

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**



**TESIS**

**“PROYECTO PIQUE CENTRAL PARA  
EXPLORACION DEBAJO DE NIVEL  
1400 - SOCIEDAD MINERA AUSTRIA  
DUVAZ S.A.C.”**

PRESENTADO POR:

**BACH. CÁCEDA CORILLOCLA, Juan Antenor**

**BACH. PEREZ VILLAVERDE, Jean Carlos**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE MINAS**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2015**

**ASESOR:**  
**Dr. VICTOR ALEJANDRO AMES LARA**

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestros estimados y queridos padres por haber confiado en nosotros, para ser buenos profesionales y mejores personas.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los docentes y catedráticos de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú, quienes con sus enseñanzas y su dedicación han logrado convertirnos en profesionales a carta cabal, dedicados a la investigación y al trabajo profesional responsable.

También de igual manera a los ingenieros de minas y profesionales de la Compañía Minera Austria Duvaz S.A.C. por haber contribuido con sus sugerencias y apreciaciones a la culminación del presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

La Compañía Minera Austria Duvaz S.A.C. que tiene una experiencia de más de un siglo en la actividad minera, ha decidido la construcción de un nuevo pique central porque los piques 880 y 920 que son inclinados no satisfacen los requerimientos para una explotación segura y eficiente.

Con tal motivo luego de interpretar los datos de los trabajos de exploración se ha determinado que la mina tiene como reserva probada y probable 1 009 799 TM de mineral. Lo cual justifica la construcción del nuevo pique central que será vertical.

El Nuevo Pique Central debe ser construido desde el Nivel 1400 hasta el Nivel 1700, alcanzando el pique una longitud de 428 metros. La sección de la excavación será de 4,81 m x 2,31 m; y tendrá tres compartimientos, uno para camino y otros dos para skips.

La ubicación del Nuevo Pique Central, se determinó deberá tener una ubicación de acuerdo a la opción 6; la cual con los cinco factores considerados para la elección de la ubicación adecuada del Nuevo Pique Central llamado Pique Rosario.

El Costo Total el pique será de 3 260 468 U.S. \$; el costo por metro lineal será de 7 604,40 U.S. \$/m y el costo de inversión unitario será de 3,229 U.S. \$/TM. Y la construcción del nuevo pique central tendrá una duración dos años y tres meses.

## ABSTRACT

The Compañía Minera Austria Duvaz S.A.C., which has an experience of more than one century in the mining sector, has decided the construction of a new central shaft because the piques 880 and 920 which are inclined not satisfied the requirements for a safe and efficient operation.

For this reason after interpreting exploration data it has been determined that the mine has proven and probable reserve 1 009 799 Mt of ore. Which justified the construction of the new central shaft this will be vertical.

The New Central Shaft should be built from the 1400 level until the 1700 level, reaching a length of 428 meters. The section of the excavation will be in will be 4.81 m x 2.31 m; and it will have three compartments, one for road and two for skips.

Determined the location of the New Central Shaft, must have a location according to option 6; which with the five factors considered for the choice of the proper location of the so-called Central Pique new Pique Rosario.

The Total cost of shaft will be 3 260 468 U.S. \$; the cost per linear meter will be 7 604,40 U.S. \$ / m and the cost of investment unit will be of 3,229 U.S. \$/ Tonne. And the construction of the new central shaft will last two years and three months.

## INDICE

	Página
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice	vi
Introducción	ix
<b>CAPÍTULO I</b> <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Identificación y determinación del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	4
1.2.1 Problema General	4
1.2.2 Problemas Específicos	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación	5
1.5 Alcances y Limitaciones	6
<b>CAPÍTULO II</b> <b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes del estudio	7
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1 Piques	8
2.2.1.1 Introducción	8
2.2.1.2 Importancia del pique	10
2.2.1.3 Parámetros Iniciales	11
2.2.1.4 Objetivos	12
2.2.1.5 Aspectos Geomecánica para el Diseño del Pique	12
2.2.1.6 Selección de la ubicación del pique	13
2.2.1.7 Factores para el diseño del pique	14
2.2.1.8 Consideraciones de diseño	15
2.2.1.9 Formas de la sección transversal de un pique	15
2.2.1.10 Pique de Sección Rectangular	16
2.2.1.11 Sección Circular	18
2.2.1.12 Diseño de piques	19
2.2.1.13 Dimensiones del pique	20
2.2.1.14 Revestimiento del pique	23
2.2.1.15 Fortificación de piques	27
2.2.1.15.1 Fortificación con madera	27
2.2.1.15.2 Fortificación con cuadros completos	30
2.2.1.15.3 Fortificación solo con soleras	31
2.2.1.15.4 Fortificación con acero y shotcrete	32
2.2.1.16 Procedimiento para construcción de pique	37
2.2.1.16.1 Equipos	37
2.2.1.16.2 Sostenimiento	38
2.2.1.16.3 Entibación con cuadros normales	39

2.2.1.16.4	Entibación con cuados suspendidos o colgantes	41
2.2.1.16.5	Descripción de los materiales a utilizar en el sostenimiento	42
2.2.1.16.6	Izaje	43
2.2.1.16.7	Ventilación	44
2.2.1.16.8	Organización de los trabajos	44
2.2.1.16.9	Profundización de piques	45
2.2.1.16.10	Profundización de piques por el sistema tradicional	46
2.2.1.16.11	División de piques en compartimiento	47
2.2.1.16.12	Enganches	48
2.2.1.16.13	Cálculo y diseño	50
2.2.2	Mina Austria Duvaz	54
2.2.2.1	Ubicación y Accesibilidad	54
2.2.2.2	Fisiografía	55
2.2.3.2	Geología Regional	56
2.2.2.4	Geología Distrital	58
2.2.2.5	Estratigrafía	60
2.2.2.5.1	GRUPO MACHAY- Cretáceo Medio	60
2.2.2.5.2	GRUPO GOYLLARISQUIZGA - Cretáceo Inferior	61
2.2.2.5.3	GRUPO PUCARÁ-Triásico-Jurásico	61
2.2.2.5.4	GRUPO MITU- Pérmico Medio	61
2.2.2.5.5	GRUPO EXCÉLSIOR- Silúrico-Devónico	62
2.2.2.6	Intrusivos	62
2.2.2.6.1	Diorita Anticona	63
2.2.2.6.2	Monzonita Cuarcifera	63
2.2.2.6.3	Pórfido Cuarcifero	64
2.2.2.7	Estructuras	64
2.2.2.7.1	Plegamiento – Fallamiento	65
2.2.2.7.2	Brechamiento	67
2.2.2.8	Descripción geológica de las principales vetas	70
2.2.2.9	Descripción de las etapas de operación minera	72
2.2.2.9.1	Exploración	72
2.2.2.9.2	Desarrollo	72
2.2.2.9.3	Preparación	73
2.2.2.9.4	Explotación	73
2.2.2.10	Seguridad	75
2.3	Definiciones	76
2.3.1	Proyecto	76
2.3.2	Pique	77
2.3.3	Pique central	77
2.3.4	Explotación	78
2.3.5	Acarreo	78
2.3.6	Echadero	78
2.4	Hipótesis	78
2.4.1	Hipótesis General	78
2.4.2	Hipótesis específicas	78
2.5	Variables e indicadores	79



2.6 Operacionalización de las variables	79
---	----

**CAPÍTULO III  
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 Método de investigación	80
3.2 Tipo de investigación	80
3.3 Nivel de Investigación	81
3.4 Población y muestra	81
3.5 Diseño de investigación	81
3.6 Técnicas de recolección de datos	81
3.7 Técnicas de Procesamiento de datos	82

**CAPÍTULO IV  
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Presentación de datos generales	83
4.1.1 Parámetros Iniciales	83
4.1.2 Proyecto Nuevo Pique Central	84
4.1.3 Datos técnicos	87
4.1.4 Ubicación de pique y geomecánica	88
4.2 Análisis e interpretación de datos	88
4.2.1 Sección Longitudinal 1 - Pique Central	89
4.2.2 Sección Longitudinal 2 - Pique Central	90
4.2.3 Sección Longitudinal 3 - Pique Central	91
4.3 Prueba de hipótesis	92
4.4 Discusión de los resultados	94
4.4.1 Requerimiento de Madera Pino	94
4.4.2 Inversión - Cronograma	97
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	102

## INTRODUCCIÓN

Los yacimientos minerales más importantes de nuestro país se encuentran en los Andes peruanos. Es decir a grandes altitudes, con topografías agrestes, climas fríos, etc. Las operaciones de explotación minera subterránea cada vez más se realizan a mayores profundidades, de modo que, es necesario la construcción de piques que nos sirven para transportar el personal, materiales, equipos, ventilación y así como para la extracción el mineral del seno de la tierra de manera segura y eficiente.

Por esta razón la Compañía Minera Austria Duvaz S.A.C. ha decidido, después de un análisis cuidadoso, la construcción de su Nuevo Pique Central, para lo cual ha desarrollado un trabajo de investigación para poder realizar un proyecto para dicho fin; además, ubicar adecuadamente dicha labor y cumplir con los objetivos de la explotación minera.

Por esta razón se dividió el informe final de la investigación en cuatro capítulos siendo los siguientes: Capítulo I, Planteamiento del problema; Capítulo II, Marco Teórico; Capítulo III, Metodología de la Investigación, Capítulo IV, Resultados y Discusión.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación y determinación del Problema**

Como referencia histórica se puede decir que la empresa minera Austria Duvaz se constituyó por escritura pública de fecha 14 de diciembre de 1906, otorgada ante el notario de Lima Don Adolfo Prieto y Risco, bajo la razón social de Sociedad Minera Austria Duvaz Limitada, con domicilio legal en Lima y por un término de 20 años prorrogables, el capital inicial fue S/.200,000 representada por 2,000 acciones. Su objetivo fue la explotación de los intereses mineros “Austria Duvaz”, “Amorcito”, “Chiquilicuatro”, “Eulalia” y “Melchorita” ubicados en la zona de Morococha.

El accionista mayoritario de la compañía fué Don Lizandro A. Proaño, con 1005 acciones, también fue propietario de la Sociedad Minera Alapampa, así como de Tamboraque.

En el año 1951, la Sociedad Minera Austria Duvaz. Era propiedad de la Negociación Minera y Metalúrgica Lizandro A. Proaño en su 67 % y el saldo propiedad de Cerro de Pasco Corporation. En estos cinco años fueron desarrolladas intensamente las vetas Austria Duvaz, Victoria y Chiquilicuatro, llegándose a la fase de mayor producción a extraer 100 T.M./día. El mineral producto de las concesiones era enviado por ferrocarril y camiones a la planta de Concentración de Tamboraque de propiedad de la Negociación Minera Lizandro A. Proaño, distante 60 Km., de la mina.

La Sociedad Minera La Mar, que operaba en Morococha desde 1965, adquiere en 1968 parte principal del accionariado de Austria Duvaz y sin contar con una planta concentradora reinician la explotación de las vetas Victoria, Valentina, Duvaz y del grupo denominado San Pablo. Inician una cortada de 220 mts en el nivel 1000 de la veta Austria Duvaz a la veta La Tuerca (S.P.2); la cual ha sido explotada por la Cerro de Pasco Corporation desde el nivel 400 hasta la superficie, permaneciendo virgen en profundidad. Dicha cortada hacia La Tuerca (S.P.2) la interceptaría con éxito 100 m. más abajo.

En el transcurso de 1975, se hizo evidente que la falta de una planta concentradora propia estrangulaba el desarrollo de la mina. La producción que en 1968 fue de 800 T.M. anuales alcanzó 37,000 T.M. en 1975. Los minerales eran tratados en diferentes plantas de concentración,

principalmente Sacracancha (Ex Banco Minero) Susana, Puquio Cocha, Amistad y Tamboraque.

En el mes de abril de 1977 marca un hito importante en el desarrollo de esta dinámica empresa, pues adquiere en compra-venta la planta concentradora y otras instalaciones de la Sociedad Minera Puquio Cocha S.A., fundada en 1909; cuya operación minera paralizó en 1972 por agotamiento de sus reservas minerales.

En 1977, Austria Duvaz apenas producía 100 T.M./día y su fuerza laboral en conjunto no pasaba de 120 hombres. Tres años después, la Compañía pasa a las 400 TM/día y sus trabajadores de las planillas llegan a 366. La producción es beneficiada en su propia planta “Puquio Cocha” y en la planta Tamboraque perteneciente a Negociación Minera Lisandro A. Proaño.

En la actualidad Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C. tiene una producción 600 TM/día y produce concentrados de Cu, Pb, Zn y Ag. Sometiéndonos a procedimientos seguros, cuidando la calidad, seguridad, Salud y Medio Ambiente con Responsabilidad Social, como un solo ente integrado.

Como se ha señalado, Sociedad Minera Austria Duvaz, empresa dedicada a la explotación de recursos minerales de (Cu, Pb, Zn y Ag), siempre ha explotado los minerales con métodos de explotación del tipo subterráneo convencional empezando su operación en 1906, con más de 109 años.

En Morococha; se desarrollan trabajos de exploración en interior mina con taladros largos (*hasta 150 m*), investigando la continuidad de las estructuras mineralizadas (*vetas y cuerpos*), con recuperación de testigos.

También se realiza Evaluación de Prospectos y minas; se trata de investigaciones de otras minas; donde se realizan: muestreo, pruebas metalúrgicas; la finalidad es de ubicar nuevos frentes de extracción de mineral

En esa medida Sociedad Minera Austria Duvaz ha determinado, mediante los estudios geológicos correspondientes, que por debajo del nivel 1 400 se tiene una reserva de mineral probado y probable de 1,009,799 de toneladas métricas, que podrían ser explotadas si se construye un pique central de altura igual a 428,80 metros. Por lo que la empresa está decidida a elaborar un proyecto de pique central y lograr la explotación de dicho mineral.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo influye el Proyecto Pique Central para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

a) ¿Cómo influye la ubicación del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.?

