Figura 34:</i> Desarrollo de resistencia a 28 días Probetas 4 x 8 con fibra sintética 4kg/m ³	106
<i>Figura 35:</i> Desarrollo de resistencia a 28 días Probetas 4 x 8 con fibra sintética 6kg/m ³	106
<i>Figura 36:</i> Resultados de Ensayos Granulométrico Arena	106
<i>Figura 37:</i> Resultados pasante malla # 200	107
<i>Figura 38:</i> Estadística de ensayos del agregado fino (Granulometría) agregado está pegado al grueso y hay retención en malla de ½ lo que incrementa el rebote en el lanzado.....	108
<i>Figura 39:</i> Ensayo de resistencia a la compresión probetas de 4 x 8". Fuente: Elaboración propia.....	108
<i>Figura 40:</i> Cálculo de vida de mina San Cristóbal preparada 2018. Fuente: Elaboración propia.....	110
<i>Figura 41:</i> Elementos de la discusión. Fuente: Clases Dra. Teresa Gonzáles	112

RESUMEN

Evacuar el agua de una mina subterránea ya sea en que se encuentre en operación, rehabilitación o como proyecto siempre ha sido y será un problema muy álgido en el cual todas las excavaciones subterráneas necesitan la atención adecuada y oportuna, de esto podría realizar alguna mejora u optimización de la actividad mencionada. El objeto del estudio se sitúa sobre dos minas; San Cristóbal y Carahuacra de la Compañía Minera Volcan SAA, en el departamento de Junín, provincia de Yauli.

En la siguiente investigación la propuesta de mejora se realizará a través de un túnel de integración el cual como su propio nombre lo menciona es aquel que captará el agua de la profundización, así como también la escorrentía de todos los niveles (entre 10 a 12 separadas cada 50m en forma vertical, llegando a la altura vertical de superficie al nivel actual de 1,000m aprox.) los cuales se encuentren a lo largo de estas dos minas,

Los trabajos previos para ejecutar este túnel el cual dará indudablemente una mejoría en el sistema de bombeo y drenaje actual, el mencionado sistema tiene un desarrollo de su ejecución por etapas el cual establece parámetros de los caudales y capacidad de bombeo, este proceso se repetirá en el túnel de integración pero dará exclusividad a esta actividad en cuanto refiere a drenaje, ya que atenderá a dos minas, por ende la capacidad de los desarenadores, poza de captación y líneas de conducción serán las que pasaran en toda la sección del túnel, tal como se describe en el trazo inicial.

Palabras clave: Túnel, sistema de bombeo, drenaje.

ABSTRACT

Evacuate water from an underground mine, whether it is in operation, rehabilitation or as a project, has always been and will be a very critical problem in which all underground excavations need adequate and timely attention, this could make some improvement or optimization of the mentioned activity. The object of the study is situated on two mines; San Cristóbal and Carahuacra of Company Minera Volcan SAA, in the department of Junín, province of Yauli.

In the next investigation the improvement proposal will be made through an integration tunnel which, as its own name mentions, is that which will capture the deepening water, as well as the runoff of all levels (between 10 to 12 separate every 50m in vertical form, reaching the vertical height of the surface at the current level of 1,000m approx.) which are found along these two mines.

The previous works to execute this tunnel which will undoubtedly give an improvement in the current pumping and drainage system, the mentioned system has a development of its execution by stages which establishes parameters of the flows and pumping capacity, this process will be repeated in the tunnel of integration but it will give exclusivity to this activity as it refers to drainage, since it will serve two mines, therefore the capacity of the sand traps, catchment and conduction lines will be those that will pass through the entire section of the tunnel, such as described in the initial stroke.

Keywords: Tunnel, pumping system, drainage.

CAPITULO I :

INTRODUCCION

1.1 Descripción, realidad problemática

La explotación de minerales es una actividad muy conocida en todo el mundo al cual se le denomina como minería esta actividad se realiza desde años antiguos hasta nuestras fechas actuales, sin embargo, esta actividad está sujeta a una serie de excavaciones y atenciones a sub actividades que acompañan al desarrollo de la actividad principal.

En este caso vamos a ahondar sobre el sub proceso que tienen todas las minas de la zona central del país el cuanto a la actividad principal de la extracción de mineral el cual es el bombeo y drenaje de aguas subterráneas, el cual es derivado a través de obras hidráulicas y de total importancia al momento de ejecutar alguna excavación minera.

Según menciona Velásquez A, Túneles, Boletín Tecnológico (2015, p.18)

A nivel mundial, con 3381 invenciones en 3837 solicitudes de patente, el país líder en tecnologías relacionadas con túneles es Japón; lo siguen: China con 2210 invenciones en 2183 solicitudes, Corea del Sur con 716 invenciones en 797 solicitudes, Alemania con 143 invenciones en 86 solicitudes y Rusia con 80 invenciones en 84 solicitudes. En cuanto a países latinoamericanos encontramos primero a México con tres invenciones en seis solicitudes, luego a Colombia con tres invenciones en tres solicitudes y por último Panamá con una invención en tres solicitudes de patente.

Para realizar la construcción de todos los túneles es necesario considerar los dispositivos y métodos los cuales están en función a la envergadura de la obra, de los cuales se desprenden maquinarias, equipos prefabricados, los estudios, el revestimiento y soporte.

Según menciona Velásquez A, Túneles, Boletín Tecnológico (2015, p.29)

Clasificamos las invenciones relacionadas con túneles en cuatro tendencias principales, que son: dispositivos y métodos de excavación con 3284 invenciones en 4054 solicitudes; dispositivos y métodos de construcción con 2408 invenciones en 2729 solicitudes; dispositivos complementarios, que tienen 1795 invenciones en 2093 solicitudes; y, revestimientos y soportes con 336 invenciones en 936 solicitudes.

En el ámbito internacional también se presentan trabajos u obras de túneles los cuales con básicos para los servicios esenciales en abastecimiento de agua o transporte siendo el caso de la inspección y rehabilitación del túnel hidráulico de Cerro Azul (Ecuador).

Según menciona Bernal C., Ingeopres, Inspección y Rehabilitación del Túnel hidráulico de Cerro Azul – Ecuador (2015, p.20)

“[...] El Túnel Cerro Azul, construido en 1997, forma parte del sistema Tránsito Daule – Peripa, perteneciente a la Demarcación Hidro-gráfica [...]”. La finalidad de esta transferencia de agua es atender el abastecimiento para consumo humano, producción agropecuaria, potenciación de la producción industrial y para el desarrollo urbano y turístico del sector. El Túnel, con una longitud de 6.450 m y una sección transversal de 22,5 m², sufrió en 2007 un derrumbe en su parte central que llegó a colapsarlo parcialmente, provocando una caverna de 1300 m³ sobre la bóveda del túnel. La caverna que se creó tiene una sección de 178 m²; unas 8 veces mayor que la sección del túnel; por lo que su creación solo fue posible por la combinación de un colapso tenso-deformacional y el efecto de transporte del agua que circulaba por el túnel.

En el ámbito nacional ya se tienen trabajos de gran envergadura los cuales tienen diversos objetivos sin embargo tienen el mismo referente en cuanto a túneles en excavación subterránea en este caso en la Mina Toquepala, Tacna.

Según menciona Sicilia A. y Nuñez I., Ingeopres, La construcción de los túneles de Toquepala. Mina Toquepala, Tacna, Perú (2015, p.29)

“[...] se han ejecutado dos túneles de 2.063 y 154 m de longitud, con una anchura funcional de 7,20 m para dar cabida a una cinta transportadora y un carril de circulación de tráfico rodado. Esta actuación se enmarca dentro del proyecto de mejora tecnológica del sistema de transporte [...]”. Los túneles se construyeron siguiendo el NATM (Nuevo Método Austriaco), a sección completa con una sección de excavación de 35m² y una longitud de pase variable de 1 a 6 m. La excavación del túnel largo se ejecutó mediante dos frentes de avance y comenzó en septiembre de 2011. Las obras de excavación finalizaron en marzo de 2012, con un promedio de avance de en torno a 300 m/mes considerando los dos frentes. La excavación del túnel corto se llevó a cabo durante el mes de abril de 2012.

En el Perú o el ámbito nacional ya es una realidad la amplitud del ingeniero civil dentro de la participación de las obras subterráneas las cuales son mayor precisión y control en cuanto a la concepción del proyecto hasta la ejecución del mismo

“[...] la ingeniería de túneles es una rama de la Ingeniería Civil que fue desarrollada desde la Prehistoria. En el principio, los túneles se excavaban con ayuda del fuego y se utilizaban como refugio [...]”. (Alonso, 2002).

“[...] la necesidad de mayor infraestructura subterránea en nuestro país, una de las maneras de incentivar el interés en este tipo de proyectos en los estudiantes de Ingeniería Civil, podría ser incluir en el currículo cursos como Ingeniería de Túneles o Diseño de Obras Subterráneas, a nivel de pregrado [...]”. (Bejar R y Mendoza L, 2011, La ingeniería de túneles, p.43).

En el ámbito local los túneles han servido siempre como conductores de los servicios principales en toda actividad minera desde el bombeo y drenaje de agua hasta el transporte. Habiendo expuesto lo anterior el proyecto de investigación pretende realizar Implementación del túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

“[...] en la mina San Cristóbal se tiene planificado continuar con el proyecto del túnel de integración que estaría culminado para el año 2016. Esta infraestructura que unirá las minas San Cristóbal, Carahuacra [...]”. (Volcan SAA, Memoria Anual, 2014, p.48).

1.2 Proyectos de investigación previos

1.2.1 En el ámbito internacional

Quispe I. y Yandún F. (2018) en su tesis titulada “*Diseño de la Conducción de Agua para Riego desde el Reservorio Culpuro hasta el Reservorio Santa Isabel, en la Parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe*” tesis para optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad Central de Ecuador, en el cual concluye que:

Debido a los problemas que se presentan en el sistema de conducción del canal Maldonado y con el fin de utilizar al máximo el recurso hídrico, se realizó un nuevo trazado y diseño de la conducción mediante un sistema presurizado.

Con la ejecución del proyecto en el Directorio Canal Maldonado, se apoyará a los beneficiarios con un manual técnico para diseñar la línea o líneas de conducción. Conforme al análisis elaborado la infraestructura actual del sistema conductor de canal Maldonado, como producto final se concluyó que las estructuras están en buen estado. El trazo de la línea de conducción del canal se ejecutó tomando como guía la geografía de la zona, también se tuvo cuidado con los parámetros hidráulicos reglamentados. Para prevenir la rotura de las tuberías por la sobrepresión (el golpe de ariete), el tiempo para maniobrar al cerrar las válvulas deberán tener como referencia los 28 s.

Hernández S. (2012) en su tesis titulada “*Procedimiento constructivo del portal de salida del Proyecto Túnel Emisor Oriente*” tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería de Construcción por la Universidad Nacional Autónoma de México, en el cual concluye que, el proyecto Túnel Emisor Oriente tiene como fin principal dar el refuerzo al sistema de drenaje para la ciudad de México, eliminando o disminuyendo los riesgos de colapsos del sistema actual, para evitar catástrofes de inundación por lo cual este proyecto se convierte en principal de carácter de urgencia y a su vez por su concepción muy completo en su realización. El mencionado proyecto de acuerdo a su concepción está compuesto de la ejecución por 23 lumbreras, de las cuales 18 de estas con diámetro de 12 m y 5 de 16 m y una longitud de túnel de 62 km. El fin último de toda la ingeniería y de construcción es dar a la obra que funcione con la seguridad del caso y de un servicio para el tiempo que se ha calculado o determinado.

Soto S. (2004) en su tesis titulada “*Construcción de Túneles*” tesis para optar el título de Ing. Civil por la Universidad Austral de Chile, en el cual concluye que, en la ejecución de un túnel fundamentalmente todo depende de factores dos para precisar: la Geología (el terreno donde se encuentra) y las metodologías de construcción, estos se encuentran muy relacionados con la geometría del terreno donde se ejecutará el túnel. Asimismo, describe el tipo de cada factor por el cual se debe tener en consideración la construcción de túneles; *La Geología*, lo pone como una causa que termina la construcción, las soluciones obedecen a la cualidad del terreno, así como la presencia de agua y la resistencia de este mismo, esto muchas veces puede cambiar el trazado de la obra, sección típica o forma. También pone como otro factor dentro de la geología considerar una roca de calidad buena, así se tenga que excavar un poco más, esto será compensado por el lado del revestimiento o soporte. También la importancia de la

ubicación del ingreso y salida de la obra (túnel) los cuales estarán en zonas de seguridad muy alta, para evitar derrumbes. *La Construcción*, propone dos principales factores o problemas en la construcción de túneles comunes, el revestimiento o soporte y la perforación en la excavación del túnel. *La Perforación*, en algunos terrenos se puede ejecutar a plena sección asimismo en bóvedas de gran dimensión (luz mayor a 20.0m² a más) de centrales hidroeléctricas de subsuelo. En los terrenos que no tienen cohesión (gravas, arenas secas) es necesario restringir a una sección menor de 4.0m² a 5.0m² para dar un adecuado avance entibado. *El Revestimiento*, deben contar con las cargas que actuarán sobre el túnel se debe prever lo más mínimo de pérdidas, proporcionando el soporte necesario e impermeable en todos los casos. El costo por este factor llega a alcanzar hasta el 30% del costo total, se usará el concreto lanzado, así como la mampostería para zonas apuntaladas, así como aros metálicos y concreto pretensado en lugares particulares.

Serrano R. (2017) en su tesis titulada “*Propuesta de sostenimiento primario del Túnel Chirimollos localizando en la autopista Durango – Mazatlán*”, tesis para optar el título de Ing. Civil por El Instituto Politécnico Nacional – Unidad Zacatenco, en la cual concluye que, será de mucha importancia saber las condiciones donde está ubicada la ejecución de la excavación subterránea y para precisar las estructuras geológicas y fallamientos de toda la longitud del túnel. También la zona de trabajo que sea la más correcta o buena, clasificando los materiales donde estarán la infraestructura de la obra.

Es preciso comentar sobre el tipo de sostenimiento para los túneles, haciendo un comparativo del tipo económico-técnico adecuado, durante la construcción el seguimiento e inspección para ajustar conforme se encuentren las estructuras de geología y clasificación de geomecánica durante el avance. Es bueno no salirse de los procesos constructivos recomendados de acuerdo a lo zonificado, de acuerdo al método, así también se debe eliminar retrasos (tiempos muertos) y costos adicionales durante el proyecto.

1.2.2 En el ámbito nacional

Abad A. y Huisa V. (2011) en su tesis titulada “*Procedimientos de excavación y sostenimiento de túneles proyecto derivación Huascacocha – Rímac*”, para optar el título de Ing. Civil de la Universidad Ricardo Palma, en donde concluyen que, con los estudios de geomecánica y geología se disminuye el escepticismo del lugar a trabajar, sin embargo esto no deberá ser considerado como un 100% en la exactitud ya que la isopotría del terreno hace que durante la obra tengamos eventos con previstos con antelación. De la sección típica o forma del túnel deberá ser con una forma de arco esto que sea mejor la estabilidad de la corona. En cuanto a la voladura es preciso indicar que el arranque es importantísimo por lo mismo el diseño tiene que ser lo más correcto con el análisis de carga en cuanto a la cantidad de explosivos y la carga de estos taladros de arranque, de esta manera el logro de una voladura eficaz se realizara con los factores de carga. Asimismo para evitar la sobre rotura es de mucha ayuda que las perforaciones de los taladros lleven un buen paralelismo, se llegó a conseguir con los topógrafos, el cual marcó dos puntos los cuales formaron una línea al lado del eje de la labor , esta línea estaba paralela, así esta marca sirvió de guía para el perforista, el cual puso su máquina y conseguir el taladro número uno sea lo más recto al eje de la labor, a este taladro perforado se coloca un atacador (palo de madera que será la guía a los demás taladros a perforar) esto garantiza el paralelismo, se usó el explosivo de tipo emulsión (Emulnor), ya que la contaminación con este material es mínima y tiene resistencia mayor al agua.

Bazalar G. (2011) en su tesis titulada “*Aplicación de los modelos numéricos en el diseño de Túneles en roca*”, para optar el título de Ing. Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, en donde concluye que, el diseño de obras mineras y civiles esta soportado muy fuerte en la geomecánica del macizo (RMR, GSI y Q), esto ayuda, siendo un apoyo en la evaluación del sostenimiento sino que también da algún entendimiento a indagaciones geotécnicas y la características del macizo rocoso. En necesario contar con un buen entendimiento de los procesos de construcción, lo más normal es ver la variación existente entre los planos del proyecto y la ejecución, se solicita por ello una comunicación eficaz de los ejecutores prácticos y teóricos desde el inicio de la obra, las mejoras deben ser en el tiempo de entrega y costos por lo general todos tienden a fallar en estos dos puntos por ende hay oportunidad en mejorar. En el estudio que realiza

determina que la roca Tipo I, con $GSI > 75$, sujeto a cobertura de 1,000m – 2,000m y disturbancia cero podría generar estallido de rocas. Asimismo, mientras hay más fracturas la concentración de esfuerzos son mínimos, el macizo libera energía con la expansión de fracturas por ello la realización de taladros de mayor longitud apoyan a resolver este problema. Para el túnel de Olmos el Trasandino, las pruebas ejecutadas en roca Tipo IV, con $UCSI < 15$ MPa y presiones que equivalen a cobertura de 750m es necesario una campana de preinyecciones y un soporte con juntas de fricción esto permitirá las continuas deformaciones.

En la evaluación del Tipo de roca IV-a, se ejecutaron cuatro modelos, se inició sin sostenimiento o con mejoras del terreno antes, el resultado una deformación de consideración de 0.67m y el radio plastificado de 5.5m, el segundo fue realizado asumiendo la mejora del terreno con preinyecciones, el resultado de la deformación 0.20m, el tercer realizado en base al modelo dos con soporte proyectado para este terreno, cimbras, pernos y concreto lanzado el resultado de la deformación de 0.025m sin embargo la presión del terreno esta sobrecargado en los elementos de soporte, aplasta las cimbras y muele el concreto lanzado, para el cuarto modelo se ejecutó con juntas de fricción de 6% de convergencia, el resultado de deformación a un 0.20m y el soporte no está sobrecargado.

Otárola M. (2000) en su tesis titulada “*Construcción del Túnel de descarga y conexión Túnel – Laguna Chilicocha*”, para optar el título de Ing. Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, en donde concluye que, en las voladuras los explosivos más usados en los túneles o excavaciones del subsuelo son las semi gelatinas y gelatinas, sobre estos hay procedimientos en la distribución de la carga en el caso del Túnel de Descarga se usó un adicional siendo el Examón P, para el tipo de roca I, II, III y IV, este producto no detona cuando hay agua, el cual no será recomendado cuando las labores estén inundadas, los resultados obtenidos de la excavación del Túnel de Descarga da como resultado la proposición de nuevas distribuciones de carga o factores para evitar la sobre excavación.

La investigación para decidir la forma de pared de la laguna dio como resultado que el eje de la labor (túnel), situada a una longitud de 29m, se confirmará con perforaciones de exploración esto cuando la excavación de la labor este cercana. Con el objetivo de ver los

planos del terreno y contacto de la laguna se realizarán tres taladros de sondajes siendo los siguientes: SI-LCH-17, SI-LCH-20, SI-LCH-04 y SC-04 con diversas profundidades en la perforación en la bóveda, piso y parte media dejando una corteza no menor a 50cm de acuerdo a lo recomendado por experiencias.

Aparicio Ch. (2014) en su tesis titulada “*Evaluación de la productividad de la excavación subterránea en el Túnel de desvío del proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla*”, para optar el título de Ing. Civil de la Universidad Nacional de Piura, en donde concluye que, la productividad en un conjunto de la obtención de la producción a través de un sistema comprendidos entre los recursos utilizados que incluye los factores mecánicos (herramientas y equipos), humanos, insumos y los materiales estos interactúan de los procesos de acuerdo a tipo de condición ya sea ambiental o climático.

Asimismo, del análisis de los equipos de excavación subterránea se tomaron datos de cada uno de los involucrados en la construcción, el proyecto determinó que debieron alcanzar por lo menos el 60% del tiempo laboral, esto es un tiempo muy alto, sin embargo, de estos equipos solo se logró el 50% de trabajos productivos, como dato importante se menciona a Virgilio Ghio el cual hace mención que en Construcción de Edificaciones solo se alcanza el 28% de productividad.

1.3 Teorías con relación al tema

1.3.1 Proyecto de Túneles

Según Junca U (2011, p.29-43) para precisar el túnel se caracteriza normalmente como obra lineal, sin embargo, se considera por su extensión algo más amplio como un espacio subterráneo que incluye desde la cueva hasta los circuitos del subsuelo, podrían agruparse como urbanismo y espacios de subsuelo, obras de tránsito, hábitat.

En nuestros tiempos el túnel Delaware que aprovisiona agua a la ciudad de Nueva York, obra construida entre 1939 y 1945 (137 km), ya presenta problemas esto por las filtraciones, el cual será reemplazado por el Water Tunnel n° 3 (97 Km) el cual finalizará el año 2020, es una de las obras civiles más complejas que se lleva a cabo en EEUU.

Túnel Paijanne al sur de Finlandia (120 km), se construyó en el año 1972 hasta 1982, asimismo en el 208 se realizó mejoras, tiene como datos de gran valor para este proyecto: al año se drenan 70 millones de m³ del lago Paijanne, sin bombeo el caudal de 10m³/s y con bombeo el caudal de 20m³/s.

Según Trabada G, Díez R y Herrera A (Manual de túneles y obras subterráneas 2011, p.495) comúnmente se usa dos sistemas, ejecución subterránea, obviamente sin perjudicar la superficie y limitado por lo que ya se encuentra por encima y la ejecución a cielo abierto, en este caso es necesario tener listo el terreno, para anidar dentro del trazo la estructura para luego devolver el estado original.

Según Mendaña S (2011, p.69) el túnel siendo una estructura de la ingeniería donde hay interrelación del Diseño / Sistema (llamado también proceso) de ejecución o construcción tiene la mayor relevancia. La metodología a emplear en la construcción está propensa a no solo incrementar los costos, sino a llevarla a ser inviable el proyecto de túneles, también a comprometer totalmente el diseño y objetivo trazado en un tiempo determinado como plan inicial.

Para la mayoría de los túneles el proyectista debe considerar grupos básicos e importantes en su concepción de túnel, teniendo:

- Objetivos generales de la obra subterránea.
- Geometría de la obra (proyecto): trazo inicial y sección típica.
- Geomecánica y geología del terreno.
- Proceso (sistema) de construcción.
- Dimensión estructural del terreno.
- Instalaciones básicas de ejecución (servicios).

Según Romana G. (2011, p.105) las excavaciones subterráneas cumplen distintos fines, existen minas y túneles, asimismo hay otras excavaciones de bodegas, refugios ante una guerra, etc. la particularidad de estos ejemplos radica en el componente de uso corto o continuo, estas excavaciones seguramente fueron las primeras que captaban o conductoras de agua.

El túnel de acuerdo a su fin podría ser hidráulico, de carretera, ferrocarril o especiales, tratándose de los túneles de carreteras y especiales se podría tomar como ejemplo los aceleradores de partículas, y otros.

1.3.1.1 Túneles de carretera

Según Romana G., (2011, p. 106). los túneles de carretera presentan algunas características las cuales son derivadas por el usuario, los cuales son los que conducen los vehículos, condicionando algunos aspectos de estos se puede mencionar algunos como:

- Trazo en la planta y el alzado, que permite un tránsito de circulación cómodo y seguro.
- Una adecuada sección típica (transversal) con varios factores a considerar: ergonomía, elementos de seguridad vial, dejar sitio a instalaciones necesarias y permitir la gestión ante alguna emergencia.
- La consideración necesaria en cuanto a seguridad ante incendios, la forma de mitigar y enfrentar este riesgo puede aumentar con el presupuesto inicial sobre todo en túneles con longitud mayor a 500m.
- Vida útil de toda la infraestructura, en la cual se debe proyectar la vida útil aproximadamente a 100 años.
- La utilidad y oportunidad de realizar instalaciones secundarias adicionales, como señales variados, iluminación al exterior de acceso y boca.
- Disposición de componentes que son de necesidad para conservar las carreteras como áreas de descanso, pasos de mediana, barreras para la seguridad, etc.
- La Influencia de las intersecciones o enlaces en la proximidad del ingreso del túnel o bocas.



Figura 1: Túnel de Monrepós. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas

1.3.1.2 Túneles ferroviarios

Según Guerra T., (2011, p. 133), el transporte ferroviario está compuesto por un camino de hierro (grupo de infraestructura los cuales incluyen los componentes necesarios para desarrollo de puentes, obras de paso, túneles, etc. y superestructura compuesta por carriles, traviesas, señalización, balastro, instalaciones de seguridad, etc.) y por el transporte ferroviario que pasará sobre él, presentará unas cualidades que condicionan su uso, teniendo entre ellos:

- Un sistema guiado
- Baja flexibilidad en el uso
- Baja resistencia a la rodadura
- Rigidez en el trazado
- Elevados costos de construcción
- Alta capacidad de transporte
- Seguridad del transporte ferroviario
- Bajo costo ambiental.



Figura 2: Túnel de Mongat. Primer túnel español construido en la línea Barcelona-Mataró.

Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas

1.3.1.3 Túneles metropolitanos

Según Trabada G. y Díez R. (2011, p. 175), la Real Academia Española tiene una definición de un túnel como “paso subterráneo abierto artificial que establece una comunicación” y a metropolitano como “pertenece o que tiene relación a un conjunto urbano conformado por una ciudad y sus suburbios”, la combinación de ambas es lo más aproximado a la definición de túneles metropolitanos, y que radica la ubicación de éstos dentro del entramado urbano y periurbano en todas las ciudades ya sea el uso que se le dé.

Actualmente son varios de estos túneles que han superado el concepto ya que mayormente son de uso en los trasportes ferroviarios.



Figura 3: Cloaca máxima de Roma. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas

1.3.1.4 Túneles inclinados

Según Fernández y Fernández (2011, p. 197), se puede para el transporte sobre ruedas con pendiente de 30% en ascendente como descendente la cual será punto de atención en estructuras de gradientes mayor a 17° o 30%. Los tipos de construcción son diversos en los inclinados, los principales están en los centros hidroeléctricos, por su construcción, por el mismo esquema del funcionamiento.

En el rubro de la minería también son usados los inclinados para la diversidad de funcionamiento como accesos al yacimiento geológico minero, guía para explorar el macizo rocoso y comunicación entre distintos bloques en la explotación.

En obras subterráneas lineales en la mayoría de los casos se realiza obras secundarias que facilitan el acceso al proyecto en la fase constructiva, son de baja gradiente inferiores a los 30° por ser de ingreso y salida de máquinas.



Figura 4: Vía de circulación y *back up* discreto. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas

1.3.1.5 Túneles hidráulicos

Según Abadía y Fernández (2011, p. 219), tiene como fin el de conducir el agua ya sea bajo presión o lámina libre, se encuentran en el ámbito urbano (canales de agua residual y de lluvias, para canalización subterránea, arroyos y ríos) tanto como rural e industrial, los dedicados a este fin tiene cualidades que se distinguen de otros túneles los cuales se pueden mencionar:

- Tienen dificultad en visitar
- Tienen que ser estancados
- Tienen un acabado especial
- Geometría se su sección es circular o casi parecida a la circular

Tabla 1: Listado de túneles revestidos con dovela hexagonal

Nombre	Long. (m)	Diámetro de Excavación (m)	País	Año de Fiscalización
Evinos – Mornos C-B1	9 700	4.04	Grecia	1 995
Evinos – Mornos C-B1	7 600	4.04	Grecia	1 995
EOS lote C	7 500	5.81	Suiza	1 998
Daule – Esperanza	8 300	4.88	Ecuador	1 999
Umiray	13 000	4.88	Filipinas	2 000
Pieve vergonte	10 000	4.04	Italia	2 000

Plave II	5 973	6.98	Eslovenia	2 000
Varzo	4 700	4.04	Italia	2 000
Doblar II	3 963	6.98	Eslovenia	2 001
Poza Honda	15 000	4.04	Ecuador	2 001
Wanjazhai Yellow river (4)	86 920	4.85	RP China	2 001
Canal del Piceno	5 330	4.04	Italia	2 001
Mohale I	16 000	4.88	Lesotho	2 001
Mohale II	16 000	5.30	Lesotho	2 001
Menta	7 080	4.88	Italia	2 001
Parbati forzadas a 30°	3 600	4.88	India	2 005
Monte Giglio	8 509	4.88	Italia	2 005
La Joya	7 850	6.18	Costa Rica	2 005
Toma de Gilgel Gibe Omo	8 500	7.00	Etiopia	2 008
Desagüe de Gilgel Gibe Omo	17 500	7.00	Etiopia	2 008
Dez Ghomrud	24 500	4.49	Irán	2 005
Blue tunnel	17 061	4.88	Turquía	2 010
Socchi túnel de servicio	6 980	6.18	Rusia	2 011
Khissanganga	14 630	6.10	India	2 014
Trasvase de Nosud	9 000	6.12	Irán	2 014

Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas

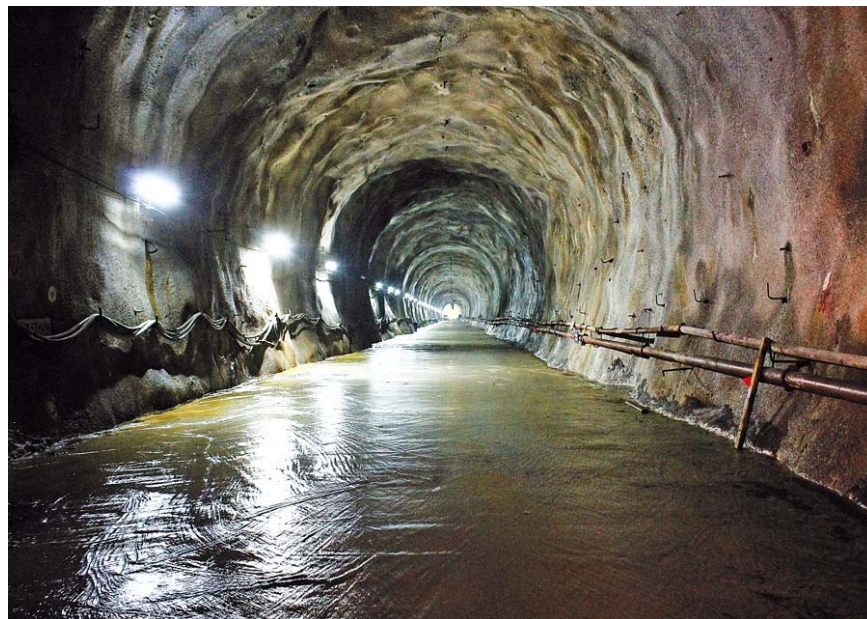


Figura 5: Túnel de aducción de la Central Hidroeléctrica Chaglla. Fuente: Revista Proyecta, publicado en Ed. 32 Lima – Perú

1.3.1.6 Túneles sumergidos

Según Tarquis F. (2011, p. 219), la denominación o nombre en inglés “immersed tunnels” como traducción sería “túneles inmersiónados” el cual aclara gráficamente la parte más importante de estas obras en su gran parte la zona media que no es perforada es fabricada, fondea (inmersión) es sumergida con los debidos controles. Estos túneles son clasificados en tres grandes grupos:

- Túneles perforados en mina, son los auténticos túneles y cuentan con diversas formas de ejecución.
- Falsos túneles, estos son ejecutados a cielo abierto en una trinchera excavada y luego se recubre con material de superficie, el más usual es el “cut and cover” (cortar y cubrir).
- Túneles sumergidos o por inmersión, tienen tramos remolcados, pre fabricados, sumergidos, flotados con uniones entre ellos mismos.



Figura 6: Vista del Túnel Sumergido de Öresund. Fuente: Manual de Túneles y Obras Subterráneas.

1.3.1.7 Perforación y voladura

El sistema de la perforación y la voladura de los túneles es una técnica convencional muy usada con respecto a algunas técnicas de excavación mecánica (tuneladoras o rozadoras), por la versatilidad, las secciones típicas de las obras, y sobre todo se adaptan a trabajos similares minimizando algunos costos.

El trabajo con los explosivos es variable de acuerdo al tipo del macizo rocoso (tipo de roca) minimizando el consumo de elementos.

Se debe considerar que los equipos están diseñados para este tipo de obras ya sean de gran envergadura o tradicionales, el ciclo de la excavación mediante la perforación y a la voladura, tiene las siguientes fases:

- Perforación de taladros
- Carguío de explosivos
- Disparo o voladura
- Ventilación
- Desate de hastiales y caverna
- Carguío y evacuación de descombros
- Topografía de nuevo trazo

El ciclo de la excavación de un túnel si es un avance en varias fases, dura de uno a dos relevos de acuerdo a la sección o el revestimiento a usar. (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.671-672).

1.3.1.7.1 Nivel de avances

Básicamente se basa en los rendimientos de las perforadoras, esto tanto manual como mecanizado para equipos pequeños el empuje de 3 y 5 kN y en grandes de hasta 15 kN, los sistemas de avance son por descarte los empujadores y deslizaderas.

Empujadores

Tiene dos tubos, uno exterior de material ligero y el interior mayormente de acero, que está junto a la perforadora, el tubo interno funciona como pistón de doble efecto, el cual controla la fuerza y posición del empuje.

Deslizaderas de cadena

Conformado por una cadena que se mueve por dos canales y jalada por un motor hidráulico, las ventajas sobre este sistema están en el precio más bajo, facilidad de reparación y ayuda al avance con respecto a la longitud.

Deslizaderas de tornillo

Su avance se genera al dar el giro al tornillo de diámetro pequeño realizado por un motor con relación a su longitud y esta propenso a los esfuerzos de pandeos y vibración en la perforación, la ventaja de este sistema es que realiza una fuerza regular, suave, mayor durabilidad, más potente para barrenos de mayor profundidad es más seguro que el sistema de cadenas.

Deslizaderas hidráulicas

Consta de cilíndrico hidráulico que mueve a la perforadora en toda la viga, normalmente se ve en una deslizadora telescópica de un Jumbo, como ventaja tiene mejor robustez, simplicidad, mejor control, precisión y adaptabilidad a varias máquinas y tamaños de barrenos (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.678-679).

1.3.1.7.2 Sistemas de montaje

Entre estos se tienen a diversos equipos como Jumbos, perforación de pozos y chimeneas, perforadoras manuales, y sistemas de montaje.

Jumbos para túneles y galerías

Estos equipos de perforación son equipados entre uno o varios martillos normalmente son usados en las excavaciones subterráneas como avances de túneles, como componentes de mayor relevancia están el mecanismo de traslado, sistema de accionamiento, brazos, martillos y deslizaderas.

Los equipos robotizados pueden profundizar o excavar con facilidad túneles que tienen curvas, ya que son programados fácilmente en el sistema de control lo cual hace que compense los giros o compense la dirección automáticamente (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.680-684).

Equipos para perforación de pozos y chimeneas

Perforación de pozos

Son realizadas usando estructuras de metal o con equipos de accionamiento tanto hidráulico o neumático equipadas de tres o cuatro brazos con lo mismo en cuanto a deslizaderas y perforadoras.

Durante la operación están sujetos de los hastiales, los soportes y los brazos, son semejantes a los jumbos de túneles, son variables de acuerdo a la inclinación, así como también pueden alargarse si son considerados para el trabajo a realizar siendo telescópicos.

Perforación de chimeneas

Plataforma trepadora Álimak

Es un método que suplanta a trabajos sistemas como el Raise Boring el cual es usado mucho por el bajo costo, flexibilidad, y velocidad este método es muy usado en todo el mundo así mismo es de uso particular donde no hay accesibilidad para ingresar equipos.

Jaula Jora

En comparación con el álimak en este tipo se tiene que anticipar un barreno piloto de 75 – 100mm por donde ingresa en cable de elevación, como principales componentes tiene a la plataforma de trabajo, jaula de transporte, mecanismo de elevación y el carril guía.

(López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.685-686-687)

Perforadoras manuales

Estas perforadoras tienen adaptabilidad al barreno horizontal, con un soporte cerrada para su uso inclusive con solo una mano. En proyectos de túneles

subterráneos también usado como perforación secundaria en túneles u obras de pequeña sección para no invertir en equipos mecanizados, para estos es necesario los empujadores neumáticos (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.687).

Sistemas de montaje especiales

Como sistemas especiales también se han previsto estructuras metálicas simplemente para montarlas en la obra como una coraza o armadura, el cual es más por temas de protección o caídas de rocas sobre la vía.

Otros de estos sistemas especiales son los que están colgados sobre el túnel ya excavado y evitar los equipos como los jumbos (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.688-689).

1.3.1.7.3 Explosivos y accesorios

Explosivos

En la actualidad hay una fabricación de varios y amplia gama de los explosivos / accesorios en las voladuras, que permiten hacer uso de acuerdo a la obra o proyectos.

Para ser más preciso el uso de estos componentes se determina con parámetros del macizo rocoso de acuerdo a ello se dimensiona cada tipo de explosivo, así como la condición de la obra (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.693).

Los tipos de explosivos industriales, son:

- Explosivos sensibilizados con nitroglicerina
- ANFO
- Hidrogeles
- Emulsiones explosivas

(López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.695).

Accesorios

Los diferentes tipos de accesorios usados en los trabajos de excavación subterránea que son principalmente complementos de los explosivos son:

- Detonadores eléctricos convencionales
- Detonadores no eléctricos
- Detonadores electrónicos
- Cordón detonante
- Atacadores, instrumentos de medida de barrenos, punzones y conectadores, tubos omegas y elementos centralizadores, explosores, comprobadores, tacos de arcilla, cinta adhesiva, cinta métrica, hilo de conexión, línea de tiro.

(López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.699-705).

1.3.1.8 Soporte y revestimiento

Como concepto de sostenimiento en la excavación subterránea es aquel que se define como un conjunto de elementos o accesorios resistentes que permitan trabajar en forma triaxial en un terreno excavado y que se logra alcanzar la estabilización de lo excavado.