- b) ¿Cómo influye los costos de ejecución del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar cómo influye el Proyecto Pique Central para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar cómo influye la ubicación del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.
- b) Determinar cómo influye los costos de ejecución del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

### **1.4 Justificación**

La empresa Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C., como se ha visto anteriormente, explota su concesión minera mediante métodos de explotación subterránea. De manera que se va profundizando los

diferentes niveles de explotación y cada vez se hace más difícil el izaje del mineral a través de los piques inclinados 920 y 880. Además, las reservas cubicadas debajo del nivel 1400 son de cantidad considerable y que permitirán que la vida de la mina se incremente y también se mantendrá el trabajo para el personal que labora en la mina. Por tal razón se tiene la posibilidad de ejecutar un pique central de modo que permita “tener a la mano” el mineral que se encuentra en las profundidades. También permitirá un izaje más rápido del mineral fragmentado después de que el pique esté habilitado para tal fin.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad determinar de qué manera la ubicación correcta del pique central permite explotar el mineral que se encuentra debajo del nivel 1 400.

### **1.5 Alcances y Limitaciones**

El presente trabajo de investigación se dedicó a la determinación de la influencia del proyecto pique central para la explotación del mineral que se encuentra debajo del nivel 1400 en la Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

El tiempo de duración del trabajo de investigación fue desde el mes de julio de 2015 hasta la fecha.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del estudio**

**Beltrahan Aníbal Melgar Pérez**, en su trabajo “Proyecto: Construcción de Pique, Mina Teresita, Cia. Minas Recuperada S.A.”, de la UNSCH, 2010, señala que: “En un yacimiento minero donde el acceso a la mina no es posible por socavones de cortada o túneles; cuando se quiere profundizar una mina en plena operación o se quiere extraer mineral o desmonte; se quiere introducir materiales, maquinarias y el mismo personal; y no se tiene socavones principales, se recurre a la construcción de piques o rampas”.

**Luis Alberto Tellería Paredes**, en su texto “Diseño de Estructuras Mineras” en la página electrónica Scribd, señala que: “Mientras el mineral no se

encuentre a excesiva profundidad, el método de extracción de mineral más habitual es por ejecución de rampas, galerías y túneles que permitan el acceso hasta la zona de minado. Hay momentos en que esta distancia se hace excesiva debido a la profundidad a la que empieza a encontrarse el mineral. Esto se acentúa aun más cuando los sondeos diamantinos que se efectúan desde dentro de las explotaciones acceden a nuevas zonas aun más profundas en las cuales el mineral está presente. Llegado este momento, uno se ve obligado a replantear el sistema de extracción. La alternativa más usuales emplear un sistema de pique vertical que permite el acceso de los operarios a las zonas más profundas de un modo más rentable y rápido, extrayendo el mineral por izado de vagones o skip, bien hasta superficie, bien hasta niveles intermedios. Por ello es frecuente que ciertas minas, a medida que transcurren los años y ven que sus reservas minerales van quedando cada vez más profundas, se replanteen la sustitución de su sistema de extracción habitual por el de izado por piques.”

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Piques**

#### **2.2.1.1 Introducción**

Desde la antigüedad, el hombre viene explotando los recursos minerales que la naturaleza le ofrece. Generalmente, la metodología más barata consiste en la explotación desde superficie de los afloramientos de mineral con el sistema conocido por cielo abierto.

Otras veces, la disposición de la capa o del filón de mineral obliga a su explotación subterránea. Mientras el mineral no se encuentre a excesiva profundidad, el método de extracción de mineral más habitual es por ejecución de rampas, galerías y túneles que permitan el acceso hasta la zona de minado. Hay momentos en que esta distancia se hace excesiva debido a la profundidad a la que empieza a encontrarse el mineral. Esto se acentúa aún más cuando los sondeos diamantinos que se efectúan desde dentro de las explotaciones acceden a nuevas zonas aún más profundas en las cuales el mineral está presente. Llegado este momento, uno se ve obligado a replantear el sistema de extracción. La alternativa más usual es emplear un sistema de pique vertical que permite el acceso de los operarios a las zonas más profundas de un modo más rentable y rápido, extrayendo el mineral por izado de vagones o skip, bien hasta superficie, bien hasta niveles intermedios.

Por ello es frecuente que ciertas minas, a medida que transcurren los años y ven que sus reservas minerales van quedando cada vez más profundas, se replanteen la sustitución de su sistema de extracción habitual por el de izado por piques.

También cabe comentar que las técnicas actuales de exploración mediante sondeos diamantinos que alcanzan grandes distancias permiten ubicar las reservas existentes más profundas y con mayor exactitud, pudiéndose por tanto planificar la mina con más rigor y decidir de antemano qué tipo de equipamiento va a ser el más adecuado para la extracción del mineral durante toda la vida de la mina.

#### **2.2.1.2 Importancia del pique**

El pique es la apertura más importante en minas subterráneas y por él pasan todos los suministros para la explotación tales como la ventilación, transporte de mineral, suministros y personas, electricidad, aire comprimido, agua y bombeo.

Una vez perforado admite pocas posibilidades de modificación, por lo que su adecuado diseño inicial contemplando su eficiencia durante toda su vida operativa del pique, no de la mina, es uno de los parámetros más críticos.

Dada su importancia, debe elegirse adecuadamente su ubicación, sus dimensiones, el método de profundización, el recubrimiento de las paredes del pique, el brocal, los enganches en los niveles y la maquinaria de extracción. La

capacidad del pique se diseñará pensando en posibles ampliaciones de producción posteriores.

### **2.2.1.3 Parámetros Iniciales**

La metodología seguida para diseñar los piques verticales es la siguiente:

1. Establecer el modelo geológico del yacimiento y de la roca de caja que puede tener influencia en las obras por ejecutar:
  - a. Realizar sondeos.
  - b. Realizar mapa geológico.
  - c. Determinar las características geológicas.
2. Realizar el modelo geomecánico de la zona influyente:
  - a. Ensayos sobre los testigos extraídos.
  - b. Establecer las propiedades geomecánicas de los diferentes litotipos y de las discontinuidades.
  - c. Establecer los criterios de rotura de las rocas.
  - d. Medición de las tensiones naturales del macizo rocoso.
3. Caracterizar el macizo rocoso.
4. Diseño inicial de la obra.
5. Diseño inicial del sostenimiento y del modelo matemático.
6. Análisis de los problemas que se pueden presentar.
7. Rediseñar la obra.
8. Puesta en marcha de la obra:

- a. Establecimiento de criterios iniciales.
- b. Organización del seguimiento y control de la obra.
- c. Selección y adquisición de la instrumentación de control.
- d. Determinación de las campañas de auscultación y medición.
- e. Establecimiento de un control de calidad de ejecución de obra y de materiales empleados.

#### **2.2.1.4 Objetivos**

Los objetivos para el diseño del pique se basan a los aspectos geomecánicos.

- Desarrollar la mina en profundidad.
- Incrementar las reservas y vida de la mina.
- Generar utilidades, trabajo y aporte al estado
- Duración del pique en función con las reservas que debe extraerse.
- La evaluación geomecánica nos garantiza la duración de labor sin sobre dimensionar la sección y el sostenimiento (óptimo diseño y desarrollo).

#### **2.2.1.5 Aspectos Geomecánica para el Diseño del Pique**

La apertura de una labor subterránea altera el campo de esfuerzos existentes en el macizo rocoso al profundizarse las

labores se incrementan las presiones que llegan a producir esfuerzos que exceden la resistencia de las rocas, siendo necesario instalar el sostenimiento (refuerzo o soporte).

El pique de extracción es la parte más importante en minería subterránea y por el cual pasan todos los suministros para la explotación tales como ventilación transporte de mineral, suministros y personas. Electricidad, aire comprimido, agua, bombeo.

Dada su importancia, debe de escoger su ubicación adecuadamente, su diámetro, el método de profundización, el recubrimiento de las paredes del pique, el brocal, los enganches en los niveles y la maquinaria de extracción. La capacidad del pique se diseñara pensando en posibles ampliaciones de reducción posteriores

#### **2.2.1.6 Selección de la ubicación del pique**

Los piques de extracción no deben de ser afectados por las inundaciones, y para ello se analiza la máxima venida de los cien años .También deben de situarse demasiado próximo a las carreteras de gran circulación, ni en entornos industriales que puedan ser objeto de incendios con gran producción de humos. En los parajes boscosos con árboles incendiables se

talarán un radio de unos 100 m y se eliminara la vegetación que pueda incendiarse, todo ello con el fin de evitar que entren humos en la ventilación. Se analizarán todas aquellas cuestiones externas que pudieran poner en peligro la vida de los trabajadores y la integridad de la mina y que puedan influir en la decisión sobre el emplazamiento del pique.

El número mínimo de piques que deben de excavarse para la explotación son como mínimo dos; para producción, personal, entrada de materiales, equipos y aire. El otro pique es para el retorno del aire y como vía adicional de escape. A veces es necesario la excavación de tres piques cuando la extracción de la mina no permita una adecuada ventilación con dos piques. Cuatro piques serán necesario cuando la necesidades de producción doblen aproximadamente la capacidad de una eventual mina de dos piques con la mitad de la producción.

#### **2.2.1.7 Factores para el diseño del pique**

Los factores que nos inducen para pensar en su construcción

1. Necesidad de extracción de mineral.
2. Reducción de los costos de producción.
3. Profundización de los niveles de extracción.



### **2.2.1.8 Consideraciones de diseño**

Una vez que ya se determinó que es necesaria y viable la construcción de un pique cuales son las consideraciones para el diseño del pique.

1. Análisis de costo en relación a otros piques.
2. El área debe ser favorable y suficientemente grande para la instalación de superficie.
3. La naturaleza del suelo debe ser adecuada para las cimentaciones, realizando para ello estudios de geología, hidrogeología, geotecnia y geomecánica que nos indique la calidad del macizo rocoso en el área destinado para el pique.
4. La mina debe tener buenas vías de acceso y espacio libre para favorecer el trabajo.

### **2.2.1.9 Formas de la sección transversal de un pique**

Los piques de minas por lo general son de forma rectangular y circular, pero hay piques elípticos que son raros.

Los criterios usuales para elegir entre un pique circular y rectangular son:

1. La calidad del macizo rocoso.
2. El tiempo de servicio y el destino final del pique.
3. El material de fortificación a ser usado.

### 2.2.1.10 Pique de Sección Rectangular

Es la forma más empleada sin embargo ofrece las siguientes desventajas:

1. Dificultad en la formación del ángulo recto.
2. Posibilidad de una deformación significativa de las fortificaciones en caso de rocas débiles e inestables.
3. Mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación.

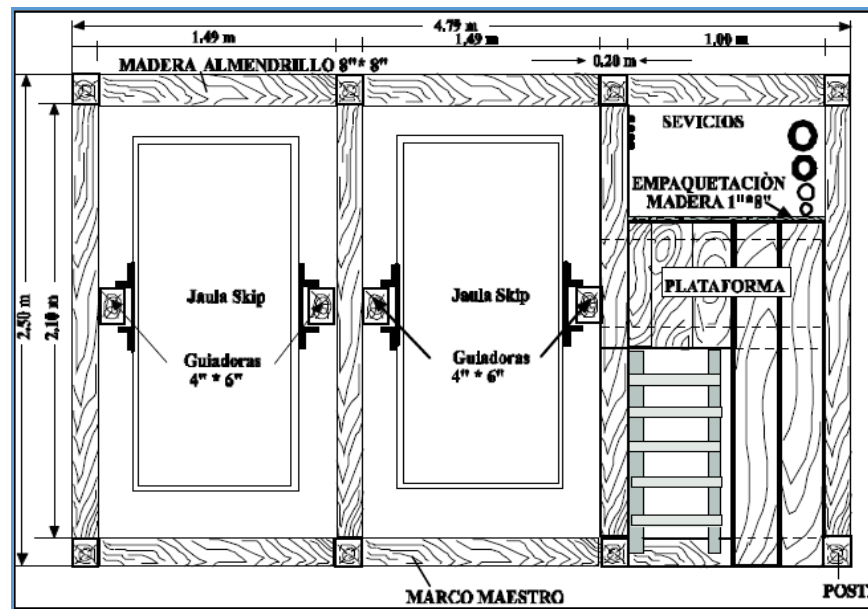


Figura 2.1 Pique se sección rectangular



Figura 2.2 Pique rectangular con sostenimiento de madera

- Los métodos de profundización en un pique rectangular tienen dos opciones:
- En la forma original se trabaja con equipo de madera porque ésta es muy maleable y fácil de trabajar. Pero debido a que la madera no es tan fuerte como elemento estructural, entonces se coloca un set cada dos metros.
- De las estructuras de madera se ha evolucionado a estructuras de acero. Para trabajar con este elemento se coloca un pique rectangular con grupos de instrumentos y guías de acero cada cinco metros. Entonces, se tiene una instalación que es difícil de alinear pero una vez instalada es estable.

### 2.2.1.11 Sección Circular

La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por la roca circundante; ya que esta, se distribuye más uniformemente. Además, los piques circulares poseen un menor coeficiente de resistencia aerodinámica.



Figura 2.3 Pique circular

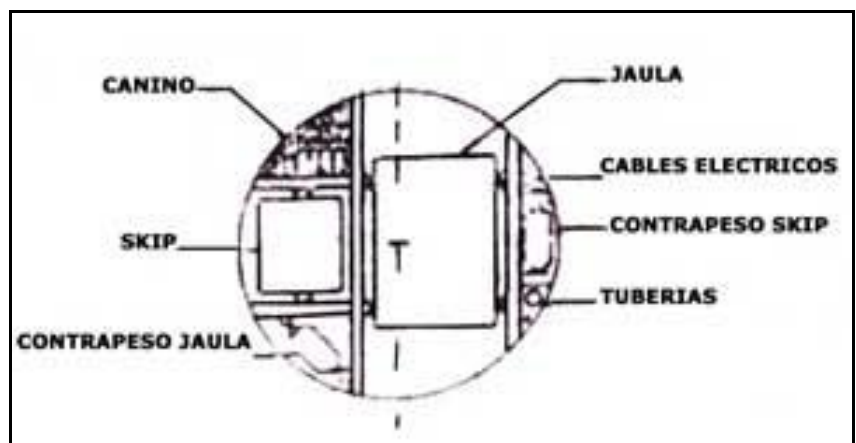


Figura 2.4 Partes de un Pique Circular

En el pique circular se debe poner el concreto hasta el nivel donde uno está trabajando y no se tendrán problemas. Pero eso dependerá del tamaño del área expuesta.

#### **2.2.1.12 Diseño de piques**

En un pique rectangular, los marcos de madera o de acero pueden funcionar al mismo tiempo, pero se da muy poca atención al alineamiento. Los trabajadores no están especializados en instalar estos equipos.

Originalmente se pensaba que los piques rectangulares eran más barata. En cambio los circulares se profundizan con equipos de perforación de fase mediana y el trabajo es bastante considerable porque hay que poner diferentes instrumentos para instalarlo es costoso pero una vez que está instalado, se puede avanzar la construcción 2 metros al día.

En cambio los rectangulares se detendrán el algún punto a diferencia del circular que seguirá a una misma tasa de avance. Esto justifica los costos de instalación e infraestructura del equipo de profundización del pique. Como sabemos cuándo más tiempo tome el proyecto es más

probable que haya accidentes. Entonces tratar de ahorrar tiempo es una manera de evitar accidentes en el desarrollo del pique.

Estudios de comparación de costos entre un pique circular y rectangular arrojan que el pique circular es 10% más económico, además que tiene un 10% más de producción. Ahora debido a que los tonelajes de las minas están aumentando se necesitan piques más grandes y en ese caso sería mejor los piques circulares.

#### **2.2.1.13 Dimensiones del pique**

En el pique principal o de producción el diámetro se evalúa de modo que sea el mínimo para la circulación de las jaulas o skips y para dar espacio a los conductores eléctricos, de aire comprimido, de agua fresca, de ventilación, bombeo y relleno en su caso y para la escala de escape de emergencias realiza un plano de la sección del pique y dibujan la sección y la disposición de cada uno de los elementos anteriores, adaptando en lo necesario el contorno del pique. Se tendrá en cuenta las distancias mínimas a considerar entre los elementos móviles y los parámetros del pique.

Se comprueba que la cantidad y la velocidad de aire de ventilación son las especificadas. El volumen de los skips se estima de forma siguiente.

Sea Q la carga máxima de material del skip que se quiere utilizar para una producción diaria de W toneladas, siendo T las horas de extracción diarias.

$$Q = \frac{k t W}{3600 T}$$

Donde:

K es un factor de seguridad: 1,5 para dos skips y 1,25 para solo un skip o jaula.

$t = t_1 + t_2$  es el tiempo total en el ciclo en s, ( $t_1$  es tiempo de funcionamiento,  $t_2$  es el tiempo de parada ).

El volumen del skip es:

$$P = \frac{Q}{\gamma}$$

Donde  $\gamma$  es la densidad aparente de la carga de mineral en t/ m<sup>3</sup>. Para carbón se toma 0,8 a 0,85 y para minerales 1,4 a 1,5.

Basándose en estas estimaciones y cálculos y teniendo en cuenta las consideraciones previas, Unrug propone el ábaco adjunto para la evaluación de los principales parámetros del pique.

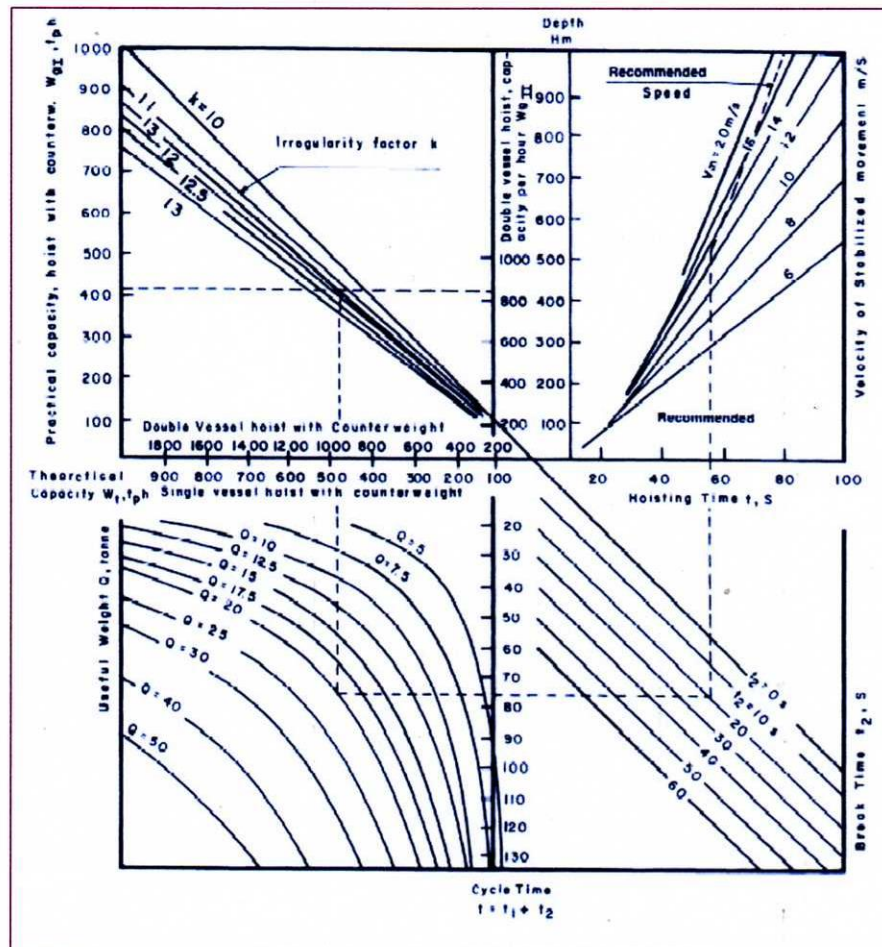


Figura 2.5 Ábaco para la determinación de diferentes parámetros y la capacidad de extracción con 1 y 2 skips.



#### 2.2.1.14 Revestimiento del pique

El revestimiento del pique cumple las misiones de servir de soporte a los equipos y sostener las paredes. En los piques modernos de sección circular o elíptica el revestimiento se hace de hormigón armado con un espesor mínimo de 20 cm, aunque en piques de sección rectangular perforados en rocas competentes puede usarse revestimiento de madera. Antiguamente se ha usado revestimiento de ladrillo o de bloque.

Las ventajas del hormigón son que puede conseguirse resistencias altas de hasta 50 Mpa y que puede impermeabilizarse para presiones hidrostáticas no demasiado elevadas de los niveles freáticos.

Normalmente el revestimiento no se calcula en piques realizados en rocas duras ya que la resistencia del hormigón es inferior a las tensiones de la roca, por lo que el hormigón no debería estar sometido a presiones del terreno, Sin embargo el brocal y la parte de pique excavado en el terreno de recubrimiento si pueden estar sometidos a tales esfuerzos del terreno o de la presión del freático. La presión del agua se calcula fácilmente como la altura máxima de la columna del agua, y la presión debida

a terrenos no cohesionados (arenas) como el producto altura  $\times$  por densidad. Si los terrenos están cohesionados conviene recurrir a un especialista en geotecnia o mecánica de suelos.

Para calcular el espesor de hormigón del brocal y del revestimiento en el recubrimiento se utilizan las siguientes expresiones:

En el caso de que se considere que la presión se aplica de golpe provocando una reacción elástica del hormigón (formula de Lamé),

$$d = r \left( \sqrt{\frac{R_c}{R_c - Fp^{1/2}} - 1} \right)$$

O bien en el caso que la presión sea alta y se aplica gradualmente provocando una reacción plástica del hormigón (fórmula de Huber).

$$d = r \left( \sqrt{\frac{R_c}{R_c - 2pF} - 1} \right)$$

Donde:

$d$ = espesor del revestimiento en m.

$r$ = radio interior del pique en m.

$R_c$ = resistencia del hormigón en Mpa.

$P$ = presión externa que actúa sobre el hormigón en Mpa.

$F$ = 2, coeficiente de seguridad respecto de la tensión de compresión.

### EJEMPLO

Hallar el espesor  $d$  de hormigón necesario para un pozo circular sometido a presión externa mediante la fórmula de Lamé.

Datos:

Diámetro interior del pozo  $D = 6,1$  m

Presión externa  $p = 1,4$  MPa

Resistencia del hormigón a los 28 días  $R = 25$  Mpa

Solución:

$$d = 3,05 \cdot \left( \sqrt{\frac{25}{25 - 2 \cdot 2 \cdot 1,4}} - 1 \right) = 0,412 \text{ m}$$

Para el cálculo del revestimiento del brocal y del recubrimiento es prudente suponer que la columna de agua llega hasta la superficie y que al menos el 70 % de la presión máxima teórica del terreno activo se aplica a lo largo de toda la embocadura del pique.

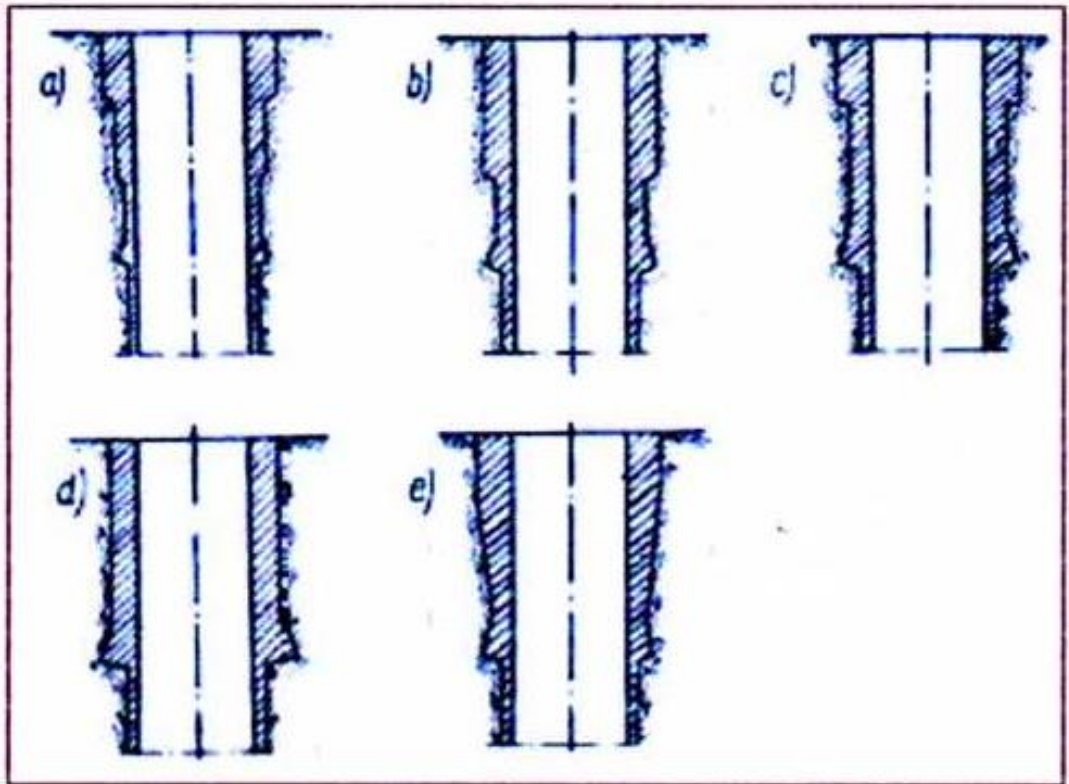


Figura 2.6 Diferentes formas de brocal de piques (Urug, 1985)

La forma del brocal depende de las condiciones del terreno. El primer tramo se reviste con un espesor de 1 a 2 m, el siguiente tramo es de 0,6 a 1 m de espesor o aproximadamente dos veces el revestimiento normal del pique. El espesor en el tercer tramo estará entre del primero y del revestimiento normal. La base de la embocadura se asentará en roca firme, a 2 o 3 m por debajo del terreno de recubrimiento. La forma es de doble tronco de cono para mejor transmitir los esfuerzos. Además de los esfuerzos descritos, pueden inducirse otros por la presencia de fundaciones o cimentaciones próximas. Se define una zona

de influencia por el cono de eje vertical de  $35^\circ$  de semiángulo en el vértice con éste en la base de la cimentación. El efecto de cargas será despreciable cuando la distancia de borde del pique a la cimentación sea mayor que  $(h_o-h_f) \cdot \text{tg } 55^\circ$ , donde  $h_o$  es la profundidad de la embocadura del pozo y  $h_f$  es la profundidad de la cimentación.

#### **2.2.1.15 Fortificación de piques**

La estructura de un Pique, puede ser de madera o de acero y de ser necesario, deberá efectuarse con pernos y/o malla y/o shotcrete.

##### **2.2.1.15.1 Fortificación con madera**

Se usa conjunto de cuadros en los piques para dividir al pique en compartimientos y como un medio de fijar las guías, tubos, cables, etc.