En la práctica común se da al soporte o sostenimiento el objetivo de estabilizar la excavación y al revestimiento asegurar la duración del túnel de acuerdo a como ha sido proyectado (Celada T, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.23, p.815-829).

1.3.1.8.1 Caracterización geomecánica

En un proyecto del subsuelo o subterránea normalmente se definen la investigación de su geología y geotécnica esto solo se puede realizar mediante:

- Inferir información de superficie
- Medidas indirectas
- Medidas puntuales

En cuanto a la caracterización geomecánica del macizo rocoso la cuantificación de parámetros de deformación y de resistencia, con controlan el comportamiento tenso-deformacional de cualquier túnel o excavación, vendría hacer uno de los problemas principales planteados en la mecánica de rocas.

Todo estudio geológico – geotécnico de una obra o túnel de subsuelo debe presentar una estimación de tensiones generadas por la naturaleza y a la que debe estar expuesta la excavación, así como estudio hidrogeológico saber entender la cuantificación del agua (piezométrica) y su recorrido dentro del proyecto (permeabilidad), por ello siempre habrá una ambigüedad que se debe disminuir en cada fase de los estudio y cualidades de la obra (Galera F., Manual de túneles y obras subterráneas Cap.12, p.369-370).

Cartografía

Son trabajos preliminares de los cuales sirven para el análisis geológico – geotécnico, así como también estaciones de geomecánica y los famosos inventarios de puntos u ojos de agua. Dentro de la cartografía geológica se deriva la fotogeología de las cuales es necesario considerar aspectos como geomorfología, estructuras y las litologías (Galera F., Manual de túneles y obras subterráneas Cap.12, p.373).

Estaciones geomecánicas

Está relacionada muy cerca a la cartografía ya que en estos se ubican los puntos de monitoreo constantes en el estudio, lugares estratégicos de los cuales ya han sido mapeados, de los trabajos que se realizan son específicamente:

- Determinación de lito tipos
- Conceptualización geomecánica
- Levantamiento de fracturación
- Estimación de los estados tensionales

Es necesario conocer definitivamente la historia geológica en todos estos puntos ya que siempre hay existencia de eventos residuales (Galera F., Manual de túneles y obras subterráneas Cap.12, p.375).

Hidrogeología

El estudio de la hidrología tiene como fin u objetivo principal determinar todo aquel punto de agua que vaya a afectar el túnel u obra, sin embargo, es necesario conocer:

- Número y el tamaño de los acuíferos

- Conductibilidad hidráulica
- Accidentes o incidentes hidrogeológicos

Sin embargo, el estudio en sí debe abordar temas o puntos importantes teniendo como prioridad (Galera F., Manual de túneles y obras subterráneas Cap.12, p.377):

- Ubicación de nivel freático
- Delimitar acuíferos
- Cuantificar los diferentes terrenos
- Datos de caudales de afluentes

Sondeos mecánicos

Estos trabajos son los más costosos, así como también los únicos que permiten apreciar o los que llegan a alcanzar el macizo rocoso en profundidad a la que se requiere proyectar la obra o la excavación, esto normalmente es llamado toma de muestra.

En los sondeos que pasen los 200m se deben realizar las famosas correcciones o tomar medidas sobre la desviación ya sean como perforación vertical o con cierto grado de inclinación (Galera F., Manual de túneles y obras subterráneas Cap.12, p.386-388).

Cerchas y arcos metálicos

En las operaciones mineras se usa el sostenimiento con vigas de material de acero de sección “H”, cuando la calidad de roca presenta muy desfavorables con mucho fracturamiento con resistencia baja a muy baja (debajo de 25 Mpa), o cuando se someten a fuertes presiones y que superen las resistencias de la roca, estas presiones debido a tensiones por tectonismo, presión litostática o inducidas por redistribución de esfuerzos debido a la excavación subterránea.

Las cerchas y arcos metálicos son conocidos también en el mundo de la construcción como Cimbras, hay diversas configuraciones para las vigas “H”, que se aplican a varias y amplias secciones en las labores mineras o túneles, el comportamiento del acero no solo es dependiente de su sección transversal sino del tipo y colocado de los componentes

usados en su fabricación entre estos elementos: las placas o barras de unión, codales, zapatas, etc.

A lo largo del túnel habrá tramos con las presiones muy significativas los cuales tendrán requerimiento de cerchas con montaje articulado (TH), con perfiles de V o Ω (Omega) a este tipo de soporte es denominado entibación deslizante y se compone de tres a más partes deslizadas entre sí, sujetos y con ajustes de uniones a tornillo, para su buen funcionamiento es necesario que la longitud en las uniones sea suficiente no menor de 40cm, adecuado paralelismo de los elementos, adecuada adaptación a los hastiales o paredes, etc. (Aplicación Geomecánica y de Sostenimiento 2015, p.63).

Mallas metálicas

Son usados para prevenir la caída de fragmentos de roca en el área de influencia de pernos son algunos de estos de acero (malla de gallinero) los cuales se adecuan y moldean a la forma de la sección de la labor o excavación, también de fierro electrosoldado el cual es más rígido y de fierro corrugado de $\frac{1}{4}$ ".

Los orificios de la malla son netamente con relación al tamaño de las partículas que se confinará los cuales pueden ser de 5cm x 5cm hasta los 10cm x 10cm, la abertura de 5cm x 5cm son muy usadas en el tipo de roca con bastantes fracturas, sin embargo, la malla de reticulado de 10cm x 10cm siempre va acompañado de concreto lanzado (Aplicación Geomecánica y de Sostenimiento 2015, p.49).

Pernos

Son usados para impedir descomponer la roca, minimizando sus desplazamientos, de esta forma la roca cercana a la excavación se altera en un componente activo del sistema de soporte y conforma un arco autosoportante al sumar los efectos de los demás pernos cercanos, de acuerdo al tipo del macizo rocos podrían ubicarse en rocas homogéneas competente, en rocas estratificadas competentes y en rocas incompetentes (Aplicación Geomecánica y de Sostenimiento 2015, p.36).

Los tipos de pernos más usados en obras de túneles son:

- Pernos Swellex (de 5' a 7')
- Pernos Split-Set (de 5' a 7')

- Pernos de cabeza expansiva
- Pernos cementados con resina o con inyección de cemento

Concreto lanzado

Para hablar de concreto lanzado en el mundo tiene varios sinónimos de llamarlo tal como “hormigón proyectado” o “shotcrete”, donde tiene mayor propuesta de aplicación son las labores subterráneas las cuales son deslumbrantes e interesantes caras de la ingeniería, durante todo el proceso de construcción, se realizan ensayos para determinar el sistema constructivo y la estabilidad del túnel.

El concreto lanzado es fundamental en las construcciones modernas de túneles, así como también en obras o labores subterráneas, estabilidad de rocas y suelos, así como en reparación de estructuras de concreto. El consumo en el mundo por año estimado se aproxima a los 12 millones de metros cúbicos, estimándose 0.5 millones de metros cúbicos en el país de España.

El uso de fibras ya sean metálicas o sintéticas como refuerzos esto para proporcionar ductilidad al concreto lanzado, proporciona una mejor seguridad al no es requerir la mano de obra humano en el colocado de malla metálica de la excavación sin sostenimiento, con estas fibras se reduce el tiempo de colocado a $> 30\%$.

En cuanto los aditivos acelerantes de fraguado líquidos con base de aluminato o silicato, progresivamente están siendo desplazados por productos libres de álcali, los cuales mejoran el medio ambiente e higiene y salud en la operación del túnel.

Los términos relacionados con el concreto lanzado más importantes que se usan en el desarrollo del sostenimiento son:

Hormigón proyectado, vía seca, vía húmeda, flujo diluido, flujo denso, HRF/hormigón reforzado con fibras, aditivo superfluidificante, policarboxilatos, aditivos de sílice coloidal/nanosílice, acelerantes libres de álcali/AF, ensayo vicat, resistencias a edades tempranas, pistola Hilti, rebote (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.25, p.875-877).

1.3.1.8.2 Resistencia del concreto proyectado

1.3.2 Sistema de bombeo

Según Ingeniare (Revista chilena de ingeniería vol. 18 N°3, 2010, pp.335-342) los sistemas de bombeo se hallan presentes en la minería, así como en obras de actividad subterránea ya que el agua de producto de la excavación necesita ser bombeada hacia la superficie para asegurar la persistencia de una producción u obra.

La elección de estos sistemas detalla de un correcto establecimiento de un equilibrio hidráulico de todo el sistema, los ingenieros proyectistas y representantes usan ecuaciones de preservación de masa, energía y número de movimiento para esta operación.

Algún error al establecer el equilibrio hidráulico mencionado trae como consecuencias graves en la estación de bombeo, al sobredimensionar por decirlo así traería pérdidas en el costo, así como técnicas ya que se tendría equipos de mayor potencia con trabajos de menoría en su eficiencia de otro lado si se analiza lo contrario podríamos contar con mayor cantidad de agua y la capacidad del sistema con falta de suficiente respuesta al agua requerida.










Asimismo, en el sistema de bombeo el equilibrio hidráulico se obtiene del balance de energía contabilizándose las energías cinéticas, potencial y las pérdidas.

Tabla 2: *Etapas del sistema de bombeo*

Ítem	Descripción
A	Poza y canal de captación
B	Desarenador
C	Poza de succión
D	Estación de bombeo
E	Poza de descarga

Fuente: Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero.

Tabla 3: Accesorios de la estación de bombeo

Item	Descripción
	Válvula rompedpresión
	Válvula mariposa
	Válvula compuerta
	Junta de dilatación
	Reducción
	Brida slip on+stub-end
	Motor eléctrico
	Válvula check
	Manómetro

Fuente: Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero.

Según Ortiz, Cabanillas y Fierro (Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero: estudio de caso, p.337) el agua resultante de la excavación de labores mineras es enviada por bombeo o gravedad y captada en una poza luego se dirige a través de un canal con inclinación de -1% hacia el desarenador el cual tiende a ser con puertas de estructura metálica, este desarenador debe ser previsto con dimensiones que serán útiles para sedimentar los sólidos de mayor proporción (partículas mayores de 2,5mm de diámetro), el agua limpia desarenada se almacena en pozas de succión la cual también trabaja como un amortiguador, seguidamente la estación de bombas traslada o bombea el agua que ha sido almacenada a través de bombas centrífugas entre 1.500 HP y 270 l/s cada bomba.

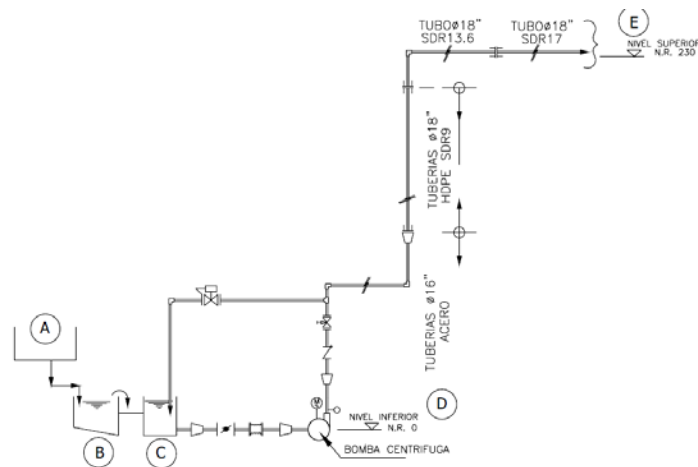


Figura 7: Esquema del sistema de bombeo. Fuente: Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero

Poza y líneas de conducción (canal de captación)

Las captaciones en el trabajo de embalse subterráneo están construidas en acuíferos o reservorios de transición con la capacidad suficiente de almacenamiento de agua según el cálculo del caudal requerido así se tenga la alimentación de agua intermitente. Como un ejemplo claro de las dimensiones requeridas se podría citar el almacenamiento de un río el cual tiene temporadas de estiaje (Benítez A., Captación de aguas subterráneas Cap.11, pp.332-333).

Como principales fundamentos a determinar cómo el estudio a este proceso, se debe considerar:

- Curvas de carga del acuífero
- Geometría y características del acuífero
- Coeficiente de almacén
- Curvas de embalse subterráneo
- Capacidad de transmisión
- Capacidad de captación

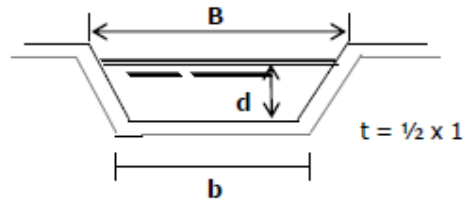
Las líneas de conducción están conformadas por el conjunto de canales o cunetas, tuberías y estaciones de bombeo así como los accesorios, el cual se encarga de transportar agua, que procede de la poza o embalse de abastecimiento, se puede realizar de dos maneras dependiendo de la obra con respecto al proyecto de regularización, se clasifican en grupos por gravedad (canales o cunetas) y por bombeo (tuberías), así como la combinación de ambas denominada mixta (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.118).

1.3.6.1 Canales o cunetas

Para la ejecución de túneles y obras subterráneas es necesario tomar como base teórica la fabricación de canales, desde el punto de vista de ingeniería civil, dado que este proceso es de la misma estructura y diseño que sirve como línea de conducción.

Se caracteriza por tener la gradiente que coincide con la superficie del canal o cuneta donde circula el agua, para elegir este tipo de obras dependerá de la disposición del agua

de la poza de captación, así como la topografía, asimismo debe tener la capacidad suficiente para transportar el líquido aforado del proyecto y sus afluentes. En ocasiones los canales se combinan caídas a rápidas, canales-puentes, pozos invertidos y los túneles. En los cálculos de los canales la sección a emplear puede ser: trapezoidales, rectangulares y semicirculares (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.119).

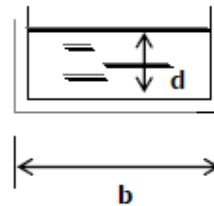


El área hidráulica se calcula con la expresión : $A = b \times d + t \times d^2$

Donde:

- A = área
- b = ancho de la sección
- d = Tirante
- t = Talud

Figura 8: Sección transversal de un canal trapezoidal. Fuente: Abastecimiento de agua.



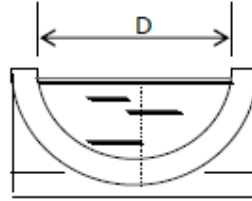
Formula para calcular el área hidráulica del canal.

$$A = b \times d$$

Donde:

- A = Área hidráulica en m²
- b = Ancho de la sección en m.
- d = Tirante en m.

Figura 9: Sección transversal de un canal rectangular. Fuente: Abastecimiento de agua.



Formula para calcular el área hidráulica.

$$A = \frac{\pi D^2}{8}$$

Donde:

A = Área hidráulica en m²

D = Diámetro de la sección en m.

Figura 10: Sección transversal de un canal circular. Fuente: Abastecimiento de agua.

1.3.6.2 Tuberías

Los principales factores a considerar dentro de las tuberías se deben a las siguientes:

- Topografía
- Afectaciones
- Geotecnia o geomecánica del terreno
- Cruzamientos
- Normas de calidad de las tuberías

Las tuberías en su mayor parte por ser conductoras de agua son conformadas por tuberías prefabricadas, en obras especiales y para caudales de gran envergadura se deben fabricar en el mismo proyecto, existen de acorde a la conducción del líquido el tipo o material seleccionado apropiadamente:

- Tuberías de concreto
- Tuberías de asbesto – cemento
- Tuberías de acero

- Tubería de polietileno

(Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 pp.134-136).

Accesorios y piezas especiales

Como dispositivos de alivio es necesario contar con accesorios y piezas en el sistema hidráulico estos se diseñan con factores de seguridad para dar soporte al golpe de ariete por las cargas máximas y mínimas, así como para optimizar el sistema es de gran ayuda los dispositivos de alivio los cuales se describen en:

Juntas o Uniones

Usadas en las uniones de tuberías las metálicas son de diversos tipos: Dresser, Giubault, etc. (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.176).

Carretes de tubería

Tubos pequeños colocados sobre alguna tubería a través de una brida en los extremos, los más usados son de 40cm, 50cm y 75cm, para los de PVC los extremos podrían ser espiga o campana (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.177).

Extremidades

Tubos pequeños colocados sobre las descargas a través de una brida en los extremos, los más usados son de 40cm, 50cm y 75cm, para los de PVC los extremos podrían ser espiga o campana (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.178).

Tes de unión

Usados en la unión de conductos de tres para precisar, donde estas pueden ser dos del mismo diámetro y uno menor o iguales en su totalidad de ser uno con diámetro menor se denomina reducción (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.179).

Cruces de unión

Su uso es la unión de conductos de cuatro para precisar, donde estas pueden ser dos del mismo diámetro y dos menores o los cuatro iguales en su totalidad, de ser

dos con diámetro menor se denomina cruz reducción (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.179).

Codos de unión

Su funcionalidad hacer uniones de conductos de diámetro igual de algún cambio ya sea vertical u horizontal, las deflexiones son de 22.5°, 45°, 90° (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.180).

Reducciones

Funcionales para uniones de tuberías y tubos de diámetro distinto (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.181).

Coples de unión

Tubos pequeños de PVC, así como de fibrocemento usados para la unión de espigas de conductos de diámetro igual, están también se usan en reparaciones (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.182).

Tapones y tapas

Son aquellos colocados en los finales o inicios de los conductos los cuales evitan la fuga del flujo (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.183).

Válvulas de no retorno (“check”)

Sirve en un conducto impedir la inversión de flujo, se instala sobre el conducto de descarga, de las bombas se cierra al instante de la presencia de inversión de flujo (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.183).

Válvulas de seguridad

Básicamente disminuye los incrementos de la presión, así como el golpe de ariete del sistema, actúan totalmente cerradas o abiertas (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.183).

Válvula aliviadora de presión o supresora de oscilación

Su función es de amortiguación de sobrepresión generada por el golpe de ariete establece equilibrio (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.184).

Válvula de admisión y expulsión de aire

Funcionan con la admisión del aire causado por el golpe de ariete, expulsión del aire llenado en la línea (Rodríguez R., Abastecimiento de agua Cap.3 p.185).

1.3.7 Desarenador

Es una obra hidráulica que tiene como función decantar (separar) y evacuar (remover) los materiales o partículas de mayor proporción que transporta el agua de una cuneta o canal, las partículas grandes que se podría transportar perjudican el sistema de bombeo y de la obra, estos desarenadores cumplen la misma función tanto en la superficie como en excavaciones subterráneas (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.97).

Los tipos están diferenciados por lo siguiente:

En función de su operación

Desarenadores de lavado continuo

Aquella que realiza dos operaciones simultáneamente en la evacuación y sedimentación (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.98).

Desarenadores de lavado discontinuo

También llamada intermitente que realiza movimientos separados, almacena para luego expulsar sedimentos (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.98).

En función de la velocidad de escurrimiento

De baja velocidad

Velocidad menor de 1m/s de 0.20m/s a 0.60m/s

De alta velocidad

Velocidad mayor de 1m/s de 1.0m/s a 1.50m/s

Por la disposición de los desarenadores

En serie

La construcción del almacenamiento de las cámaras o de los depósitos están uno detrás del otro en la construcción (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.98).

En paralelo

La construcción del almacenamiento de las cámaras o de los depósitos están uno al lado del otro en la construcción (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.98).

1.3.7.1 Cámara de sedimentación

Es aquella donde todos los materiales de mayor proporción o partículas se van al fondo de esta cámara, esto por consecuencia a que la velocidad disminuye por la misma sección considerada, así como la longitud. Las velocidades varían de 0.10m/s y 0.40m/s con la profundidad promedio de 1.50m y 4.0m de acuerdo a la vía principal.

Para el ingreso del fluido se tiene una transición de entrada la cual puede tener forma de sección rectangular o en forma de trapecio ya sea compuesta o simple, para las excavaciones subterráneas la segunda propuesta es de acuerdo a la hidráulica mas eficiente y económica ya que solo se realiza el revestimiento simples o en roca perforada luego de la sección del túnel, para que el lavado sea fácil y concentrar el material del fondo hacia el centro es conveniente que este diseñado con caída hacia este punto central, asimismo la pendiente generalmente es de 1:5 a 1:8 (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.100).

1.3.7.1.1 Vertedero

Al finalizar la cámara de sedimentación debe pasar el agua limpia hacia la poza de secundaria o a la cuneta (canal), las cubiertas superiores serán los primeros en limpiarse esta salida del sistema de desarenado se realiza por el vertedero el cual trabaja con liberación libre, asimismo cuanto haya menos velocidad de transporte por el vertedero hace menor turbulencia para el desarenador y minimiza las partículas en suspensión, la máxima velocidad admitida será de 1.0m/s (Villón Béjar, 2005 Cap.6, p.101).

1.3.7.1.2 Compuerta

La función principal es de lavado, desocupa las partículas que se encuentran en el fondo de las cámaras, para dar facilidad al desplazamiento de arenas o finos a la compuerta se debe dar una pendiente pronunciada entre 2% a 6%, para incrementar la cámara en profundidad por el efecto de la pendiente no incluye en el cálculo del tirante, lo adicional del volumen en las cámaras es por el lavado continuo sucesivamente, el estudio que se realiza para determinar el tamaño y cantidad de partículas y asegure una buena capacidad del sistema de desarenado para no realizar con frecuencia el lavado.

Para lavar toda la cámara de desarenado se deben cerrar las compuertas de ingreso y abren las compuertas de lavado y así las aguas salen con mayor velocidad y arrastran gran parte de los finos (sedimentos), una vez vacía la cámara nuevamente se abren parcialmente las compuertas de ingreso y el fluido del agua pasa con una velocidad de las partículas que han quedado y completan el lavado, se considera que el lavado sea en forma eficaz y rápida con velocidades de 3.0m/s y 5.0m/s (Villón Béjar, 2005 Cap.6, pp.102-103).

1.3.8 Estación de bombeo

Se describirán a continuación algunas características de importancia para las estaciones de bombeo, las cuales están conformadas por una serie de elementos:

Pozos de succión

Con mucha frecuencia una estación de bombeo tiene un mal funcionamiento de las bombas por un deficiente diseño del pozo de succión, ya que este diseño debe contar con capacidad que exija cubrir bombas axiales o mixtas cercanas unas a otras, ya que están reciben a que estas ejercen fuertes movimientos rotativos que soporta el agua de la tubería de succión (Castilla Ruiz y Galvis Castaño, 1993, p.147).

En general debe contar con los siguientes puntos:

- Forma del pozo de succión con relación a la distribución de flujo
- Separación o espacio adecuado de las unidades
- Distancias mínimas de la boca de succión a los hastiales del pozo y fondo
- Sumergencia de campana de succión o de bomba

Espaciamiento de las unidades

Para efectos de economizar en la estación de bombas el espaciamiento entre las unidades debe considerarse mínimo, pero a su vez compatible con los puntos mencionados y con facilidad de maniobrar con el personal y disponer la maniobrabilidad de los mismos equipos ante alguna reparación, este espaciamiento no debe ser menor a 1.0m (Castilla Ruiz y Galvis Castaño, 1993, p.147).

Distancias mínimas a las paredes y fondo de pozo

El espacio vertical del flujo en la longitud del cual fluye el agua para ingresar a la campana de succión por lo menos deberá ser la misma área de ésta, haciendo que la distancia libre del fondo del pozo y la orilla de la campana de succión no debe ser menor al diámetro del cilindro $D/4$ (Castilla Ruiz y Galvis Castaño, 1993, p.147).

Sumergencia

Es la longitud mínima admisible que existe entre la altura mínima del agua en el pozo succionador y la orilla de la campana succionadora, esta medida cumple como objetivo impedir la formación vórtices que accedan al ingreso de aire sobre el tubo de succión, asimismo cuando tenemos una bomba sumergida muchas veces llamamos sumergencia a la altura como mínimo de agua que tendrá la bomba para evitar la famosa cavitación, además la sumergencia no deberá ser menor a 1.50m sobre la orilla de la campana succionadora y sus velocidades de 0.60m/s y 0.90m/s (Castilla Ruiz y Galvis Castaño, 1993, p.148).

Las estaciones de bombeo se clasifican en dos grandes conjuntos:

- Con pozos o cámaras de succión secos
- Con pozos o cámaras de succión húmedos

El pozo de succión seco, está ubicado en cámaras sin presencia de agua, pero en las bocas succionadoras si están sumergidas, estas estaciones cuentan con la ventaja de tener mejor accesibilidad a las bombas para el mantenimiento o reparación muy usado en el bombeo de cantidades significativas de agua sin embargo por tener una cámara exclusiva en esta estación como desventaja es el costo de construcción el cual afecta directamente a la obra.

El pozo de succión húmedo las bombas están sumergidas se ahorra en construir una cámara adicional sin embargo te tienen dificultades para su mantenimiento y reparación de las bombas, en la actualidad se está optando por este tipo de bombas, también se hace mención que ya hay pozos de succión que tienen disposición de autolimpieza (Castilla Ruiz y Galvis Castaño, 1993, p.14).

Tipos de bombas

Se establece que para impulsar el agua dos grupos fundamentales los cuales atienden a las características de la actividad (Benítez Alberto, 1972, p.519).

- Bombas volumétricas
- Bombas centrífugas

1.3.8.1 Bombas volumétricas

Constituidas por un cilindro hermético y cerrado (organismo de la bomba) en el cual se mueve axialmente o da vuelta una pieza que, mediante unas válvulas juntas al cuerpo de la bomba, concede compresión, aspiración e impulsión del líquido, las bombas de este tipo están en dos grupos fundamentales: alternativas y rotativas (Benítez Alberto, 1972, p.520).

Tipos de bombas volumétricas

Bombas alternativas

- De émbolo
- De diafragma

Bombas rotativas

- De anillo líquido
- De engranajes
- De paletas y excéntrica
- De pistones múltiples

Bombas alternativas

El componente móvil genera aspiración del líquido y luego su impulsión, conforme la situación de las válvulas de salida y admisión, podrían ser impelente, aspirantes o una conjunción aspirantes-impelentes, el equipo más sencillo de estas bombas es la de émbolo (Benítez Alberto, 1972, p.520).

Bombas de émbolo

Para impulsar estas bombas es necesario el movimiento de émbolo generado en primera instancia aspiración y luego compresión, cuando se mueven las válvulas evita que mientras la aspiración se dé la pérdida de compresión e inversamente.

Estas bombas son para caudales pequeños y mayor presión el rendimiento del volumen alcanzado es de 90% a 98% y del mecanismo de 70% a 90%, la bomba puede ser de doble efecto o simple de acuerdo a la compresión que haga las dos caras del émbolo o una sola, puede acoplarse bombas en serie para subir sus efectos (Benítez Alberto, 1972, pp.528-529).

Bombas de diafragma

Se emplea estas bombas para el acabamiento de aguas pantanosas, ya que son más robustas y rústicas con aspiración parcialmente alto e impulsión menor a 10.0m, el rendimiento es bajísimo de 40% a 50%, su elevación manométrica general a 15.0m y caudal que varía entre 10m³/h a 90m³/h, funciona por medio de un diafragma ejecutado por sistema de bielas, ejecuta una depresión provocando abrir la válvula aspiradora y luego la compresión que abre la válvula esférica impulsora (Benítez Alberto, 1972, p.529).

Bombas rotativas

La componente móvil rota en forma regular dentro del cuerpo de la bomba, provoca compresión a través de una excéntrica y consigue impulsión (Benítez Alberto, 1972, p.520).

Bombas de anillo líquido

Conformado por una rueda con álabes en colocación radial, leva internamente un líquido presión menor al agua, movido por los álabes creando un cambio en el volumen entre el líquido y álabes el cual produce aspiración, impulsión y compresión de agua, para regular el caudal se tiene que realizar en la variación de energía por el giro de los álabes.

Se usan prácticamente bombas de vacío para utilización industrial, el rendimiento de la máquina está entre 65% a 75% y el volumétrico de 70% a 80% (Benítez Alberto, 1972, p.530).

Bombas de engranajes

Su función es basada en la compresión del líquido en medio de los dientes correlativos de los engranajes el cual produce impulsión. El cierre generado entre estátor y rotor propulsa en forma continua el agua, permitiendo un cebado de forma automática con cargas de agua considerables, el nivel manométrico llega a 90.0m y caudales de hasta 30m³/h, las bombas de triple rotor alcanzan caudales de 500m³/h. La ventaja que es adaptable a temperaturas extremas de hasta 350° C y la viscosidad de líquido de 500° Engler, con rendimientos de 65% a 75% (Benítez Alberto, 1972, pp.531-532).

Bombas de paletas y excéntricas

Es necesario especificar la diferencia entre bombas de paleta rígidas y flexibles, en las bombas de paleta rígida la compresión del agua se ejecuta con el descenso de volumen actual entre el rotor y toda la bomba, la acción de impulsión lo ejecutan dos paletas unidos normales que resbalan por las ranuras del rotor, el movimiento de la bomba es basada la propiedad de Cadena de Pascal, con esto la bomba da opción a subir caudales de 100m³/h, siendo reversible gracias a su igualdad o simetría (Benítez Alberto, 1972, p.532).

Las bombas de paleta flexible conforman una variación de las rígidas, compuesta por un rotor de paletas flexibles de material de neopreno resistente con larga durabilidad, que rota internamente en la bomba de bronce.

Su función se basa cuando una paleta del rotor está libre de la placa que la aprieta se forma un agujero que ceba al instante la bomba hasta los 4.50m de profundidad, en este momento se puede efectuar la aspiración de 7.50m de profundidad sin peligro a descebarse a velocidades moderadas.

Por efecto rotativo cada paleta tira algún volumen de líquido hasta buscar la placa de compresión la paleta dobla y genera la impulsión del líquido, esta bomba aplica a líquidos viscosos inferiores a 1,200 cps (centipoises, viscosidad máxima) y

temperaturas menores a 80° C, el caudal llega hasta 20m³/h y puede trabajar a velocidades angulares de 100 rpm a 2,400 rpm (Benítez Alberto, 1972, pp.532-533).

Bombas de pistones múltiples

Está constituido por un cuerpo de bomba en su interior rota un tambor que puede ser capaz de contar con cuatro u ocho pistones de funcionamiento circular contrarios por el eje, pasando el ingreso de aspiración cada pistón retorna por la excentricidad del eje del tambor, generando una depresión que acepta la aspiración para desarrollar en la impulsión (Benítez Alberto, 1972, p.534).

Con sus pistones en el tambor el caudal es continuo, alcanza valores de 400m³/h y el rendimiento del volumen de 100% el nivel manométrico general podría llegar a 200.0m (Benítez Alberto, 1972, p.535).

1.3.8.2 Bombas centrífugas

Usan básicamente la fuerza centrífuga generada por una turbina que rota a gran velocidad y arroja el agua al cuerpo de la bomba, el agua entra a la bomba por el eje de una rueda los cuales son impulsados por sus álabes al difusor que genera la energía cinética originada por la fuerza centrífuga, en energía potencial luego pasa al caracol o espiral de la sección creciente donde aumenta la presión y sale por el tubo de impulsión.

Como ventajas estas bombas permiten el acoplamiento directo, con fácil transmisión a los motores, y también regulan el caudal impulsando límites muy grandes, en cuanto a costos de mantenimiento son parecidos al de las bombas volumétricas, ya que no necesitan válvulas ni aparatos especiales en su actividad, como algo propio no puede aspirar en seco, por ende tiene que eliminar toda presencia de aire en el interior de la bomba, asimismo deben estar cebadas antes de usarlas (Benítez Alberto, 1972, p.521).

Como un elemento más simple de una bomba centrífuga podemos mencionar una bomba mono celular conformada por una rueda sujeta a un árbol que rota internamente en el cuerpo de la bomba, en forma de espiral para minimizar los roces del agua, en la parte superior de la bomba hay un orificio de llenado y en la inferior está el orificio de vaciado, la aspiración es efectuada con normalidad en la continuidad del eje de rotación de la rueda, para refrigerar el árbol de cámara prensaestopas, también está de un modo de corona una

cámara refrigeradora de agua, el árbol soportado por dos palieres, acondicionando entre ambos otra cámara de engrase, dando mayor rigidez al grupo para minimizar los rozamientos (Benítez Alberto, 1972, pp.537-538).

Tipos de bombas centrífugas

La clasificación de las bombas centrífugas establece los siguientes tipos:

- De superficie
- Girostáticas
- Sumergidas
- Para agotamiento
- De aspiración automática

Bombas de superficie

Para el montaje se sitúa a una altura más cercana posible a la altura de agua, los dos tipos tanto el monocelular y multicelular cuentan con la ventaja de ser reducida sensibilidad a la cavitación con disposición igual a la rueda que elimina el empuje axial, con mejoras al rendimiento del equipo. Una bomba de presión baja esta apto para recibir caudales de 70 a 2,000 l/s, el nivel de impulsión de 4.0m a 22.0m, asimismo bombas de media presión con niveles que comprenden de 25.0m a 70.0m aumentan el rendimiento del 5% a 10% y considera un difusor de paletas o disco directriz, de esta manera la cámara varia la velocidad por presión (Benítez Alberto, 1972, pp.551-552).

En bombas de presión alta la altura máxima alcanzada por una rueda es de 100.0m por ello es necesario realizar soportes especiales para incrementar las ruedas o la actividad con la duplicidad del soporte para subir la altura, una bomba de este modelo con duplicidad de soporte e impulsión y aspiración en forma vertical admite caudales de 1,000 m³/h, con niveles manométricos de 350.0m (Benítez Alberto, 1972, p.553).

Bombas girostáticas

Cuando los niveles de aspiración superan a las alturas del uso de bombas de superficie se utilizan las girostáticas que están conformadas por el cuerpo de la bomba armado con

ruedas incrustada en el pozo, funcionando con una línea de árbol adaptada a un motor ubicado en superficie (Benítez Alberto, 1972, p.554).

De acuerdo a la cantidad de células disponibles pueden funcionar en pozos mayores a los 100.0m de profundidad, estas bombas se fabrican con ruedas centrífugas o helicocentrífugas, estos últimos tienen la ventaja de trabajar con aguas no sedimentadas con áreas suspendidas sin embargo su rendimiento es menor al de las de ruedas centrífugas (Benítez Alberto, 1972, p.555).

Grupos sumergidos

Son más baratos en comparación con las bombas girostáticos conformados por el motor y la bomba acoplados directos estos funcionan en su totalidad dentro del pozo, la bomba será multicelular a monocelular con ruedas helicocentrífugas o centrífugas, el motor y la bomba hacen uso para su funcionamiento del árbol situado en el parte inferior del equipo o grupo, se usa agua limpia para la refrigeración y las ruedas se deberá auto equilibrar por compensación hidráulica (Benítez Alberto, 1972, pp.556-557).

Bombas para agotamiento

En el caso de acorte o agotamiento a menudo se usan este tipo de bombas el conjunto bomba/motor manual o portátil está sumergido, el motor se encuentra arriba del grupo así trabaja la bomba en seco con la ayuda de un disyuntor también ubicado en la parte superior. Si se necesita incrementar el agua a más altura podemos acondicionar más bombas en serie, las cuales sumarian la impulsión, lo óptimo suele llegar entre 8.0m a 10.0m (Benítez Alberto, 1972, p.558).

Bombas de aspiración automática

Este es un tipo muy especial de bomba para suprimir los problemas en la actividad de las bombas centrífugas, siendo lo principal el cebado al inicio de la actividad para esto se ha diseñado estas bombas los cuales son híbridos de las bombas rotativas y centrífugas (Benítez Alberto, 1972, p.559).

1.4 Formulación del problema

Tal como se menciona en la problemática, como consecuencia de la gran demanda en la evacuación de agua subterránea proveniente de la operación de las minas San Cristóbal y Carahuacra, las cuales se encuentran realizando actividades propias de la mina en las profundidades, este tipo de aguas encontradas en los puntos más bajos de la superficie y conocidos comúnmente como la napa freática, es indispensable buscar una alternativa de solución para abastecer el sistema actual, el cual tiene deficiencias en el sistema de bombeo y drenaje de cada una de las minas, es necesario implementar medidas de solución alternas combinando el estudio o proyecto de investigación de acorde a la formulación del problema.

Niño R. hace mención “No es posible concebir una investigación sin haberla encabezado por la definición clara y explícita del problema, pues este va a ser el eje alrededor del cual girarán todos los elementos implicados en las diferentes etapas y operaciones” (2011, p.47).

1.4.1 Problema general

- PG: ¿Cómo la implementación del **túnel de integración** mejorará el **sistema de bombeo y drenaje** de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?

1.4.2. Problemas específicos

- PE1: ¿Cómo la implementación del **túnel de integración** mejorará la operacionalización de **pozas, desarenador y líneas de conducción** de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?
- PE2: ¿De qué manera la implementación del **túnel de integración** mejorará **la estación de bombeo** de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?
- PE3: ¿De qué manera el **sistema de bombeo y drenaje** mejorará la **perforación y voladura** de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?
- PE4: ¿Cómo el **sistema de bombeo y drenaje** mejorará el **soporte y revestimiento** de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?

1.5. Justificación de la investigación

Esta investigación se refuerza con los aportes de investigadores de este tema, considerando la justificación en las siguientes consideraciones:

I. Justificación o aporte teórico

Según Bernal (2014 p.106), “en la indagación existe una forma de justificar teóricamente cuando el fin del aprendizaje es originar reflexión y discusión en lo académico sobre el saber que existe, probar una teoría, constatar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente”. En relación a lo expuesto anteriormente, la justificación más relevante de la actual investigación es el proporcionar a la ciencia y así mismo contribuir con la empresa proponiendo una posible solución al problema de planeamiento y control de costos para el proyecto en ejecución.

II. Justificación o aporte práctico

Según Bernal (2014 p. 106), “Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo”. Respecto lo observado, tiene relación con lo planteado en el proyecto de investigación ya que se propuso la aplicación de un método para el planeamiento y con control de costos el cual es de mayor relevancia para la ejecución del mismo.

III. Justificación metodológica

Según Bernal (2014p.107), “En la investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento”.

1.6. Hipótesis

Esta investigación tiene como fin demostrar una correcta hipótesis con una relación clara entre las variables, comprobarlas sería solucionar el problema general formulado.

Niño R. hace dice “En sentido general la hipótesis es un enunciado que da una suposición, posibilidad, o probabilidad. Sin embargo, la suposición, en ningún sentido es una verdad, es un juicio para verificar, así sea posible o probable, es decir con lo que puede ser o suceder” (2011, p.57).

1.6.1. Hipótesis general.

- HG: La implementación del túnel de integración mejorará el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

1.6.2. Hipótesis específicas.

- HE1: La implementación del túnel de integración mejorará la operacionalización de pozas, desarenador y líneas de conducción de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.
- HE2: La implementación del túnel de integración mejorará la operacionalización de la estación de bombeo de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.
- HE3: La mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor avance en la perforación y voladura de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.
- HE4: La mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor durabilidad al soporte y revestimiento de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

1.7. Objetivos

Los objetivos de esta investigación deben ser claros, entendibles y medibles indicando el camino a donde se pretende llegar.

Valderrama M. menciona “Es lo que se pretende alcanzar de forma integral. El enunciado de metas que se logrará debe ser preciso y claro, y las conclusiones serán referidas al logro o fracaso de estos mismos. Deberá ser coherente con la formulación del problema general” (2015, p.135).

1.7.1 Objetivo general

- OG: Demostrar como la implementación del túnel de integración mejorará el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

1.7.2 Objetivo específico

- OE1: Explicar de qué manera la implementación del túnel de integración mejorará la operatividad de las pozas, desarenador y líneas de conducción de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.
- OE2: Determinar como la implementación del túnel de integración mejorará la funcionalidad de la estación de bombeo de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.
- OE3: Indicar de qué manera la mejora del sistema de bombeo y drenaje ayudará a la perforación y voladura de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.
- OE4: Definir cómo la mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor durabilidad al soporte y revestimiento de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

CAPITULO II :

MÉTODO

2.1. Tipo de la investigación

En este proyecto de investigación, se ha optado por la investigación del tipo aplicada

Para Lozada (2014, p.14), el fin de una investigación tipo aplicada es la de suscitar información que se pueda enviar de forma directa, a la solución de problemas tipo social, productivo o educativo. Para que se pueda generar tal conocimiento, recurrimos a técnicas e instrumentos que proporciona la investigación básica que servirá de conector entre lo teórico y el producto en sí.

El estudio es aplicado, ya que persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Esta prospección busca percibir para prever y actuar. En la actualidad la implementación de túneles para mejorar los sistemas de bombeos es aplicados muy recurrentemente por dar mayor durabilidad en el tiempo.

2.2. Nivel de la investigación

Con respecto a la naturaleza de la presente investigación, el nivel que se usará será el explicativo.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el nivel explicativo está destinado a argumentar las causas de los eventos físicos o sociales. Su principal interés es dilucidar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.

El nivel de investigación es explicativo, puesto que se analizan las condiciones que hacen variar los resultados obtenidos al emplear la variable independiente, seguido se correlacionan ambas variables para explicar los resultados obtenidos.

2.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, puesto que la existencia de un control de las variables independientes no se representa en forma directa, ya que estas variables no pueden ser manipulables.

Según Hernández (2010) se realiza sin estar manipulando considerablemente las variables, se trata de una investigación donde no se hace variar expresamente las variables independientes, lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal como está en su ambiente natural, luego lo describiremos y analizaremos (p. 149).

2.4. Variables – operacionalización

2.4.1 Variables

Para aclarar el tema de variables vamos a mencionar a un autor el cual considera que estas tienen que ver de manera directa con la hipótesis.

Según Niño R. (2011), la noción variable viene de un campo de investigación científica la cual es denominada “positiva”, en conclusión, la se usa en las ciencias del tipo experimental. Las variables llegan al grado de usarlas en todo el universo ya que la mayor parte de investigadores no pueden dejar de obviarlas. Ven directamente con una o varias hipótesis, con el problema planteado, marco teórico y la metodología a usar (p. 59).

2.4.1.1 Variable dependiente

Obviamente que esta variable dependiente en definitiva es la que necesita de la variable independiente.

Según Valderrama (2015), en su existencia y en su desarrollo depende de la variable independiente. Su manera de ser y su versatilidad se condicionan por otros sucesos de la realidad (p. 157).

- **VI – Variable dependiente: Sistema de bombeo y drenaje.**

2.4.1.2 Variable independiente

Esta variable no necesita de otra variable más por el contrario las dependientes necesitan de esta variable.

Según Valderrama (2015), el funcionamiento existencial es indefinidamente autónomo no necesitan o dependen de otra, sino que de ésta dependen otras variables (p. 157).

- **VD – Variable Independiente: túnel de integración.**

2.4.2 Operacionalización de las variables

Según Valderrama (2015), es el proceso mediante el cual se modifican las variables de ideas abstractas a patrones de medición. Viene a ser la que busca elementos o componentes que conforman dichas variables, para ser mas preciso las dimensiones, sub dimensiones y los indicadores, las cuales serán operadas sobre una definición de concepto.

Para comprender con mayor consistencia la operacionalización de la variable, Sabino J. (2014, p. 89). señala que es un modo el cual sufre un concepto y debido a ello se identifica las relaciones empíricas las cuales permiten evaluar su efectivo comportamiento. Al conocer sus rendimientos, medidas e indicadores, se podrá escoger o fabricar una herramienta adecuada para cuantificar su fenomenología.

Tabla 4: *Matriz de operacionalización*

MATRIZ - OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES					
VARIABLE DE LA INVESTIGACION	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO
V2: túnel de integración	<p>Para precisar el túnel se caracteriza normalmente como obra lineal, sin embargo, se considera por su extensión algo más amplio como un espacio subterráneo que incluye desde la cueva hasta los circuitos del subsuelo, podrían agruparse como urbanismo y espacios de subsuelo, obras de tránsito, hábitat.</p> <p>Junca U (2011, p.29).</p>	<p>V + D + IND + INS</p> <p>En la variable túnel de integración se operacionalizó con la dimensión de la perforación y voladura medido por niveles de avance, costos, control de sobre excavación y los explosivos y accesorios, así como también la dimensión del soporte y revestimiento medido por la clasificación geomecánica del macizo rocoso, resistencia del shotcrete y los procesos de soporte, teniendo como instrumento la ficha de recopilación de datos.</p>	<p>Perforación y voladura (explosivos y accesorios)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de avances - Nivel de costos 	<p>Ficha de recopilación de información (datos).</p>
			<p>Soporte y revestimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación geomecánica del macizo rocoso - Resistencia del concreto proyectado 	

VI: Sistema de bombeo y drenaje	<p>[...] el agua resultante de la excavación de labores mineras es enviada por bombeo o gravedad y captada en una poza [...] el desarenador el cual tiende a ser con puertas de estructura metálica [...] el agua limpia desarenada se almacena en pozas [...] la estación de bombas traslada o bombea [...] través de bombas [...].</p> <p>Ortiz, Cabanillas y Fierro (2010, pp. 335-342)</p>	<p style="text-align: center;">V + D + IND + INS</p> <p>En la variable sistema de bombeo y drenaje su operacionalización de la primera dimensión fue con la poza, desarenador y líneas de conducción (canal de captación) medidos por el diseño hidráulico y la programación de ejecución para la segunda dimensión, estación de bombeo fue medido por el diseño del tipo de bombas (volumétricas / centrífugas) y el rendimiento de bombeo, considerando el instrumento de la ficha de recopilación de datos.</p>	<p>Poza, desarenador y líneas de conducción (canal de captación)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Diseño hidráulico – Programación de ejecución 	<p>Ficha de recopilación de información (datos).</p>
			<p>Estación de bombeo</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Selección del tipo de bombas (volumétricas / centrífugas) – Rendimientos de bombeo 	

Fuente: Preparación Propia

2.5. Población – muestra – muestreo

2.5.1. Población

Según Valderrama (2015), es el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas, que tienen a tributos o características en común, disponibles a la observación (p. 182).

Para esta investigación de implementar el túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018, se considera los túneles de la zona de los cuales se debe definir los propósitos entre estas excavaciones que pueden ser similares, pero cumplen objetivos distintos, ya sean de extracción, transporte, exploración entre otros.

2.5.2. Muestra

Para Valderrama (2015), la muestra es un subconjunto descriptivo de un universo o población. Es representativo porque revela las particularidades de la población cuando se fija la técnica adecuada de muestreo de su procedencia, se diferencia de ella solo el número de unidades incluidas y es adecuada (p.184).

Por su naturaleza de esta investigación, la muestra será tomada de las dos minas (San Cristóbal y Carahuacra) que tienen características similares por ser infraestructuras subterráneas en las cuales se realizaran los diversos tipos de recopilación de datos en cuanto al problema planteado.

2.5.3. Muestreo

Según Valderrama (2015), el muestreo, es el proceso de selección de una parte que representa la población. Un parámetro es un valor numérico que determina a la población que es objeto del estudio (p.188).

Para Tamayo (1990), selección de subpoblaciones del tamaño muestral, de los cuales se obtiene los datos que sirven de comprobación de falsedad o verdad de la hipótesis, extrayendo inferencias acerca de la población de estudio (p.147).

Por ende, el muestreo aplicado en esta investigación será el no probabilístico, considerando que no todas las muestras tendrán la probabilidad de ser escogidas, es decir que la muestra no será escogida aleatoriamente.

2.6. Técnicas e instrumentos para recopilación de datos, validez y confiabilidad

2.6.1 Técnicas

Para Arias (2012), menciona que las técnicas es un medio el cual ayuda para obtener información del proyecto a investigar, le apoya al método científico como un complemento, el cual se aplica de manera total para recopilar o recolectar información (p.67).

Técnicas de revisión de documentos

La técnica consiste en realizar los análisis de informes o documentos existentes de tipo bibliográfico. Para desarrollar un plan teórico el cual debe ser de suma importancia para ejecutar el marco hipotético para el proyecto de investigación.

Técnicas de observación directa

Esta técnica será utilizada en el proyecto para contrastar los datos con la realidad además nos permite interactuar directamente con el trabajo ejecutado en el campo y tener mayor idea de cómo y que está ejecutando.

2.6.2 Instrumentos de recopilación de datos

Para la presente investigación se emplea la observación como una de las tantas técnicas para recolectar datos esto sobre el lugar de evaluación donde tentativamente se podría implementar el túnel de integración en Junín.

Según Valderrama (2015), los instrumentos vienen a ser los medios materiales que usará el investigador para almacenar y recoger información. Pueden ser formularios, pruebas de conocimientos, escalas de actitudes, como semántico, Likert y de Guttman; también podrían ser inventarios, listas de chequeo, cuadernos de campo, fichas de datos, etc. Por ende, se deberán realizar la selección con coherencia en los instrumentos a usar en la variable independiente y dependiente (p, 195).

2.6.3 Validez

Hernández, Fernández y Batista (2014) definen a la validez como el valor real en que un instrumento evalúa la variable que intenta medir (p.200).

Para la valides del método de investigación serán previamente validado al momento de la ejecución del Proyecto u obra por 3 expertos en la materia.

Tabla 5: *Coefficientes de validez*

Coefficiente	Significado
> a 0,53	Validez nula
0,54 – 0,59	Validez baja
0,60 – 0, 65	Valida
0,66 – 0,71	Muy valida
0,72 – 0,99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998), citado por Quiñonez, E (2013, p 84)

2.6.4 Confiabilidad

Hernández, Fernández y Batista (2014) es el grado que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes. Para la actual investigación se trabajará con un rango de 0,72 a 0,99 lo cual nos dará una excelente confiabilidad (p.200).

Tabla 6: *Coefficiente de confiabilidad*

Coeficiente	Significado
> 0,53	Confiabilidad nula
0,54 – 0,59	Confiabilidad baja
0,60 – 0,65	Confiable
0,66 – 0,71	Muy confiable
0,72 – 0,99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998), citado por Quiñonez, E (2013, p 77)

2.7. Métodos de análisis de datos

En el método de análisis de datos caracteriza la acumulación de información con el instrumento de recolector que se usó para analizar la muestra.

Según Niño R. (2011), el análisis bien realizado y estructurado esta de la mano con la interpretación, este otorga volver al problema inicial planteado y así saber el tipo de respuesta se obtuvo al objetivo general y determinara que nivel de éxito se alcanzó, y si fue contemplada la hipótesis se comprobará al final su validez o invalidación (p. 103).

Según Valderrama (2015), es importante que el que investiga conozca el tipo de variable a trabajar en la obtención de datos, así como sus escalas de medición. Reconociendo el tipo de variable, codificándola y realizando la base de los datos para las dos variables, esta base bien elaborada acelera los análisis de la información, garantizando su interpretación posterior. Para esto es de vital importancia elegir un programa analítico como Spss, Minitab, Excel, etc. (p. 230).

Si es necesario validar la hipótesis, también es necesario realizar ensayos y las respectivas pruebas en los laboratorios.

El método de análisis de los datos a usar o emplear en esta investigación será el cuantitativo.

CAPITULO III:

RESULTADOS

3.1. Descripción de la Investigación – Proyecto

El proyecto de investigación concerniente al Túnel de Integración entre las minas San Cristóbal y Carahuacra, se encuentra ubicado localmente entre la unidad de Yauli. Políticamente pertenecen al distrito de Yauli de la Región Junín. Geográficamente se encuentra en el Flanco Este, de la cordillera occidental de los Andes centrales del Perú a 110 Km. en línea recta de la ciudad de Lima, teniendo como coordenadas Geográficas: 76° 05' de longitud Oeste, y 11° 43' de latitud Sur.

La altitud media del distrito es de 4,700 msnm. El Proyecto es fácilmente accesible utilizando la carretera central, de la cual se encuentra cerca de la localidad de Pachachaca, parte un ramal que conduce al Túnel Victoria-Carahuacra, los datos son los siguientes:

Ubigeo	: 120810
Latitud Sur	: 10° 43'
Longitud Oeste	: 75° 05'
Altitud	: 4,700 msnm
Huso horario	: UTC-5

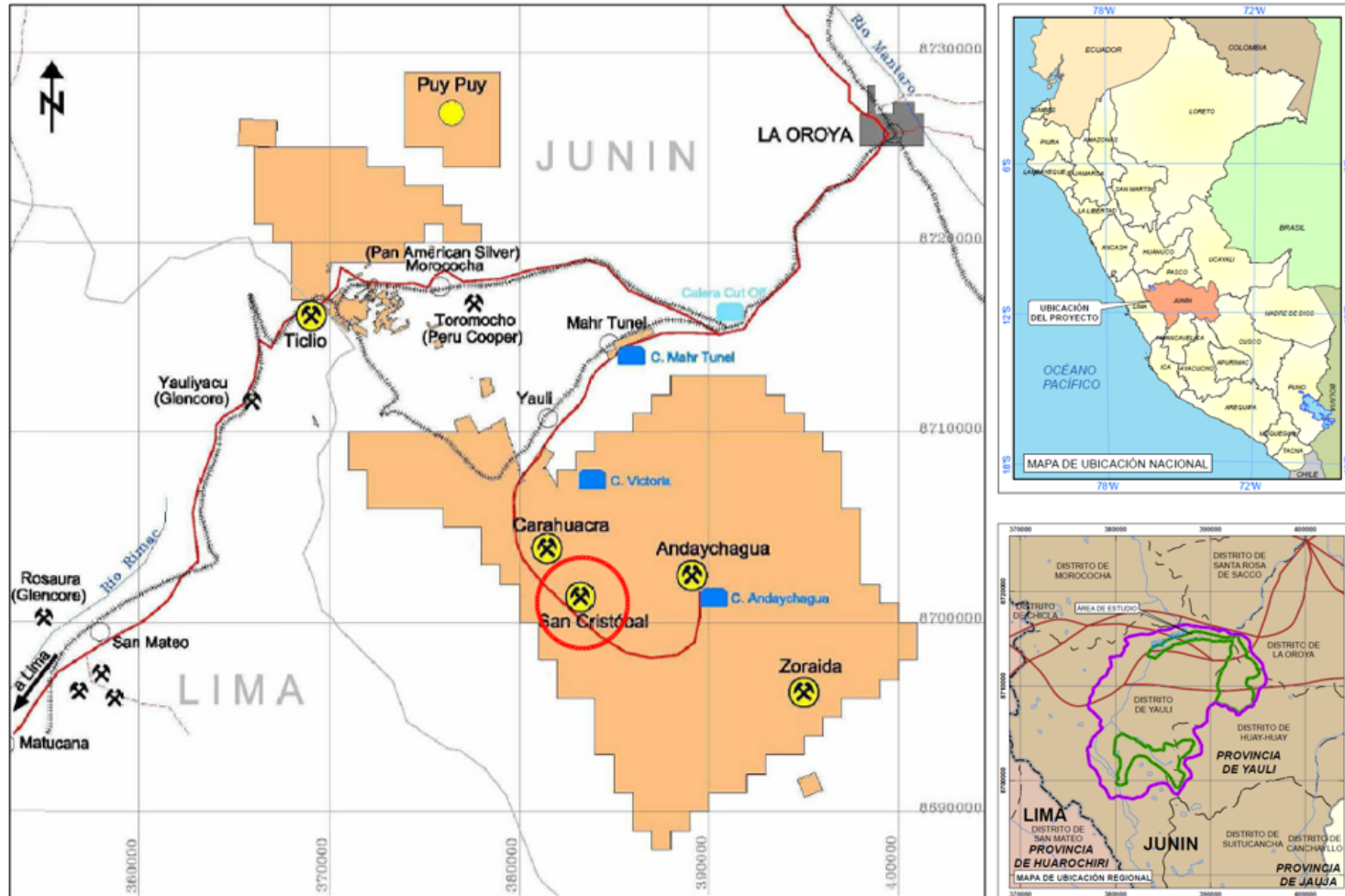


Figura 11: Ubicación de la zona de investigación. Fuente: elaboración propia.

Para realizar el trabajo de investigación es importante las consideraciones del sistema de bombeo en ambas minas (San Cristóbal y Carahuacra), ya que de eso dependerá el dimensionamiento de la obra en este caso el Túnel de Integración (Variable independiente), así como los diversos componentes o indicadores los cuales son elementos de medición que estarán constantes en el proyecto, por ende, se definirá el proyecto con los trabajos de recopilación de datos u recolección de información.

3.2. Sistema de bombeo de las Minas San Cristóbal y Carahuacra

3.2.1. Descripción del sistema de bombeo de la Mina San Cristóbal

El sistema de bombeo en Mina San Cristóbal se caracteriza por dos circuitos de bombeo independientes por cada ala E y W, en el cual por el ala Este (E) se bombean los flujos de agua provenientes de las Vetas 658 y Split 658, en cambio por el ala Oeste (W) se bombean los flujos de agua provenientes de las Vetas 722 y 658; estos sistemas independientes bombean desde los niveles inferiores (1320, 1270, 1220, 1170 y 1120) con bombas sumergibles de 58 HP hasta la Cámara de Bombas 1070 – Nivel 1070, nivel en el cual los flujos bombeados de los distintos circuitos convergen.

En el Nivel 1070, Cámara de Bombas 1070, se tiene 03 bombas estacionarias en paralelo Hidrotales (modelo 125-400 @ 200 HP cada una) con códigos BOM-1004-YA, BOM-1005-YA y BOM-1006-YA, que bombean agua hasta el Nivel 1020, siendo este el nivel principal de bombeo, el cual está conformado por un sistema principal y un sistema de contingencia.

El Sistema Principal de Bombeo Nivel 1020 conformado por 02 trenes de bombas, cada tren tiene una disposición en serie de tres bombas GIW-KSB (modelo LSA @ 350 HP cada una), BOM-1001-YA, BOM-1002-YA y BOM-1003-YA (Tren Bombas I), BOM-1007-YA, BOM-1008-YA y BOM-1009-YA (Tren Bombas II), con el fin de desplazar el agua hacia el Nivel 820.

El Sistema de Contingencia de Bombeo Nivel 1020 conformado por 03 bombas estacionarias en paralelo Hidrotales (modelo 125-400 @ 200 HP cada una) con códigos BOM-0062-YA, BOM-0063-YA y BOM-0064-YA, tienen el fin de soporte para mantenimientos preventivos y/o correctivos (ocurrencia de sucesos imprevistos o fallas en el sistema), bombeando el agua hacia el Nivel 920.

En el Nivel 920, Cámara de Bombas 920, el sistema está conformado por 04 bombas estacionarias verticales en paralelo Hidrotales (modelo 14GM-5 @ 300 HP cada una) con códigos BOM-0042-YA, BOM-0043-YA, BOM-0044-YA y BOM-0045-YA, de las cuales 02 bombas de las cuatro mencionadas bombean de forma alterna hasta el Nivel 820.

Un aproximado de 80% del agua bombeada desde el Nivel 1020 por los trenes de bombas, se descarga en la cuneta principal Nv.820 siguiendo el recorrido del Túnel Victoria, el 20% restante, descarga en la Cámara de Bombas 820 – Nv.820, 02 bombas estacionarias en paralelo IMBIL (modelo BVL 449 THF @ 250 HP cada una), cuyos códigos BOM-0081-YA y BOM-0073-YA (stand-by), con el fin de bombear al Nivel 630, Cámara de Bombas 630 con capacidad 100 m3.

En el Nivel 630, Cámara de Bombas 630, 02 bombas estacionarias en paralelo KSB (modelo WKL125/5 @ 250 HP cada una) con códigos BOM-0050-YA y BOM-0080-YA (stand-by), que bombean agua hacia la Cámara Velo de Novia – Nivel 390 (superficie), esta cámara de bombas cuenta con 02 bombas estacionarias en paralelo KSB (modelo WKL125/5 @ 50 HP cada una) con códigos BOM-0048-YA (stand-by) y BOM-0049-YA, este recurso hídrico es dosificado con cal y floculante para deprimir el ion férrico con el fin de suministrar agua a labores en operación (perforación, sostenimiento, limpieza, etc.); una vez tratado el recurso hídrico es bombeado con las bombas antes mencionadas hacia Poza 340 – Nivel 340 para utilizar esta como agua industrial para los Nivel 630, Nivel 580, Nivel 430 (Zona Ferramina Veta Ramal Piso 722).

3.2.2. Descripción del sistema de bombeo de la Mina Carahuacra

El sistema de bombeo de Mina Carahuacra se desarrolla en 05 niveles (Nivel 1070, Nivel 1020, Nivel 970, Nivel 920, Nivel 870 y Nivel 820) distanciados cada 50 metros verticales, en los cuales se ubican las estaciones de bombeo, que trabajan en serie para evacuar el agua hasta el Nivel 820 en donde son vertidas en la cuneta y dirigidas a través del túnel victoria hasta la planta de tratamiento en planta Victoria.

La estación del Nivel 1070 de bombeo se encuentra ubicada en el Crucero (XC) 760, se tienen instaladas dos bombas sumergibles hasta la construcción (obras civiles) de

la estación definitiva en las cámaras 270, 280 y 290. Las bombas sumergibles son de 58 Hp, reciben el agua de la profundización: Rampa (RP) 650 y sub niveles de preparación cercanas a la estructura del yacimiento aledaño a este sector o zona y son dirigidas al Nivel 1020.

La estación del Nivel 1020 como punto inicial de bombeo es en el nivel 1070 con bombas sumergibles auxiliares, que conducen el agua a la estación del nivel 1020 está compuesta por una cámara de bombeo principal y 02 cámaras de sedimentación, cuenta con 03 bombas verticales de agua 12GH-3 (Hidrostral) de 125 HP cada una. En esta estación se capta el agua proveniente de todo el nivel y de la profundización, además del bombeo proveniente del fondo del pique (Nivel 1070) con una bomba Fly de 58 HP, y se bombea hasta la estación del Nivel 970.

La estación del Nivel 970 en esta estación está formada por 01 cámara de bombeo principal y 03 cámaras de sedimentación y cuenta con 3 bombas 12 GH-9 (Hidrostral) de 250 HP y 1 bomba 12 GH-3 (Hidrostral) de 90 HP, a la vez bombas auxiliares como una bomba Fly de 58 HP, y otra Tsurumi de 60 HP, el incremento de bombas en este nivel se debe básicamente a que la mayor concentración de avance y producción se da en los niveles 920, 970, 1020 Zona mecanizada, llegando a tener mayor caudal. Parte de esta agua es captada en este punto se deriva hasta la estación del Nivel 920 y lo restante se bombea directamente hasta Túnel Victoria (Nivel 820)

La estación del Nivel 920, se tiene 01 cámara de bombeo principal y 01 cámara de sedimentación; en esta estación se trabaja con 1 bomba 12 GH-3 (Hidrostral) de 100 HP y otra auxiliar Maxi de 58 HP, bombeando así el volumen acumulado de agua del Nivel 920 y lo proveniente del Nivel 970 hasta la estación del nivel 870.

La estación del Nivel 870 cuenta con una cámara de bombeo y 03 cámaras de sedimentación en la cual se acumula toda el agua proveniente del Nivel 920, adicionándose el producto de las aguas del propio nivel, para este trabajo se tiene: 1 bomba 12 GH-6 (Hidrostral) de 180 HP y otra bomba auxiliar Fly de 58 HP que bombea el agua hasta el Nivel 820 (túnel Victoria), por donde se evacua a superficie

La estación del Nivel 820 (Túnel Victoria) en este nivel toda el agua del sistema de bombeo de interior mina, es canalizado y evacuado a través de este a superficie donde se trata de manera adecuada.

Como plan de contingencia en caso de emergencia (que no trabajen las bombas) se controla el agua de forma siguiente:

- Veta ML: La rampa 387 con una capacidad de acumulación de agua de 3 días, con capacidad de 31 518 m³ de agua.
- Veta Mary: El Ac 747, Nivel 1070 con capacidad de acumulación de agua de 4 días, con capacidad de 58 342.4 m³ de agua.
- Fondo Pique Central Nivel 1070 con capacidad de acumulación de agua de 1.5 días, con capacidad de 18 798 m³.

Los controles de contingencias no son más que excavaciones mineras de gran capacidad las cuales son usados en casos extremos de emergencia, sin embargo, estos no deben ser usados a menos que suceda algún desperfecto en el sistema eléctrico (suministro de energía) o fallas del sistema de bombeo.

3.2.3. Inventario de bombas y estaciones de bombeo mina San Cristóbal

Para realizar un verdadero balance de caudal con la finalidad de cuantificar el volumen de agua bombeado ya registrado en la mina San Cristóbal es necesario realizar el mapeo actual de los caudales y las estaciones considerando detalles de ingeniería básico, como podrían mencionarse:

- Código de Bombas
- Marca
- Modelo
- Potencia en HP
- Caudal (Q) bombeado
- Destino

Tabla 7: Relación de estaciones de bombeo y bombas.1 (Mina San Cristóbal)

SISTEMA DE BOMBEO AUXILIAR DEL NV_1320 (PROFUNDIZACIÓN ZONA W) AL NV_1070					
CÁMARA DE BOMBEO	REFERENCIA	NIVEL	NUMERO BOMBAS	DESCARGA	Q = LTS/SEG
TOPE - RP 1220-2	RP 1220-2 (-)	1320	2	CAM 75	66.10
CAM 03	RP 1220-2 (-)	1270	3	CAM 75	90.96
CAM 75	RP 1220-2 (-)	1270	4	CAM 703_10/ CAM 703_09	137.24
CAM 703_10	RP 1220-2 (-)	1220	3	CAM 12	94.02
CAM 703_09	RP 1220-2 (-)	1220	3	CAM 05	101.44
CAM 05	RP 1220-1 (-)	1220	1	CAM 12	31.74
CAM 12	RP 042 (-)	1170	5	CAM 07 (NOHELIA 2)	153.93
CAM 07 (NOHELIA 2)	RP 042 (-)	1170	3	CAM 09 (NOHELIA 3)	98.74
CAM 09 (NOHELIA 3)	RP 042 (-)	1170	2	CAM 01 (TILSA)	61.79
CAM 01 (TILSA)	RP 042 (-)	1120	5	CUNETA 1070 - BP 1070 E	122.20
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					122.20

SISTEMA DE BOMBEO AUXILIAR DEL NV_1320 (PROFUNDIZACIÓN ZONA E) AL NV_1070					
CÁMARA DE BOMBEO	REFERENCIA	NIVEL	NUMERO BOMBAS	DESCARGA	Q = LTS/SEG
TOPE - RP 616	RP 616 (-)	1320	2	CAM 16	60.16
CAM 27	RP 616 (-)	1270	3	CAM 16	92.40
CAM 16	RP 616 (-)	1270	4	CAM 12	130.58
CAM 12	RP 616 (-)	1220	4	CAM 09	120.24
CAM 09	RP 616 (-)	1170	5	CAM 03	157.26
CAM 05	RP 1220-1 (-)	1220	4	CAM 14	125.79
CAM 14	CX 042_1	1170	4	CAM 053	122.41
CAM 053	RP 672 (-)	1170	3	CAM 03	98.89
CAM 03	BP 1120	1120	7	CUNETA 1070 - BP 1070 E	131.58
CAM 04	RP 618 (-)	1170	2	CUNETA 1070 - BP 616	71.23
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					202.82

El 80% del líquido bombeado al Nv. 820 es derivado por la cuneta del Tunel Victoria, mientras que el 20% restante es bombeado hacia superficie para re-utilización de agua industrial a Zona Alta previo tratamiento químico.

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_820 AL NV_630					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0073-YA	IMBIL	BVL449 THF	250	CAMARA DE BOMBAS 630	36.6
BOM-0081-YA	IMBIL	BVL449 THF	250		35.4
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					72

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_630 AL NV_390					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0050-YA	KSB	WKL 125/5	250	CAMARA DE BOMBAS 390	33.54
BOM-0080-YA	KSB	WKL 125/5	250		33.15
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					66.69

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_390 AL NV_340					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0048-YA	KSB	WKL 125/5	50	POZA INDUSTRIAL 340	20.13
BOM-0049-YA	KSB	WKL 125/5	50		26.65
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					46.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Relación de estaciones de bombeo y bombas.2 (Mina San Cristóbal)

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_1070 AL NV_1020					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-1004-YA	HIDROSTAL	125-400	200	CUNETETA1020 - BP 1020	91
BOM-1005-YA	HIDROSTAL	125-400	200		179
BOM-1006-YA	HIDROSTAL	125-400	200		23.39
GB-58G023	GRINDEX	MAXI	58		22.41
GB-58A125	ABS	J405	58		22.81
GB-58A086	ABS	J405	58		
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					338.60

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_1020 AL NV_820 (TREN I)					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-1001-YA	GIW	LSA	300	CUNETETA 820 - CX 810	160
BOM-1002-YA	GIW	LSA	300		
BOM-1003-YA	GIW	LSA	300		
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					160

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_1020 AL NV_820 (TREN II)					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-1007-YA	GIW	LSA	350	CUNETETA 820 - CX 810	170
BOM-1008-YA	GIW	LSA	350		
BOM-1009-YA	GIW	LSA	350		
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					170

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_1020 AL NV_920 - CONTINGENCIA					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0062-YA	HIDROSTAL	125-400	200	CUNETETA 920 - BP 920	33.73
BOM-0063-YA	HIDROSTAL	125-400	200		32.15
BOM-0064-YA	HIDROSTAL	125-400	200		30.23
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					96.11

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_920 AL NV_820					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0042-YA	HIDROSTAL	14GM - 5	300	CUNETETA 820 - CX 810	34.73
BOM-0043-YA	HIDROSTAL	14GM - 5	300		35.15
BOM-0044-YA	HIDROSTAL	14GM - 5	300		34.23
BOM-0045-YA	HIDROSTAL	14GM - 5	300		35.30
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					139.41

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Inventario de bombas y estaciones de bombeo mina Carahuacra

Para el caso de la mina Carahuacra por ser una mina más pequeña y cuenta con 05 niveles más definidos en el bombeo y a su vez dentro de su sistema y drenaje se ubica

el Túnel Victoria el cual ya colapsó por no contar con un diseño apropiado, y a su vez comparte el sistema de extracción el cual le quita la capacidad para la autonomía del bombeo, la recopilación de datos tiene el mismo criterio que de San Cristóbal.

Tabla 9: Relación de estaciones de bombeo y bombas (Mina Carahuacra)

NV_820 (CUNETA TUNEL VICTORIA)					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
* Llega el agua desde el nivel inferior por etapas + el mismo drenaje del Nivel					25
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					25
CAUDAL TOTAL GRAL.					202.73

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_870					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0015-YA	HIDROSTAL	12GH-16	180	Cuneta Nivel 820	15
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					15,00

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_920					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0016-YA	HIDROSTAL	12GH-3	180	Estación Nivel 870	10
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					10

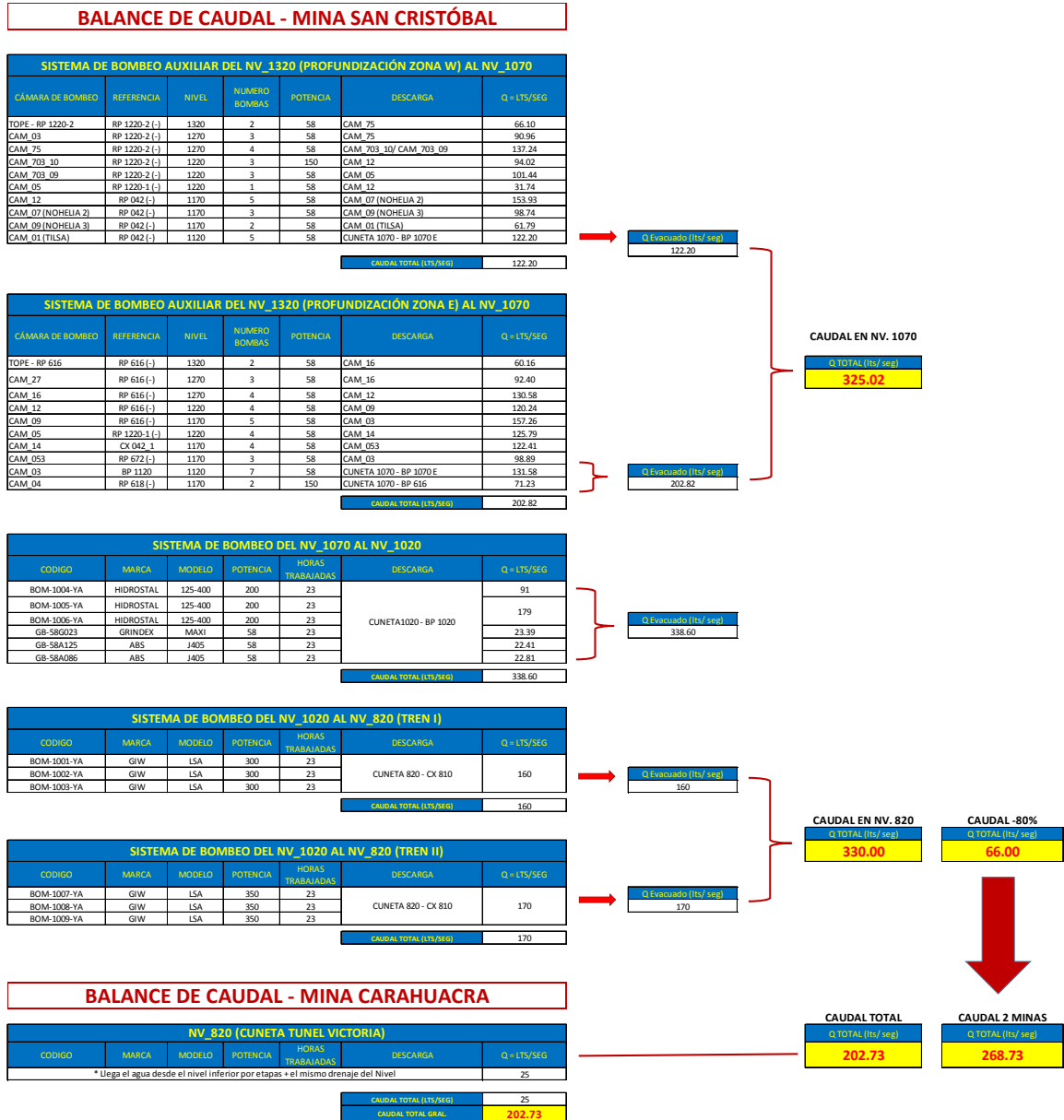
SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_970					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0017-YA	HIDROSTAL	12GH-9	250	Cuneta Nivel 820	177.73
BOM-0018-YA	HIDROSTAL	12GH-9	250		
BOM-0019-YA	HIDROSTAL	12GH-9	250		
BOM-0026-YA	HIDROSTAL	12GH-3	90	Estación Nivel 920	18.6
	GRINDEX	2201	58		
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					196.33

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_1020					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
BOM-0036-YA	HIDROSTAL	12GH-3	125	CUNETA 920 - BP 920	142.73
BOM-0037-YA	HIDROSTAL	12GH-3	125		
BOM-0038-YA	HIDROSTAL	12GH-3	125		
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					142.73

SISTEMA DE BOMBEO DEL NV_1070					
CODIGO	MARCA	MODELO	POTENCIA	DESCARGA	Q = LTS/SEG
	GRINDEX	MATADOR	58	Estación de Bombeo Nv. 1020	18.2
	GRINDEX	MATADOR	58		18.6
	GRINDEX	MATADOR	58		18.5
	EBARA	GB-35ED12	35		19.43
CAUDAL TOTAL (LTS/SEG)					74.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Balance de caudales Mina San Cristóbal – Mina Carahuacra



Fuente: Elaboración propia

Considerando los balances de caudales de las minas San Cristóbal con 330 l/s de estos caudales, es necesario mencionar lo más importante, el 80% del líquido bombeado al Nivel 820 es derivado por la cuneta del Túnel Victoria, mientras que el 20% restante es bombeado hacia superficie para reutilización de agua industrial a Zona Alta previo tratamiento químico y Carahuacra con 203 l/s, se deduce que en mayor parte se debe tomar como muestra la Mina San Cristóbal por ser la más representativa y la más

compleja para fines de estudio, contemplando aspectos de mayor relevancia como: Complejidad en el bombeo, mayor número de bombas, diversas estaciones de bombeo (forma y tipo), recirculación y aprovechamiento de aguas, niveles de bombeo, etc.



Figura 12: Ubicación de la estación de bombeo Nivel 820. Fuente: Mina San Cristóbal.