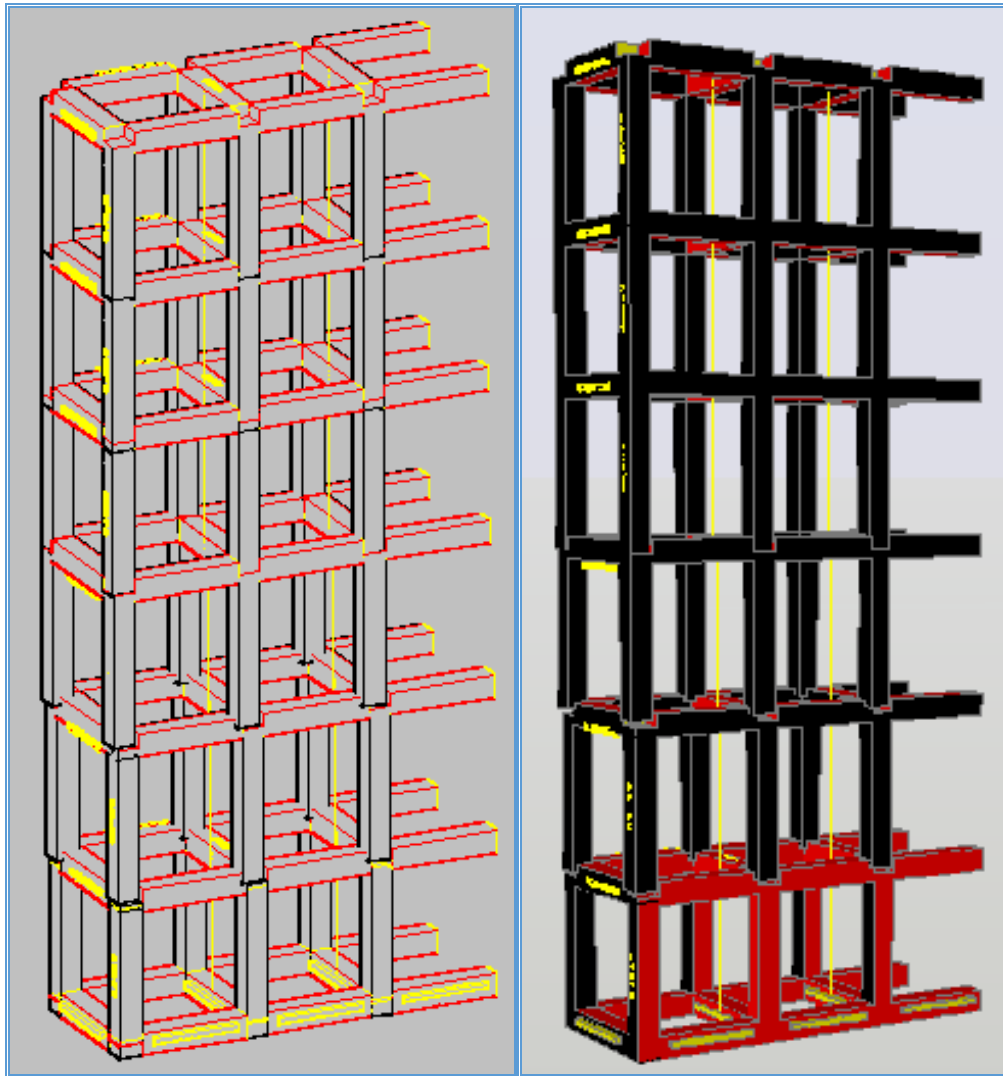


Figura 2.7 Fortificación con madera

#### a) Ventajas

- Adaptabilidad a todo tipo de terreno, especialmente el conocido como pino rojo.
- Versatilidad para soportar todo tipo de esfuerzos.
- Su deformación es fundamental para la seguridad.

**b) Desventajas**

- Elevado costo.
- Elevado uso de mano de obra.
- Limitada duración.

**c) Defectos no permitidos:**

- Hongos.
- Cavidades en la cabeza de los puntales.
- Fracturas transversales considerables.
- Agujeros largos.
- Rajaduras que alcancen el 10% de la longitud total de la pieza.

**d) Tratamiento de la madera**

- Reemplazamiento y/o protección de la *celulosa*.
- Formas de aplicación: inmersión, pulverización, impregnación a presión.

Tabla 2.1 Propiedades de algunos tipos de madera

ESPECIES	MODULO DE	RESISTENCIA	RESISTENCIA	DENSIDAD
	ELASTICIDAD	A LA COMPRESIÓN	CORTANTE	
	<i>E -06 lb / pulg<sup>2</sup></i>	<i>lb / pulg<sup>2</sup></i>	<i>lb / pulg<sup>2</sup></i>	
ABEDUL	2,1	8300	2000	0,0255
ROBLE BLANCO	1,6	7000	1400	0,0278
ABETO DOUGLAS	1,9	7400	1100	0,0208
PINO DEL SUR	2	8400	1500	0,023

La fortificación se hace con cuadros completos o solo con soleras esto dependerá del tipo de terreno en que se hospede.

#### 2.2.1.15.2 Fortificación con cuadros completos

Cuando la calidad de la roca no es competente y presenta zonas peligrosas se debe enmaderar el cuadro con marcos completos y tras los puntales se empaqueta con tablas de 2" o chajillas de 4" en todo el contorno.

Existe también la posibilidad de colocar planchas de acero en todo el perímetro del cuadro y reforzar de esta manera sólidamente.



En muchas minas alemanas es normal entubar el cuadro con concreto y también existe de posibilidad de hacerlo con mampostería de piedra.

### 2.2.1.15.3 Fortificación solo con soleras

En cuadros donde la roca es competente se colocan solamente soleras cada cierta distancia y solamente sirven para colocar las guidoras para el skip o jaula, para armar el camino y para la instalación de cañerías para aire comprimido, para agua, para relleno, cables telefónicos y eléctricos.

#### PIQUE DE DOBLE COMPARTIMIENTO

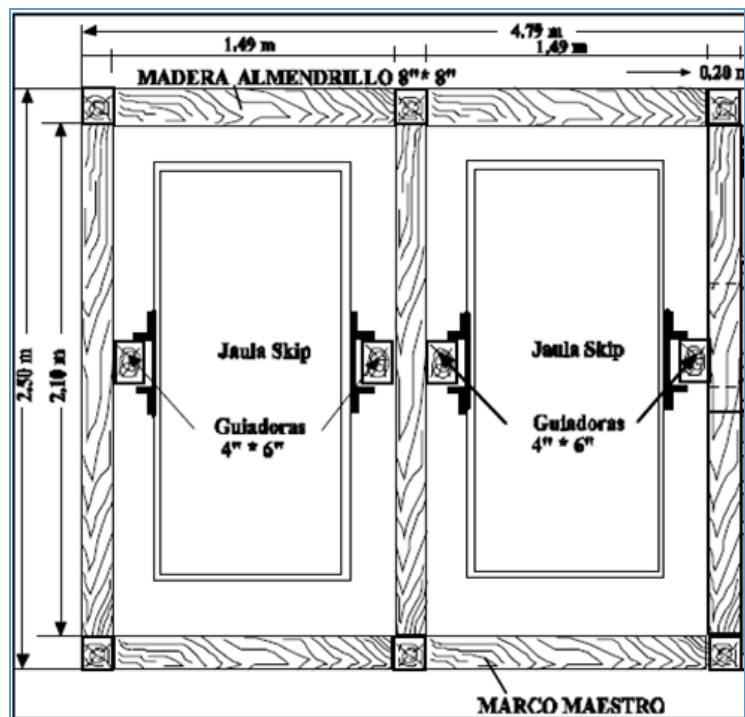


Figura 2.8 Fortificación con cuadros completos

### PIQUE DE DOBLE COMPARTIMIENTO

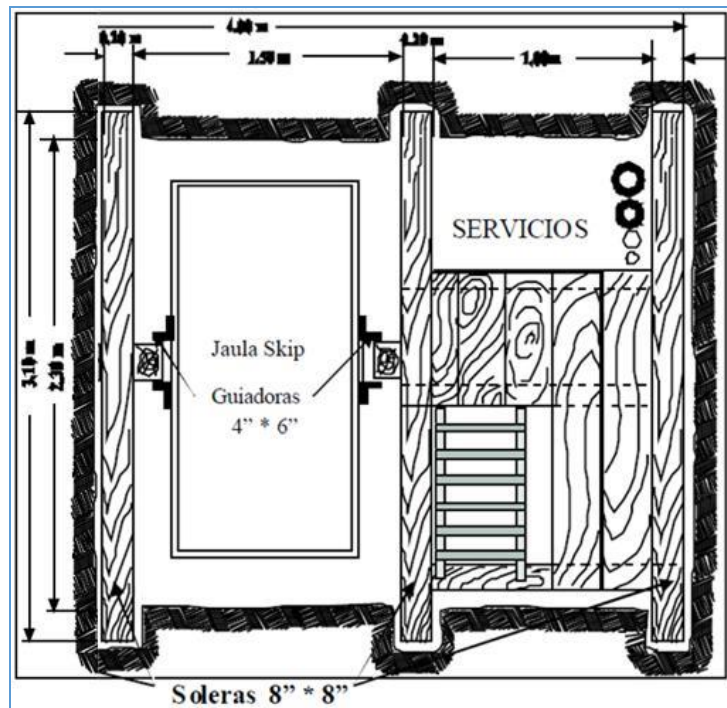


Figura 2.9 Fortificación con soleras.

#### 2.2.1.15.4 Fortificación con acero y shotcrete

##### a) Hormigon Armado

##### a.1) Cemento

El cemento es el material fundamental del hormigón, ya que condiciona muchos aspectos básicos del mismo. Es el factor que incide directamente en la resistencia, que está en función de la relación agua/cemento. Pero a la vez, su contenido es fundamental para proveer de la protección alcalina que requieren las armaduras

incorporadas a los elementos de hormigón armado.

Por tanto, la relación agua/cemento como el contenido en cemento condicionan la resistencia y durabilidad de los elementos de hormigón.

### **a.2) Áridos**

Los áridos empleados en la fabricación de hormigón condicionan su durabilidad y resistencia. Los aspectos fundamentales a tener en cuenta son ciertas cualidades de composición de los finos, la granulometría y la compacidad.

### **a.3) Agua**

Los defectos relacionados con el agua como componente del hormigón pueden ser originados por dos causas diferentes.

- La primera causa es la utilización de aguas no potables o que contengan impurezas, que pueden originar problemas a corto y largo plazo

- La segunda tiene que ver con la dosificación y es el empleo de altas relaciones agua/cemento en el amasado.

#### **a.4) Aditivos**

Los aditivos, considerados el cuarto componente del hormigón, son productos añadidos en el momento su elaboración. Su finalidad es modificar ciertas propiedades del mismo de forma positiva, tanto en estado fresco como una vez fraguado y endurecido.

#### **a.5) Acero**

Los principales defectos que puede presentar un acero para hormigón armado, son fundamentalmente:

- Las impurezas.
- Los defectos superficiales.
- La corrosión superficial.

El revestimiento de los piques circulares se hace generalmente con hormigón.

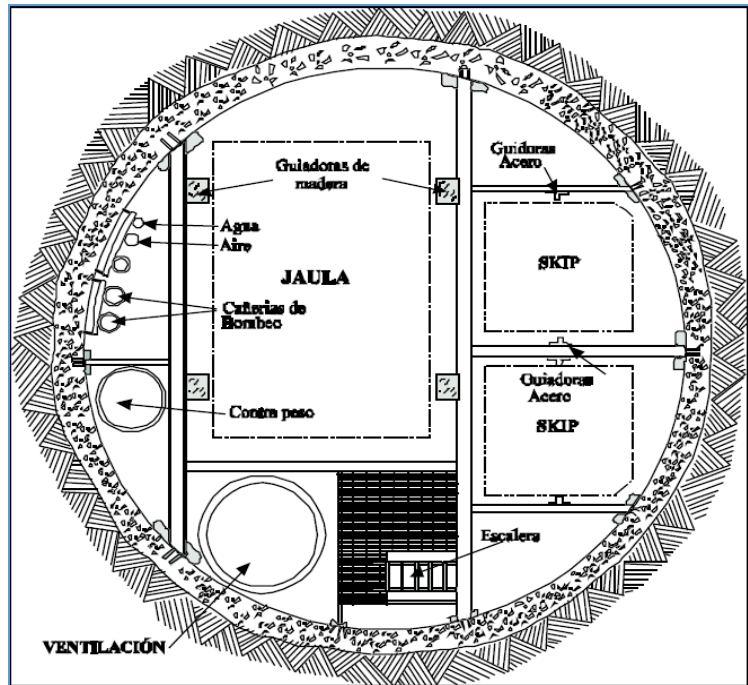


Figura 2.10 Fortificación circular con hormigón armado (concreto).

## b) Shotcrete

El término shotcrete o “concreto lanzado” se refiere a la mezcla humedecida de arena, cemento, fibra y aditivo, proyectado sobre un área por medio de presión de aire.

Por ello se emplea un recipiente de presión de alimentación continua llamado lanzador.

Una capa delgada de shotcrete después de corto tiempo, puede establecer un estado de equilibrio que se determina verificando el proceso de

deformación. Sus deformaciones son pequeñas, son suficientes 2" de shotcrete a 10 ó 20 m. del frente de avance, si en cambio, las deformaciones son intensas, es recomendable primero 1" en el mismo frente, y luego del avance afianzar cuando las deformaciones hayan disminuido solo una vez detenido los movimientos es posible y recomendable revestir. En la práctica esa idea de sostener eficazmente un macizo rocoso en la excavación permitiendo a su vez deformación, es posible mediante el concreto lanzado por su flexibilidad, además de las ventajas en cuanto a la capacidad de carga, rápida aplicación y temprana resistencia, en beneficio de neutralizar el aflojamiento del macizo circundante.

La estructura así compuesta roca-shotcrete, impide el aflojamiento, la descompresión y flexión que acompañan los procesos normales de desestabilización, pero cuando está fresco sigue las deformaciones primarias del macizo rocoso, permitiendo la reducción de los esfuerzos de borde a medida que simultáneamente va aumentando su resistencia con el tiempo.

Debido a que la adhesión del shotcrete a la mayota de las rocas es muy grande, este actúa como material de encastre, formando una unidad estática o estructural compuesta entre la roca y su superficie, dándole al sistema una alta resistencia cuando trabaja a compresión y ofreciendo resistencia distorsiones de hasta 1% de variación del diámetro de excavación cuando trabaja a flexión. El resultado mecánico más importante es que la superficie de la roca no se afloja, permaneciendo sin modificaciones en su estado, en tanto y en cuando no sea dañado por el método de voladura empleado.

## **2.2.1.16 Procedimiento para construcción de pique**

### **2.2.1.16.1 Equipos**

Los equipos que se utilizan en la construcción del pique son los siguientes:

- bombas de achique sumergibles, una neumática y 2 eléctricos.
- Una bomba Swellex para instalación de pernos.
- Una perforadora Jack Leg.

- Dos pies de avance de 1,20 y 1,60 m.
- Un Rick Hamener, para la remoción del material fracturado.
- Un ventilador de 7,5 HP, con manga de 16 pulg.

#### **2.2.1.16.2 Sostenimiento**

##### **a) Sostenimiento Provisional**

Como el personal está expuesto a la caída de las rocas al avanzar en profundidad el pique, el sostenimiento provisional de las paredes es esencial.

Por lo general este sostenimiento provisional está constituido por cuadros metálicos de perfiles en U, llamados enviguetados.

Toman la forma exterior del pozo y están conformados por 4 o 5 piezas unidas por pernos. Detrás de ellos se suelen colocar planchas metálicas ajustadas por medio de cuñas, rellenando los vacíos entre la pared y planchas



metálicas con madera o roca para asegurar un buen ajuste.

#### **b) Sostenimiento Definitivo**

Se utiliza madera redonda o escuadrada, ladrillos, hormigón armado y/o dovelas (estructuras PRE-fabricadas en forma de cuña a fin de empalmarlos y asegurarlos con pernos); también se utilizan pernos de anclaje.

#### **2.2.1.16.3 Entibación con cuadros normales**

Se constituye de abajo hacia arriba, en tramos de una altura de 10 a 12 metros entre cuadro de asiento.

Transversalmente, sus cuadros de asiento encajan en patillas preparadas en las caras y encima ensamblan los travesaños transversales en muescas practicadas.

Longitudinalmente, se usa longarina de 2 a más metros de longitud, formando el cuadro normal.

Interiormente, y de acuerdo al diseño, puede ser dividido en 2 o más compartimientos, gracias a los postes o puntales y travesaños, contando además con las guiaderas.

Los cuadros de asiento soportan parte del peso de los cuadros corrientes que descansan sobre ellos, siendo la otra parte del peso de los cuadros corrientes que descansan sobre ellos, siendo la otra parte anulada por las fuerzas de fricción y adherencia a las rocas de las paredes del pique.

Los puntales son de 15 x 15 ó 20 x 20 centímetros de lado, de 2 a más metros de longitud, fijados verticalmente a lo largo del lado mayor de los cuadros del asiento (longarinas) por medio de tornillos.

Los travesaños son riostras (piezas que aumentan la rigidez e inderformabilidad de cuadro) horizontales, cuyos extremos debidamente (destajados), se insertan en las muescas de los puntales. Su misión es asegurar las guías de los baldes/skips.

Las guías son elementos de la armazón fijados a los travesaños por medio de pernos en forma ininterrumpida a lo largo del pique y sirve para guiar las vasijas de extracción. Son vigas de madera y con dimensiones similares a los puntales.

#### **2.2.1.16.4 Entibación con cuados suspendidos o colgantes**

Los cuados son confeccionados de arriba hacia abajo. Los lados transversales del cuadro de asiento van empastillados en las caras de la chimenea, cada 5 a 10 cuados o más, Los divisores y puntales o postes van siendo ensamblados a altura de 0.80 a 1.60 metros.

Cada cuadro está suspendido al inmediato inferior por medio de varillas de acero de 20 a 30 mm de diámetro. Estas suspensiones se insertan a través de agujeros taladros en las longarinas del cuadro y se sujetan por medio de arandelas y tuercas.

Las paredes de los pozos serán revestidas con tablas, si lo requieren.

#### **2.2.1.16.5 Descripción de los materiales a utilizar en el sostenimiento**

##### **a) Malla metálica**

Se utilizarán malla de 2" x 2" de cocado, las mallas tienen un ancho de 2,5 , x rollo de 20 m y se fijaran en el techo por los mismos pernos de anclaje.

##### **b) Swellex**

Se emplearán según las técnicas de diseño de 7 pies de longitud y el espaciamiento de 1 m como máximo se instalará cada 3 disparos.

##### **c) Cuadros**

Además del sostenimiento con pernos y malla se reforzarán con cuadro de madera de 20 x 20 cm de sección solamente cuando se atraviesa terrenos malos como terrosos o de alto fracturamiento.

### **2.2.1.16.6 Izaje**

Para el izaje del mineral roto se realiza manualmente hacia el skip se utiliza 3 personas, el winchero y dos paleros, el izaje se realiza hasta el nivel de extracción.

El skip se moviliza sobre rieles las cuales contará con señalización de luces en cada nivel (luz roja subiendo, luz verde bajando) también contará con timbres para indicar el accionar del winche (1 parar, 2 subir, 3 bajar, timbrado continuo emergencia), también contamos con red de teléfono. Estos serán accionados mediante winchas eléctricos de bobina monocable de cara THERN de 15 HP de potencia en una capacidad de izaje de 5 toneladas, con una longitud de enrollamiento efectivo de 350 mt. Y una velocidad constante de 3 m/s. La capacidad del skip es de 1,5 toneladas, hechos de planchas de acero.

### **2.2.1.16.7 Ventilación**

Para la ventilación del pique por seguridad se instala un ventilador secundario en el nivel más próximo de 7 HP con manga de 16 pulg.

### **2.2.1.16.8 Organización de los trabajos**

1. Perforación y limpieza
2. Anclaje de la cama
3. Instalación de servicios
4. Sostenimiento

Todos estos trabajos se realizarán mediante 2 guardias cada uno de 8 horas diarias.

En la Figura 2.11, se puede observar como ejemplo la sección de un pique, con la disposición inicialmente prevista de carga y descarga del skip.

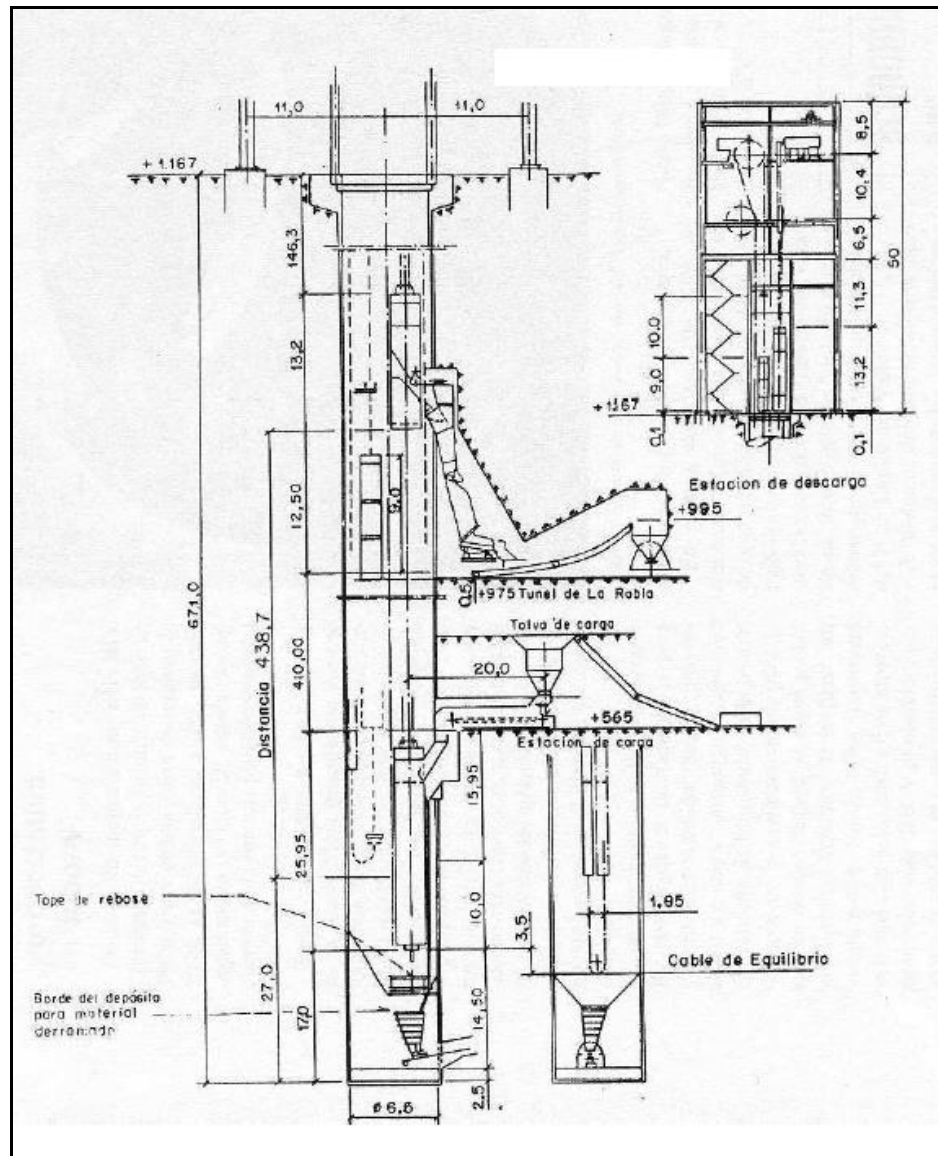


Figura 2.11 sección de un pique, con la disposición inicialmente prevista de carga y descarga del skip.

### 2.2.1.16.9 Profundización de piques

De todas las aperturas realizadas en las minas de piques son las obras más costosas en tiempo y dinero. Además la profundización de piques es un procedimiento complicado.

Aunque algunos piques se perforan mediante sondeos de gran diámetro, en la mayoría se emplea el método tradicional de perforación y voladura, bien de sección rectangular con sostenimiento con madera, bien de sección circular con sostenimiento con hormigón, que es hoy lo comúnmente empleado y recomendado a contratistas externos para ello. Excepto a grandes profundidades, los piques perforados en roca dura no requieren consideraciones especiales para el mantenimiento de la estabilidad del parámetro.

Los piques se perforan de arriba hacia abajo, aunque en minas ya existentes a veces se realiza de abajo hacia arriba.

#### **2.2.1.16.10 Profundización de piques por el sistema tradicional**

Cuando se trata de minas ya establecidas con piques gemelos de operación de profundización se facilita ya que se re profundiza el pique auxiliar y con una galería se llega a la proyección del pique



principal y se sube con realce en sección estrecha que ensancha bajado .Para proteger el personal se deja un macizo de 5 a 10 m en el fondo del pique que se destruye en último momento. Con un solo pique es más frecuente trabajo en caldera descendente o en calderilla, para lo cual se construye un techo de madera bajo el cual se trabaja, Cuando el terreno es suelto y descompuesto y la venida de agua importante se emplea métodos especiales que se encargan a empresas especializadas.

#### **2.2.1.16.11 División de piques en compartimiento**

Unas vez perforadas y revestidas, se instalan en el pique los diferentes elementos necesarios para la operación. En primer lugar se instalan las traviesas y los guionajes.

El pique se divide en compartimientos y se instala las jaulas y skips definitivos. Se dotara al pique de escala de escape y de la plataforma de salida. La tubería de ventilación estar en su compartimiento así como la tubería de agua .aire comprimido, de

evacuación del bombeo, de energía, de introducción de relleno, y alguna conducción de respeto.

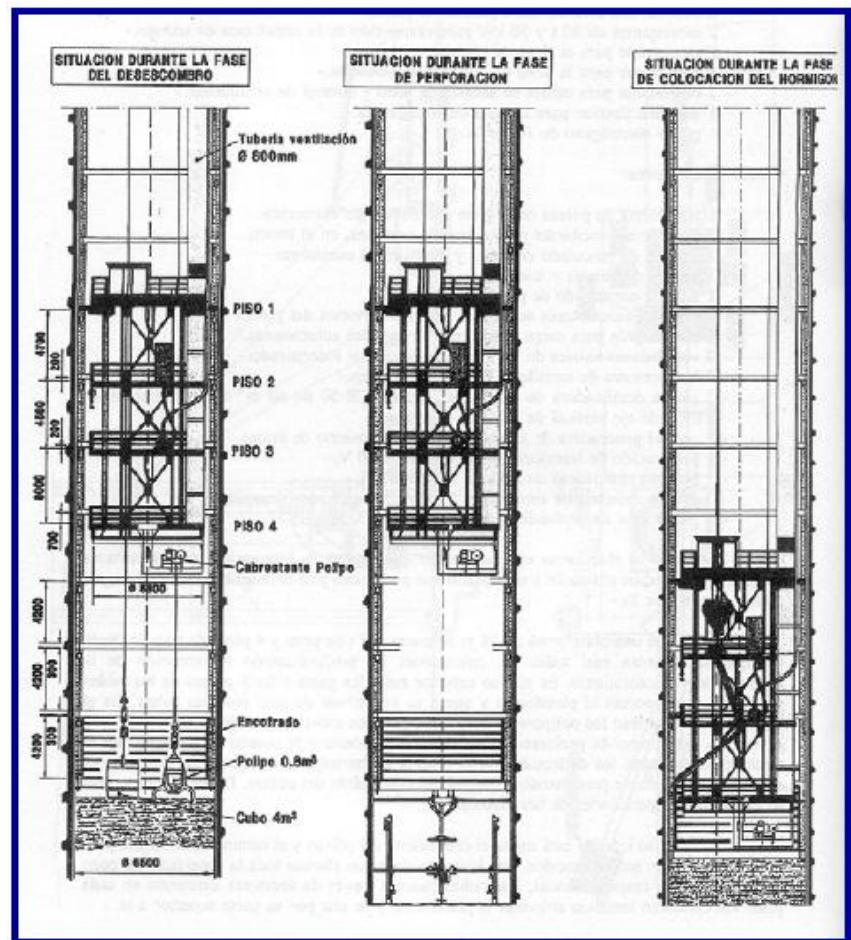


Figura 2.12 Diferentes fases de la construcción de un pique.