Figura 13: Ubicación de descarga hacia el Túnel Victoria Nivel 820. Fuente: Mina San Cristóbal.

3.2.5. Recopilación de información – aforos de agua

Para iniciar el trabajo de investigación se realizará la toma de muestras en la mina San Cristóbal como ya se mencionó por contar con mayor y diversidad de datos en campo, seguidamente también es conocido que el bombeo se realiza en etapas la cuales son del nivel inferior al inmediato superior considerando en cada estación un determinado caudal, contemplando en cada nivel el drenaje del nivel donde se ubica la estación más el agua bombeada del nivel inferior. Para este proyecto de investigación usaremos el método directo volumétrico para realizar los aforos de agua subterránea en cada nivel ya sea bombeada o natural que sale de la napa freática.

Según Briones S. (Aforo del Agua en canales y tuberías, 2008), este método directo conocido como volumétrico permitirá la medición de caudales considerando para esta medición depósitos para coleccionar agua, anotando el tiempo a medida que el depósito se demora en llenar, la operación se repite 2 a 3 repeticiones para luego promediarlas, para asegurar la exactitud en el aforo.

EJEMPLO: EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRAN TRES MEDICIONES DE CAUDAL CADA UNA SE MIDIO EL TIEMPO OBTENIDO EN UN VOLUMEN DETERMINADO.

MEDIDA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)
1	2	5	0,4
2	2	6	0,33
3	2	5	0,4
CAUDAL PROMEDIO			0,38

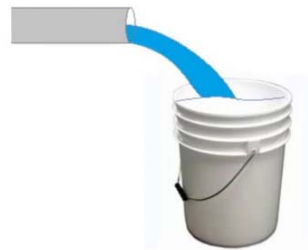


Figura 14: Cálculo del caudal – aforo método volumétrico. Fuente: Aforo del agua en canales y tuberías. 2008.



Figura 15: Recopilación de información, aforo de caudales. Fuente: Mina San Cristóbal.

3.2.6. Diseño del sistema de bombeo (diseño hidráulico)

Bien es sabido que un sistema de bombeo en una mina es complicado, ahora si es complicado en una mina con 02 a su vez este problema se agudiza, ya que como se entiende los caudales y los desperfectos coyunturales en las estaciones de bombeo se presentan con más frecuencia, esto debido a circunstancias de la naturaleza y propios como la operación de la mina (ojos de agua no identificados, impactos de perforación diamantina, apagones, etc.)

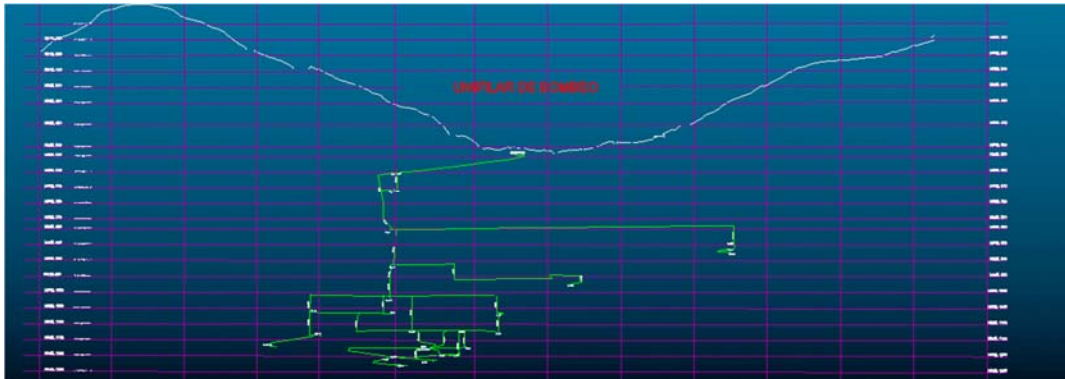


Figura 16: Esquema de sistema de bombeo Mina San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.

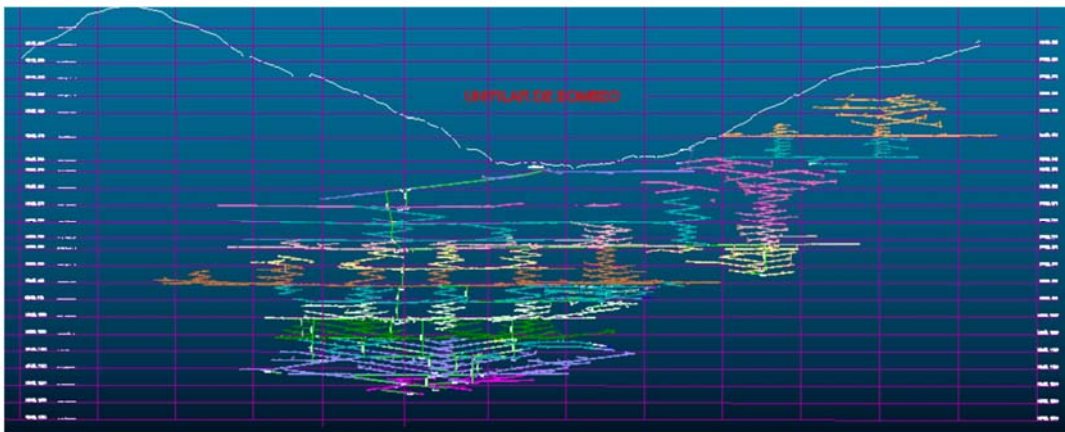


Figura 17: Esquema de sistema de bombeo Mina San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.

Para contemplar el diseño hidráulico en el nuevo proyecto de investigación se han contemplado los diversos componentes de acuerdo a los aforos realizados en las minas San Cristóbal es decir los datos del bombeo más relevantes.

Cámara de sedimentos

El dimensionamiento de las cámaras de sedimentación está contemplado en todo el sistema ya que estos necesitan tener autonomía para el caudal ya identificado en los aforos, donde existirán 02 cámaras. Se propone como en toda operación 02 cámaras o pozos por la razón de requerir limpieza de sedimentos o fragmentos de partículas en forma alternativa, el agua que se almacena se prevé que llevará partículas de dramix (partículas de refuerzo en el shotcrete o concreto lanzado), lodos, así como materiales extraños.

La recepción de agua para estas cámaras o pozos son a través de cunetas procedentes de los avances y del mismo bombeo de niveles inferiores hacia los superiores, asimismo soportado en el caudal de recepción se hace simulaciones de la cuneta en el software HCANALES que es muy conocido y usado por los ingenieros civiles.

HCANALES es un software que facilita el diseño de canales, el programa fue desarrollado por el Ing. Peruano Máximo Villon Béjar. Este programa permite resolver los problemas más frecuentes que se presentan en el diseño de canales y estructuras hidráulicas, los cuales son calcular: El tirante normal, tirante crítico, resalto hidráulico y la curva de remanso.

Permite calcular el caudal que transporta un canal construido para las secciones transversales artificiales de uso común, como sección triangular, sección rectangular, sección trapezoidal, sección parabólica y sección circular. HCANALES, es Importante porque:

- Proporciona una herramienta fácil de utilizar para el ingeniero civil y otros especialistas que trabajen en el campo del diseño de canales y estructuras hidráulicas.
- Permite simplificar los cálculos laboriosos.
- Permite simular el diseño de canales, variando cualquier parámetro hidráulico.
- Reduce enormemente el tiempo de cálculo.

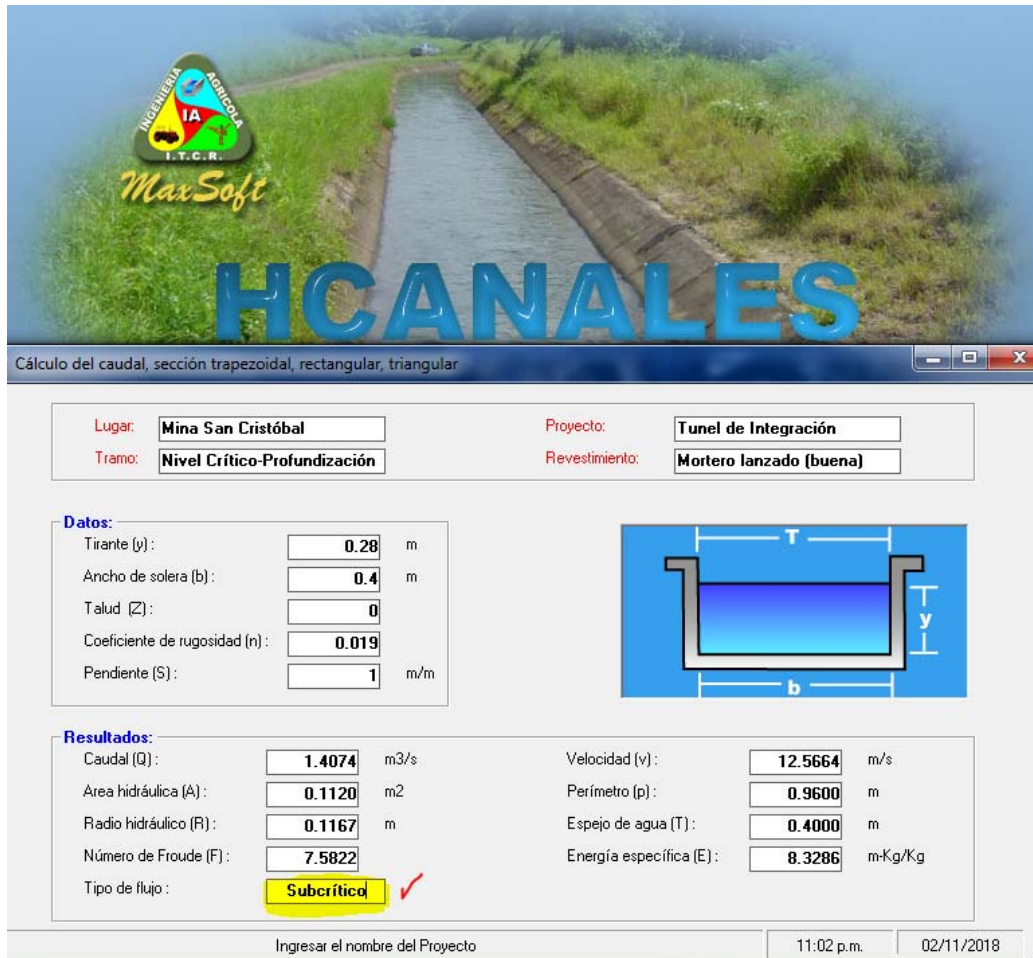


Figura 18: Simulación de canales para la recepción de canal o cuneta. Fuente: Elaboración propia.

Pozo de succión o cámara de almacenaje de agua

Básicamente es la que da recepción al agua limpia a ser bombeada considerada como de paso, está siempre al lado de los sedimentadores por encima del eje principal de las bombas escogidas.

Tuberías de impulsión positiva

Para estas tuberías con normalidad se han considerado las mismas que están dentro del sistema actual de bombeo ya que son las más apropiadas para la evacuación de agua con sus respectivos accesorios, el diámetro de la entrada en las bombas es de 10" pulgadas y tienen una reducción excéntrica de 14" a 10" pulgadas.

Tabla 11: Diámetro de tubería según el caudal.

Caudal (l/s)	Diámetro	
	Nominal (pulg)	Interno (cm)
De 0,00 a 0,85	3/4	2.09
De 0,86 - 1,50	1	2.66
De 1,51 - 2,30	1 ¼	3.53
De 2,31 - 3,40	1 ½	4.09
De 3,41 - 6,00	2	5.25
De 6,01 - 9,50	2 ½	6.27
De 9,51 - 13,50	3	7.79
De 13,51 - 24,00	4	10.2
De 18,60 - 38,60	6	14.4
De 50,40 - 87,50	10	23.6
De 122,6 - 168,80	14	33.3
De 162,40 - 183,30	16	38.1

Fuente: Elaboración propia

Caudal de evacuación

La evacuación de agua considera un caudal resumido en el balance de aforos en la Tabla N° 8 considerando la derivación de agua y la recirculación para uso industrial de la mina San Cristóbal el cual queda con 269 l/s para el bombeo constante y de esta forma asegura el funcionamiento de la operación de la mina.

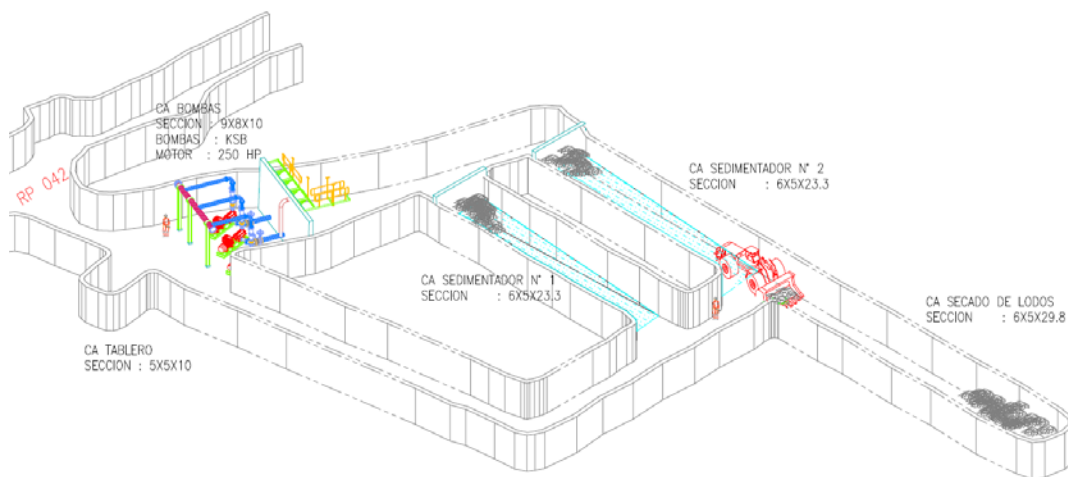


Figura 19: Diseño preliminar de estación de bombeo. Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Selección de Bombas (diseño hidráulico)

Para la selección de bombas se ha considerado el diseño funcional del proyecto del Túnel de Integración, el cual tiene un trazo de manera más rectilínea por tratarse un proyecto de solución y tomando las consideraciones del diseño hidráulico, sin embargo, este necesita de etapas de bombeo para asegurar el aprovechamiento de niveles tal como se realiza en el sistema actual.

3.2.7.1 Estación N° 5

En esta estación se recolecta las aguas que se infiltran alrededor de esta zona las que serán impulsadas a la estación 4. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el agua desde la cota 3758.805 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la siguiente estación (4) en cota 3858.371 m lo que da una diferencia de nivel de 99.607 metros.

Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 10" para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de la tubería se ha considerado 0.653%, la longitud de la tubería de 10" es de 892.32m cada línea lo que genera una pérdida de carga de $892.32\text{m} \times 0.653\% = 5.831\text{ m}$. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $99.566 + 5.831 + 2.0 = 107.397\text{ m}$, en el proyecto se ha considerado una altura 110m.

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 10" mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 3 electrobombas en la estación 5 para el máximo caudal, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada con la finalidad que las 3 bombas estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste. Las 3 bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad	: 03 unidades
Caudal de total de Bombas	: 120 lts/seg
Caudal de cada Bomba	: 40 lts/seg
A.D.T. (Altura dinámica total)	: 110 m

Cámara de bombeo

El caudal que se genera por la infiltración y que llegará a la cámara será de 60.0 lts/seg a eliminar, el caudal de bombeo será 200% del caudal de llegada a la cámara por lo que el caudal total de bombeo será de 120 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V=T_{min} \times Q_b / 4$ dando un volumen de 9 m³, además se ha considerado que las 3 bombas puedan funcionar simultáneamente en caso de alguna inundación así entre las 3 tendrán una capacidad de bombeo de 120 lts/seg.

3.2.7.2 Estación N° 4

A esta estación llega el agua bombea desde la estación 5, además llega el caudal de infiltración generada en todo este tramo por lo que el caudal que se bombea desde este punto será 240 lt/seg, hasta la estación intermedia 3. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el agua desde la cota 3856.771 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la otra estación (estación intermedia 3) en cota 3919.443 m. lo que da una diferencia de nivel de 62.672 m.

Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 12" para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de la tubería se ha considerado 0.971%, la longitud de la tubería de 12" es de 546.39m cada línea lo que genera una pérdida de carga de $546.39m \times 0.971\% = 5.303$ m. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $62.672 + 5.303 + 2.0 = 69.975m$, en el proyecto sea considerado una altura 80m

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 12" mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 6 electrobombas en la estación 4, las 6 en funcionamiento para el máximo caudal, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada con la finalidad que las 6 bombas estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste. Las 6 bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad : 07 unidades

Caudal de total de Bombas : 240 lts/seg

Caudal de cada Bomba : 40 lts/seg

A.D.T. (Altura dinámica total) : 80 m

Cámara de bombeo

El caudal que se genera por la infiltración y que llegará a cada cámara será de 60.0 lts/seg más el caudal que llega de la estación 5, el caudal de bombeo será 1.35% del caudal de llegada a la cámara por lo que el caudal total de bombeo será de 240 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V=T_{min} \times Q_b / 4$ dando un volumen de 18 m³, además se ha considerado que las 6 bombas puedan funcionar simultáneamente en caso de alguna inundación así entre las 6 tendrán una capacidad de bombeo de 240 lts/seg.

3.2.7.3 Estación N° 3 (Intermedia)

Esta estación es sola de paso por lo que aquí llegará el caudal de la estación 4 para ser rebombada a la estación 3, desde donde será evacuada por el colector de la Mina para su disposición final. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el agua desde la cota 3917.843 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la siguiente estación (3) en cota 4011.370 m lo que da una diferencia de nivel de 93.527 metros.

Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 12" para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de la tubería se ha considerado 0.971%, la longitud de la tubería de 12" es de 812.51 cada línea lo que genera una pérdida de carga de $812.51 \text{ m} \times 0.971\% = 7.886 \text{ m}$. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $93.527 + 7.886 + 2.0 = 103 \text{ m}$, en el proyecto sea considerado una altura 110m.

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 12" mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 6 electrobombas en la estación intermedia 3, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada con la finalidad que las 6 bombas estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste, podrán funcionar en

forma simultánea en caso de ser necesario. Las bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad	: 06 unidades
Caudal de total de Bombas	: 240 lts/seg
Caudal de cada Bomba	: 40 lts/seg
A.D.T. (Altura dinámica total)	: 110 m

Cámara de bombeo

El caudal que llegara a cada cámara será 240lts /seg a eliminar, el caudal de bombeo será 1.0% del caudal de llegada a la cámara por lo que el caudal total de bombeo será de 240 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V=T_{min}xQ_b/4$ dando un volumen de 18 m³, además se ha considerado que las 6 bombas puedan funcionar simultáneamente en caso de alguna inundación con una capacidad de bombeo de 240 lts/seg.

3.2.7.4 Estación N° 3

De esta estación se reinicia un nuevo sistema de bombeo, bombeando a la estación intermedia 2. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el agua desde la cota 4009.77 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la siguiente estación (intermedio 2) en cota 4073.510 m lo que da una diferencia de nivel de 63.74 metros.

Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 10" para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de la tubería se ha considerado 0.653%, la longitud de la tubería de 10" es de 942.05 cada línea lo que genera una pérdida de carga de $942.05m \times 0.653\% = 6.155$ m. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $63.74+6.155+2.0 = 71$ m, en el proyecto sea considerado una altura 80m

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 10" mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 4 electrobombas en la estación 5, 3 en funcionamiento para el máximo caudal y una de reserva, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada con la finalidad que las 3 bombas estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste. Las 3 bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad	: 03 unidades
Caudal de total de Bombas	: 120 lts/seg
Caudal de cada Bomba	: 40 lts/seg
A.D.T. (Altura dinámica total)	: 80 m

Cámara de bombeo

El caudal que se genera por la infiltración y que llegará a cada cámara será de 60.0 lts/seg a eliminar, el caudal de bombeo será 200% del caudal de llegada a la cámara por lo que el caudal total de bombeo será de 120 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V = T_{min} \times Q_b / 4$ dando un volumen de 9 m³, además se ha considerado que las 3 bombas puedan funcionar simultáneamente en caso en caso de ser requerido.

3.2.7.5 Estación N° 2

A esta estación llega el agua bombea desde la estación 3, además llega el caudal de infiltración generada en todo este tramo por lo que el caudal que se bombea desde este punto será 160 lt/seg, hasta la estación 2. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el agua desde la cota 4071.91 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la siguiente estación (2) en cota 4134.582 m lo que da una diferencia de nivel de 62.672 m.

Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 12" para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de las tuberías se ha considerado 0.458%, la longitud de la tubería

de 12" es de 546.42m cada línea lo que genera una pérdida de carga de $546.42\text{m} \times 0.458\% = 2.503 \text{ m}$. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $62.672 + 2.503 + 2.0 = 67.175\text{m}$, en el proyecto sea considerado una altura 80m.

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 12" mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 4 electrobombas en la estación, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada, con la finalidad que estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste. Las bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad	: 04 unidades
Caudal de total de Bombas	: 160 lts/seg
Caudal de cada Bomba	: 40 lts/seg
A.D.T. (Altura dinámica total)	: 80 m

Cámara de bombeo

El caudal que se genera por la infiltración y que llegara a cada cámara será de 20.0 lts/seg más el caudal que llega de la estación 3 a minar, el caudal de 160 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V = T_{\text{min}} \times Q_b / 4$ dando un volumen de 12 m³, además se ha considerado que las 4 bombas puedan funcionar en simultáneo en caso de ser requerido.

3.2.7.6 Estación N° 2 (intermedio)

A esta estación llega el agua bombea desde la estación intermedia 2, además llega el caudal de infiltración generada en todo este tramo por lo que el caudal que se bombea desde este punto será 240 lt/seg hasta la estación 1. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el agua desde la cota 4132.982 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la siguiente estación (estación 1) en cota 4204.375 m lo que da una diferencia de nivel de 71.393 m.

Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 12” para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de las tuberías se ha considerado 0.971%, la longitud de la tubería de 12” es de 628.67m cada línea lo que genera una pérdida de carga de $628.67 \times 0.971\% = 6.101$ m. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $71.393+6.101+2.0 = 79.493$ m, en el proyecto sea considerado una altura 80m.

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 12” mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 7 electrobombas en la estación 2, 6 en funcionamiento para el máximo caudal y una de reserva, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada con la finalidad que las 6 bombas estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste. Las bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad	: 06 unidades
Caudal total de bombas	: 240 lts/seg
Caudal de cada Bomba	: 40 lts/seg
A.D.T. (Altura dinámica total)	: 80 m

Cámara de bombeo

El caudal que se genera por la infiltración y que llegara a cada cámara será de 60.0 lts/seg más el caudal que llega de la estación 5 a minar, el caudal de bombeo será 1.35% del caudal de llegada a la cámara por lo que el caudal total de bombeo será de 240 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V=T_{min} \times Q_b / 4$ dando un volumen de 18 m³, además se ha considerado que las 6 bombas puedan funcionar simultáneamente en caso de ser requerido.

3.2.7.7 Estación N° 1 (intermedio)

En este punto se inicia un bombeo hasta la estación 1. Para el cálculo de la altura dinámica de los equipos de bombeo se ha considerado que la unidad debe de impulsar el

agua desde la cota 4163.518 m y deberá vencer la diferencia de nivel hasta la siguiente estación (1) en cota 4204.375 m lo que da una diferencia de nivel de 39.257 m. Para el cálculo de la pérdida de carga se ha considerado que la red de agua sale desde la bomba con una tubería de diámetro de 10” para estas condiciones la gradiente hidráulica en el diseño de la tubería se ha considerado 0.458%, la longitud de la tubería de 12” es de 355.46 m la línea de impulsión lo que genera una pérdida de carga de $355.46\text{m} \times 0.458\% = 1.628\text{ m}$. La presión de salida a la siguiente cámara será 2 m por lo que la altura dinámica de la bomba será: $39.257+1.628+2.0 = 42.885\text{ m}$, en el proyecto sea considerado una altura 50m.

Electrobombas

El agua es impulsada a dos líneas de 12” mediante electrobombas, el proyecto comprende la instalación de 2 electrobombas en la estación intermedia 1, el funcionamiento de las bombas será de forma alternada con la finalidad que las 2 bombas estén en funcionamiento constante y tengan un mismo desgaste, pudiendo funcionar en simultáneo según requerimiento. Las bombas a instalar deberán tener las siguientes características hidráulicas:

Cantidad	: 02 unidades
Caudal total de Bombas	: 80 lts/seg
Caudal de cada Bomba	: 40 lts/seg
A.D.T. (Altura dinámica total)	: 50 m

Cámara de bombeo

El caudal que se genera por la infiltración y que llegara a cada cámara será de 40.0 lts/seg a eliminar, el caudal de bombeo será 200% del caudal de llegada a la cámara por lo que el caudal total de bombeo será de 80 lts/seg, considerando un tiempo de arranque consecutivo de 5 min, con estos datos se calcula el volumen del pozo sumidero $V=T_{\text{min}} \times Q_b / 4$ dando un volumen de 6 m³, además se ha considerado que las 2 bombas puedan funcionar simultáneamente en caso de ser requerido.

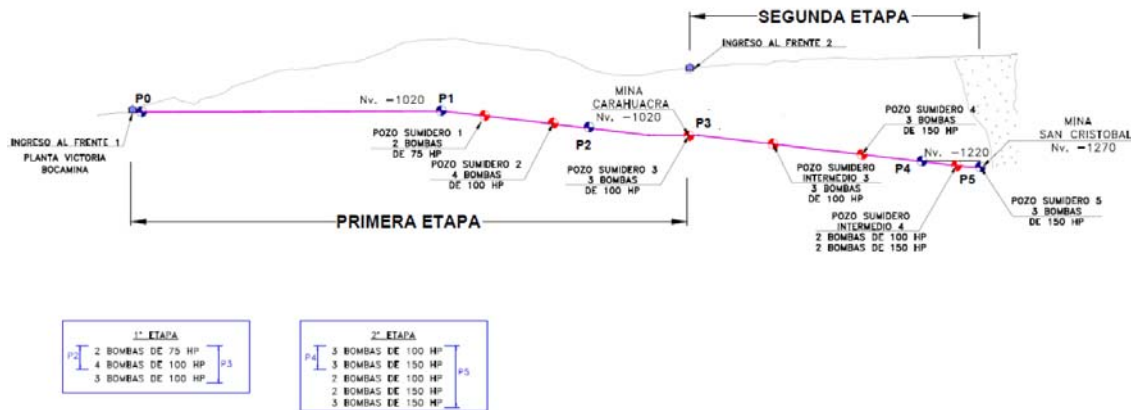


Figura 20: Diseño tentativo de estaciones de bombeo. Fuente: Elaboración propia.

3.2.8. Resultados de la investigación (diseño hidráulico)

De acuerdo al proyecto de investigación planteado y con la variedad de bombas entre las que se podría elegir se debe seleccionar una bomba que operacionalice mejor el rendimiento bajo condiciones muy duras y de alta resistencia ya que estamos hablando de mejorar un sistema de bombeo que ya cuenta con problemas varios de la operación de dos minas, asimismo el objetivo de selección pasan por las características de su funcionamiento estas deben estar cercanas al punto de su máximo rendimiento, de este modo se optimiza el rendimiento de cualquier bomba y minimiza el consumo de energía, por ende el ahorro es significativo en los costos.

Para nuestro proyecto de investigación el ADT en las etapas de bombeo no supera los 105m los cuales hacen realizar pruebas con bombas existentes en las unidades mineras de San Cristóbal y Carahuacra, considerando estos parámetros.

Tabla 12: Alturas dinámicas totales (ADT) del Túnel de Integración.

Estación N° 5	ADT: 110m
Estación N° 4	ADT: 80m
Estación N° 3 (Intermedio)	ADT: 110m
Estación N° 3	ADT: 80m
Estación N° 2	ADT: 80m
Estación N° 2 (Intermedio)	ADT: 80m
Estación N° 1	ADT: 50m

Fuente: Elaboración propia

El protocolo de pruebas de las electrobombas a considerar para este proyecto es de dos tipos, siendo:

- **Bomba Marca EBARA Modelo 150 DWPM 635**
H Nominal 50m / Q Nominal 15 lts/s
- **Bomba Marca HIDROPUMP Modelo Reventon**
H Nominal 160m / Q Nominal 40 lts/s

Tabla 13: Resultados iniciales de la implementación del Túnel de Integración.

ANTES		DESPUÉS		
Mina Carahuacra	Mina San Cristóbal	Mina Carahuacra	Mina San Cristóbal	Túnel de Integración
Q = 203 lt/s	Q = 330 lt/s (-80%) 66 lt/s		Q = 330 lt/s (-80%) 66 lt/s	Q = 268 lt/s

Fuente: Elaboración propia

3.3. Construcción del Túnel de Integración

3.3.1 Frentes de trabajo

Conforme se ha planteado el sistema de bombeo por etapas la cual da mayor autonomía en cuanto refiere a la capacidad de bombeo en el drenaje la construcción de este proyecto se podría dar en efecto por etapas o fases las cuales serían beneficioso para la idealización del proyecto. Para la ejecución de la excavación y el sostenimiento del túnel se organizarán dos frentes de trabajo que podrían operar simultáneamente. Vale decir que este proyecto tiene parte de avance en cualquier mina ya sea en San Cristóbal o Carahuacra.

a.- Frente N°1 (P0 – P1 y P1 – P2)

En este punto se ejecutará la excavación del túnel y la fortificación del Túnel, con acceso al punto P0 (Bocamina o ingreso de entrada principal), manteniendo la dirección ligeramente paralela de la excavación actual, Túnel del Nivel 820 o Victoria hasta la progresiva 2+393 (P1), para continuar la excavación en rampa

con -12% de gradiente hasta contactar en el punto (P2), con el tramo del túnel que inicia en el frente – 2.

Sobre los trabajos de tunelería para el punto o frente N° 1 esta promediado hasta la progresiva 3+000 metros (2,393 metros con una gradiente + 0.37%, y 607.00 metros en gradiente de-12%). A lo largo de esta longitud mencionada será primordial realizar 12 cámaras de carguío además de 24 cámaras o refugios exclusivo de personal, y cámaras para bombeo secundario de agua con las escorrentías (cunetas) para drenaje.

La fortificación se realiza según se avanza la excavación, y estos van siendo monitoreados para considerar el sostenimiento necesario según el estudio o recomendación Geomecánica.

b.- Frente N°1 (P0 – P1 y P1 – P2)

Se considerarán para la tunelería los mismos diseños de excavación de la sección propuesta para los frentes de trabajo en todo el proyecto, teniendo en este punto labores como los desarrollos se ejecuten excavando rampas positivas y negativas.

El equipo del frente N° 2, iniciará los trabajos de excavación, en el punto desde el nivel -1020 (P3), necesariamente se ingresará por el túnel Huaripampa con una longitud de avance de unos 2.0 kms en descenso hasta el frente de avance(P3).

La compañía VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A (VCMSAA) podría realizar está ejecutando un desarrollo descendente a partir del Nivel 970 hasta llegar al Nivel 1020, (P3). Desde este punto, el Contratista avanzará hasta (P2), en la posibilidad de conectar con el avance desde el frente 1.

A través del frente N° 2, se deben efectuar todas las partes de servicios mina y obras civiles en paralelo incluye la limpieza y transporte de desmonte, el cual tendrá comunicación con el frente N° 1 en el punto (P2).

Una vez habilitada la ruta desde el frente-1, (puntos 0, 1, 2, 3) descritos en la Fig. 1 de este expediente; esta ruta deberá ser empleada para continuar con las operaciones de excavación y profundización iniciando desde el (P3) para llegar a los puntos P4 (-1220) y concluir en el P5 (nivel -1270).

Los trabajos de sostenimiento se ejecutarán de acuerdo se presenten zonas debilitadas. Estos trabajos se ejecutarán con la debida rapidez con el fin de evitar deformaciones en el macizo rocoso que comprometan su estabilidad.

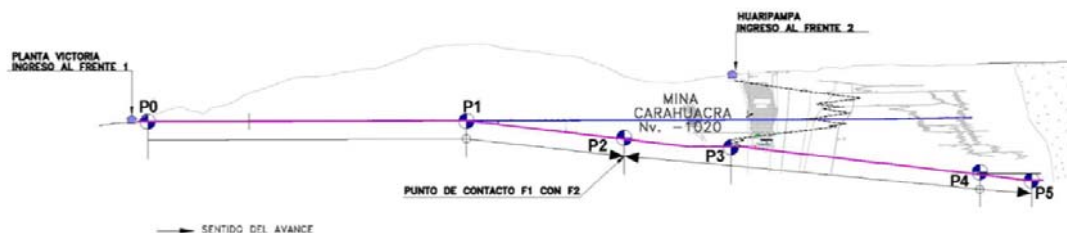


Figura 21: Frentes y punto clave de avances. Fuente: Elaboración VOLCAN CIA Minera SAA

3.3.1 Consideraciones Geométricas

Para el diseño del túnel de integración se ha tenido en cuenta que la Boca Mina o Portal de entrada del Túnel se emplaza en las coordenadas UTM-PSAD.56 zona 18 S; E= 381241.982, N= 8708105.746, Cota= 4203.430 m.s.n.m.

Se ha tomado esta ubicación en las inmediaciones de la Planta Concentradora Victoria en la condición de que los trabajos de excavación del proyecto no interfieran con la circulación de los trenes que actualmente acarrean el mineral y el desmonte desde las labores de explotación a la planta concentradora.

La cota del piso de la bocamina estará más elevada respecto a la cota de la carretera actual, por condiciones de drenaje en el interior del túnel.

- La vía en cuanto a curvas horizontales y verticales están diseñadas para una velocidad directriz máxima de 30 km/h, según normas del MTC.
- TRAMO I, El trazado del eje del nuevo túnel debe correr por una longitud total de 2,393.00 metros. Dividido en dos tramos parciales IA (S= -0.10%, L =835 m.).

El tramo IB (S=0.37%, L= 1558 m.), sensiblemente paralelo con el eje del túnel existente, aun cuando el túnel proyectado lleve una elevación mayor para ser posible que las aguas

de infiltración de la roca puedan ser evacuadas a la superficie solamente por el portal del actual túnel (Victoria I), que se emplaza en el Nivel – 820.

TRAMO II Se proyecta como la continuación del Tramo I de manera que permita mediante una rampa con gradiente negativa de (-12%), con una longitud de 1,737.00 m considerando los descansos con pendiente de-3 % y longitud de 25 m. de longitud con el fin de llegar a la zona del cuerpo mineralizado en el Nivel – 1020.

TRAMO III Actualmente en el desarrollo por la mina Carahuacra, se viene descendiendo en rampa negativa con una longitud de 450 m. desde el Nivel – 920, hacia el Nivel – 1020, labor que la mina espera concluir en aproximadamente 6 meses. Para luego dar inicio al proyecto Túnel de Integración con la excavación de este tramo con gradiente negativa - 0.37% y con una longitud de 390 metros.

TRAMO IV Se proyecta una excavación en rampa con una longitud de 1,788 metros y gradiente $S=-12\%$. Desarrollo que unirá a las minas Carahuacra (Nv.-1020) con San Cristóbal descendiendo desde Nivel – 1020 hasta el Nivel – 1220.

TRAMO V Se proyecta una rampa con una longitud de 452 y gradiente $S =-12\%$ del Nivel – 1220 con el Nivel – 1270 el cual termina con una galería para el volteo de vehículos.

Se proyecta desde la bocamina, cruzando bajo la quebrada “Cushuro Grande” hasta contactar con el trazo del túnel paralelo Victoria II en la progresiva 0+835.

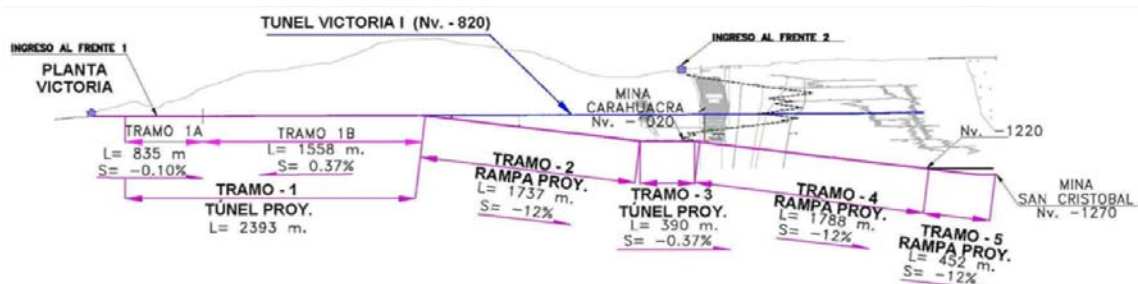


Figura 22: Esquema del Proyecto. Fuente: Elaboración VOLCAN CIA Minera SAA

3.3.2 Consideraciones de Operación

Cámaras de acumulación, carguío, y crucero vehicular, con sección de 4.0 m. de alto x 4.0 m. de ancho x 25 m. de longitud, distanciadas a 250 metros, con capacidad suficiente para almacenar y manipular el material rocoso proveniente de cada disparo en el frente de avance. Estos, en la medida de que el frente de avance se aleje a más de 250 m. se irán transformando en cruceros vehiculares, refugios para el personal. y otras instalaciones de servicio. Refugios para el personal con secciones mínimas de 2.00 m. de ancho x 1.80 m. de altura x 1.50 de profundidad (capacidad para albergar hasta 3 personas).

Estos refugios se encontrarán distribuidos a 125 metros (equidistando a más o menos la mitad de la distancia entre cruceros). Taller satélite para mantenimiento mecánico – eléctrico al interior mina, el que se recomienda ubicar en la progresiva y adaptar, ampliando alguno de los cruceros ya excavados.

3.3.3 Consideraciones de Operación

3.3.3.1 Sección transversal:

La sección transversal típica de excavación del túnel tendrá las siguientes dimensiones 5.50 m. de alto x 5.50 m. de ancho, donde debe situarse el galibo de tránsito de un camión.

3.3.3.2 Velocidades del equipo rodante:

En consideración a la capacidad de abastecimiento a la planta concentradora Victoria y en la meta de conseguir una producción conjunta de 7,000 t/día entre mineral y escombros de las unidades mineras de San Cristóbal y Carahuacra, se ha proyectado un sistema de transporte en base a camiones, los que discurrirán por el Túnel de Integración minas Carahuacra y San Cristóbal con velocidades controladas de 20 km/hr. (vacío), y 15 Km/hr. (Cargado).