### 2.2.1.16.12 Enganches

Se llaman así a las galerías que en los niveles, enlazan al pique con los transversales y sirven para las maniobras de carga y de descarga. En los

enganches de interior cuando se utilizan vagonetas, se realiza la recepción de los vagones cargados, desenganchado de los mismos, carga y descarga de las jaulas, reunión de vagones vacíos y formación de trenes, tanto vacíos como con material y para circulación de material. En el de superficie hay que cargar y descargar las jaulas. Pero los vagones circulan sueltos en dirección a los basculadores o al almacén y vuelven vacíos o con material.

En cualquier caso se utiliza la gravedad para ayudar al movimiento de los vagones y además cables, cadenas rastreras, empujadores, o bien frenos y topes.

Los enganches para skips tienen ventajas sobre los vagones. La capacidad de extracción es mayor, el costo de la instalación es menor, menos pérdidas de tiempo, automático más fácil y menos personal de operación. Sin embargo, desmenuzan más el mineral, las excavaciones son mayores para alojar tolvas, producen más polvo y vertidos a la caldera del pique durante la carga de los skips.

### **2.2.1.16.13 Cálculo y diseño**

El cálculo y diseño de los principales miembros estructurales (divisores y guías de skips, jaula y contrapeso) se ha efectuado por el método de esfuerzos permisibles (diseño elástico).

El diseño estructural se puede definir como un arreglo de elementos estructurales aplicado a casos específicos y que deriva de la experimentación teórica y práctica dará una solución real y económica y segura a una estructura, incluyendo todos los detalles que permiten su fabricación.

## **SECUENCIA DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

### **a) Dimensionamiento preliminar**

Para establecer la distribución de las estructuras así como los puntos de aplicación de las diferentes cargas hemos efectuado, como primer paso, el dimensionamiento preliminar.

**b) Consideraciones de diseño**

Para el cálculo y diseño de estas estructuras hemos utilizado las propiedades físico-mecánicas (punto de influencia, resistencia última, límites de proporcionalidad, soldabilidad, tenacidad, densidad, etc.) del acero estructural ASTM-A36, cuyo límite de fluencia es  $F_y=36$  psi.

Para los miembros en tracción hemos considerado el esfuerzo unitario permisible ( $F_t$ ) igual a:  $F_b=0.66 F_y$ .

Para los miembros en tracción hemos considerado el esfuerzo unitario permisible a:  $F_b=0.66 F_y$ .

Para otras informaciones complementarias tenemos la serie de códigos, especificaciones y normas dadas por el Instituto Americano para Construcciones de Acero.

**c) Determinación de cargas actuantes**

1.- Cargas en los miembros divisores.

- Cargas debidas al peso soportado

- Cargas de fricción vertical equivalentes al 3% del total de la suspendida en el cable.
- Cargas horizontales equivalentes al 10% del total de la carga suspendida.

## 2.-Cargas en los guidores.

- Cargas de fricción vertical igual al 3% de la carga suspendida.
- cargas horizontales igual al 10% de la carga suspendida.

### **d) Cálculo de los momentos flectores**

Una vez determinadas las cargas actuantes y su distribución, se calcula los momentos flectores verticales y horizontales, mediante a la aplicación de conceptos básicos de equilibrio de fuerzas y resistencia de materiales.

### **e) Selección de perfil adecuado**

Con el momento flector máximo ( $M_{max}$ ) obtenido y con el máximo esfuerzo permisible ( $F_b$ ) calculamos el modulo resistente ( $s$ ) con la relación  $F_b = M_{MAX}/S$ .

Utilizando las tablas del AISC, seleccionaremos el perfil adecuado para cada caso.

#### **f) Verificación de esfuerzos**

Con el nuevo modulo resistente (S) y con el momento flector máximo determinamos el esfuerzo máximo (Fb) que podrá soportar la estructura escogida y siempre se debe cumplir.

$$F_v = F_b = 0.66 F_y$$

Con lo cual queda verificado el esfuerzo.

#### **g) Diseño final**

Todos los cálculos matemáticos anteriores son para establecer un punto de partida. Existen otras consideraciones que deben hacerse para determinar el diseño final como:

- Forma geométrica de la estructura.
- Corrosión.
- Probabilidad de impactos por caída de objetos.
- Ventilación.
- Aproximaciones e incógnitas en los métodos de análisis.

- Calidad de la mano de obra.
- Presencia de esfuerzos residuales.
- Ubicación y tiempo de uso de la estructura, etc.

Finalmente, es oportuno indicar que actualmente existen una serie de programas computarizados para el cálculo estructural que simplifican enormemente este trabajo.

## **2.2.2 Mina Austria Duvaz**

### **2.2.2.1 Ubicación y Accesibilidad**

La mina Austria Duvaz, Unidad Morococha, está ubicada en el distrito minero de Morococha, Provincia de Yauli, Dpto. de Junín; aproximadamente a 140 Km, al Este de la ciudad de Lima, situada adyacente a la carretera central. Las operaciones mineras están centradas en la zona de Tuctu. Los campamentos y las instalaciones minero - metalúrgico están aproximadamente a 8 Km al Este de la divisoria continental, conocida con el nombre de Ticlio, a una elevación de 4 500 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas son:

*76° 10'      Longitud Oeste*

*11° 36'      Latitud Sur*



### **2.2.2.2 Fisiografía**

La topografía del distrito minero de Morococha es abrupta, con elevaciones que están por lo general entre 4400 a 5000 m.s.n.m. La cumbre más alta de la zona es el cerro Yanasinga con 5.480 m.s.n.m.; los valles son de origen glaciar, en “U”, cuyos fondos están ocupados por lagunas escalonadas, tales como Huacracochoa, San Antonio y Huascacochoa; estrías y depósitos glaciares son evidencia de una fuerte glaciación ocurrida en la zona.

El clima de la región es frígido con dos estaciones bien marcadas, la húmeda de Noviembre a Abril, con lluvias y precipitaciones sólidas (nevada y granizo) y la seca durante el resto del año; durante la estación húmeda. Las precipitaciones sólidas alimentan los glaciares para luego formar riachuelos que descienden por las laderas y alimentan a las lagunas; el drenaje es hacia el Este, vertiente del Atlántico.



Figura 2.13 Ubicación de la Unidad Morocoha de Sociedad Minera Austria Duvaz

### 2.2.3.2 Geología Regional

La Cordillera de los Andes en el Perú Central, tiene un ancho aproximado de 300 Km. y ha sido intensamente plegada, fallada y contiene una gran variedad de yacimientos minerales. La cordillera Occidental, que es parte de la cordillera andina, contiene, en la parte central del Perú, importantes centros mineros a lo largo de una franja de 400km con dirección N 30° O.

Los distritos mineros principales que contienen esta región central, y que están relacionados a la cordillera occidental de los andes son:

- Distrito minero de Antamina, productor de Cu-Zn (Ag-Mo).
- Distrito minero de Ticapampa-Recuay en Ancash, productor de Au (Pierina) y polimetálicos Ag-Pb-Zn-Cu
- Cerro de Pasco, con minas importantes como la mina Cerro de Pasco, Colquijira, Huarón, Milpo (El Porvenir), Atacocha, etc, con un gran historial minero de más de 100 años de producción como yacimientos polimetálicos Ag-Pb-Zn-Cu (Au).
- Distrito minero de Oyón con sus minas Raura, Uchucchacua, Iscaycruz, productoras de Ag-Cu-Zn-Pb.
- Distrito minero de Morococha, donde se ubican importante minas como Yauliyacu, Casapalca, Yauli, Ticlio, Austria Duvaz, Mahr Túnel, Carahuacra, San Cristobal, Andaychahua (productoras polimetálicas Cu- Ag-Pb-Zn, WO<sub>3</sub>) y el yacimiento de cobre-plata de Toromocho.

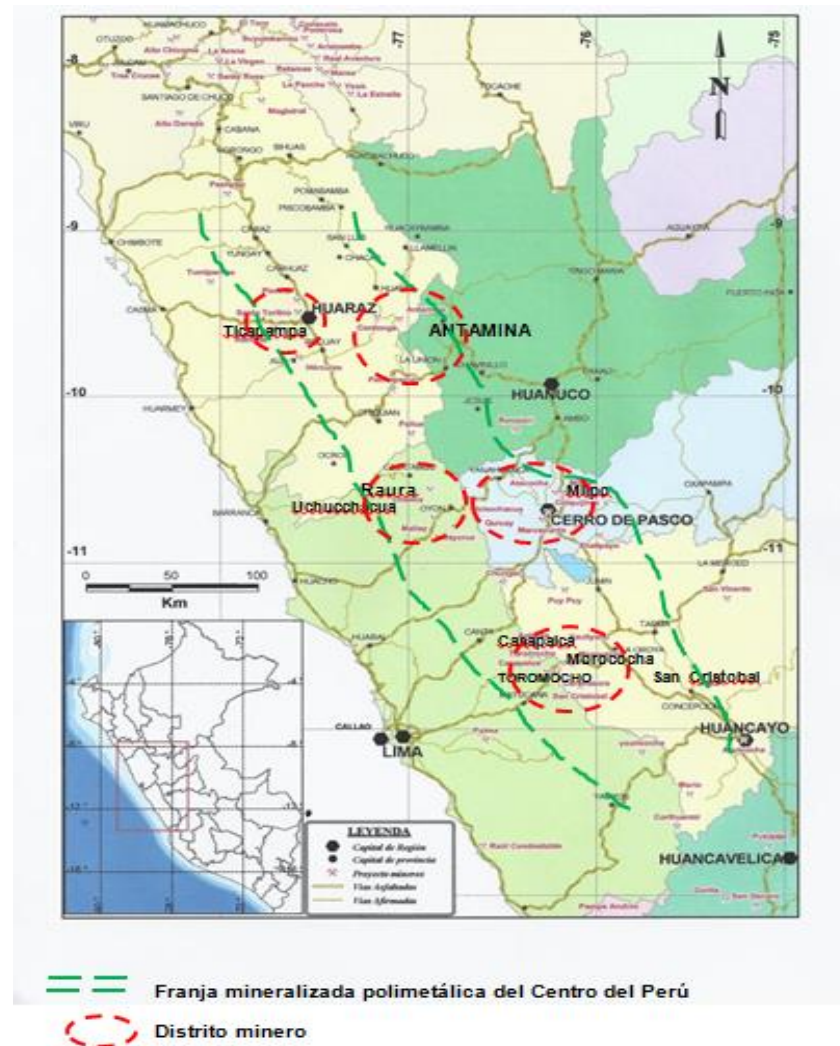


Figura 2.14 Ubicación de distritos mineros de región central.

#### 2.2.2.4 Geología Distrital

El rasgo estructural más importante de la geología de Morococha es un anticlinal complejo de rumbo NW - SE y cuyo eje tiene dirección  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  al NO. Este anticlinal, que localmente se le conoce como “anticlinal Morococha”, forma la parte Norte de una estructura mayor que es el domo Yauli que se extiende desde San Cristóbal al

sur, hasta Morococha, a través del pueblo de Yauli, de donde toma el nombre. El distrito está ubicado en la cordillera Occidental de los Andes del Perú central.

Las principales minas relacionadas al distrito minero, cercanas y en los alrededores a esta gran estructura son:

- Al Oeste las minas Yauliyacu y Casapalca, desarrolladas y explotadas originalmente por la Cerro de Pasco y hoy por las compañías Yauliyacu y Casapalca.
- En la parte central, norte y este, minas como Ticlio- Anticona, Manuelita, Morococha, operadas por la compañía Pan American Silver (Minera Argentum S.A.)
- Hacia el norte, en las vecindades de Toromocho, el yacimiento de Austria Duvaz, operado por la compañía Minera Austria Duvaz S.A.C.
- Hacia el Oeste las minas Carahuacra, Mahr Túnel, San Cristobal, Andaychahua, operadas por la compañía Minera Volcan S.A.



Figura 2.15 Distrito minero de Morococha

### 2.2.2.5 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica del distrito minero de Morococha y alrededores es como sigue:

#### 2.2.2.5.1 GRUPO MACHAY- Cretáceo Medio

Caliza gris azulada, masiva con restos de fósiles en la parte inferior, le sucede una caliza carbonosa, lutácea y margosa, caliza fosfatada y finalmente 12m de lutitas negras con ammonites y pelecípodos; potencia 455m.

#### **2.2.2.5.2 GRUPO GOYLLARISQUIZGA- Cretáceo Inferior**

Conglomerado rojo basal, le suceden areniscas y lutitas rojas, capas de cuarcita y capas de caliza gris, interestratificadas con derrames lávicos o diques capas de diabasa; potencia 369 - 469m.