3.3.3.3 Superficie de rodadura:

Compuesta por un pavimento rígido conformado por una losa de concreto con 25 cm. de espesor, reforzada con fibras sintéticas de polipropileno para garantizar una capacidad de soporte del intenso tráfico de los camiones en circulación.

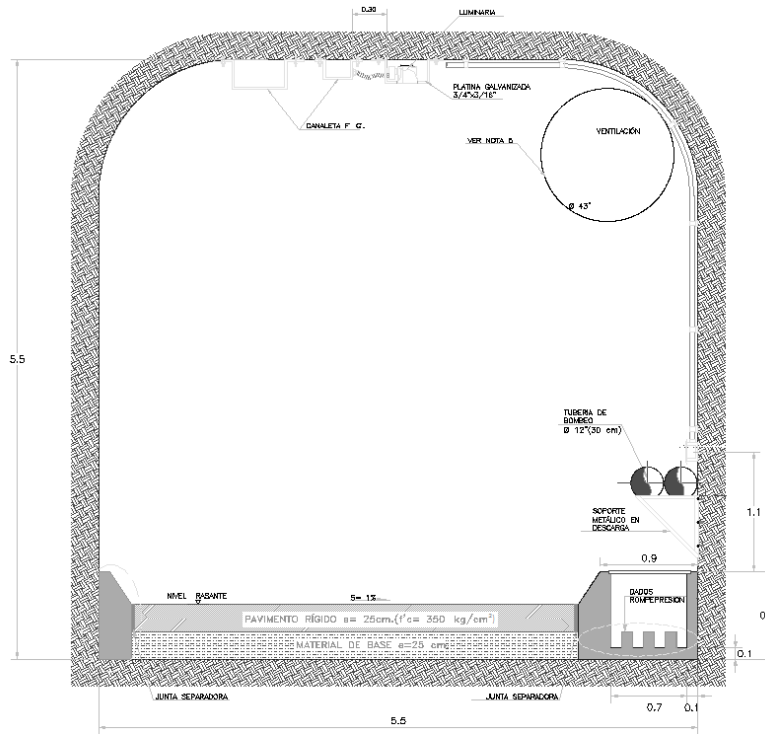


Figura 23: Sección típica del Proyecto. Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Ciclos de trabajo

El ciclo de avance del Frente, debe comprender secuencialmente a las siguientes actividades:

- Topografía: Materialización del eje de túnel y línea de Gradiente en el frente.
- Perforación: En correspondencia con la malla de perforación que se adopte
- Carga de explosivos: En correspondencia con el Factor de Carga.
- Disparo y ventilación: Según Reglamento DS-055
- Desatado: Actividad de mayor cuidado durante el ciclo.
- Mapeo Geomecánico: Caracterización del macizo rocoso en el último Tramo, excavado, previo al lanzamiento del Shotcrete preventivo.
- Sostenimiento: En correspondencia con la caracterización del Macizo
- Limpieza de escombros: Acumulación de los escombros en las Cámaras de carguío y transporte hacia los Botaderos o desmonteras.

3.3.5 Ciclo de pavimentación

El ciclo de pavimentación, Debe comprender secuencialmente a las siguientes actividades:

- Topografía: Cotas y niveles en el piso.
- Conformación de la base: colocación y compactación de material de base.
- Conformación de la rasante: Colocación del concreto para pavimento.
- Drenaje: Conformación de Bruñas de captación, cunetas y colectores.
- Control de calidad: Curado del concreto, y determinación de resistencias.
- Limpieza y señalización de la vía.

Durante todos los ciclos, deberán mantenerse los frentes de trabajo con las necesidades permisibles de oxígeno para el personal, y para los equipos, así como también diluir y transportar los contaminantes sólidos y gaseosos con la finalidad de no afectar la capacidad de trabajo y salud del grupo humano que participa en la obra.

3.3.5 Control Topográfico

Comprende todos los trabajos topográficos necesarios para garantizar el replanteo y materialización de los puntos acotados en los planos, los que se encuentran referidos a la red de Triangulación y Nivelación vigente para las excavaciones subterráneas y externas de la mina.

- Replanteo de las coordenadas de la Bocamina.
- Control de los ejes de direccionamiento y gradiente del túnel, la rampa, los cruceros y refugios.
- Levantamientos perimétricos (Seccionamiento) de los perfiles conseguidos en las excavaciones efectuadas.
- La verificación de las coordenadas de los puntos de control planimétricos y altimétricos preferentemente se efectuarán con el empleo de un teodolito de última generación dotado con sistemas electrónicos de tele medición (Estación Total).
- El control de los ejes de direccionamiento y gradiente preferentemente se efectuará con el empleo de plomada electrónica con dispositivos de Rayo Láser.

3.3.5 Control Técnico en la perforación y voladura

3.3.5.1 Perforación

- En todos los frentes de laboreo, donde se ejecuten perforaciones se deberán respetar y cumplir los estándares y procedimientos establecidos por VCMSAA.
- Las perforaciones, tanto en el frente de avance cómo para los pernos de roca en el sostenimiento se efectuarán preferentemente con Jumbos electro-hidráulicos de uno o dos brazos según sea el equipamiento ofertado.
- Los diseños de la malla de perforación (número de taladros, longitud de taladro, avance por disparo) deben estar basados en la calidad geomecánica del macizo rocoso.
- Siempre que se inicie la perforación en un frente de avance, este debe estar refrendado por el diseño de la respectiva malla de perforación
- El control del paralelismo y uniformidad en la profundidad entre los taladros debe efectuarse rigurosamente durante el proceso de perforación del frente de avance.

3.3.5.2 Voladuras

- Las operaciones que comprendan el manejo, almacenaje, y utilización de explosivos deberán llevarse a cabo con todas las precauciones establecidas En el Reglamento efectuado por Seguridad e Higiene Minera, vigente en cada una de las unidades mineras de VCMSAA.
- El manipuleo de los explosivos será efectuado por personal autorizado por el DISCAMEC.
- El suministro de explosivos se efectuará en el Polvorín de la Unidad Minera asignada, estando a responsabilidad del Contratista el traslado a sus frentes de trabajo.
- Los detalles de las voladuras deberán contar necesariamente con la aprobación de VCMSAA.
- Todo manifiesto de voladura propuesta deberá incluir: Ubicación (progresiva del frente), número de taladros, diámetro y profundidad de las perforaciones, potencia

y cantidad de carga de fondo en cada taladro, distribución de los cartuchos empleados, así como la secuencia y patrón de los retardos.

- Para obtener un acabado con el perfil lo más regular posible en el perímetro de la excavación deberán adoptarse métodos de re-corte o pre-corte según sea lo más conveniente.
- La voladura deberá efectuarse dentro de los horarios establecidos, sujeto a la aprobación siempre y cuando se considere que se han tomado todas las precauciones en coordinación con la Superintendencia de Seguridad, y la Superintendencia de Mina.

En los controles de perforación y voladura hay puntos muy importantes de los cuales son fáciles de resolver haciendo uso de técnicas para determinar dos factores (indicadores) de mayor relevancia, **el nivel de avance y el nivel de costos**, de estos se desprenden más conceptos considerando la sobre excavación que a la postre trae consecuencias como la evacuación del desmonte generado en cada voladura, así como el incremento de sostenimiento por este mismo efecto, sin embargo para evitar estos dos niveles de control serán necesarios realizar pruebas netamente de carácter minero – civil para determinar el consumo y el revestimiento de la obra.

3.3.5.3 Control de avances

A lo largo de este año y convenientemente de la mano de mi línea de investigación se realizaron 12 voladuras con barra de 16 pies de longitud entre los meses de agosto y octubre, con el fin de mejorar el avance por disparo y cumplir el objetivo de realizar un mejor avance en VOLCAN CIA MINERA y a su vez tener alternativas de identificar las mejorías para mi proyecto de investigación el cual fue como línea base el de 3.5 m de acuerdo a los. Los resultados se presentan en estas pruebas fueron básicamente el seguimiento a las labores en frentes con asesoría de Famesa (Empresa que se dedica a brindar servicios especiales los cuales distribuyen los explosivos y accesorios).

Por otro lado, se realizó trabajo de instrumentación considerando que estos datos son de mucha utilidad en el proyecto de investigación que va relacionado de la mano con la caracterización Geomecánica la cual estimará el revestimiento del proyecto. El análisis

de la evolución de indicador de avance por disparo fue desde mayo (línea base) hasta la actualidad (octubre), verificando las mejoras obtenidas. Los resultados obtenidos se comparan en base a los indicadores históricos de la Mina donde se realizarán las pruebas.

Tabla 14: Pruebas con 12 voladuras Mina Carahuacra

RESUMEN DISPAROS / PRUEBAS CON BARRA 16 PIES								
						m		
Fecha	Labor	E.E.	Sección	MATERIA	RMR	Avance	Factor Carga	% S. Rot % S. Dil
2 Ago	RP 017	Volcan	4.5 x 4.5	Desmorte	III A	3.86	49.2	2%
28 Ago	RP 017	Aesa	4.5 x 4.5	Desmorte	III A	4.33	46.2	2%
9 Set	BP 113	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	4.31	40.6	8%
10 Set	RP 017	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	4.26	41.1	10%
11 Set	RP 387	Aesa	4.5 x 4.5	Desmorte	III A	4.03	52.7	3%
12 Set	AC 116	Aesa	4 x 4	Desmorte	III B	4.10	42.7	8%
13 Set	BP 113	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	4.21	41.6	5%
20 Set	RP 017	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	4.40	39.8	14%
4 Oct	RP 017	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	4.50	41.7	13%
13 Oct	BP 113 W	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	3.90	38.5	9%
15 Oct	SN 062E	Aesa	5 x 4	Mineral	III A	4.40	42.6	8%
16 Oct	SN 062W	Aesa	5 x 4	Desmorte	III A	4.33	40.4	20%
Promedio general						4.22	43.1	9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Pruebas 4 disparos realizados en octubre

RESUMEN DISPAROS CON BARRA 16 PIES / OCTUBRE								
						m		
Fecha	Labor	E.E.	Sección	MATERIA	RMR	Avance	Factor Carga	% S. Rot % S. Dil
4 Oct	RP 017	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	4.50	38.9	13%
13 Oct	BP 113 W	Aesa	4 x 4	Desmorte	III A	3.90	41.7	9%
15 Oct	SN 062E	Aesa	5 x 4	Mineral	III A	4.40	42.6	8%
16 Oct	SN 062W	Aesa	5 x 4	Desmorte	III A	4.33	40.4	20%
Promedio general						4.28	40.9	13%

Fuente: Elaboración propia

En lo subsecuente, se ha coordinado realizar disparos de 16 pies con el objeto de mejorar la práctica y optimizar el factor carga (llegar a 38.5 Kg. /m.).

Tabla 16: Monitoreo de vibraciones

RESUMEN DE MONITOREO DE VIBRACIONES / INDICE DE DAÑO POR VOLADURA (BDI)													
ITEM	FECHA	TURNO	LABOR	RMR	EXPLOSIVO	GEÓFONO	VELOCIDAD PICO PARTICULA (PPV) mm./s				OBSERVACIONES (BDI)	TIPO DE DAÑO	
							Radial	Vertical	Transvers.	Σ Vector			
					Kg	m.							
1	20 Oct	dia	Ga. 740W	IV A	112.5	24	14.732	15.240	5.080	17.907	Sección 4.5 x 4.0	0.292	Menores Efectos de Excavación
2	21 Oct	dia	Ga. 740E	III B	112.5	50	3.556	5.080	2.540	5.207	Sección 4.5 x 4.0	0.057	No hay daño
3	21 Oct	dia	Ga. 740W	IV A	112.5	27	10.160	11.684	9.652	13.716	Sección 4.5 x 4.0	0.277	Menores Efectos de Excavación
4	23 Oct	noche	Ga. 740W	III B	100.0	33	11.176	9.652	12.192	14.224	Sección 4.0 x 4.0	0.176	Daños No considerables
5	23 Oct	noche	Ga. 740E	III B	100.0	55	7.112	2.320	15.240	16.891	Sección 4.0 x 4.0	0.158	Daños No considerables

TABLA DE INDICE DE DAÑO		
BDI	TIPO DE DAÑO	PRECAUCIONES
≤ 0.125	No hay daño	Máximo para trabajos permanentes
0.250	Daños no considerables	Máximo tolerable trabajos grandes
0.500	Menores efectos de excavación	Máx. valor tolerable trabajos intermedios
0.750	Moderado y discontinuo daño	Máximo tolerable trabajos temporales
1.000	Mayor sobre - excavación	Rehabilitación intensiva
1.500	Severo daño	Rehabilitación difícil o imposible
≥ 2.000	Excesiva sobre - excavación	Abandono de labor

Fuente: Elaboración propia

Considerando estos trabajos de control sismográfico y asimismo tomando en cuenta los monitoreos para no causar el daño en la roca y de este modo tener un mayor nivel de avances en los trabajos diarios, se puede deducir que el proyecto de investigación Túnel de Integración puede tener un avance efectivo programado de acuerdo a la clasificación Geomecánica, tomando los parámetros del mapeo y los datos de estas pruebas realizadas en diversas secciones y en diversos materiales (mineral y el desmante).

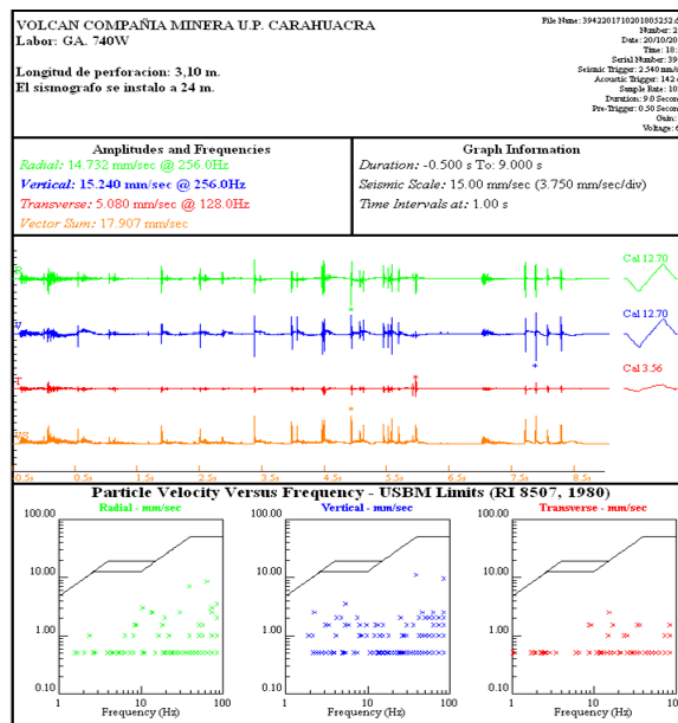
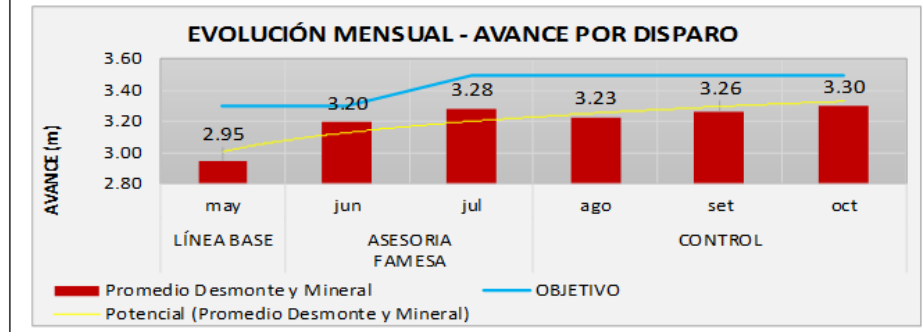


Figura 24: Sismogramas del monitoreo de vibraciones por voladuras. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Resultados obtenidos nivel de avance

RESULTADOS OBTENIDOS	MES	L. BASE	CONTROL		
		MAYO	OCTUBRE	% DE	Mejor si
	DE	Sem 18	Sem 39	MEJORA	
MEJORAS	A	Sem 21	Sem 42		
Mallas estandarizadas		0	7	100%	control
Avance/disparo desmonte	m	2.97	3.31	11%	SUBE
Avance/disparo mineral	m	2.94	3.29	12%	SUBE
Factor de carga	kg/m	39.03	34.00	-13%	BAJA
Sobre rotura	%	11.8%	7.1%	-40%	BAJA

* Datos de Productividad (KP'is) - Carahuacara



Fuente: Elaboración propia

3.3.5.3 Control de costos

La técnica de ahorro en cuanto a la perforación y voladura van de la mano tomando en cuenta que la relación es directa, asimismo saber que esta práctica no es más que realizar un buen control y desarrollar una mejora en las mallas de perforación las cuales se dimensionan siempre por el lado geotécnico y de seguridad, manejando factores de potencia y aliviadores para mitigar el impacto con el macizo rocoso.

Para esta prueba o análisis es necesario tener la relación entre el avance y el consumo de explosivos y accesorios, las pruebas que se realizaron en campo son de carácter netamente minero, por ende, este ítem se ha realizado con apoyo de expertos en la materia tomando los datos de las pruebas.

Tabla 18: Malla de prueba en avances de Mina San Cristóbal

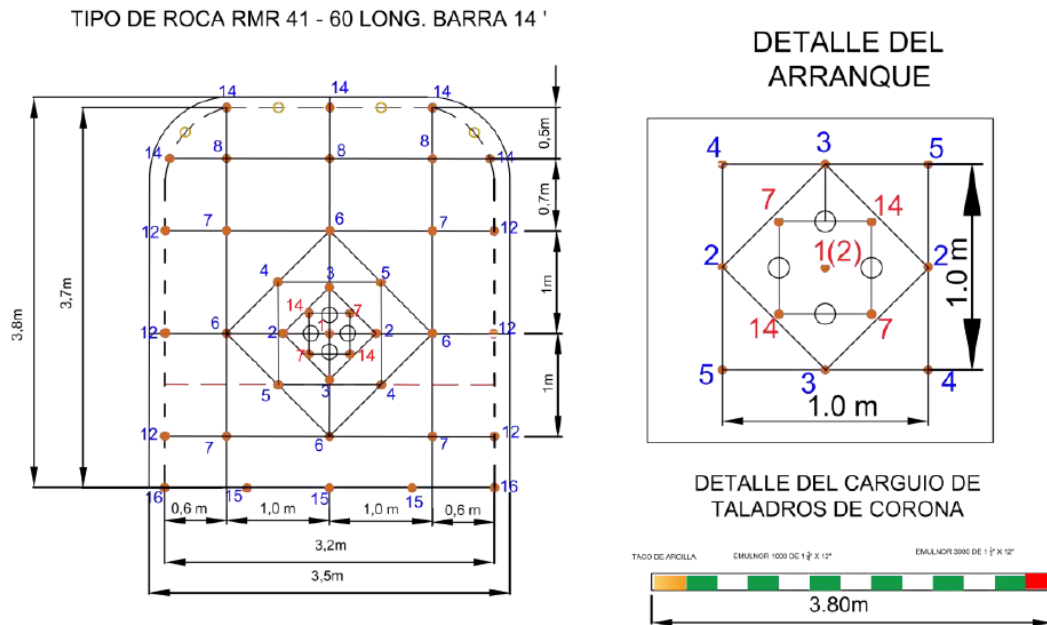


Figura 25: Malla de prueba en avances de Mina San Cristóbal. Fuente: P & V Volcan CIA Minera.

La aplicación de la malla de perforación se realizó en los subniveles cuyo tipo de macizo roco está clasificado en tipo de roca III-A y III- B, es decir, con RMR de 40 a 60.

Tomando en cuenta las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso a perforar, se diseñó la malla de perforación y voladura para subniveles, en ciertos tramos con secciones mayores al prototipo, se recomienda realizar la perforación en “V” debido a la complicada perforación en paralelo y demasiado tiempo en la perforación (3.5 veces más que lo normal) y con bajo avance 2.2 m Promedio.

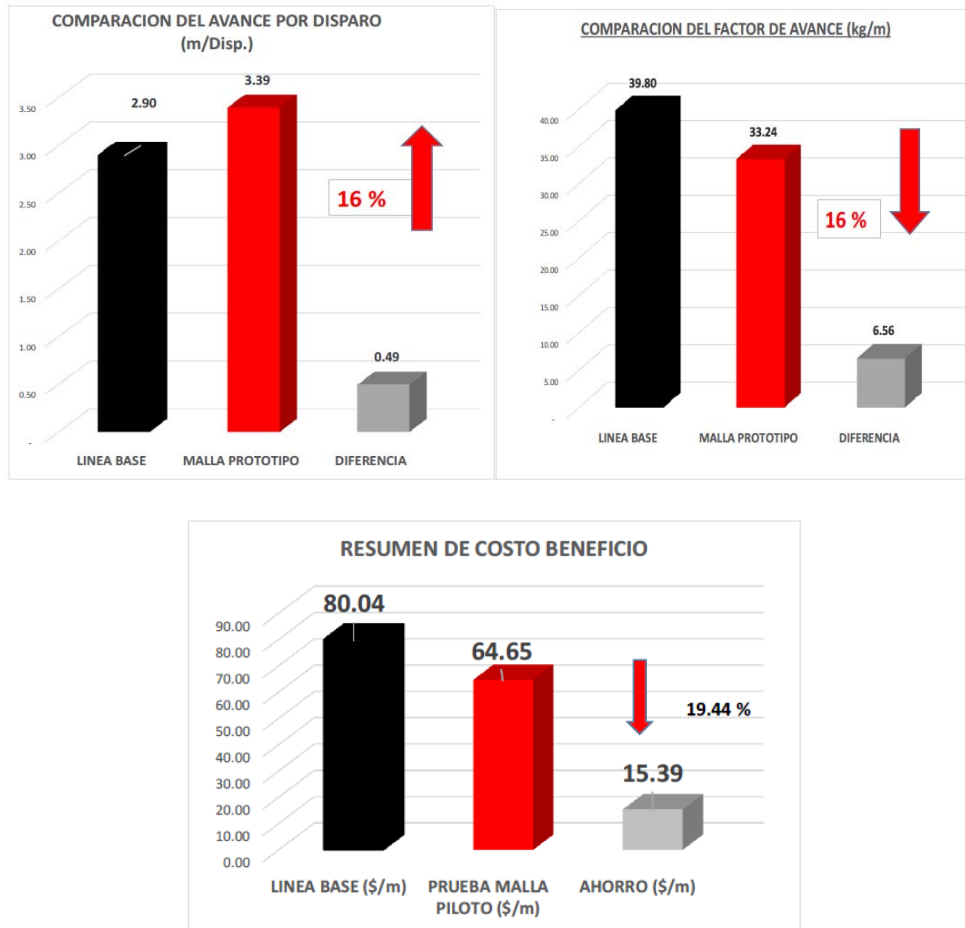


Figura 26: Resultados de la malla de prueba en avances de Mina San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Limpieza de escombros

La remoción de los escombros producto de las voladuras se efectuará en las siguientes etapas:

- La primera etapa, comprende a la limpieza del frente del disparo y el traslado de los bloques rocosos a una cámara de carga, previamente preparada para almacenar transitoriamente el volumen de roca producto del disparo del frontón. Este traslado se recomienda efectuarlo exclusivamente con el empleo de un Scooptram que tenga una capacidad de cuchara de 6.0 yardas cúbicas. La distancia máxima que debe separar al frente de limpieza con la cámara no debe exceder a 250 metros lineales para conseguir ciclos de avance rentables.

- Una segunda etapa corresponde al transporte de los escombros rocosos desde las cámaras de carga hacia los botaderos o escombreras, normalmente en este tramo se cubren distancias apreciables.

3.3.6 Soporte y revestimiento

Tomando como base criterios empíricos propuestos por Barton y luego Bienawsky (1986) se proponen tipos de sostenimiento a emplear para cada calidad de macizo rocoso, los que luego de ser modelados y verificado con el software UNWEDGE.3.0, han determinado los respectivos Factores de Seguridad (FS) en cada caso.

Por las características litológicas analizadas en el Nivel -820 (cruce y túnel Victoria I), las que se han compatibilizado regionalmente (en Morococha) se puede asignar que prima en la zona la roca Volcánica del grupo Mitu, siendo esta una roca óptima y competente que por su composición dacítica-andecítica se encontrará la misma calidad de roca en los niveles -820, y -1270.

Las influencias lito-estructurales valoradas en las labores de indagación geomecánica insitu, muestran que en el túnel del nivel 820 o Victoria I y su alrededor, la presencia de un tipo de Litología predominante constituida por niveles intercalados de “piroclastos, brechas, tufos y flujos de lava” los cuales son una composición netamente Andesítica que en sectores muy puntuales del túnel ha interceptado rocas metamórficas (filitas) y rocas intrusivas.

Hacia el sector NW-W se emplaza el contacto con rocas clásticas constituidas por calizas. De acuerdo con estos considerandos se ha elaborado un plan de zonificación geomecánica a lo largo del proyecto o Túnel Integración, conformando siete grupos de calidades del macizo rocoso (IIA, IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB, y V).

	IIA		IIB		IIIA		IIIB		IVA		IVB		V
RMR	80	71	70	61	60	51	50	41	40	31	30	21	20
Q=(9.3)	54.60	20.09	17.97	6.61	5.92	2.18	1.95	0.72	0.64	0.24	0.21	0.08	0.07
ESPAC PERNOS	2.5		2.3		2.1		1.7		1.6		SOLO CIMBRAS		SOLO CIMBRAS
LUGAR PERNOS	BOVEDA		BOVEDA		BOVEDA Y HASTIALES		BOVEDA Y HASTIALES		BOVEDA Y HASTIALES		SOLO CIMBRAS		SOLO CIMBRAS
SHOTCRETE + FIBRA (CM)	5		5		7.5		7.5		10		25		25
ESPAC CIMBRAS (M)											1.5		1.2
MALLAS METALICAS (M2)									MALLAS DE 4X4				
% DE INCIDENCIA EN LA ZONIFICACION	98%										2%		

Figura 27: Zonificación del macizo rocoso y categoría de sostenimiento Fuente: Barton y luego Bienawsky (1986).

3.3.6.1 Clasificación geomecánica del macizo rocoso

La clasificación geomecánica de la masa rocosa se realizó utilizando el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa). Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio donde no solo obtuvimos ensayos uniaxiales sino, triaxiales. El mapeo de esta zona se realizó por medio de mapeo en celdas.

Código / Tipo	Litología Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)	Módulo de Young "E" (GPa)	Relación de Poisson "ν"
SC-722-CT-32 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica 98.00 – 98.15	6.26	12.76	67.8	18.64	0.24
SC-722-CT-37 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica 124.60 – 125.05	6.28	12.83	103.5	19.63	0.23
SC-658-CT-72 DDH-U-SC-13-006	Filita Silicificada 373.80 – 374.02	4.74	9.55	109.8	24.73	0.21
SC-RP 722-CT-92 DDH-U-SC-13-009	Filita Propilítica 189.98 – 190.22	6.28	12.75	27.2	16.94	0.26
SC-RP 722-CP-97 DDH-U-SC-13-009	233.80 – 234.00 Filita Propilítica	6.34	12.82	24.9	8.12	0.31
SC-SP 658-CT-172 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 296.62 – 297.00	6.32	12.83	30.7	12.11	0.27
SC-SP 658-CP-177 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 334.30 – 334.85	6.26	12.16	70.3	19.88	0.24
MA-722-T76 Bloque	Mineral 30x30x20	5.46	11.04	40.1	10.19	0.30
MB1-T658-SP5-2E Bloque	Mineral 30x30x20	5.46	11.09	109.4	24.22	0.22

Figura 28: Ensayo de constantes elásticas.

Código / Tipo	Litología Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ_1 (MPa)	Resisten. Compres. Uniaxial (MPa)	Constante "mi"	Cohesión (MPa)	Ang. de Fricción Interno (°)
SC-722-CT-34,34,35 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica, Argílica 100.40 – 101.00	6.28	12.79	2	50.70	41.51	8.39	10.65	37.48
		6.28	12.76	4	60.94				
		6.28	12.78	6	67.13				
SC-722-CT-38,39,40 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica 129.95 – 136.20	6.29	12.82	2	79.97	69.05	8.44	16.48	39.58
		6.29	12.78	4	86.19				
		6.29	12.78	6	98.02				
SC-658-CT-73,74,75 DDH-U-SC-13-006	Filita Silicificada 374.10 – 376.40	4.74	9.33	2	96.09	86.21	10.09	19.44	42.24
		4.74	9.30	4	112.11				
		4.74	9.51	6	116.50				
SC-RP 722-CT-93,94,95 DDH-U-SC-13-009	Filita Propilítica 201.10 – 201.55	6.34	12.83	2	47.39	37.78	7.57	9.89	36.17
		6.34	12.82	4	53.16				
		6.34	12.84	6	62.91				
SC-RP 722-CP-98,99,100 DDH-U-SC-13-009	Filita Propilítica 234.20 – 237.68	6.34	12.87	2	44.52	33.84	10.89	8.56	39.84
		6.34	12.86	4	57.21				
		6.34	12.84	6	62.78				
SC-SP 658-CT-173,174,175 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 301.20 – 307.10	6.33	12.84	2	41.48	31.27	7.98	8.24	36.33
		6.33	12.81	4	46.02				
		6.33	12.85	6	57.11				
SC-SP 658-CP-178,179,180 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 336.65 – 337.65	6.29	12.83	2	94.01	82.15	10.60	18.14	43.10
		6.29	12.74	4	105.14				
		6.29	12.83	8	115.27				
MA-722-T76 Bloque	Mineral 30x30x20	5.48	11.05	2	67.27	50.67	15.23	10.70	46.48
		5.48	11.05	4	76.48				
		5.48	11.07	8	92.37				
MB1-T658-SP5-2E Bloque	Mineral 30x30x20	4.20	8.45	2	118.17	102.34	17.95	19.03	50.49
		4.21	8.47	4	143.71				
		4.21	8.48	6	149.19				

Figura 29: Ensayo de compresión triaxial.

Estas prueba o ensayos de diamantina son referenciales, ya que como se entiende a medida que se va desarrollando el proyecto se va evaluando las diversas tipologías de macizo rocoso los cuales sirven para dimensiona el tipo de sostenimiento de la labor en este caso el Túnel de integración.

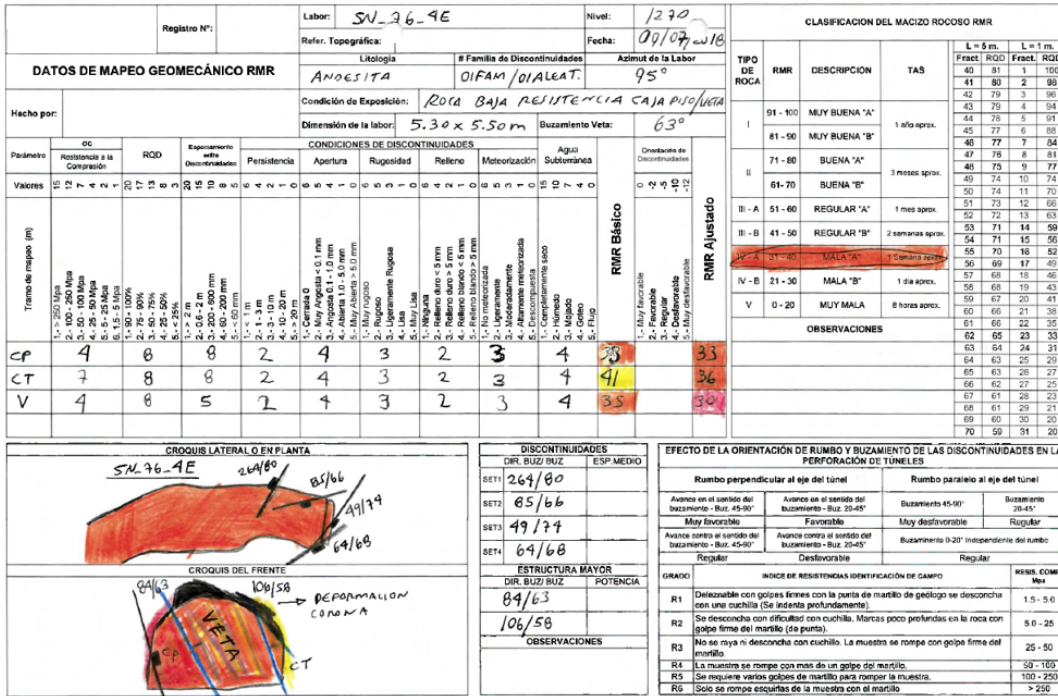


Figura 30: Formato de mapeo Geomecánico RMR89 donde podemos ver que se tiene en la caja techo un RMR de 41 siendo de mejor calidad que la veta y caja piso que son de 35 y 33 respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de cuñas

Para el análisis de cuñas se ha utilizado el programa desarrollado por el grupo de ingeniería de rocas en Toronto, usado para analizar la geometría y la inestabilidad de cuñas existentes alrededor de la excavación subterráneas; estas cuñas están definidas por tres discontinuidades estructurales y por la superficie de excavación, pudiéndose visualizar en tres dimensiones y obteniéndose el factor de seguridad a la falla por deslizamiento de bloques que está sujeto a una cohesión y un Angulo de fricción según Morh Coulomb.

También es posible estimar y definir el sostenimiento al permitir la simulación de una instalación de pernos y/o concreto lanzado (Shotcrete). El análisis se basa en la hipótesis de que las cuñas están sujetas a la acción gravitacional no teniendo en cuenta el

campo tensional que afecta los alrededores de la excavación. El análisis cinemático considera las familias principales de las discontinuidades y la orientación del túnel, ha permitido inferir la probable presencia de cuña en el techo y hastiales del túnel.

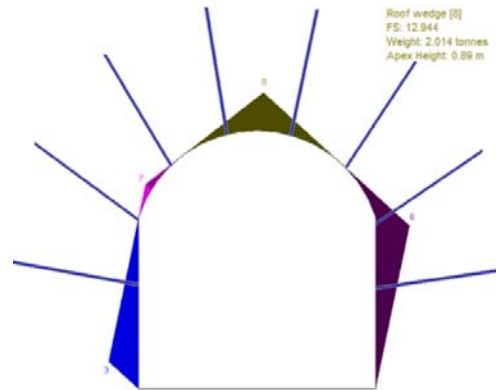


Figura 31: Evaluación de cuñas Túnel de Integración. Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas realizadas son información de ingreso hacia el software para los diversos análisis o simulaciones con el software que se usará en la determinación de esfuerzos. En este caso usaremos el paquete de **Rocscience** el cual lleva desarrollando el software geotécnico en 2D y 3D desde el año 1996 para su uso en las obras civiles y también en la minería, esto no solo en tajo abierto, sino que también en subterráneo, en suelo o roca. Los datos mostrados seguidamente son parte de un trabajo realizado ya mencionado líneas arriba con el software RS² (Phase² 9.0) el cual es uno de los programas del paquete del Rocscience.

Los parámetros elásticos ϵ y γ , obviamente estamos hablando del Módulo de Young (ϵ) y la relación de Poisson (γ) son los que estimaran los comportamientos de los esfuerzos y deformaciones de la roca intacta o macizo rocoso, los valores se usan por lo general en los diseños de excavaciones con el uso de los métodos numéricos. La elasticidad es propiedad que se debe asumir ya que esta en todo material en algunos macizos rocosos puede ser mayor o menor, sin embargo, se debe tener en cuenta factores como la isotropía, homogeneidad y continuidad.

El valor de ϵ permite clasificar al macizo rocoso: Roca cuasi – elástica (ϵ entre 6 y 10 x 10⁴ MPa), Roca semi – elástica (ϵ entre 2 y 7 x 10⁴ MPa), Roca no elástica o plástica (ϵ menores que 2 y 10 x 10⁴ MPa).

Los datos de entrada fueron considerados de los ensayos realizados, asimismo considerando que ya se tienen identificados en la Mina San Cristóbal sectores donde existe vetas de mineral es necesario considerar estos parámetros, por ende, se cuenta con la simulación y como dato de apoyo se ha traducido los parámetros necesarios:

Nombre del Material	Carga Inicial de Elemento	Unidad de Peso Densidades	Tipo Elástico	E	ν	Teorías de fallo	Tipo de Material	Angulo de Fricción	Resistencia a la compresión Intacta			
Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (MN/m ³)	Elastic Type	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (MPa)	Friction Angle (peak) (deg)	Cohesion (peak) (MPa)	Intact Compressive Strength (MPa)
CajasV722		Field Stress and Body Force	0.028	Isotropic	3451	0.26	Hoek-Brown	Elastic				70
MineralV722		Field Stress and Body Force	0.035	Isotropic	683	0.28	Hoek-Brown	Elastic				35
ReilDetr		Field Stress and Body Force	0.02	Isotropic	75	0.33	Mohr Coulomb	Elastic	0	32	0	
FillitaSilic(Metavolcánico)		Field Stress and Body Force	0.027	Isotropic	7492	0.25	Hoek-Brown	Elastic				75

Nombre del Material	Carga Inicial de Elemento	Unidad de Peso Densidades	Tipo Elástico	E	ν	Teorías de fallo	Tipo de Material	Angulo de Fricción	Resistencia a la compresión Intacta							
Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (MN/m ³)	Elastic Type	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (MPa)	Friction Angle (peak) (deg)	Cohesion (peak) (MPa)	Intact Compressive Strength (MPa)	mb (t/m ²)	mb (t/m ²)	mb (t/m ²)	mb (t/m ²)
CajasV722		Field Stress and Body Force	0.028	Isotropic	3451	0.26	Hoek-Brown	Elastic				70	1.717	0.0009		
MineralV722		Field Stress and Body Force	0.035	Isotropic	683	0.28	Hoek-Brown	Elastic				35	0.349	0.0002		
ReilDetr		Field Stress and Body Force	0.02	Isotropic	75	0.33	Mohr Coulomb	Elastic	0	32	0					
FillitaSilic(Metavolcánico)		Field Stress and Body Force	0.027	Isotropic	7492	0.25	Hoek-Brown	Elastic				75	2.805	0.0055		

La determinación de las propiedades físicas y elásticas en roca intacta determinará el tipo de soporte o revestimiento de la excavación a considerar tomando como base el método numérico

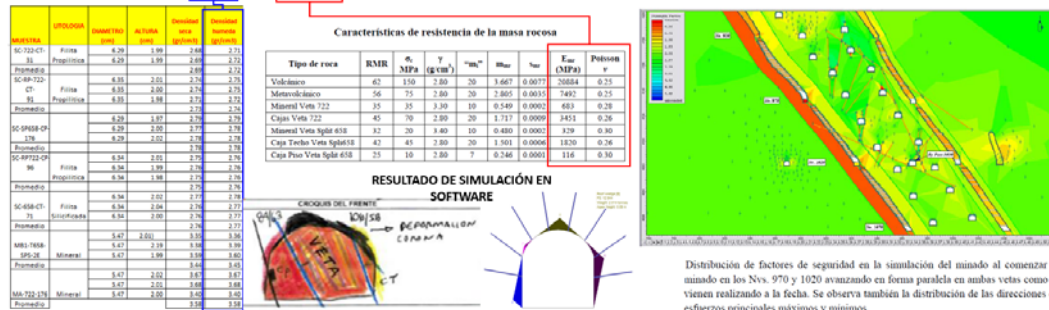


Figura 32: Propiedades físicas de la roca intacta. Fuente: Elaboración propia.