#### **2.2.2.5.3 GRUPO PUCARÁ-Triásico-Jurásico**

Calizas de color claro a blanco. Dos derrames lávicos están interestratificados: basalto Montero y traquitas Sacracancha; se ha subdividido en 13 horizontes que dan un espesor de 431m., complejo anhidrita; capas de anhidrita, yeso, lutita y caliza; potencia > 150m.

#### **2.2.2.5.4 GRUPO MITU- Pérmico Medio**

Conglomerado rojo en la parte inferior y areniscas, calizas y brechas calcáreas en la parte superior, potencia 160m. Está constituido por la formación Yauli; volcánicos Catalina, fase volcánica del Grupo Mitu; derrames lávicos de dacita y andesita de color gris a verde que altera a color chocolate marrón; en la parte superior

brechas volcánicas aglomerados y tufos, potencia > 760m.

#### **2.2.2.5.5 GRUPO EXCÉLSIOR- Silúrico-Devónico**

Filitas Excélsior; lutitas y filitas de color negro y verde olivo, fuertemente plegadas y cruzadas por venillas irregulares y lentes de cuarzo, potencia de 250 a 300m.

#### **2.2.2.6 Intrusivos**

La actividad ígnea en el distrito de Morococha comenzó durante el Pérmico. Las andesitas y las dacitas de los volcánicos Catalina son las rocas ígneas más antiguas del distrito; los flujos volcánicos y dique-capas interestratificadas con las rocas sedimentarias del jurásico y cretáceo, indican que durante el Mesozoico continuo la actividad ígnea.

La mayor actividad ígnea ocurrió a fines del terciario con los intrusivos de la diorita, la monzonita cuarcífera y el pórfido cuarcífero.



#### **2.2.2.6.1 Diorita Anticona**

Es la roca más antigua de los intrusivos del Terciario, se extiende ampliamente al Oeste y Norte del distrito de Morococha hasta Ticlio. Es una roca de color oscuro a gris, textura porfírica; diques de monzonita cuarcífera atraviesan a ésta, lo que indica que la intrusión de la monzonita cuarcífera fue posterior a la intrusión de la diorita Anticona. Contiene vetas de Zn, Pb y Ag con algo de Cu.

#### **2.2.2.6.2 Monzonita Cuarcífera**

Llamado en general intrusivo Morococha, está localizado en la parte central del distrito; cuatro stocks principales han sido reconocidos: Stock San Francisco, en la zona central; el Stock Gertrudis ligeramente al Norte del anterior; el Stock Potosí al Noroeste del distrito en donde están emplazadas las vetas que explota Austria Duvaz y el Stock Yantac al Sur del distrito.

La monzonita cuarcífera es de color gris de grano grueso y con grandes cristales de

ortoclasa. En las apófisis presenta textura porfírica.

#### **2.2.2.6.3 Pórfido Cuarífero**

Es la roca intrusiva más reciente conocida en el distrito de Morococha, un pequeño stock y algunos diques han sido reconocidos en la parte central, en íntima relación con el Stock San Francisco de monzonita cuarcífera, al cual atraviesa. El pórfido de monzonita cuarcífera consiste de fenocristales de cuarzo y una matriz afanítica de cuarzo, sericita y plagioclasas alteradas.

#### **2.2.2.7 Estructuras**

La estructura regional más importante es el domo de Yauli, el cual se extiende por 30 Km. desde San Cristóbal hasta Morococha, con rumbo general N 35° W.

En el distrito de Morococha, la estructura dominante es el anticlinal Morococha, que forma la parte Norte del domo de Yauli, este anticlinal es asimétrico con los volcánicos

Catalina (Grupo Mitu) formando el núcleo, su eje tiene rumbo N 20° W en la parte Sur del distrito y N 40° W en la parte Norte; con una inclinación al Norte de 10° a 15°, el buzamiento del flanco Oeste es 20° a 30° y el flanco este es 30° a 40°. Existen dos anticlinales secundarios al Este y Oeste respectivamente.

#### **2.2.2.7.1 Plegamiento - Fallamiento**

En el distrito de Morococha, probablemente a fines del Cretáceo (plegamiento “Peruano”), fuerzas de compresión E-W, comenzaron a formar el anticlinal Morococha.

Durante el plegamiento “Incaico” las rocas cedieron por ruptura y se formaron dos fallas importantes, paralelas al rumbo general de la estratificación, estas fallas son: la falla Potosí - Toldo en el flanco este y la falla Gertrudis en el flanco Oeste; el buzamiento de las dos fallas varían entre 45° y 70° y buzán en direcciones opuestas. Al final del plegamiento “Incaico” una intensa actividad ígnea se produjo en la región, lo que dio lugar primero a la intrusión de la diorita Anticona al Este del distrito.

La continuación de las fuerzas de compresión dio lugar a la formación de fallas de cizalla con rumbo NW - SE en la parte Sur del distrito, donde el anticlinal tiene rumbo N 20° W, al mismo tiempo en la parte Norte donde el anticlinal tiene rumbo N 40° W, se formaron fallas de cizalla de rumbo general NE, estas fallas oblicuas fueron probablemente desarrolladas después de la intrusión de la diorita Anticona. Posteriormente, después del plegamiento "Incaico" y continuando la actividad ígnea se produjo la intrusión de monzonita cuarcífera en forma de stock, lo mismo que apófisis y un dique discontinuo de gran longitud a lo largo de una fractura oblicua, al Sur del distrito; los stocks de monzonita cuarcífera se localizan en el centro del distrito en ambos lados del eje del anticlinal, la actividad ígnea probablemente culminó con la intrusión del pórfido cuarcífero, el cual se localizó al centro del distrito y atraviesa a la monzonita cuarcífera.

Durante el plegamiento “Quechua”, el anticlinal Morococha continuó siendo afectado por las fuerzas de compresión, además de la intrusión monzonita cuarcífera, aunque en superficie aparece distribuida en stock, en profundidad tiende a formar una sola unidad.

La combinación de fuerza de compresión y la penetración del intrusivo Morococha produjo el levantamiento y arqueamiento del anticlinal; este arqueamiento produjo fracturas de tensión perpendiculares al anticlinal; en la parte Sur del distrito, estas fracturas tienen rumbo N 70° E mientras que al Norte las fracturas tienen rumbo general N 50° E.

#### **2.2.2.7.2 Brechamiento**

Existen varias zonas de brecha en la caliza Pucará tales como la brecha Toldo, Santa Clara (Cajoncillo), Churruca, Riqueza y Freiberg, están ubicadas en las zonas de fallas o en la prolongación de ellas, así como en las zonas de contacto de las calizas con los volcánicos

Catalina, con el intrusivo Morococha o con el basalto Montero.

El origen de estas brechas es tectónico, A. J. Terrones (1949), les asigna un origen sedimentario a las brechas Churruca a la cual considera una brecha intraformacional; pero otros geólogos la consideran como una brecha tectónica formada por trituración de la caliza contra el basalto Montero. Otras brechas son consideradas como brechas de colapso debido a la presencia de cavidades de disolución.

Después del emplazamiento de los diversos stocks en Morococha, se tiene la siguiente evolución:

**Tectónica:**

Fallamiento pre mineral, proporcionando la apertura de fracturas (fallas); las que canalizan la mineralización en vetas (relleno de fracturas).

**Mineralización:**

1<sup>ra</sup> FASE: Cuarzo-Pirita (sin interés económico).

2<sup>da</sup> FASE: Sulfuros económicos (*blenda rubia, esfalerita, tetraedrita-tenantita, calcopirita, galena [argentífera], pirita*), con rodocrosita; es posible que en esta 2<sup>da</sup> fase hayan habido varios pulsos, debido a la presencia de esfalerita y blenda, por ejemplo.

**Tectónica:** Fallamiento post mineral; después de la mineralización, nuevamente el sistema es requerido por una tectónica de compensación, en este caso se produce una reactivación del sistema y las vetas son falladas en los minerales mas dúctiles y frágiles como la galena y esfalerita.

**Fase supergénica:** ES la generación de sulfuros secundarios; debido al proceso de fluctuación de la napa freática, se tiene la generación de sulfuros secundarios principalmente de cobre: Bornita, Covelita, que

se observan principalmente en el nivel 1600, 1700.

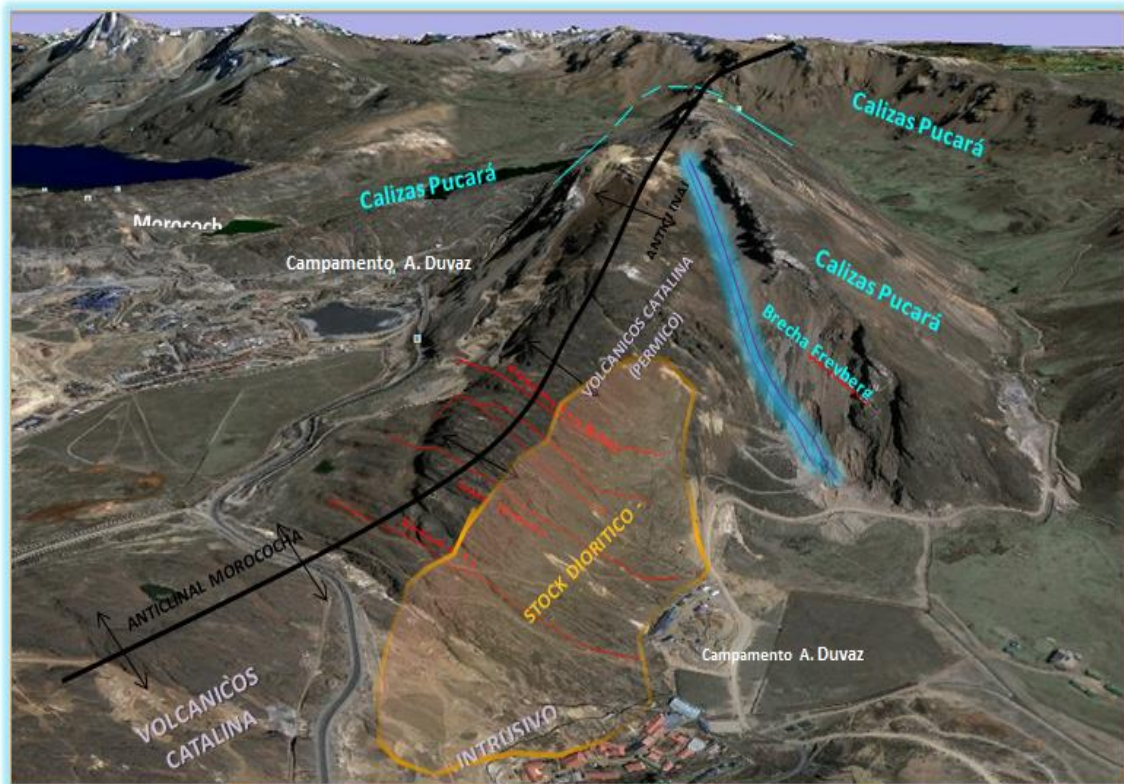


Figura 2.16 Diferentes tipos de rocas en Morocha

### 2.2.2.8 Descripción geológica de las principales vetas

Los depósitos minerales que explota la Sociedad Minera Austria Duvaz son diez vetas principales y muchas vetas menores, las que están dispuestas en dos sistemas: el primero localizado en la parte Norte y el segundo en la parte Sur.



El primer sistema que se orienta al N 30° E y buza al Sur, se caracteriza por el abundante relleno de pirita y esfalerita de alta temperatura, algunas de estas vetas están rellenas solamente con cuarzo-pirita.

Pertenece a este sistema: *San Pablo 2, Débora, Helga, San Pablo 3, San Pablo 4, San Pablo 5, San Pablo 6.*

El segundo sistema se orienta al N 65° - 70° E y buza al Norte; se caracteriza por tener mejor calidad de sulfuros y menor cantidad de pirita. En estas estructuras se observa que la galena, blenda rubia y tetraedrita, cortan a las vetas de cuarzo-pirita, lo cual implica una superposición de mineralizaciones por reapertura de las fracturas; pertenecen al segundo sistema: *Victoria, Austria Duvaz, Melchorita, La Paz, La Paz 138*, estas vetas aumentan de ancho y contenido metálico en profundidad.

También se tiene la presencia de lazos cimoides, en algunas vetas; son estructuras pre-minerales formadas por esfuerzos de cizalla, formando ramales de sulfuros rellenos con mineralización de sulfuros primarios

económicos; estos cimoides son *cuerpos* elongados tanto en la vertical como en la horizontal.

En el flanco Este del anticlinal Morococha y en la continuación de la falla Potosí - Toldo, se ubica el cuerpo mineralizado Freiberg que conforma una brecha mineralizada asociada a la falla.

## **2.2.2.9 Descripción de las etapas de operación minera**

### **2.2.2.9.1 Exploración**

En esta etapa se realizara labores horizontales y verticales (cortadas, estocadas, chimeneas) cuyos objetivos son: llegar a la proyección de las vetas para su posterior desarrollo, así mismo de ejecutar cámaras diamantinas que confirmaran o descartaran la presencia de vetas en las proyecciones dadas en las labores de exploración.

### **2.2.2.9.2 Desarrollo**

Luego que las cortadas llegan al objetivo (vetas) se realizan labores horizontales o verticales (galerías, chimeneas) siguiendo la estructura de la veta y que permite su reconocimiento y la

confirmación de las leyes y potencias a lo largo de su recorrido, estas labores permiten la cubicación de las reservas minerales.

#### **2.2.2.9.3 Preparación**

En esta etapa, realizada después o en forma paralela al desarrollo se realizan labores horizontales o verticales (chimeneas y sub niveles) que permiten la preparación de blocks de mineral que conformaran la zona de explotación.

#### **2.2.2.9.4 Explotación**

Es la etapa final en que se extrae en forma sistemática el recurso mineral preparado y cubicado en las zonas de trabajo llamadas «Tajos».