Name:

Shear Strength

Model: $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Phi: ° Tensile Strength: t/m²

Cohesion: t/m²

Water Pressure

Pressure: t/m²

Joint Structure

Continuity:

Waviness: °

= [average angle] - [minimum angle]

Figura 33: Propiedades físicas de la roca intacta. Fuente: Elaboración propia.

3.3.6.2 Resistencia del concreto proyectado

Para el tipo de sostenimiento a usar en el proyecto de investigación del Túnel de Integración se asumirá pruebas constantes desde el tipo favorable hasta el desfavorable, ya que con el desarrollo de su ejecución se podrá cuantificar el reforzamiento del revestimiento, sin embargo, como es muy usual en las excavaciones subterráneas de este tiempo se hace uso de las fibras ya sean metálicas o sintéticas las cuales le dan mayor adherencia al concreto lanzado.

La atención de los pedidos de suministro de shotcrete en las minas San Cristóbal y Carahuacra se realizan a través de la Planta de concreto ubicada en la misma unidad la cual atiende de manera eficiente y eficaz, la materia prima necesaria para la producción es adquirida de la misma zona aledaña (los agregados provienen de la cantera de Pachachaca).

El objetivo de esta prueba o ensayo es elaborar indicadores de calidad del producto de acuerdo con los diseños de mezcla de los diferentes productos, mediante la realización de los ensayos de laboratorio del agregado, ensayos de concreto en estado fresco y endurecido

Actividades

- Ensayo de resistencia a la compresión en probetas de 4 x 8”
- Ensayos físicos del agregado fino:
 - Granulometría.
 - Pasante de la malla # 200.
 - Peso específico y absorción del agregado fino
- **Shotcrete con 4 kg/m³ de fibra sintética (Diseño: 1300SHCFS4)**
- **Shotcrete con 6 kg/m³ de fibra sintética (Diseño: 1300SHCFS6)**
 - I = Tipo de cemento
 - 300 kg/cm² = f'c (30 MPa a los 28 días)
 - SH = Shotcrete
 - C = Concreto super plastificado de 6 a 8” de asentamiento.
 - FM = Fibra metálica.
 - FS = Fibra sintética.
 - 20 = Cantidad de fibra (kg/m³)

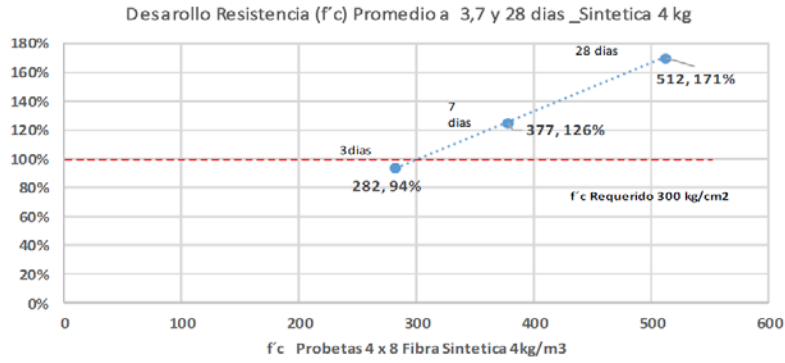


Figura 34: Desarrollo de resistencia a 28 días Probetas 4 x 8 con fibra sintética 4kg/m3

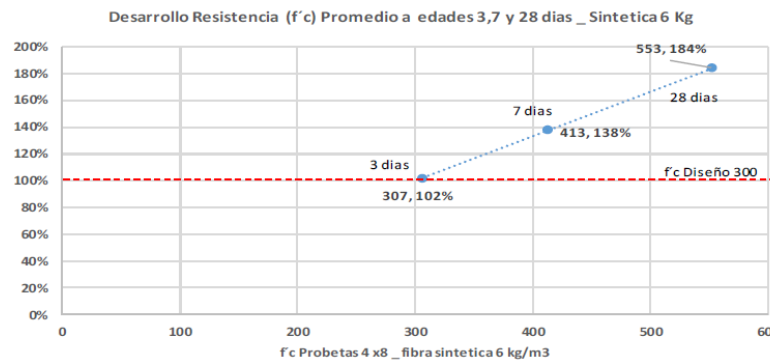


Figura 35: Desarrollo de resistencia a 28 días Probetas 4 x 8 con fibra sintética 6kg/m3

HOJA DE RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO											
MATERIAL ARENA GRUESA PARA SHOTCRETE GRADACION 2 ACI 506R											
DOCUMENTO	Fecha	Procedencia De Material Muestreado	PORCENTAJE QUE PASA								
			3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	26-jul	Cantera Pachachaca	100.0	99.3	96.0	78.1	59.1	42.7	28.4	13.0	3.0
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	31-jul	Cantera Pachachaca	100.0	99.4	94.0	78.1	59.8	43.3	28.6	13.2	3.7
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02-ago	Cantera Pachachaca	100.0	99.4	94.8	76.3	57.0	40.9	25.7	11.9	2.9
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	07-ago	Cantera Pachachaca	100.0	99.1	93.5	77.5	60.1	44.1	29.3	13.3	3.7
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09-ago	Cantera Pachachaca	100.0	99.5	97.5	77.4	59.0	42.0	27.8	10.9	3.0
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	21-ago	Cantera Pachachaca	100.0	99.2	94.6	76.1	57.1	41.1	26.2	12.3	3.2
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	24-ago	Cantera Pachachaca	100.0	98.9	93.1	77.2	60.1	44.2	29.6	13.5	3.9
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	27-ago	Cantera Pachachaca	100.0	98.9	93.0	77.0	59.4	43.7	29.0	13.4	3.9
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	31-ago	Cantera Pachachaca	100.0	97.8	93.5	75.4	58.0	42.0	28.3	12.3	2.9
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	11-sep	Cantera Pachachaca	100.0	98.3	94.0	78.4	61.2	46.6	32.8	15.5	4.3
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	12-sep	Cantera Pachachaca	100.0	100.0	97.0	79.8	61.6	44.4	28.3	12.1	3.0
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	12-sep	Cantera Pachachaca	100.0	100.0	96.5	78.9	61.4	43.9	28.1	11.4	2.6
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	14-sep	Cantera Pachachaca	100.0	99.2	95.4	78.5	61.5	46.2	31.5	14.6	3.8
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	17-sep	Cantera Pachachaca	100.0	99.1	94.3	77.4	59.4	43.4	28.3	12.3	2.8
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	19-sep	Cantera Pachachaca	100.0	99.0	94.9	77.8	60.6	44.4	29.3	13.1	3.0
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	21-sep	Cantera Pachachaca	100.0	99.0	94.0	78.0	61.0	45.0	30.0	13.0	3.0
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02-oct	Cantera Pachachaca	100.0	99.0	93.8	72.9	56.3	40.6	27.1	12.5	3.1
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02-oct	Cantera Pachachaca	100.0	98.9	92.3	72.5	54.9	39.6	26.4	12.1	3.3
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	05-oct	Cantera Pachachaca	100.0	99.1	94.4	77.8	60.2	43.5	27.8	11.1	2.8
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	05-oct	Cantera Pachachaca	100.0	98.3	94.2	77.5	60.0	43.3	27.5	10.8	2.5
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09-oct	Cantera Pachachaca	100.0	97.3	94.6	74.8	56.8	40.5	25.2	10.8	2.7
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09-oct	Cantera Pachachaca	100.0	99.1	95.4	76.1	57.8	40.4	25.7	11.0	2.8
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	10-oct	Cantera Pachachaca	100.0	100.0	94.3	77.3	60.2	43.2	27.3	12.5	3.4
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	11-oct	Cantera Pachachaca	100.0	98.9	97.8	79.6	61.3	44.1	29.0	12.9	3.2
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	13-oct	Cantera Pachachaca	100.0	99.0	96.2	78.9	59.6	44.2	28.8	12.5	2.9
			49.05	12.70	9.52	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
		MAX.	100.0	100.0	97.8	82.3	66.5	49.4	32.8	15.5	4.3
		MIN.	100.0	97.3	91.7	72.4	53.5	37.0	22.8	9.4	2.2
		PROMEDIO	100.0	99.0	94.8	76.8	59.1	42.9	27.9	12.3	3.2
		DES. ESTANDAR	0.0	0.6	1.4	2.0	2.3	2.3	2.0	1.3	0.5

Figura 36: Resultados de Ensayos Granulométrico Arena

GESTION DEL CONTROL DE CALIDAD		
AGREGADO CANTERA PACHACHACA		
DOCUMENTO	FECHA DE ENSAYO	% DE PASANTE MALLA 200
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	26/04/2018	4.67
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	27/04/2018	4.52
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	28/04/2018	4.21
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	29/04/2018	4.83
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	30/04/2018	4.15
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02/05/2018	4.22
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	04/05/2018	4.19
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	05/05/2018	4.66
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	06/05/2018	4.82
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	08/05/2018	5.52
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09/05/2018	4.49
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	18/05/2018	4.61
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	20/05/2018	4.53
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	22/05/2018	4.24
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	24/05/2018	4.75
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	26/05/2018	4.24
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	27/05/2018	3.71
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	29/05/2018	3.82
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	08/06/2018	3.45
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	10/06/2018	3.93
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	12/06/2018	5.04
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	14/06/2018	2.31
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	18/06/2018	6.29
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	19/06/2018	4.90
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	19/06/2018	3.47
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02/07/2018	4.30
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	04/07/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	06/07/2018	4.30
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	08/07/2018	3.90
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	10/07/2018	4.50
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	12/07/2018	4.10
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	14/07/2018	4.40
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	26/07/2018	4.00
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02/08/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	31/07/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02/08/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	07/08/2018	4.10
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09/08/2018	3.80
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	21/08/2018	4.10
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	24/08/2018	4.10
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	27/08/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	31/08/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	11/09/2018	3.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	12/09/2018	5.70
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	12/09/2018	5.00
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	14/09/2018	3.50
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	17/09/2018	4.10
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	19/09/2018	4.90
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	21/09/2018	4.80
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02/10/2018	2.10
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	02/10/2018	8.00
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	05/10/2018	3.60
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	05/10/2018	4.00
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09/10/2018	4.30
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	09/10/2018	5.30
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	10/10/2018	4.30
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	11/10/2018	4.20
GPC-LA-R-003 Analisis Granulometrico y Malla 200	13/10/2018	2.80
Ds		0.86
X_{prom}		4.31

Figura 37: Resultados pasante malla # 200

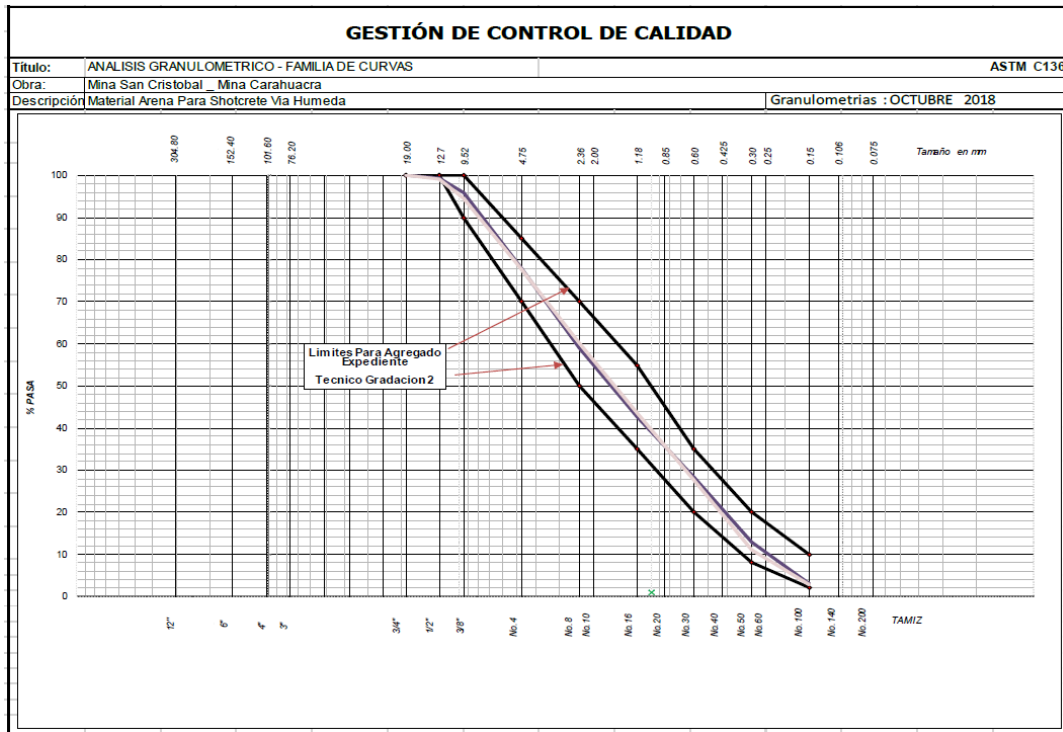


Figura 38: Estadística de ensayos del agregado fino (Granulometría) agregado está pegado al grueso y hay retención en malla de ½ lo que incrementa el rebote en el lanzado



Figura 39: Ensayo de resistencia a la compresión probetas de 4 x 8". Fuente: Elaboración propia

La arena requiere mejora hay retención en la malla de ½ agregado grueso que incrementa el rebote, asimismo, hay mucha variación en malla #200, la arena se recomienda un lavado más uniforme, hay días está en 2.5 % y otra llega al 8.00 %. Las roturas de resistencia a compresión a 28 días cumplen satisfactoriamente los requerimientos diseño $f'c$

3.3.6 Análisis de costos

Tomando como referencia y respecto a los datos de todas las dimensiones de la matriz de operacionalización, se resume que en toda empresa el valor predominante en la construcción son los costos, los cuales definitivamente tienen que ser divididos por fases, naturaleza y tipo de acuerdo a la actividad, para determinar y comprender la valorización obviamente en ganancias y por el lado monetario. En este sentido se presentará algunas tablas las cuales son de vital importancia para la comprensión de las actividades mencionadas.

Tabla 19: Análisis de costos por mes año 2018 de la Mina San Cristóbal

MINA SAN CRISTOBAL		Proy Octubre									
Version	Elemento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
REAL \$	Mano de Obra	646,016	627,431	616,027	652,322	630,735	657,520	635,962	605,251	626,118	89,446
	Servicios	2,064,500	2,030,428	2,213,931	2,127,460	2,118,886	2,263,137	1,984,857	2,116,085	2,049,620	827,377
	Suministros	980,013	923,585	980,597	969,062	952,108	912,246	964,259	983,167	1,103,633	851,652
	Misceláneos	75,154	79,486	58,174	78,068	71,013	62,218	62,590	121,443	62,131	118,316
	Total REAL \$	3,765,684	3,660,930	3,868,729	3,826,912	3,772,741	3,895,120	3,647,667	3,825,945	3,841,501	1,886,791
PLAN \$	Mano de Obra	670,564	678,403	678,403	680,186	673,930	673,930	678,511	678,511	678,511	678,511
	Servicios	1,975,325	1,903,156	2,098,199	2,297,406	2,326,762	2,311,279	2,274,558	2,315,685	2,319,451	2,260,845
	Suministros	1,059,517	1,046,942	1,057,695	961,538	1,055,113	1,007,213	1,019,216	1,064,016	1,046,646	975,069
	Misceláneos	69,820	69,820	63,289	69,820	69,820	76,820	76,820	75,820	69,820	69,820
	Total PLAN \$	3,775,225	3,698,321	3,897,586	4,008,949	4,125,625	4,069,241	4,049,104	4,134,031	4,114,427	3,984,244
Var.		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
	Mano de Obra	-24,547	-50,972	-62,376	-27,864	-43,195	-16,410	-42,548	-73,260	-52,393	-589,064
	Servicios	89,176	127,272	115,731	-169,945	-207,877	-48,143	-289,701	-199,600	-269,831	-1,433,468
	Suministros	-79,504	-123,357	-77,098	7,524	-103,005	-94,967	-54,957	-80,849	56,987	-123,417
	Misceláneos	5,334	9,666	-5,115	8,249	1,193	-14,602	-14,230	45,623	-7,689	48,496
	Var Real - Plan	-9,541	-37,391	-28,858	-182,037	-352,884	-174,121	-401,437	-308,086	-272,926	-2,097,453

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Análisis de costos por valor unitario año 2018 de la Mina San Cristóbal

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	ACUM 17	ACUM 18	1 TRIM	2 TRIM	3 TRIM
9.0	8.2	5.8	6.9	7.2	7.2	6.2	6.0	6.0	1.5	6.4	6.5	7.4	7.1	6.1
28.8	26.5	21.0	22.5	24.2	24.7	19.4	21.0	19.5	13.8	24.8	22.1	24.8	23.8	19.9
13.7	12.0	9.3	10.2	10.9	9.9	9.4	9.7	10.5	14.2	11.2	10.7	11.4	10.4	9.9
1.0	1.0	0.6	0.8	0.8	0.7	0.6	1.2	0.6	2.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
52.6	47.7	36.6	40.4	43.2	42.5	35.6	37.9	36.5	31.4	43.3	40.1	44.5	42.0	36.8
8.9	8.8	7.8	8.0	7.9	8.1	7.7	7.7	7.8	7.9	6.3	8.0	8.5	8.0	7.7
26.2	24.7	24.1	27.0	27.2	27.6	25.7	26.2	26.5	26.4	24.7	26.2	25.0	27.3	26.1
14.1	13.6	12.1	11.3	12.4	12.0	11.5	12.0	12.0	11.4	11.6	12.2	13.2	11.9	11.8
0.9	0.9	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8
50.1	48.0	44.7	47.1	48.3	48.6	45.8	46.7	47.0	46.5	43.9	47.2	47.5	48.0	46.3
Var Costo Unitario (US\$/tn)														
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	ACUM 17	ACUM 18	1 TRIM	2 TRIM	3 TRIM
0.1	-0.6	-2.0	-1.1	-0.7	-0.9	-1.5	-1.7	-1.8	-6.4	0.1	-1.6	-1.0	-0.9	-1.6
2.6	1.7	-3.1	-4.5	-3.0	-2.9	-6.3	-5.2	-7.0	-12.6	0.0	-4.1	-0.1	-3.5	-6.2
-0.4	-1.6	-2.9	-1.1	-1.5	-2.1	-2.1	-2.3	-1.5	2.8	-0.4	-1.5	-1.9	-1.5	-1.9
0.1	0.1	-0.2	0.0	-0.0	-0.2	-0.3	0.3	-0.2	1.2	-0.3	0.0	-0.0	-0.1	-0.0
2.4	-0.3	-8.1	-6.6	-5.1	-6.2	-10.2	-8.8	-10.5	-15.1	-0.6	-7.1	-3.0	-6.0	-9.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Análisis de costos por tipo de etapas de avances año 2018 de la Mina San Cristóbal

Producción (Tn)	TmE Real	71,646	76,706	105,651	94,616	87,425	91,690	102,457	100,943	105,197	60,131
	SLS	45,070	41,282	54,391	42,797	44,263	53,925	48,903	55,962	52,797	34,427
	SN	22,756	26,505	50,291	51,819	38,434	33,032	46,459	39,210	51,650	22,415
	OCF	3,820	8,919	969	-	4,728	4,733	7,095	5,771	749	3,289
	TmE Plan	75,317	76,980	87,132	85,140	85,417	83,675	88,441	88,500	87,541	85,670
	SLS	48,164	39,253	50,340	45,481	55,135	49,390	53,736	53,368	57,956	60,556
	SN	23,922	34,510	33,128	34,883	26,258	29,993	31,128	30,559	27,336	24,239
	OCF	3,231	3,216	3,663	4,776	4,024	4,292	3,578	4,573	2,249	875
	Var Real - Plan	-3,671	-274	18,519	9,476	2,009	8,016	14,016	12,443	17,656	-25,539

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Preparación (m)	Real (m)	475	422	350	398	484	543	276	332	376	176
	AESA	386	235	127	162	224	283	111	141	166	114
	VOLCAN	89	187	223	236	260	259	165	191	210	62
	Plan (m)	447	513	566	568	589	577	582	617	562	534
	AESA	257	283	314	331	335	315	307	347	309	308
	VOLCAN	190	231	252	237	254	263	275	270	253	226
Var Real - Plan	28	-92	-216	-171	-105	-34	-306	-284	-186	-358	

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Explotación (m)	Real (m)	633	588	931	1,044	910	793	1,014	973	1,014	549
	AESA	255	237	447	451	400	367	505	410	477	183
	VOLCAN	378	351	484	593	510	426	509	563	537	366
	Plan (m)	733	761	787	770	791	767	734	724	754	747
	AESA	325	319	348	340	340	374	331	323	361	366
	VOLCAN	408	442	439	430	452	394	403	401	394	381
Var Real - Plan	-99	-174	143	275	119	26	280	249	260	-198	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Cálculo de la vida de Mina San Cristóbal preparada – año 2018

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	Acum 2017	Acum 2018
Preparación *1000 / Ton. Min	Plan	6	7	6	7	7	7	7	7	6	6	8.0	6.6
	Real	7	5	3	4	6	6	3	3	4	3	3.8	4.3
	Var Real - Plan	0.7	-1.2	-3.2	-2.5	-1.4	-1.0	-3.9	-3.7	-2.8	-3.3	-4.2	-2.3

Fuente: Elaboración propia



Figura 40: Cálculo de vida de mina San Cristóbal preparada 2018. Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV :

DISCUSIÓN

Para las discusiones en la presente investigación he de considerar dos aspectos principales, las cuales son:

- 1) El panorama de los objetivos desde el OG (Objetivo General) y los OE_{1,2,3,4} (Objetivos Específicos)
- 2) Los tres principales elementos de comparación que se tuvieron en cuenta en toda la investigación:
 - a. Los resultados obtenidos de la investigación
 - b. Los valores hallados en los antecedentes (internacionales y nacionales)
 - c. Los valores hallados o indicados en la parte teórica

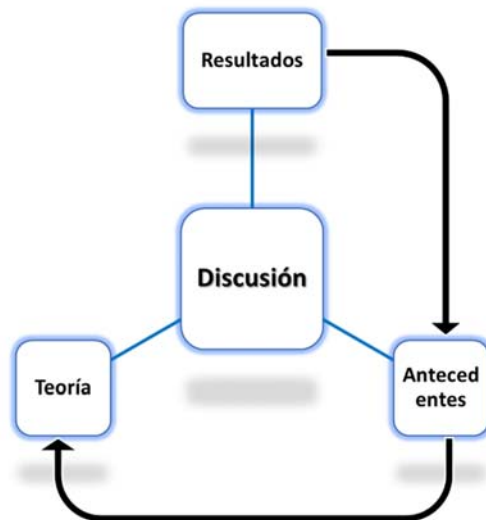


Figura 41: Elementos de la discusión. Fuente: Clases Dra. Teresa Gonzáles

Es necesario resaltar que para las discusiones que se realizan en orden de los resultados obtenidos y objetivos dando inicio por los específicos y concluyendo por los generales.

1. De acuerdo al primer objetivo específico de esta investigación (OE₁). Explicar de qué manera la implementación del túnel de integración mejorará la operatividad de las pozas, desarenador y líneas de conducción de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

En la presente investigación se ve por conveniente analizar esta comparación del lado de la Productividad ya que se entiende que la funcionalidad de cada elemento entre las pozas, desarenador y líneas de conducción juegan un

papel importante para dar mayor viabilidad en el punto de ganar mayor tiempo productivo en la construcción y avance del Túnel Integración. De donde podemos desprender y mencionar rápidamente: el mejor y óptimo diseño del desarenador (**Ver. Fig.15**), y el cálculo de la forma de la cuneta en cuanto a las líneas de conducción las cuales no solo se refieren a las tuberías (**Ver. Tabla.09**), sino que a las cunetas de alimentación para la poza principal (**Ver. Fig.14**).

Por otro lado (Quispe I. y Yandún F., 2018 p.120), con la ejecución del proyecto (Canal Maldonado), apoyará con un manual técnico para diseñar la línea o líneas de conducción, también para prevenir la rotura de las tuberías por la sobrepresión (el golpe de ariete), el tiempo para maniobrar al cerrar las válvulas deberán tener como referencia los 28 s.

En el ámbito teórico (Ortiz, Cabanillas y Fierro, 2010 p.337) el agua resultante de la excavación de labores mineras es enviada por bombeo o gravedad y captada en una poza luego se dirige a través de un canal con inclinación de -1% hacia el desarenador el cual tiende a ser con puertas de estructura metálica, este desarenador debe ser previsto con dimensiones que serán útiles para sedimentar los sólidos de mayor proporción (partículas mayores de 2,5mm de diámetro), el agua limpia desarenada se almacena en pozas de succión la cual también trabaja como un amortiguador, seguidamente la estación de bombas traslada o bombea el agua que ha sido almacenada a través de bombas centrífugas entre 1.500 HP y 270 l/s cada bomba.

2. Sobre el segundo objetivo específico (OE2), el cual es determinar como la implementación del túnel de integración mejorará la funcionalidad de la estación de bombeo de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

En la presente investigación según el diseño propuesto y considerando los caudales aforados se propone un sistema de bombeo más apropiado a inicios de la construcción son realizados por 7 estaciones para luego convertirse en 5 las cuales incluyen menos pérdidas en el desarrollo de la actividad (**Ver. Fig.16 – Tabla 10**).

En cambio (Hernández S., 2012 p.66), hace mención que el Proyecto de un Túnel de drenaje tendrá como finalidad reforzar el sistema de Drenaje ante catástrofes de inundación en toda una ciudad en este caso el de México.

Por el lado de la teoría (Ingeniare vol.18 N°3, 2010 pp.335-342) los sistemas de bombeo se hallan presentes en la minería, así como en obras de actividad subterránea ya que el agua de producto de la excavación necesita ser bombeada hacia la superficie para asegurar la persistencia de una producción u obra. Algún error al establecer el equilibrio hidráulico mencionado trae como consecuencias graves en la estación de bombeo, al sobredimensionar por decirlo así traería pérdidas en el costo, así como técnicas ya que se tendría equipos de mayor potencia con trabajos de menoría en su eficiencia de otro lado si se analiza lo contrario podríamos contar con mayor cantidad de agua y la capacidad del sistema con falta de suficiente respuesta al agua requerida.

3. Para considerar el tercer objetivo específico (OE3), Indicar de qué manera la mejora del sistema de bombeo y drenaje ayudará a la perforación y voladura de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

En la presente investigación se consiguió la relación mencionada en la tesis anterior en cuanto a la perforación y voladura, asimismo se hicieron pruebas insitu para considerar aspectos de mejoría con respecto al BDI (índice de daño por la voladura - blast damage index), el cual con una serie de pruebas con el Geófono en las diversas labores con más daños propensos dentro de la minería se lograron conseguir resultados favorables por estar ligados netamente a los aspectos técnicos económicos es decir la relación de consumo menor de explosivos y accesorios para minorar el BDI en las labores y aumentar la productividad (avances a un menor costo) por el efecto de menos consumo de material explosivo y aceros en la perforación (**Ver. Fig. 22**).

En la investigación de Abad A. y Huisa V. “Procedimientos de excavación y sostenimiento de túneles proyecto derivación Huascacocha – Rímac” (2011), En cuanto a la voladura es preciso indicar que el arranque es importantísimo por lo mismo el diseño tiene que ser lo más correcto con el análisis de carga en cuanto a la cantidad de explosivos y la carga de estos taladros, de esta manera el logro de una voladura eficaz se realizara con los factores de carga.

Básicamente se basa en los rendimientos de las perforadoras, esto tanto manual como mecanizado para equipos pequeños el empuje de 3 y 5 kN y en grandes de hasta 15 kN, los sistemas de avance son por descarte los empujadores y deslizaderas. En la actualidad hay una fabricación de varios y amplia gama de los explosivos / accesorios en las voladuras, que permiten hacer uso de acuerdo a la obra o proyectos. Para ser más preciso el uso de estos componentes se determina con parámetros del macizo rocoso de acuerdo a ello se dimensiona cada tipo de explosivo, así como la condición de la obra (López J. Carlos - Emilio, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.20, p.693).

4. El cuarto objetivo específico (OE4), definir cómo la mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor durabilidad al soporte y revestimiento de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

En la presente investigación se ha considerado ensayos de Compresión triaxial y ensayos de Constantes elásticas las cuales permiten determinar el status de las rocas intactas antes de realizar algún túnel con fines de prever el revestimiento a usar en una determinada zona de trabajo el cual hace que el presupuesto de cualquier obra, proyecto o anteproyecto sea más real en cuanto a las cuantificaciones monetarias para el trabajo a futuro, asimismo también se realizó pruebas de resistencia con fibras sintéticas y metálicas las cuales darán mayor durabilidad al revestimiento, tomando como base el aumento del costo en un inicio pero la mayor durabilidad en cuanto a tiempo de exposición.

En la investigación de Serrano R. “Propuesta de sostenimiento primario del Túnel Chirimollos localizando en la autopista Durango – Mazatlán” (2017), es muy importante saber las condiciones donde está ubicada la ejecución de la excavación subterránea y para precisar las estructuras geológicas y fallamientos de toda la longitud del túnel, la zona de trabajo que sea la más correcta o buena, clasificando los materiales donde estarán la infraestructura de la obra. Es preciso comentar sobre el tipo de sostenimiento para los túneles, haciendo un comparativo del tipo económico-técnico adecuado, durante la construcción el seguimiento e inspección para ajustar conforme se encuentren las estructuras de geología y

clasificación de geomecánica durante el avance, de los procesos constructivos recomendados de acuerdo a lo zonificado.

Como parte teórica el sostenimiento en la excavación subterránea es aquel que se define como un conjunto de elementos o accesorios resistentes que permitan trabajar en forma triaxial en un terreno excavado y que se logra alcanzar la estabilización de lo excavado. En la práctica común se da al soporte o sostenimiento el objetivo de estabilizar la excavación y al revestimiento asegurar la duración del túnel de acuerdo a como ha sido proyectado (Celada T, Manual de túneles y obras subterráneas Cap.23, p.815-829).

5. Para el Objetivo general (OG) de esta investigación, demostrar como la implementación del túnel de integración mejorará el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.

En la presente investigación según el diseño de la infraestructura del túnel, cálculo de la distribución de caudales, implementación de desarenadores y revestimiento sugerido, la implementación en síntesis es reflejada como mejoría desde un punto de vista operativo y monetario. El operativo contempla las pérdidas considerando el diseño hidráulico adecuado que será en forma directa y el monetario o de costos es reflejado a un mediano y largo plazo con el ahorro de bombeo en forma permanente de un conducto independiente.

En la investigación realizada por Soto S. (2004) en su tesis titulada “Construcción de Túneles”, en la ejecución de un túnel fundamentalmente todo depende de factores dos para precisar: la Geología (el terreno donde se encuentra) y las metodologías de construcción, estos se encuentran muy relacionados con la geometría del terreno donde se ejecutará el túnel.

Asimismo, describe el tipo de cada factor por el cual se debe tener en consideración la construcción de túneles; La Construcción, propone dos principales factores o problemas en la construcción de túneles comunes, el revestimiento o soporte y la perforación en la excavación del túnel. El costo por este factor llega a alcanzar hasta el 30% del costo total, se usará el concreto

lanzado, así como la mampostería para zonas apuntaladas, así como aros metálicos y concreto pretensado en lugares particulares.

En la teoría, Mendaña S (2011, p.69) el túnel siendo una estructura de la ingeniería donde hay interrelación del Diseño / Sistema (llamado también proceso) de ejecución o construcción tiene la mayor relevancia.

La metodología a emplear en la construcción está propensa a no solo incrementar los costos, sino a llevarla a ser inviable el proyecto de túneles, también a comprometer totalmente el diseño y objetivo trazado en un tiempo determinado como plan inicial.

CAPITULO V :

CONCLUSIONES

Después de realizar, analizar e interpretar los resultados que se obtuvieron, con la implementación del Túnel de integración por propio criterio del investigador y de algunas herramientas como la parte constructiva y teórica en cuanto a tunelería se puede brindar algunas conclusiones básicas como:

1. Con respecto al diseño y operatividad:

Este tiene como finalidad dar mejor estructura al sistema de bombeo actual, el cual contempla menos pérdidas de acuerdo a su estructura propuesta.

Establece menor número de estaciones las cuales realizarán el bombeo por etapas y dimensionadas conforme a la selección de bombas y esto a su vez de acuerdo a la cuantificación de caudal requerido.

Propuesta de un sedimentador que establece periodos de limpieza conforme la operación lo demande.

Líneas de conducción hacia la poza de bombeo considerando el caudal apropiado y el paso de líquido necesario.

2. Con respecto al costo:

El costo operativo según la construcción se podría explicar con el TIR y el VAN del proyecto a grandes rasgos, ya que esto es cuantificable con los beneficios en las etapas de las actividades a desarrollar:

- Costo de Bombeo y drenaje
- Perforación y voladura
- Revestimiento
- Costo general en las minas San Cristóbal y Carahuacra

Tabla 23: Cálculo de la situación actual de la Mina San Cristóbal preparada – año 2018

Naturaleza	Asociado	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	Promedio Mensual
Servicios (Bombeo y drenaje)		513,673	589,396	528,804	431,740	454,315	477,867	322,461	392,356	382,846	431,668	395,719	461,484	448,527
	P.U (US\$/t)	5.02	5.80	7.38	5.63	4.30	5.05	3.69	4.28	3.74	4.28	3.76	7.67	5.05
Perforación		310,889	271,043	354,280	308,900	251,209	267,319	293,140	332,038	314,296	340,380	347,955	171,589	296,920
	P.U (US\$/t)	3.04	2.67	4.94	4.03	2.38	2.83	3.35	3.62	3.07	3.37	3.31	2.85	3.29
Voladura		327,424	344,394	288,452	430,380	331,688	353,360	353,680	340,662	332,804	334,012	316,346	191,810	328,751
	P.U (US\$/t)	3.20	3.39	4.03	5.61	3.14	3.73	4.05	3.72	3.25	3.31	3.01	3.19	3.63
Sostenimiento		812,027	759,999	791,602	956,897	846,659	915,489	926,871	853,027	824,269	928,280	778,713	693,775	840,634
	P.U (US\$/t)	7.93	7.47	11.05	12.47	8.01	9.68	10.60	9.30	8.05	9.20	7.40	11.54	9.39
Costo Mensual (US\$)		1,964,012	1,964,831	1,963,138	2,127,917	1,883,872	2,014,036	1,896,152	1,918,083	1,854,215	2,034,340	1,838,733	1,518,658	1,914,832
	P.U (US\$/t)	19.19	19.32	27.40	27.74	17.83	21.29	21.69	20.92	18.10	20.15	17.48	25.26	21.36

Tabla 24: Cálculo de mejora en el segundo año Túnel Integración

Naturaleza	Asociado	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	Promedio Mensual
Servicios (Bombeo y drenaje)		441,455	506,532	454,459	371,041	390,443	410,684	277,126	337,194	329,021	370,979	340,085	396,604	385,469
	P.U (US\$/t)	4.31	4.98	6.34	4.84	3.70	4.34	3.17	3.68	3.21	3.68	3.23	6.60	4.34
Perforación		236,092	205,832	269,044	234,582	190,771	203,005	222,613	252,153	238,679	258,488	264,240	130,306	225,484
	P.U (US\$/t)	2.31	2.02	3.76	3.06	1.81	2.15	2.55	2.75	2.33	2.56	2.51	2.17	2.50
Voladura		248,649	261,536	219,053	326,835	251,887	268,345	268,588	258,702	252,734	253,652	240,236	145,662	249,656
	P.U (US\$/t)	2.43	2.57	3.06	4.26	2.38	2.84	3.07	2.82	2.47	2.51	2.28	2.42	2.76
Sostenimiento		853,108	798,448	831,650	1,005,307	889,492	961,805	973,762	896,182	865,970	975,243	818,109	728,874	883,162
	P.U (US\$/t)	8.33	7.85	11.61	13.11	8.42	10.17	11.14	9.77	8.45	9.66	7.78	12.12	9.87
Costo Mensual (US\$)		1,779,303	1,772,348	1,774,205	1,937,765	1,722,593	1,843,838	1,742,089	1,744,231	1,686,404	1,858,361	1,662,669	1,401,446	1,743,771
	P.U (US\$/t)	17.38	17.43	24.76	25.26	16.30	19.49	19.93	19.02	16.46	18.41	15.81	23.31	19.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Cálculo de mejora en el tercer año Túnel Integración

Naturaleza	Asociado	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	sep	sep	oct	Promedio
Servicios (Bombeo y drenaje)		390,088	447,593	401,579	327,867	345,011	362,897	244,880	297,959	290,737	327,812	300,513	350,455	340,616
	P.U (US\$/t)	3.81	4.40	5.61	4.27	3.27	3.84	2.80	3.25	2.84	3.25	2.86	5.83	3.83
Perforación		236,092	205,832	269,044	234,582	190,771	203,005	222,613	252,153	238,679	258,488	264,240	130,306	225,484
	P.U (US\$/t)	2.31	2.02	3.76	3.06	1.81	2.15	2.55	2.75	2.33	2.56	2.51	2.17	2.50
Voladura		248,649	261,536	219,053	326,835	251,887	268,345	268,588	258,702	252,734	253,652	240,236	145,662	249,656
	P.U (US\$/t)	2.43	2.57	3.06	4.26	2.38	2.84	3.07	2.82	2.47	2.51	2.28	2.42	2.76
Sostenimiento		853,108	798,448	831,650	1,005,307	889,492	961,805	973,762	896,182	865,970	975,243	818,109	728,874	883,162
	P.U (US\$/t)	8.33	7.85	11.61	13.11	8.42	10.17	11.14	9.77	8.45	9.66	7.78	12.12	9.87
Costo Mensual (US\$)		1,727,936	1,713,408	1,721,325	1,894,591	1,677,162	1,796,051	1,709,843	1,704,995	1,648,120	1,815,194	1,623,098	1,355,297	1,698,918
	P.U (US\$/t)	16.88	16.85	24.03	24.70	15.87	18.98	19.56	18.60	16.09	17.98	15.43	22.54	18.96

Tabla 26: Cálculo de mejora en el cuarto año Túnel Integración

Naturaleza	Asociado	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	sep	sep	oct	Promedio
Servicios (Bombeo y drenaje)		338,720	388,653	348,698	284,693	299,580	315,110	212,634	258,723	252,452	284,646	260,941	304,307	295,763
	P.U (US\$/t)	3.31	3.82	4.87	3.71	2.84	3.33	2.43	2.82	2.46	2.82	2.48	5.06	3.33
Perforación		236,092	205,832	269,044	234,582	190,771	203,005	222,613	252,153	238,679	258,488	264,240	130,306	225,484
	P.U (US\$/t)	2.31	2.02	3.76	3.06	1.81	2.15	2.55	2.75	2.33	2.56	2.51	2.17	2.50
Voladura		248,649	261,536	219,053	326,835	251,887	268,345	268,588	258,702	252,734	253,652	240,236	145,662	249,656
	P.U (US\$/t)	2.43	2.57	3.06	4.26	2.38	2.84	3.07	2.82	2.47	2.51	2.28	2.42	2.76
Sostenimiento		853,108	798,448	831,650	1,005,307	889,492	961,805	973,762	896,182	865,970	975,243	818,109	728,874	883,162
	P.U (US\$/t)	8.33	7.85	11.61	13.11	8.42	10.17	11.14	9.77	8.45	9.66	7.78	12.12	9.87
Costo Mensual (US\$)		1,676,569	1,654,469	1,668,445	1,851,417	1,631,730	1,748,264	1,677,597	1,665,760	1,609,835	1,772,028	1,583,526	1,309,149	1,654,066
	P.U (US\$/t)	16.38	16.27	23.29	24.14	15.44	18.48	19.19	18.17	15.71	17.55	15.05	21.77	18.45

Fuente: Elaboración propia

3. Análisis económico:

ANÁLISIS ECONÓMICO					
US\$ x 1000					
	2018	2019	2020	2021	2022
Depreciación	-57	-57	-57	-57	-57
Ahorro por costo TOTAL	-57	-1,828	19,883	19,883	19,883
Total de ahorros	-57	-1,828	19,883	19,883	19,883
Inversión en Túnel (4 etapas)	-2,800	-10,325	-6,480	-5,554	-4,629
Impuestos		30%			
Escudo por Depreciación.	57	57	57	57	57
Flujo despues de Impuestos	-2,800	-12,096	9,439	10,087	10,735

Tasa descuento	10.00%
Periodo (años)	5
VANE	8,914
TIRE	39%

Años de Recuperación de Capital:				
		9,439	10,087	10,735
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5

Interpretación:

Considerando básicamente tres (03) aspectos de vital importancia se puede detallar las siguientes conclusiones:

- Costo de Bombeo y drenaje
 - Se observa que el año 1 y 2 es netamente constructivo, por ende, este costo no refleja resultados positivos.
- Perforación y voladura
 - En tanto esta actividad se realiza con la investigación y propuesta mejora en forma progresiva ya que en un inicio se comienza con 1 frente para luego tener más de uno.
- Revestimiento
 - Incrementa su costo por tener la adición de la fibra sintética la cual aumenta el costo normal del lanzado en el shotcrete, sin embargo, ésta muestra resistencias superiores a lo recomendado, por ende, su viabilidad se ve en el tiempo de duración o resanes que no se realizarían muy seguido

La conclusión general de esta investigación es que el Túnel de integración mejora de manera significativa el sistema de bombeo y drenaje a mediano plazo ósea entre 1 a 2 años de su ejecución.

CAPITULO VI :

RECOMENDACIONES

1. Según las investigaciones realizadas en otras tesis, los temas de tunelería están basados básicamente a un tema explicativo, por lo cual se recomienda realizar mayor análisis con respecto a ensayos y pruebas demostrando cualidades entre los objetivos del túnel propuesto en este caso fue concerniente a la infraestructura u obras hidráulicas.
2. Considerar mayor participación en la minería como construcciones de laboreo subterráneo concerniente a las obras civiles.
3. Incluir dentro de las instituciones el curso de construcciones subterráneas ya que es importante conocer el comportamiento de las estructuras, diseños, teorías y procesos en el subsuelo, el cual tiene problemas propios y particulares con respecto a la superficie.
4. Los mejores diseños de infraestructura deben ser diseñados por el Ingeniero civil, el cual tiene el propósito de dar sostenibilidad a una determinada obra de acuerdo a la envergadura requerida.
5. Dar a conocer dentro de la industria minera los propósitos de las infraestructuras de soporte diferenciando en todo momento los detalles de las obras, ya que se entiende que el orden de toda compañía parte por el lado del propósito, objetivo o fin de cada proyecto y no distorsionar este propósito.
6. La investigación realizada está abierta a la optimización en cada uno de sus procesos ya que en todo momento queda libre hacia la mejora en el desarrollo de las actividades mencionadas (red hidráulica, sistema de bombeo, selección de bombas, perforación y voladura, productividad, lean construction, revestimiento, etc.).
7. Por la misma necesidad de contar con mayor infraestructura subterránea en el ámbito nacional para motivar el interés en la ejecución o participación en los estudiantes de la carrera en este caso la Ingeniería Civil, se debe incluir como parte del currículo el de Ingeniería de Tunelería y Diseño de obras subterráneas para el estudiante de pregrado.

CAPITULO VII :

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Benítez A, A.B.** (1972). Captación de aguas subterráneas. Plaza Santa Ana, España: DOSSAT, S.A...
- Collazo C. & Montaña X.** (2012). Manual de Agua Subterránea. Montevideo, Uruguay: Denad Internacional S.A...
- Córdova R.** “Geomecánica y Voladura” DCR Ingenieros S.R.Ltda. Lima, Julio del 2004
- Castilla R. & Galvis C.** (1993). Bombas y Estaciones de Bombeo. Colombia: Ultragraf Editores.
- Esquitino M.** (Nov-Dic 2013). Excavación de Túneles y Obras Subterráneas. Ingeopres, N° 230, 63.
- Hernández S., Fernández C. & Baptista L.** (1997). Metodología de la Investigación. Naucalpan de Huárez, Edo. de México: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO S.A. de C.V.
- Jiménez P.** (1998). Metodología de la Investigación. La Habana: Editorial de Ciencias del Centro Nacional de información de Ciencias Médicas.
- Jimeno, C.** (2011). Manual de túneles y obras subterráneas. Madrid: U.D. Proyectos E.T.S.I. Minas, Universidad Politécnica de Madrid.
- Jimeno, C. and Abadía Anadón, F.** (2011). Manual de túneles y obras subterráneas. Madrid: U.D. Proyectos.
- Jimeno, C.** (1998). Ingeotúneles 1. Madrid: Carlos López Jimeno.
- Jimeno, C.** (2005). Ingeotúneles 10. Madrid: Carlos López Jimeno.
- Jürgen H. & Schlumpf J.** (2004). Concreto Projectado en la Construcción de Túneles. Alemania: Putzmeister AG.
- Macintyre A.** (2008). Bombas e Instalacoes de Bombeamento. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A...
- Navarro C. & Ortiz Gómez.** (2008). Geotecnia aplica a la construcción de Túneles. Sevilla – España.

- Niño R.**, (2011). Metodología de la Investigación. Bogotá: Ediciones de la U - Calle 24 A N° 43-22.
- Ortiz V., Cabanillas M. & Fierro Ch.** (octubre 2010). Equilibrio Hidráulico en Sistemas de Bombeo Minero. Ingeniar, Revista chilena de ingeniería, 18 N°3, 335-342.
- Rey S., Pardo G. & Hurtado R.** (2010). Túneles y Obras Subterráneas. España: Gráficas Couché. S.L.
- Robb, L.** (1997). Diccionario para ingenieros, español-inglés e inglés-español = English Engineers' dictionary, Spanish-English and English-Spanish. México: Compañía Editorial Continental.
- Rodríguez R, P.R.R.** (2001). Abastecimiento de agua (Ing. Civil). Instituto Tecnológico de OAXACA, México - Oaxaca.
- Rodríguez R.** (2008). Hidráulica de canales. México.
- Silveira A. & Souto S.** (1959). Hidrología de Águas Subterráneas. Caixa Postal 5450 Sao Paulo, Brasil: Editora Edgard Blücher LTDA...
- Silva R.** (noviembre 2015). Invenciones relacionadas con túneles a nivel internacional. TÚNELES, 1, 93.
- Sotelo A.** (1997). Hidráulica General Volumen 1 Fundamentos. Balderas 95, México, D.F.: LIMUSA, S.A. de C.V.
- Valderrama M.** (octubre 2015). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Vélez O.** (1999). Hidráulica de aguas Subterráneas. Medellín – Colombia.
- Villón B.** (2005). Diseño de Estructuras Hidráulicas. Lima - Perú: Editorial Villón.
- Zevallos K.** (1984). Manual de Oleohidráulica Industrial. España IGOL, S.A.: Editorial Blume, S.A.

CAPITULO VIII :

ANEXOS

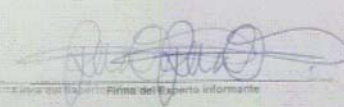
Anexo 1. Ficha N°1 de validación de datos

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Análisis de validez y confiabilidad: Análisis de validez y confiabilidad
 (Clasificación Oueda Gago, 2011) (Clasificación Oueda Gago, 2011)

del **Proyecto:** Implementación del **Sistema de bombeo y drenaje de las fincas San Cristóbal y Carahuacra - Junín**
 2018

Autor: Elis Jose Anchaisico Cusi

Validación de	Validez - Rango	Validez - Rango		Excelente validez: 0.72 - 0.99	Validez perfecta: 1
		Validez Alta: 0.54 - 0.59	Validez Baja: 0.60 - 0.69		
Validación de los instrumentos de medición					
Tun V1 de Sistema de bombeo y drenaje					
D1:	Pozos, desarenador y canal de captación (canal de captación)			1	1
	DD: Manual de Diseño hidráulico			1	1
	Programación de ejecución			1	1
D2:	Estación de bombeo			1	1
	DD: Manual de Diseño del tipo de bombas (volumétricas / centrifugas)			1	1
	Renderizos de bombeo				
Tun V2 de Integración					
D1:	Perforación y accesorios			1	1
	DD: Nivel de avanzas			1	1
	Nivel de costos				
D2:	Soporte y revestimiento			1	1
	DD: Clasificación geomecánica del macizo rocoso			1	1
	Resistencia del concreto proyectado			1	1
TOTAL:	TOTAL:				

Fecha: _____ **Firma del Experto Informante:** 

ELABORADO Y VALIDADO: **Sosy Bruma Rinos Cullucas**

ESTACIÓN: **Proyecto de la Cabaña 1200 / Zone B**

REGISTRO DE LEYENDA:


NO VALIDO	NO VALIDO
VALIDO	VALIDO

REGISTRO DE CONTACTO: **0945621361**

EMAIL: **Sosybruma0928@gmail.com**

TELÉFONO: **945621361**

Anexo 2. Ficha N°1 de validación de datos



UCV
UNIVERSIDAD
CESAR VALLEJO

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Análisis de validez y confiabilidad
(Casi) (Clasificación Usada Gago, 2011)

Proyecto: Implementación del túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas Sari Cristóbal y Carahueca – Junín 2018-2019

Autor: Elva José Anchraco Cusi

Validez	Validez: Rango					Excelente validez:	Validez perfecta:
	Valida Nula:	Valida Baja:	Valida Media:	Valida Alta:	Muy Valida		
< 0.33	0.33 - 0.4	0.41 - 0.59	0.60 - 0.65	0.66 - 0.71	0.72 - 0.99		1

V1: Validación de los instrumentos de medición

Objeto	Indicador	Valor	Calificación	Comentarios
V1: V1: Sistema de bombeo y drenaje	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
V1: V1: Estado de los bombos	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
V2: V2: Túnel de integración	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
	D1: D1: Nivel de elevación y nivel de conducción (con tuberías de captación)			
TOTAL:				

(Firma)
LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.O.P. N° 194542

Apellido y nombre: Vargas Chacaltana Luis Alberto

Dirección: Av. Tupiza N° 170 - Depto. JH

Cel y registro de: 093855336 / 194542

Email: lvargas@ucv@gmail.com

Teléfono: 982328761

LEYENDA	0	NO VALIDO
	1	VALIDO

Anexo 3. Ficha N°1 de validación de datos



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Análisis de validez y confiabilidad
(Clasificación Oueda Gago, 2011)

Proyecto: "Implementación del túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018"

Autor: Elvis Jose Anchiribo Cusi

Validación de los instrumentos de medición	Validez - Rango					
	Validez Nula:	Validez Baja:	Validez:	Muy Válida:	Excelente validez:	Validez perfecta:
	< 0.53	0.54 - 0.59	0.60 - 0.65	0.66 - 0.71	0.72 - 0.99	1

VI:	Sistema de bombeo y drenaje					
DT:	Poza, desarenador y líneas de conducción (canal de captación)					1
	- Diseño hidráulico - Programación de ejecución					
	Estación de bombeo					1



Anexo 4. Carta de Laboratorio de Mecánica de Rocas – UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Lima, 26 de Setiembre del 2018



Informe N° 235/18/LMR/UNI

Señores

Presente.-

De nuestra consideración:

En el presente se adjunta los resultados de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Rocas asociados a la tesis "TUNEL DE INTEGRACIÓN" ubicado en el distrito y provincia de Yauli.

Atentamente,

MSc. Ing. Néstor David Cordova Rojas
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Universidad Nacional de Ingeniería

Anexo 5. Ensayo de compresión triaxial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 235/18/LMR/UNI
 Empresa: ELVIS ANCHIRAIKO CUSI
 Proyecto: "TUNEL DE INTEGRACIÓN"
 Fecha: 26/09/2018

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664-95, dando los siguientes resultados:

Código / Tipo	Litología Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ_1 (MPa)	Resisten. Compres. Uniaxial (MPa)	Constante "mi"	Cohesión (MPa)	Ang. de Fricción Interno (°)
SC-722-CT-34,34,35 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica, Argílica 100.40 – 101.00	6.28	12.79	2	50.70	41.51	8.39	10.65	37.48
		6.28	12.76	4	60.94				
		6.28	12.78	6	67.13				
SC-722-CT-38,39,40 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica 129.95 – 136.20	6.29	12.82	2	79.97	69.05	8.44	16.48	39.58
		6.29	12.78	4	86.19				
		6.29	12.78	6	98.02				
SC-658-CT-73,74,75 DDH-U-SC-13-006	Filita Silicificada 374.10 – 376.40	4.74	9.33	2	96.09	86.21	10.09	19.44	42.24
		4.74	9.30	4	112.11				
		4.74	9.51	6	116.50				
SC-RP 722-CT-93,94,95 DDH-U-SC-13-009	Filita Propilítica 201.10 – 201.55	6.34	12.83	2	47.39	37.78	7.57	9.89	36.17
		6.34	12.82	4	53.16				
		6.34	12.84	6	62.91				
SC-RP 722-CP-98,99,100 DDH-U-SC-13-009	Filita Propilítica 234.20 – 237.68	6.34	12.87	2	44.52	33.84	10.89	8.56	39.84
		6.34	12.86	4	57.21				
		6.34	12.84	6	62.78				
SC-SP 658-CT-173,174,175 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 301.20 – 307.10	6.33	12.84	2	41.48	31.27	7.98	8.24	36.33
		6.33	12.81	4	46.02				
		6.33	12.85	6	57.11				
SC-SP 658-CP-178,179,180 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 336.65 – 337.65	6.29	12.83	2	94.01	82.15	10.60	18.14	43.10
		6.29	12.74	4	105.14				
		6.29	12.83	8	115.27				
MA-722-T76 Bloque	Mineral 30x30x20	5.48	11.05	2	67.27	50.67	15.23	10.70	46.48
		5.48	11.05	4	76.48				
		5.48	11.07	8	92.37				
MB1-7658-SP5-2E Bloque	Mineral 30x30x20	4.20	8.45	2	118.17	102.34	17.95	19.03	50.49
		4.21	8.47	4	143.71				
		4.21	8.48	6	149.19				

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
 Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244
 Email: imrocas@uni.edu.pe, ncardovar@uni.edu.pe, sreyesm@uni.edu.pe

Anexo 6. Ensayo de constantes elásticas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 235/18/LMR/UNI
 Empresa: ELVIS ANCHIRAIICO CUSI
 Proyecto: "TUNEL DE INTEGRACIÓN"
 Fecha: 26/09/2018

ENSAYO DE CONSTANTES ELASTICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D7012-04, dando los siguientes resultados:

Código / Tipo	Litología Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)	Módulo de Young "E" (GPa)	Relación de Poisson "ν"
SC-722-CT-32 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica 98.00 – 98.15	6.26	12.76	67.8	18.64	0.24
SC-722-CT-37 DDH-U-SC-16-027	Filita Propilítica 124.60 – 125.05	6.28	12.83	103.5	19.63	0.23
SC-658-CT-72 DDH-U-SC-13-006	Filita Silicificada 373.80 – 374.02	4.74	9.55	109.8	24.73	0.21
SC-RP 722-CT-92 DDH-U-SC-13-009	Filita Propilítica 189.98 – 190.22	6.28	12.75	27.2	16.94	0.26
SC-RP 722-CP-97 DDH-U-SC-13-009	233.80 – 234.00 Filita Propilítica	6.34	12.82	24.9	8.12	0.31
SC-SP 658-CT-172 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 296.62 – 297.00	6.32	12.83	30.7	12.11	0.27
SC-SP 658-CP-177 DDH-U-SC-14-016	Filita Silicificada 334.30 – 334.85	6.26	12.16	70.3	19.88	0.24
MA-722-T76 Bloque	Mineral 30x30x20	5.46	11.04	40.1	10.19	0.30
MB1-T658-SP5-2E Bloque	Mineral 30x30x20	5.46	11.09	109.4	24.22	0.22

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el solicitante.

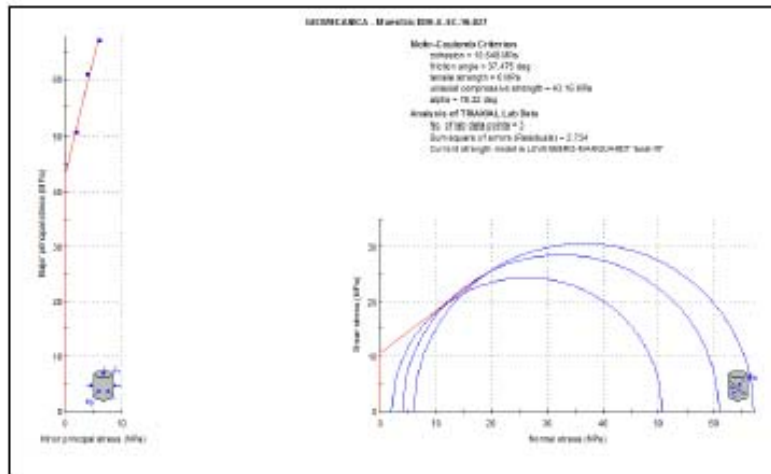
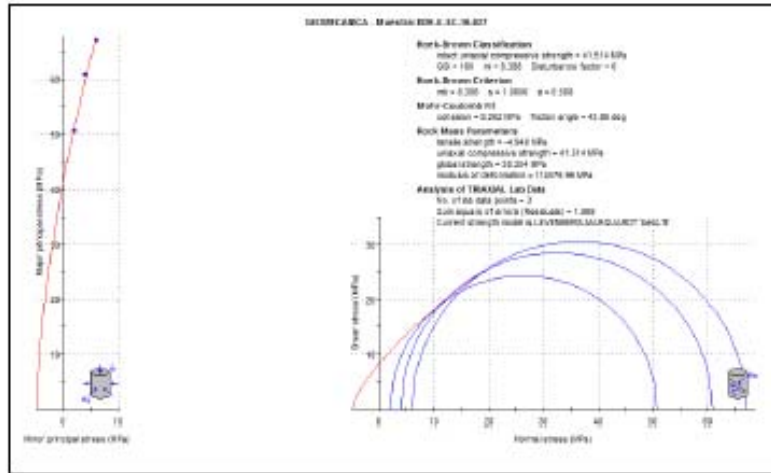
Anexo 7. Gráficos compresión triaxial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

GRAFICOS: COMPRESION TRIAXIAL

Muestra: SC-722-CT-33,34,35 / DDH-U-SC-16-027 (100.40 – 101.00)



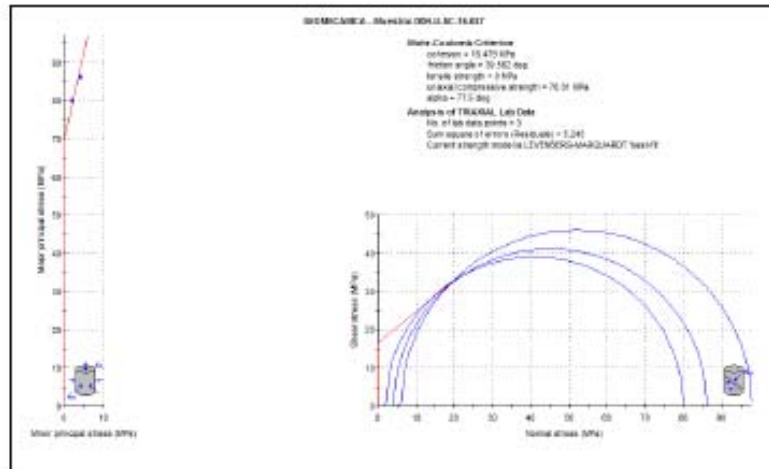
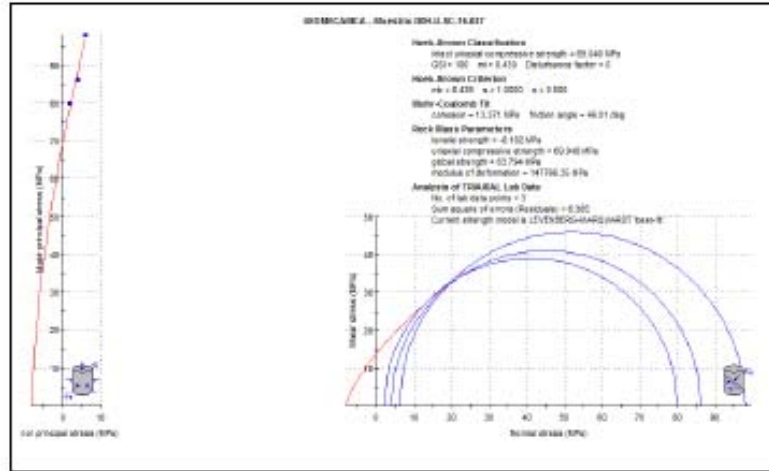
Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
 Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244
 Email: imrocas@uni.edu.pe, ncordovar@uni.edu.pe, sreyesm@uni.edu.pe

Anexo 8. Gráficos compresión triaxial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: SC-722-CT-38,39,40 / DDH-U-SC-16-027 (129.95 – 136.20)



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
 Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244
 Email: imrocas@uni.edu.pe, ncordovar@uni.edu.pe, sreyesm@uni.edu.pe

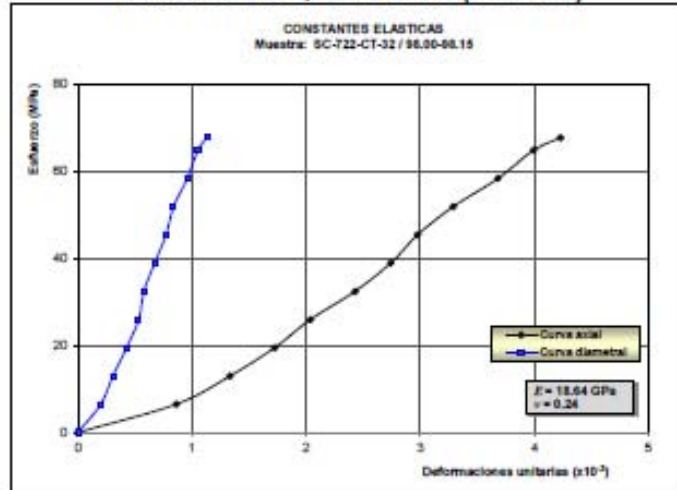
Anexo 9. Gráficos constantes elásticas



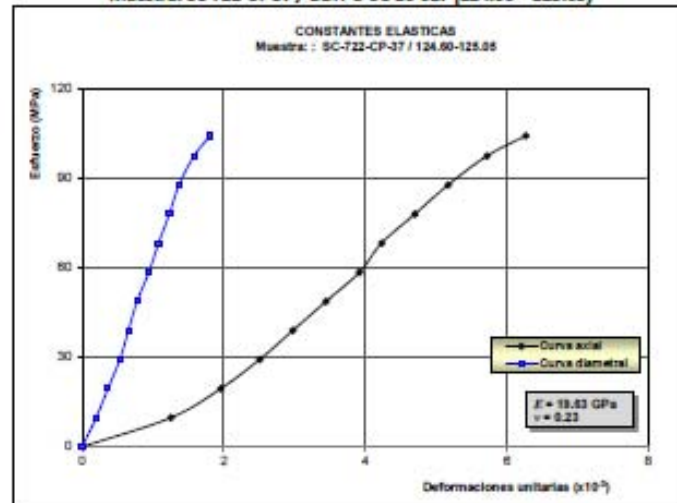
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

GRAFICOS: CONSTANTES ELASTICAS

Muestra: SC-722-CT-32 / DDH-U-SC-16-027 (98.00 – 98.15)



Muestra: SC-722-CT-37 / DDH-U-SC-16-027 (124.60 – 125.05)



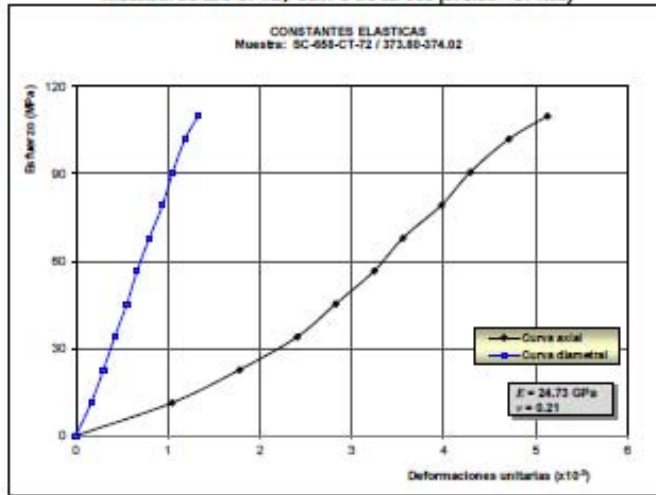
Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244
Email: lmrocas@uni.edu.pe, ncordover@uni.edu.pe, sreyesm@uni.edu.pe

Anexo 10. Gráficos constantes elásticas

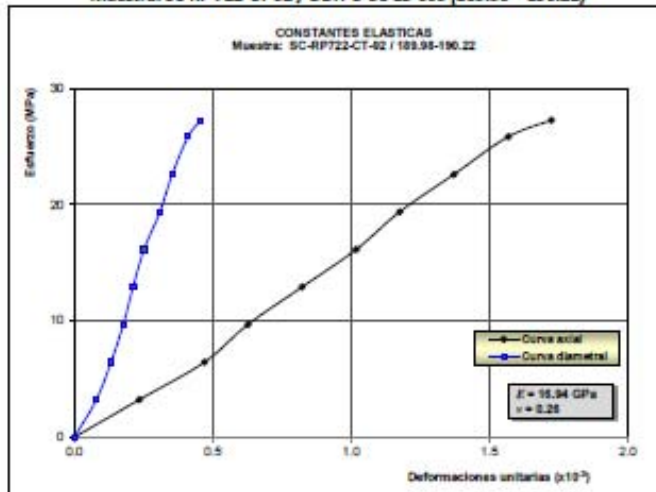


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: SC-658-CT-72 / DDH-U-SC-13-006 (373.80 – 374.02)



Muestra: SC-RP 722-CT-92 / DDH-U-SC-13-009 (189.98 – 190.22)



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244
Email: imrocas@uni.edu.pe, ncardovar@uni.edu.pe, sreysm@uni.edu.pe

Anexo 11. Fotos de Muestras para compresión triaxial – con código de GEOMECANICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS: COMPRESION TRIAXIAL

Muestra: SC-722-CT-33,34,35 / DDH-U-SC-16-027 (100.40 – 101.00)



Muestra: SC-722-CT-38,39,40 / DDH-U-SC-16-027 (129.95 – 136.20)



Muestra: SC-658-CT-73,74,75 / DDH-U-SC-13-006 (374.10 – 376.40)



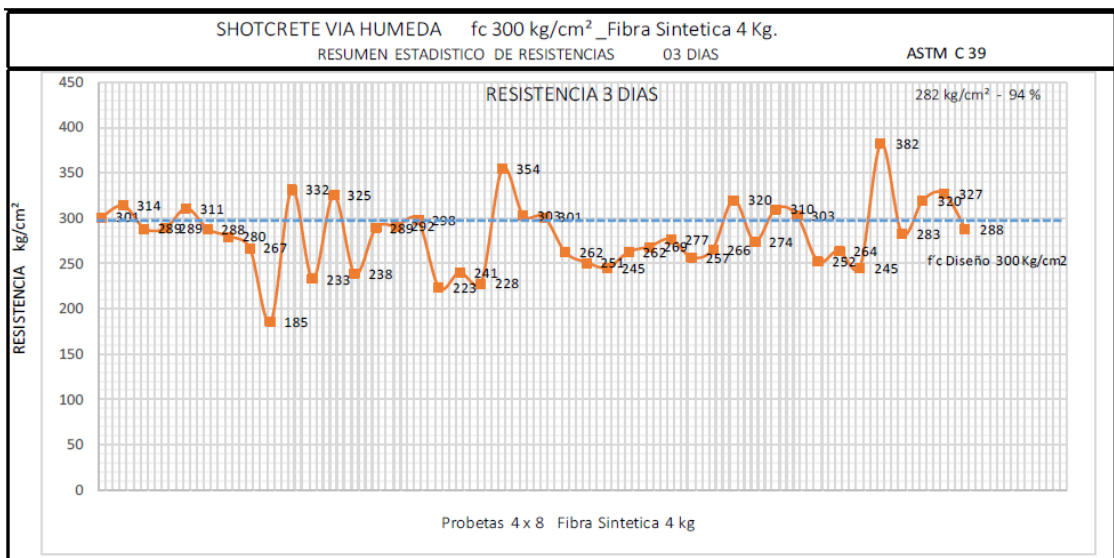
Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244
Email: lmrocas@uni.edu.pe, ncordovar@uni.edu.pe, sreyesm@uni.edu.pe

Anexo 12. Probetas 4x8 – Fibra Sintética 4kg/cm2 Resultados de rotura a Compresión de probetas a edades de 3, 7 y 28 días. (Shotcrete con Fibra Sintética 4kg/m3)

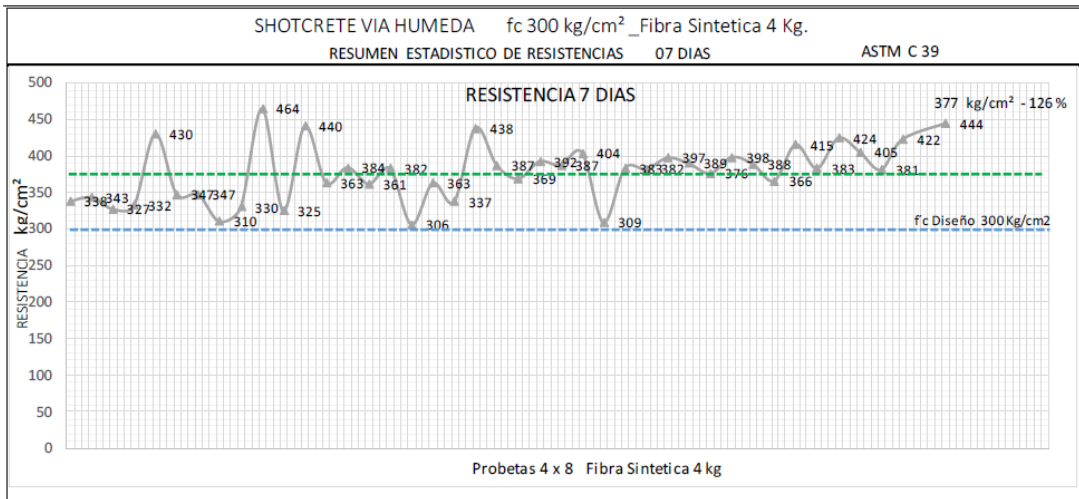
DISEÑO DE SHOTCRETE VIA HUMEDA f_c 300 kg/cm ²															2018					
RESISTENCIAS A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS 4 X 8															Fibra Sintetica 4 Kg			ASTM C 39		
Cod. Diseño	Zona/Labor	Fecha Muestreo	Fecha Rotura	Edad Dias	Edad Dias	Edad Dias	Altura (cm)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg) 03 Dias	Res. (kg/cm ²) 03 dias	Res. Promedio (kg/cm ²) 03 Dias	Carga (kg) 07 Dias	Res. (kg/cm ²) 07 Dias	Res. Promedio (kg/cm ²) 07 Dias	Carga (kg) 28 Dias	Resistencia (kg/cm ²) 28 Dias	Resistencia Promedio (kg/cm ²) 28 Dias	Shotcrete Estandar	
13005HCF54	SC_NV430 SN_80_4W/AC_80_4W	06/08/2018	09/08/2018 13/08/2018 03/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	22,801	285	274	33,608	420	398	46,173	577	577	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	SC_SN_70_1W/ AC_70_1W	14/08/2018	17/08/2018 21/08/2018 11/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	24,310	304	310	31,521	394	388	47,460	593	592	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	CAR - NV 1120 AC_904 / BP_948	22/08/2018	25/08/2018 29/08/2018 19/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	24,412	305	303	29,841	373	366	52,834	660	669	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	CAR - NV 1120 RP_387 (-)	25/08/2018	28/08/2018 01/09/2018 22/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	19,752	247	252	33,202	415	415	45,199	565	585	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	SC_NV1120 CA_01_79_1E	27/08/2018	30/08/2018 03/09/2018 24/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	20,582	257	264	30,428	380	383	36,462	456	464	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	SC_NV 870 SN_80_1W/AC_80	29/08/2018	01/09/2018 05/09/2018 26/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	19,988	250	245	34,282	429	424	42,681	534	517	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	SC_NIVEL 1020 AC_70_6W	31/08/2018	03/09/2018 07/09/2018 28/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	30,612	383	382	33,051	413	405				Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	SC_NV 780 SN_80_1W/AC_80_1E	01/09/2018	04/09/2018 08/09/2018 29/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	21,452	268	283	30,452	381	381	42,536	532	542	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	CAR_NV 1180AC_549/BP_150_E	13/09/2018	16/09/2018 20/09/2018 11/10/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	24,595	307	320	35,400	443	422	46,541	582	593	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	CAR NV 1020 bp_671/xc_671	21/09/2018	24/09/2018 28/09/2018 19/10/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	26,494	331	327				48,566	607	606	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	
13005HCF54	SC NV 1320 XC_1320/RP_616(-)	22/09/2018	25/09/2018 29/09/2018 20/10/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	22,816	285	288	35,684	446	444	46,471	581	598	Shotcrete Fibra Sintetica 4 kg	

Ds	39	% a 3 dias	Ds	42	% a 7 dias	Ds	65	% a 28 dias
K_{prom}	282	94%	K_{prom}	377	126%	K_{prom}	512	171%
Cv	14.0		Cv	11.0		Cv	12.8	
F'c <	177	59%	F'c <	266	89%	F'c <	376	125%
F'c >	369	123%	F'c >	492	164%	F'c >	680	227%

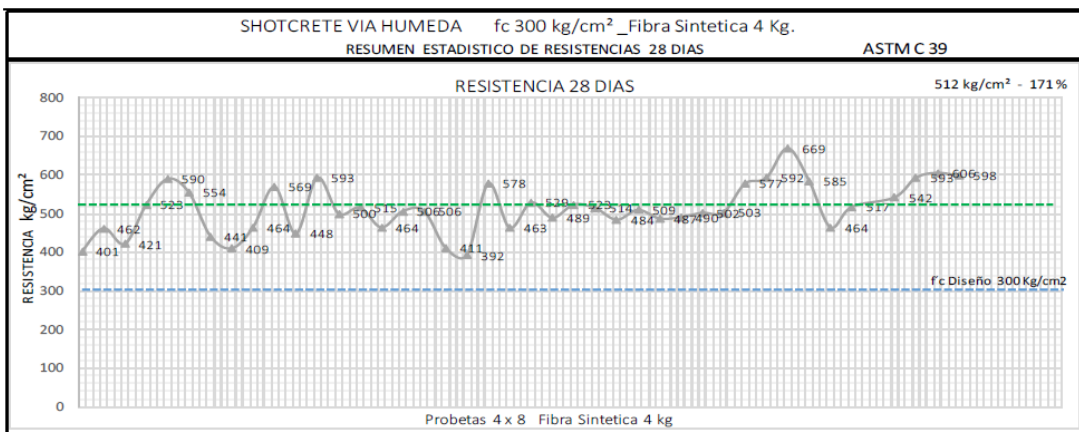
Anexo 13. Resistencia a 3 días – Probeta 4 x 8 – Fibra Sintética Dosificación 4kg/ m3



Anexo 14. Resistencia a 7 días – Probeta 4 x 8 – Dosificación Fibra Sintética 4 kg /m3



Anexo 15. Resistencia a 28 días – Probeta 4 x 8 – Dosificación Fibra Sintética 4 kg /m3



Anexo 16. Desarrollo de resistencia a 28 días Probetas 4 x 8 con fibra sintética 4kg/m3

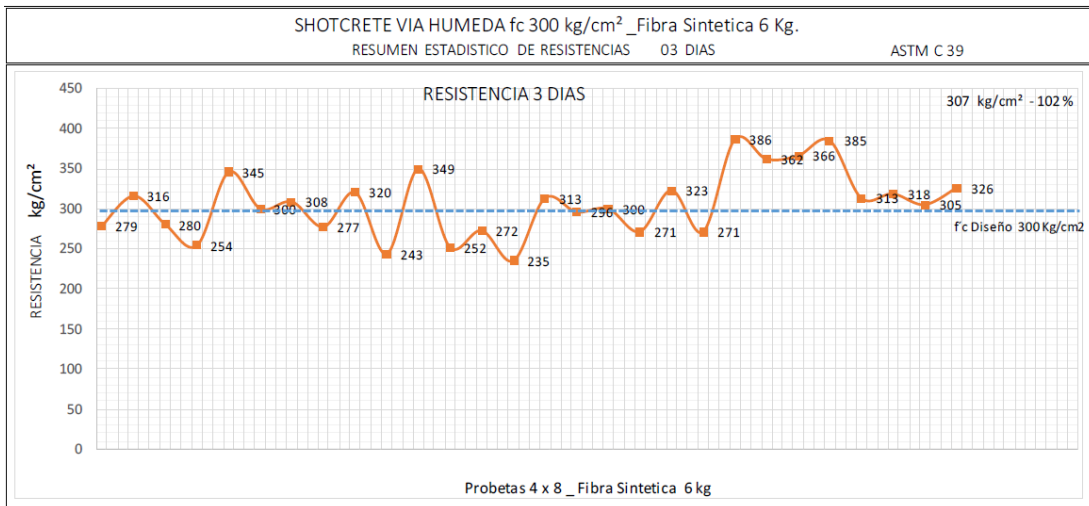


Anexo 17. Probetas 4x8 – Fibra Sintética 4kg/cm2 Resultados de rotura a Compresión de probetas a edades de 3, 7 y 28 días. (Shotcrete con Fibra Sintética 6kg/m3)

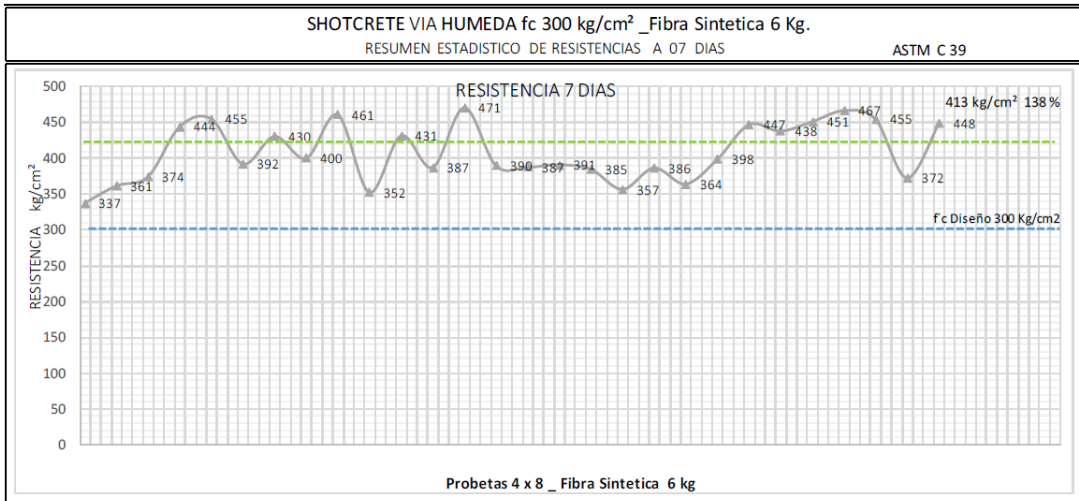
DISEÑO DE SHOTCRETE VIA HUMEDA fc 300 kg/cm ²																			
RESISTENCIAS A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS 4 X 8 _Fibra Sintetica 6 Kg										A S T M C 39									
COD. DISEÑO	ZONA / LABOR	FECHA DE LANZADO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	EDAD DIAS	EDAD DIAS	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	Carga (kg) 03 Dias	Resistencia (kg/cm ²) 03 DIAS	Resistencia Promedio (kg/cm ²) 03 Dias	Carga (kg) 07 Dias	Resistencia (kg/cm ²) 07 DIAS	Resistencia Promedio (kg/cm ²) 07 Dias	Carga (kg) 28 DIAS	Resistencia (kg/cm ²) 28 DIAS	Res. Promedio (kg/cm ²) 28 Dias	SHOTCRETE ESTANDAR
13005HCF56	CAR NV 1220 BP_160	11/09/2018	14/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	29524.0	369	362	35997.0	450	447	53082.0	664	653	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			18/09/2018				20.2	10.1	80	27853.0	346		34773.0	435		50719.0	634		
			09/10/2018				20.2	10.1	80	29662.0	371		36467.0	456		52850.0	661		
13005HCF56	SC NV 1320 SN_66_2W	12/09/2018	15/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	29873.0	373	366	34983.0	437	438	50037.0	625	629	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			19/09/2018				20.2	10.1	80	29105.0	364		35682.0	446		51146.0	639		
			10/10/2018				20.2	10.1	80	28805.0	360		34466.0	431		49717.0	621		
13005HCF56	SC NV 1270 SN_57_1W/X C_66_3	14/09/2018	17/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	31071.0	388	385	34689.0	434	451	49486.0	619	608	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			21/09/2018				20.2	10.1	80	30975.0	387		36884.0	461		48551.0	607		
			12/10/2018				20.2	10.1	80	30299.0	379		36990.0	459		47826.0	598		
13005HCF56	SC NV 1320 SN_76_2E	15/09/2018	18/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	23556.0	294	313	37326.0	467	467	44773.0	560	548	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			22/09/2018				20.2	10.1	80	25431.0	318		37886.0	474		43782.0	547		
			13/10/2018				20.2	10.1	80	26155.0	327		36755.0	459		42910.0	536		
13005HCF56	CAR NV 1280 RP_118(-)	16/09/2018	19/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	26402.0	333	318	36133.0	452	455	46679.0	583	605	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			23/09/2018				20.2	10.1	80	24571.0	307		35517.0	444		47023.0	588		
			14/10/2018				20.2	10.1	80	25220.0	315		37475.0	468		51482.0	644		
13005HCF56	SC NV 1270 SN_57_1W/X C_66_20	17/09/2018	20/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	24249.0	303	305	30448.0	381	372	48132.0	602	582	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			24/09/2018				20.2	10.1	80	25622.0	320		28261.0	353		46941.0	587		
			15/10/2018				20.2	10.1	80	23274.0	291		30659.0	383		44698.0	559		
13005HCF56	SC NV 1270 AC_75_2W/S N_76_3E	18/09/2018	21/09/2018	3	7	28	20.2	10.1	80	26868.0	336	326	35793.0	447	448	51159.0	639	641	Shotcrete Fibra Sintetica 6 kg
			25/09/2018				20.2	10.1	80	25788.0	322		35901.0	449		50064.0	626		
			16/10/2018				20.2	10.1	80	25478.0	318		35925.0	449		52508.0	656		

Ds	42	% a 3 dias	Ds	41	% a 7 dias	Ds	57	% a 28 dias
K _{min}	307	102%	K _{min}	413	138%	K _{min}	553	184%
Cv	13.7		Cv	9.9		Cv	12.1	
F < c	214	71%	F < c	328	109%	F < c	383	128%
F > c	392	131%	F > c	490	163%	F > c	664	221%

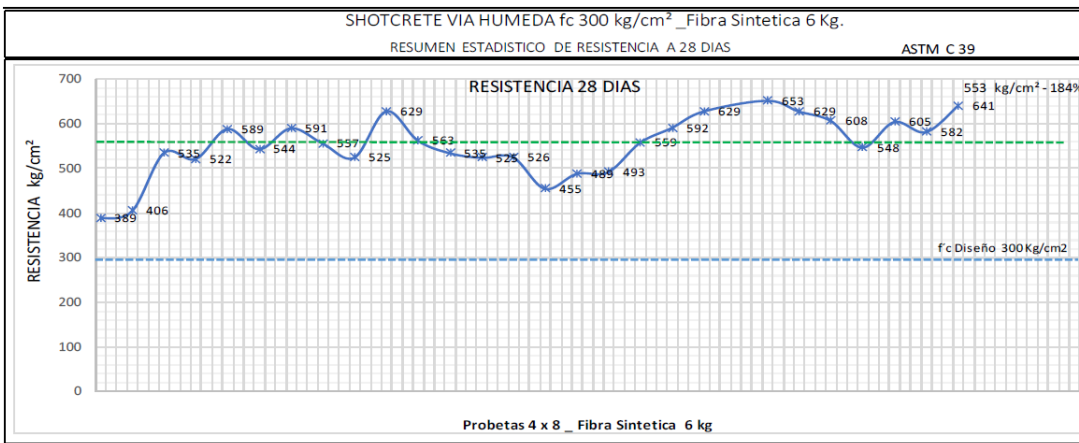
Anexo 18. Resistencia a 3 días – Probeta 4 x 8 – Fibra Sintética Dosificación 6kg/ m3



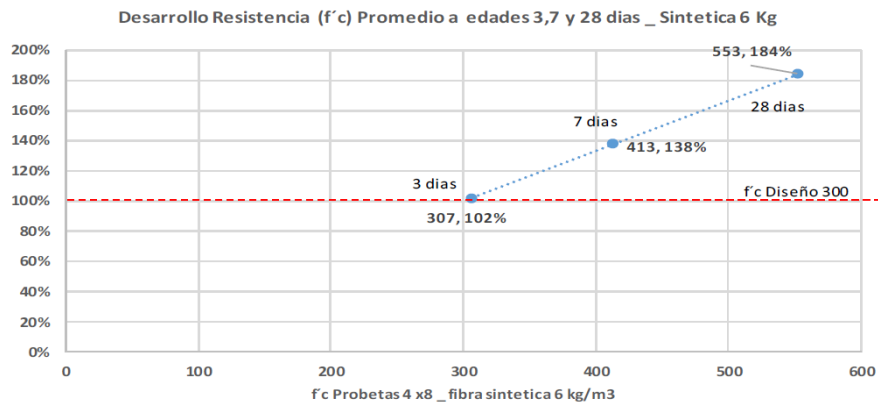
Anexo 19. Resistencia a 7 días – Probeta 4 x 8 – Fibra Sintética Dosificación 6kg/ m3



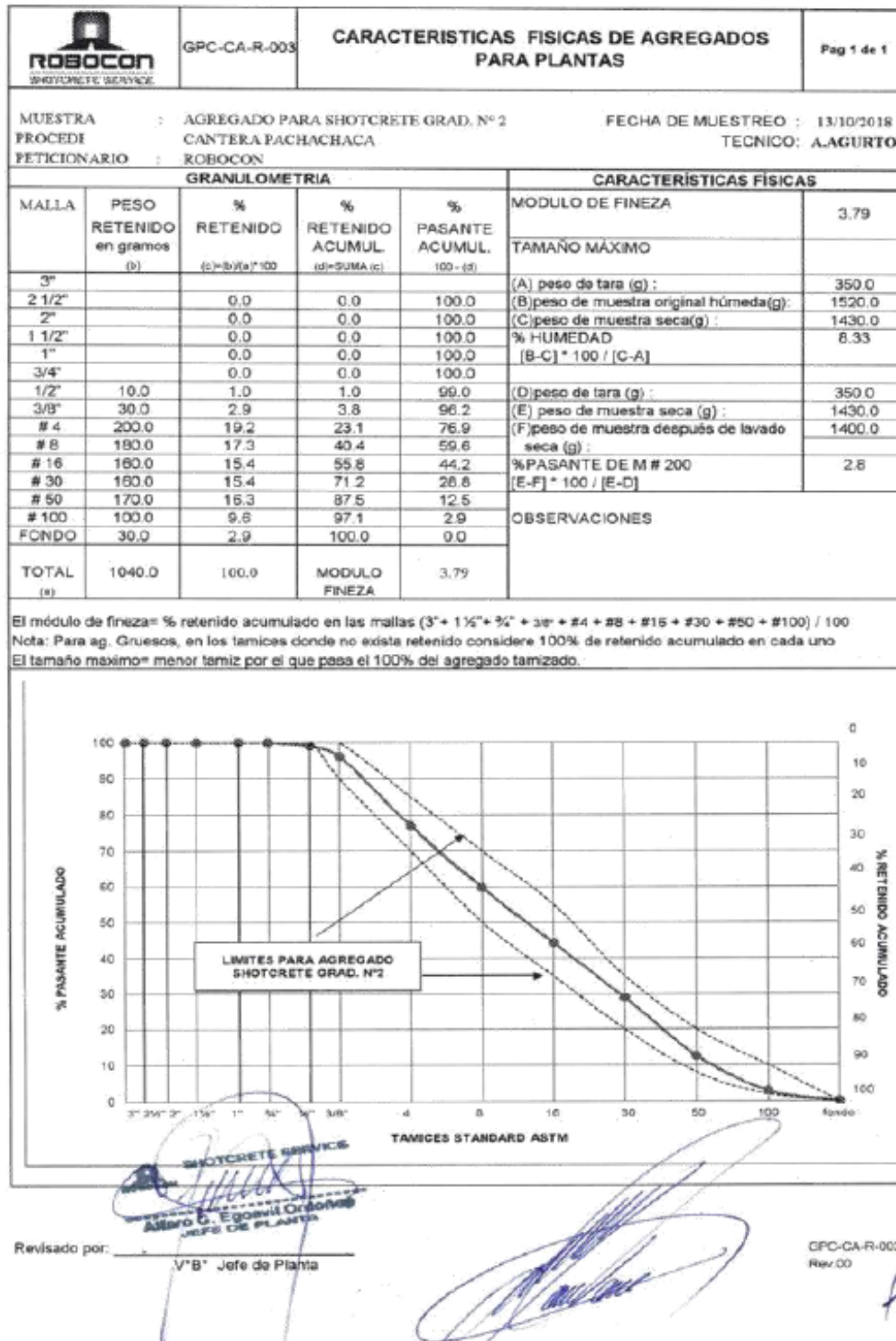
Anexo 20. Resistencia a 28 días – Probeta 4 x 8 – Fibra Sintética Dosificación 6kg/ m3



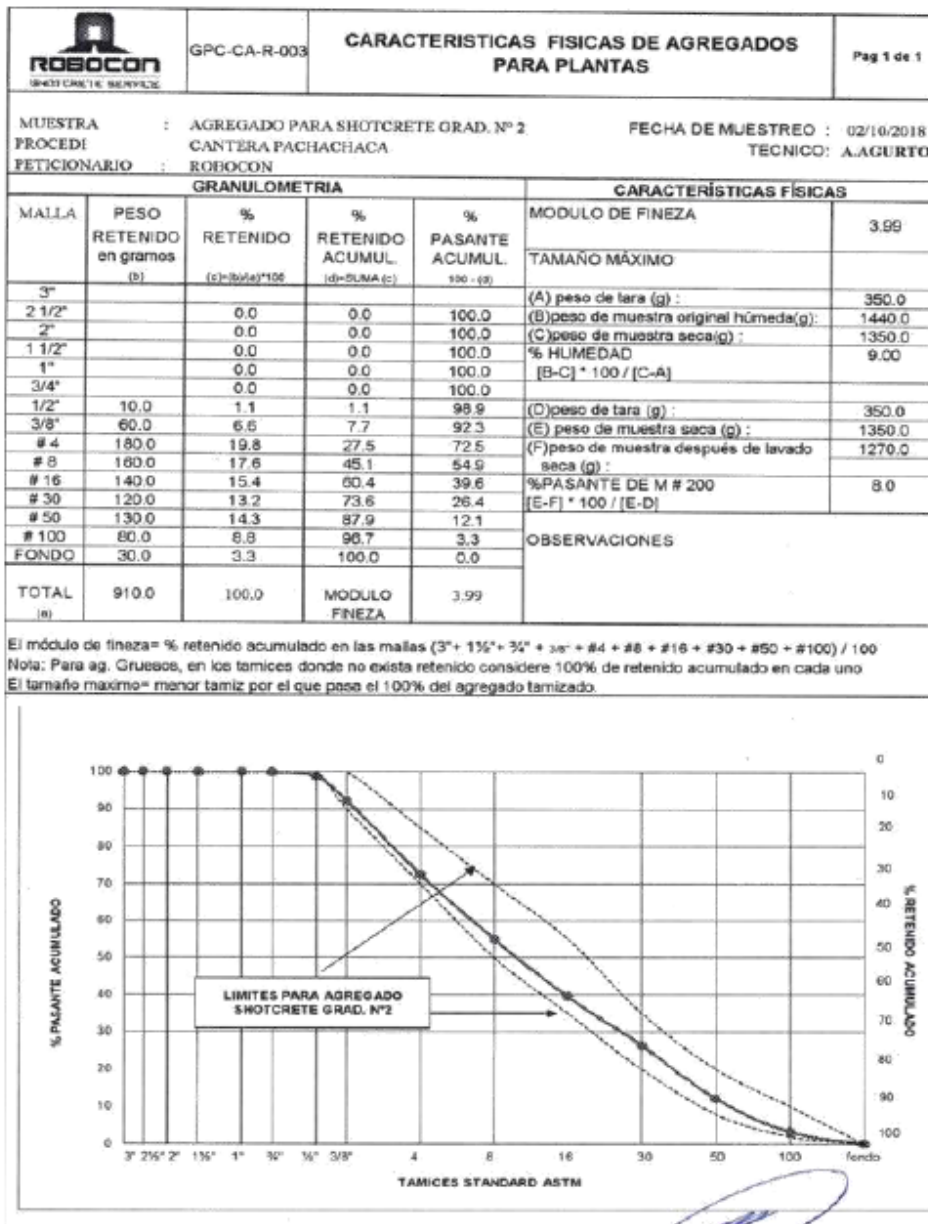
Anexo 21. Desarrollo de resistencia a 28 días Probetas 4 x 8 con fibra sintética 4kg/m3



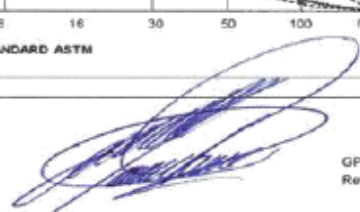
Anexo 22. Características físicas de agregados para Plantas - % de pasante de M#200 = 2.8% - Laboratorio ROBOCON



Anexo 23. Características físicas de agregados para Plantas - % de pasante de M#200 = 8% - Laboratorio ROBOCON




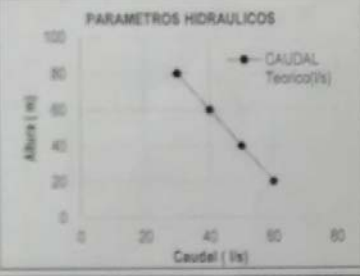
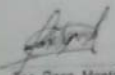
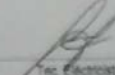
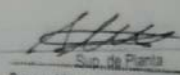
Revisado por: 
 V.B. Jefe de Planta
 Álvaro G. Egozvil Grados
 JEFE DE PLANTA




GPC-CA-R-003
Rev.00



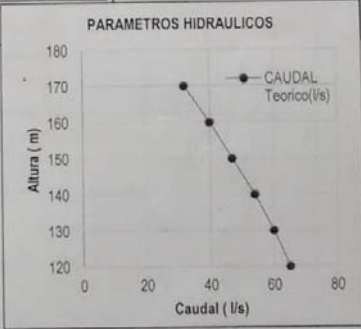
Anexo 24. Protocolo de Prueba de Bomba para Altura de 80m. Empresa distribuidora de Bombas GEO Hidráulica

 GEOHidráulica <small>UNIDAD DE CONTROL DE PRESIÓN</small>		PROTOCOLO DE PRUEBA DE BOMBA			Código: P-18 F-01 Versión: 04																																																				
DESCRIPCIÓN: ELECTROBOMBA N° DE SERIE: CODIGO: GB- 58H 008		LUGAR DE PRUEBA: Planta Lima ESPECIFICACION: Prueba oCarga OTVOP: 6262		FECHA PRUEBA: 25-Oct FECHA DESPACHO: 26-Oct		TIPO DE INSPECCION: PROCESO: <input type="checkbox"/> FINAL: <input type="checkbox"/>																																																			
1.-CARACTERISTICAS DEL EQUIPO																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BOMBA</th> <th colspan="2">MOTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MARCA:</td> <td>Hidropump</td> <td>FASE:</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MODELO:</td> <td>Gallardo</td> <td>POTENCIA:</td> <td>58HP</td> </tr> <tr> <td>TIPO:</td> <td>H</td> <td>TENSION:</td> <td>440V</td> </tr> <tr> <td>φ DESCARGA:</td> <td>4"</td> <td>FRECUECIA:</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Q.Nominal:</td> <td>30L/s</td> <td>RPM:</td> <td>3580</td> </tr> <tr> <td>H.Nominal:</td> <td>80 mts</td> <td>Int. Nominal:</td> <td>63 amp</td> </tr> </tbody> </table>				BOMBA		MOTOR		MARCA:	Hidropump	FASE:	3	MODELO:	Gallardo	POTENCIA:	58HP	TIPO:	H	TENSION:	440V	φ DESCARGA:	4"	FRECUECIA:	60 Hz	Q.Nominal:	30L/s	RPM:	3580	H.Nominal:	80 mts	Int. Nominal:	63 amp																										
BOMBA		MOTOR																																																							
MARCA:	Hidropump	FASE:	3																																																						
MODELO:	Gallardo	POTENCIA:	58HP																																																						
TIPO:	H	TENSION:	440V																																																						
φ DESCARGA:	4"	FRECUECIA:	60 Hz																																																						
Q.Nominal:	30L/s	RPM:	3580																																																						
H.Nominal:	80 mts	Int. Nominal:	63 amp																																																						
2.- RESULTADOS DE PRUEBA																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">PARAMETROS HIDRAULICOS</th> <th colspan="4">PARAMETROS ELECTRICOS</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Altura (m)</th> <th rowspan="2">Presión (PSI)</th> <th rowspan="2">CAUDAL Teórico(l/s)</th> <th rowspan="2">CAUDAL Real(l/s)</th> <th colspan="3">CORRIENTE (A)</th> <th rowspan="2">Voltaje (V)</th> </tr> <tr> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>28.4</td> <td>60</td> <td>61</td> <td>68.8</td> <td>69</td> <td>69.2</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>56.8</td> <td>50</td> <td>52</td> <td>67.1</td> <td>68.5</td> <td>68.2</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>85.2</td> <td>40</td> <td>39</td> <td>62</td> <td>61.8</td> <td>62.3</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>125.4</td> <td>30</td> <td>31</td> <td>59.8</td> <td>58.4</td> <td>59</td> <td>440</td> </tr> </tbody> </table>				PARAMETROS HIDRAULICOS				PARAMETROS ELECTRICOS				Altura (m)	Presión (PSI)	CAUDAL Teórico(l/s)	CAUDAL Real(l/s)	CORRIENTE (A)			Voltaje (V)	R	S	T	20	28.4	60	61	68.8	69	69.2	440	40	56.8	50	52	67.1	68.5	68.2	440	60	85.2	40	39	62	61.8	62.3	440	80	125.4	30	31	59.8	58.4	59	440			
PARAMETROS HIDRAULICOS				PARAMETROS ELECTRICOS																																																					
Altura (m)	Presión (PSI)	CAUDAL Teórico(l/s)	CAUDAL Real(l/s)	CORRIENTE (A)			Voltaje (V)																																																		
				R	S	T																																																			
20	28.4	60	61	68.8	69	69.2	440																																																		
40	56.8	50	52	67.1	68.5	68.2	440																																																		
60	85.2	40	39	62	61.8	62.3	440																																																		
80	125.4	30	31	59.8	58.4	59	440																																																		
AMP. EN VACIO 15.3 amp		MEDICION DE AISLAMIENTO Entre Fase: > 500 MΩ A Tierra: > 500 MΩ			INSPECCION DE ESTANQUEIDAD SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/>																																																				
OBSERVACIONES:																																																									
CONSIDERACIONES: Parametros Hidraulicos y Electricos Según especificaciones del fabricante. Prueba de eficiencia realizada para garantizar la Altura y caudal nominal establecido por el fabricante. Operar dentro del rango de máxima eficiencia de la curva , altura , presión , Caudal. Prueba realizada a 0 m.s.n.m. En agua limpia (Sin solidos en suspensión)																																																									
CONCLUSION:																																																									
 Tec. Resp. Montaje JOSE SEGURA		 Tec. Electricista Resp DIEGO OBREGON		 Sup. de Planta Percy Alexander Gonzales More Supervisor de Planta GEOHidráulica																																																					

Anexo 25. Protocolo de Prueba de Bomba para Altura de 160m. Empresa distribuidora de Bombas GEO Hidráulica

		PROTOCOLO DE PRUEBA DE BOMBA			Código: P-18 F-01 Versión: 04		
DESCRIPCION	ELECTROBOMBA	LUGAR DE PRUEBA	Planta Lima	FECHA PRUEBA:	28-Set	TIPO DE INSPECCION:	
N° DE SERIE		ESPECIFICACION	Prueba c/Carga	FECHA DESPACHO	12-Oct	PROCESO <input type="checkbox"/>	
CODIGO	GB- 150H 028	DTVOF:	SIOTI			FINAL <input type="checkbox"/>	
1.-CARACTERISTICAS DEL EQUIPO							
BOMBA			MOTOR				
MARCA:	Hidropump	FASE:	3				
MODELO:	Reventon	POTENCIA:	150HP				
TIPO:	H	TENSION:	440V				
Ø DESCARGA:	6"	FRECUECIA:	60 Hz				
Q.Nominal:	40L/s	RPM	3580				
H.Nominal:	160 mts	Int. Nominal:	180 amp				
RESULTADOS DE PRUEBA							
PARAMETROS HIDRAULICOS				PARAMETROS ELECTRICO			
Altura (m)	Presión (PSI)	CAUDAL Teorico(l/s)	CAUDAL Real(l/s)	CORRIENTE (A)			Voltaje (V)
				R	S	T	
120	148.8	65	66.5	203	199.8	202.1	440
130	161.2	60	58.4	194	191.8	194	440
140	173.6	54	53.6	184	179.9	183.6	440
150	186	47	46.6	170	168.8	170.6	440
160	198.4	40	39.9	155	152.9	155	440
170	210.8	32	30	134.5	132.3	134	440

PARAMETROS HIDRAULICOS

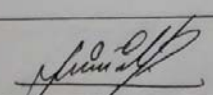


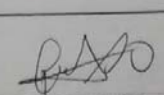
AMP. EN VACIO 49 amp	MEDICION DE AISLAMIENTO Entre Fase: > 500 MΩ A Tierra: > 500 MΩ	INSPECCION DE ESTANQUEIDAD SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
-------------------------	---	---

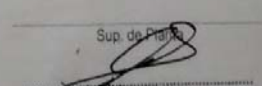
SERVACIONES:

CONSIDERACIONES:
 Parametros Hidraulicos y Helectricos Según especificaciones del fabricante.
 Prueba de eficiencia realizada para garantizar la Altura y caudal nominal establecido por el fabricante.
 Operar dentro del rango de maxima eficiencia de la curva , altura, preclon, Caudal.
 Prueba realizada a 0 m.s.n.m. En agua limpia (Sin solidos en suspension)

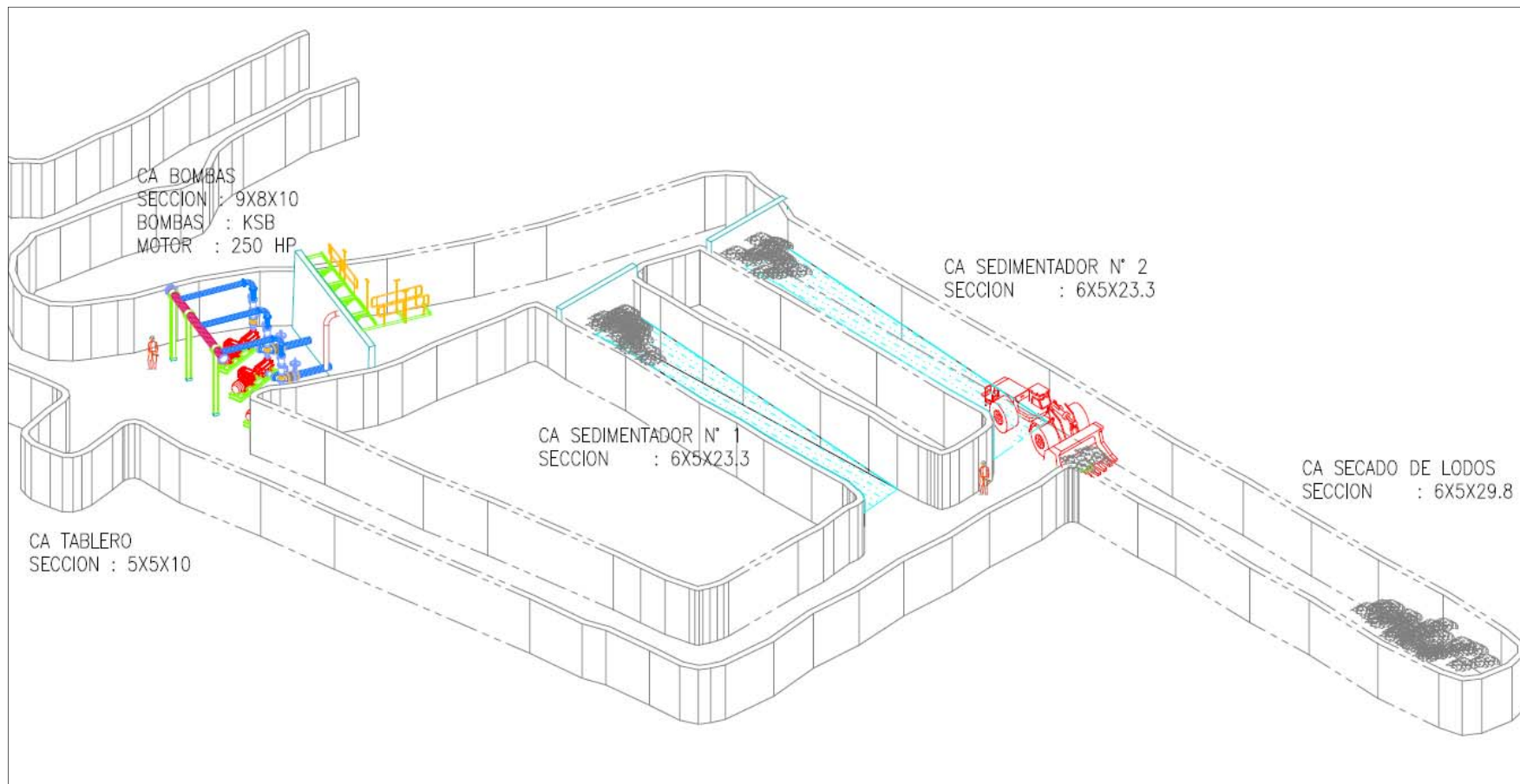
CONCLUSION:


 Tec. Resp. Montaje
 MISAEL ALCOCER


 Tec. Electricista Resp.
 PABLO ATENCIA


 Sup. de Planta
 Percy Alexander Gonzales More
 Supervisor de Planta
GEOHidráulica

Anexo 26. Diseño propuesto para Estación de Bombeo en el Túnel de integración



Anexo 27. Fotos de ubicación de muestras en la Mina San Cristóbal para el aforo de caudales.



Anexo 28. Fotos de diversas zonas donde se tomaron los aforos en distintos niveles de la Mina San Cristóbal



Anexo 29. Selección de bombas para realizar el protocolo de prueba



Anexo 30. Mapeo de fallas y fracturas para determinar el tipo de roca en la Mina Carahuacra – Malla recomendada para la perforación y voladura



Anexo 31. Fotos de monitoreos de Vibraciones



Anexo 32. Fotos de monitoreos de Vibraciones

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Implementación del túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018					
1. Problema General	1. Objetivo General	1. Hipótesis General	Variable independiente	Dimensiones	Indicadores
PG: ¿Cómo la implementación del túnel de integración mejorará el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?	OG: Demostrar como la implementación del túnel de integración mejorará el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.	Hi: La implementación del túnel de integración mejorará el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.	V2: túnel de integración.	Perforación y voladura (explosivos y accesorios)	Nivel de avances
					Nivel de costos
				Soporte y revestimiento	Clasificación geomecánica del macizo rocoso
					Resistencia del concreto proyectado
2. Problemas específicos	2. Objetivos específicos	2. Hipótesis específicos	Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores
PE1: ¿Cómo la implementación del túnel de integración mejorará la operacionalización de pozas, desarenador y líneas de conducción de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?	OE1: Explicar de qué manera la implementación del túnel de integración mejorará la operatividad de las pozas, desarenador y líneas de conducción de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.	HI1: La implementación del túnel de integración mejorará la operacionalización de pozas, desarenador y líneas de conducción de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.	V1: Sistema de bombeo y drenaje.	Poza, desarenador y líneas de conducción (canal de captación)	Diseño hidráulico

<p>PE2: ¿De qué manera la implementación del túnel de integración mejorará la estación de bombeo de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?</p>	<p>OE2: Determinar como la implementación del túnel de integración mejorará la funcionalidad de la estación de bombeo de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.</p>	<p>Hi2: La implementación del túnel de integración mejorará la operacionalización de la estación de bombeo de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.</p>			<p>Programación de ejecución</p>
<p>PE3: ¿De qué manera el sistema de bombeo y drenaje mejorará la perforación y voladura de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?</p>	<p>OE3: Indicar de qué manera la mejora del sistema de bombeo y drenaje ayudará a la perforación y voladura de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.</p>	<p>Hi3: La mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor avance en la perforación y voladura de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.</p>		<p>Estación de bombeo</p>	<p>Selección del tipo de bombas (volumétricas / centrífugas</p>
<p>PE4: ¿Cómo el sistema de bombeo y drenaje mejorará el soporte y revestimiento de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018?</p>	<p>OE4: Definir cómo la mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor durabilidad al soporte y revestimiento de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.</p>	<p>Hi4: La mejora del sistema de bombeo y drenaje dará mayor durabilidad al soporte y revestimiento de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018.</p>			<p>Rendimientos de bombeo</p>

Yo, **Susy Giovana Ramos Gallegos**, docente de la Facultad de **Ingeniería**, Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Universidad César Vallejo campus Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

“Implementación del túnel de integración para mejorar el Sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra – Junín 2018”, del estudiante **Anchiraico Cusi, Elvis José**, constato que la investigación tiene un índice de similitud del **16 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito(a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender, la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 15 de Junio del 2019.



SUSY GIOVANA RAMOS GALLEGOS
INGENIERA CIVIL
REG. C.I.P. N° 56823

Mgtr. Susy Giovana Ramos Gallegos

D.N.I.: 09715409

Asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Implementación del túnel de integración para mejorar el Sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra - Junio 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

ANCHIRAIKO CUSI, ELVIS JOSE

ASESOR:

Ing. RAMOS GALLEGOS, SUSY GIOVANA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

LIMA-PERÚ



16 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver Fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias	Porcentaje
1 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	11 %
2 scielo.conicyt.cl Fuente de Internet	<1 %
3 www.geocontrolbrasil... Fuente de Internet	<1 %
4 www.sic.gov.co Fuente de Internet	<1 %
5 Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %
6 subterraning.com Fuente de Internet	<1 %
7 www.revistas.pucp.edu... Fuente de Internet	<1 %
8 dooplayer.es Fuente de Internet	<1 %
9 www.lit.upcomillas.es Fuente de Internet	<1 %
10 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11 esdoce.com Fuente de Internet	<1 %



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Anchiraico Cusi Elvis Jose

D.N.I. : 40329838 N° Celular: 966561831 N° Telf. Fijo:

Domicilio : Jr. Bolognesi 750 Torre Mora Mia Dpto 403 San Miguel

E-mail : e.anchiraico@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS

Facultad : INGENIERÍA

Escuela : Profesional Ingeniería Civil

Modalidad:

Form box containing checkboxes for Pre Grado (Trabajo de Investigación, Tesis) and Post Grado (Maestría, Doctorado), along with fields for Grado de Bachiller en and Título Profesional de.

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Anchiraico Cusi Elvis Jose

Título de la tesis:

Implementación del túnel de integración para mejorar el sistema de bombeo y drenaje de las minas San Cristóbal y Carahuacra - Junín 2018

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento;

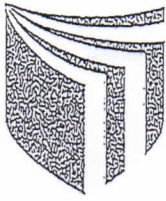
Form with checkboxes for AUTORIZO a publicar en texto completo and NO AUTORIZO a publicar en texto completo.

Firma del autor:

Handwritten signature of the author

Fecha:

28/06/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

ANCIPALDO CASI, JOSE BLVIS

INFORME TITULADO:

*IMPLEMENTACIÓN DEL TUNEL DE INTEGRACIÓN PARA
MEJORAR EL SISTEMA DE BOMBEO Y DRENJE DE 203 MINAS
SAN CRISTÓBAL Y CANTHUACRA - JUNÍN - 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

05/12/2018

NOTA O MENCIÓN :

16 (Dieciséis)

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