Figura 2.17 Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C. – Morocochoa.



Figura 2.18 Planta Concentradora Puquioccocha

### **2.2.2.10 Seguridad**

La prevención de riesgos laborales se inicia desde la etapa de planeamiento y órdenes de trabajo específico, siendo parte integral de todas las actividades de operación subterránea. Por lo tanto, la gerencia de Seguridad y Salud está totalmente involucrada desde el diseño, plan de minado y actividades a realizar, con la finalidad de cumplir los parámetros establecidos en los estándares operacionales.

Los riesgos críticos que se pueden presentar durante el desarrollo de las operaciones subterráneas o en la planta de Austria Duvaz son inspeccionados por un equipo multidisciplinario, para la elaboración del Permiso de Trabajo de Alto Riesgo y el consecuente Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro. El control se realiza a través de una supervisión directa, bajo conocimiento de todos los responsables.

**Los trabajadores participan en la gestión de seguridad a través del Reporte de Eventos, herramienta mediante**

**la cual informan diariamente un acto o condición subestándar o algún incidente.** Igualmente, representantes de los trabajadores participan activamente en las inspecciones programadas que se realizan e informan de situaciones o condiciones que pueden ocasionar pérdidas.

**Para garantizar la sostenibilidad del cero accidentes mortales en las operaciones, es imprescindible continuar con el apoyo y compromiso real de la alta dirección, a fin de validar los planes de acción que la Gerencia de Seguridad determina y de parte de los trabajadores y supervisores el cumplimiento de los estándares y procedimientos, los cuales se deben cumplir sí o sí.**

## **2.3 Definiciones**

### **2.3.1 Proyecto**

Un **proyecto** (del latín *proiectus*) es una planificación que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas. La razón de un proyecto es alcanzar objetivos

específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto, calidades establecidas previamente y un lapso de tiempo previamente definido.

### **2.3.2 Pique**

En minería, es una perforación en forma vertical en la cual se puede descender ascensores o jaulas a profundidades de la tierra. Éstas, por lo general, en la pequeña minería suelen tener profundidades que van de 25 metros y en la gran minería tener profundidades de 1000 metros.

Al fondo de los piques se encuentran galerías, las cuales son fortificadas, ventiladas e iluminadas, su tendencia es en forma horizontal (tipo túneles) que se dirigen a frentes de explotación de minerales, ya sea carbón, cobre u otros.

Los piques se usan, generalmente, en interior mina para poder acarrear mineral de un nivel superior a otro inferior.

### **2.3.3 Pique central**

El pique central es un pozo vertical por el que se desplazan los skips para la carga y el elevador de personal.

### **2.3.4 Explotación**

Las minas también reciben el nombre de explotaciones mineras, o, simplemente, explotaciones.

### **2.3.5 Acarreo**

Traslado de materiales hacia un destino señalado.

### **2.3.6 Echadero**

Es una labor minera vertical o semi vertical que sirve como medio de transporte del mineral o desmonte de un nivel a otro.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis General**

El Proyecto Pique Central influye significativamente para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- a) La ubicación del pique central influye significativamente para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.



- b) Los costos de ejecución del pique central influye significativamente para la explotación debajo del Nivel 400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

## 2.5 Variables e indicadores

**Variable X:** Proyecto Pique Central.

**Variable Y:** Explotación debajo de nivel 1400.

## 2.6 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable X:</b>  Proyecto Pique Central.	- Ubicación del pique central.	- adecuado/inadecuado
	- Costos de ejecución del pique central.	- \$/m. - \$/TM.
<b>Variable Y:</b>  Explotación debajo de nivel 400.	- Seguridad.	- Estable/inestable.
	- Recuperación de mineral.	- %.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Método de investigación**

El presente trabajo investigación será realizado con en el método científico.

El método científico es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento.

#### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es la aplicada.

### 3.3 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es el descriptivo.

### 3.4 Población y muestra

La población fueron las posibles ubicaciones del pique central en la Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

La muestra (la ubicación) se eligió de manera no probabilística.

### 3.5 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue de la investigación descriptiva simple; su diagrama es el siguiente:

M → O

Donde:

M = muestra.

O = Observación.

### 3.6 Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue la observación directa. El instrumento fue el diario del investigador.

### **3.7 Técnicas de Procesamiento de datos**

Se utilizó la estadística descriptiva. Tomando los datos del diario del investigador.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Presentación de datos generales**

##### **4.1.1 Parámetros Iniciales**

Primero se procedió a realizar una campaña de exploración para evaluar las reservas del yacimiento. Para ello se efectuaron unos sondeos. A continuación se interpretaron los mismos y se hizo un estudio geológico detallado y un modelo del yacimiento con las zonas susceptibles de ser explotadas. Además, luego de interpretar los trabajos ejecutados se ha determinado que se tiene como reserva probada y probable 1 009 799 TM de mineral. Estas reservas sirvieron para el análisis económico de la conveniencia de la construcción del Nuevo Pique Central, el cual fue positivo y en consecuencia se decidió la construcción de dicha labor vertical.

#### 4.1.2 Proyecto Nuevo Pique Central

El acceso a la mina se realiza por bocaminas y galerías de dimensiones estándar de 2.20 m x 2.20 m. La mina consta de 6 niveles (incluyendo el intermedio) que son:

- Nivel B: Cota 4462.30 msnm (Bocamina San Pablo N°2)
- Nivel 400: Cota 4372.54 msnm (Bocamina Carlos Reynaldo)
- Nivel Intermedio: Cota 4340.00 msnm (no comunica a superficie)
- Nivel 1000: Cota 4286.61msnm (no comunica a superficie)
- Nivel 1200: Cota 4228.54 msnm (no comunica a superficie)
- Nivel 1400 : Cota 4162.30 msnm (no comunica a superficie)
- Nivel 1450: en proyecto (no comunica a superficie)
- Nivel 1600: en proyecto (no comunica a superficie)
- Nivel 1700: en proyecto (no comunica a superficie)

Los dos niveles superiores se hallan comunicados a superficie, mientras que las 4 restantes son ciegos.

El nivel 400, además de la bocamina Carlos Reynaldo, cuenta con otras 4 bocaminas:

Bocamina Freiberg. Cortada 664 NW

Bocamina Duvaz. Galería 770 W

Bocamina Victoria. Galería 997 W

Bocamina Valentina. Galería 985 W

En el interior de la mina los niveles se hallan comunicados por dos piques de izaje de mineral y servicios, pero que no son usados para transporte de personal. El primer pique 920 comunica el nivel 400 hasta el nivel 1200, teniendo planificado llegar al nivel 1400. El segundo pique 880 comunica el nivel 400 solo hasta el nivel 1400.

De acuerdo a los datos anteriores se puede observar que operacionalmente se hace difícil la extracción del mineral por lo que se justifica la construcción del Nuevo Pique Central.

El Nuevo pique central debe ser construido desde el Nivel 400 hasta el Nivel 1700, alcanzando el pique una longitud de 428 metros y la longitud de izaje de 406 metros y la sección de la excavación será de 4,81 m x 2,31 m, que al final tendrá tres compartimientos, uno para acceso o camino y otros dos para los skips.

El esquema de Nuevo Pique Central que se llamará Pique Rosario, se muestra en el siguiente gráfico.

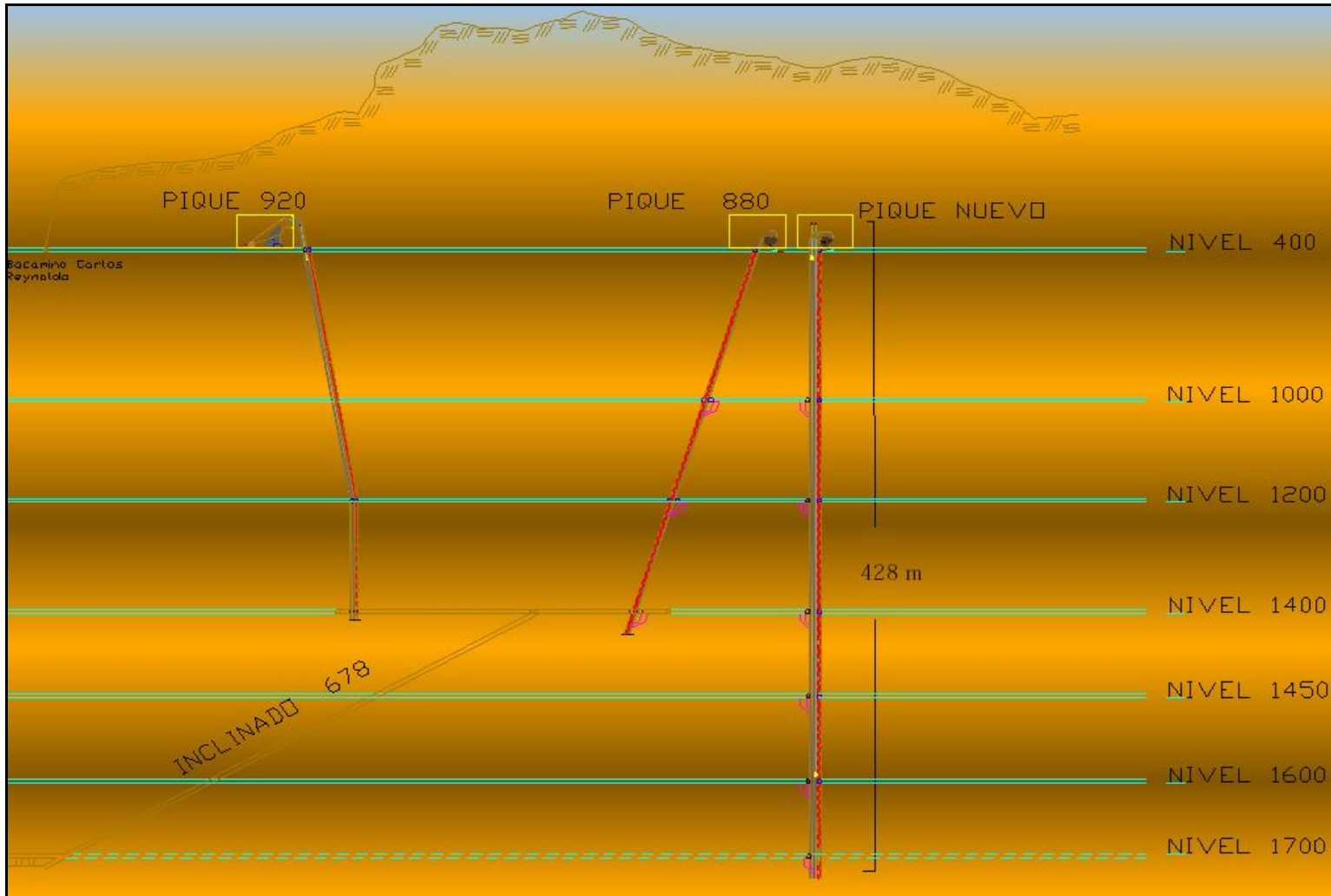


Grafico 4.1 Plano de Proyecto Pique Central.



#### 4.1.3 Datos técnicos

Para la construcción del Nuevo Pique Central se ha realizado un estudio minucioso, a partir del cual se ha determinado los principales datos técnicos que se tendrán en cuenta en la ejecución de dicho pique, los cual se muestran a continuación en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1**

DESCRIPCION - PROYECTO	Unidad	Cantidad
<b>JAULA SKIP</b>	Unid.	2
Sección Pique	m <sup>2</sup>	4.41 x 1.91
Sección Pique - Excavación	m <sup>2</sup>	4.81 x 2.31
Longitud de Pique	mts	428
Longitud de Izaje	mts	406
Velocidad de Skip	pies/min.	1,200
Sección Compart. Pique (1.5x1.2)	m <sup>2</sup>	1.80
Sección Efectiva Skip (1.23x0.93)	m <sup>2</sup>	1.14
Peso Especifico	Tm/m <sup>3</sup>	2.2
Altura de Cajón (Skip)	mts	1.22
Capacidad de Skip	Tm	3.08
Ciclo por Viaje	Min	1.97
Tiempo de Izaje/Gdia	Horas/Gdia	8
Tiempo de Izaje/Dia	Horas/día	16
Días	Días/mes	25
Nro. Skip/Hora	Skip/Hr	30
Toneladas/Hr.	Tm/Hr	94
Toneladas/Gdia	Tm/Gdia	750
Toneladas/Día	Tm/Día	1,500
Toneladas/Mes	Tm/Mes	37,501

#### **4.1.3 Ubicación de pique y geomecánica**

Para la ubicación del pique se ha considerado cinco factores importantes:

1. Espacios vacíos mayores de 45 mts. (radio de influencia).
2. Fácil accesibilidad en los diferentes niveles.
3. La calidad de la roca debe ser muy buena – regular en toda la columna.
4. Debe estar cercano a la zona de explotación de las vetas y debe tener equidistancia para un manejo simplificado de los servicios y el acarreo.
5. El menor costo en la ejecución de las labores de infraestructura a partir de las labores existentes.

#### **4.2 Análisis e interpretación de datos**

De acuerdo a los datos anteriores y tomando en cuenta los 5 factores que se deben considerar para la buena ubicación del Pique Central (Pique Rosario), se ha realizado diversos diseños para la posible ubicación del mencionado pique. De ellos se presentan los que fueron las opciones más cercanas a lo requerido, por lo que ellos se esquematizan a continuación, y son las siguientes:

- ✓ Sección Longitudinal 1 - Pique Central.
- ✓ Sección Longitudinal 2 - Pique Central.
- ✓ Sección Longitudinal 3 - Pique Central.
- ✓ Sección Longitudinal 6 - Pique Central.

#### 4.2.1 Sección Longitudinal 1 - Pique Central

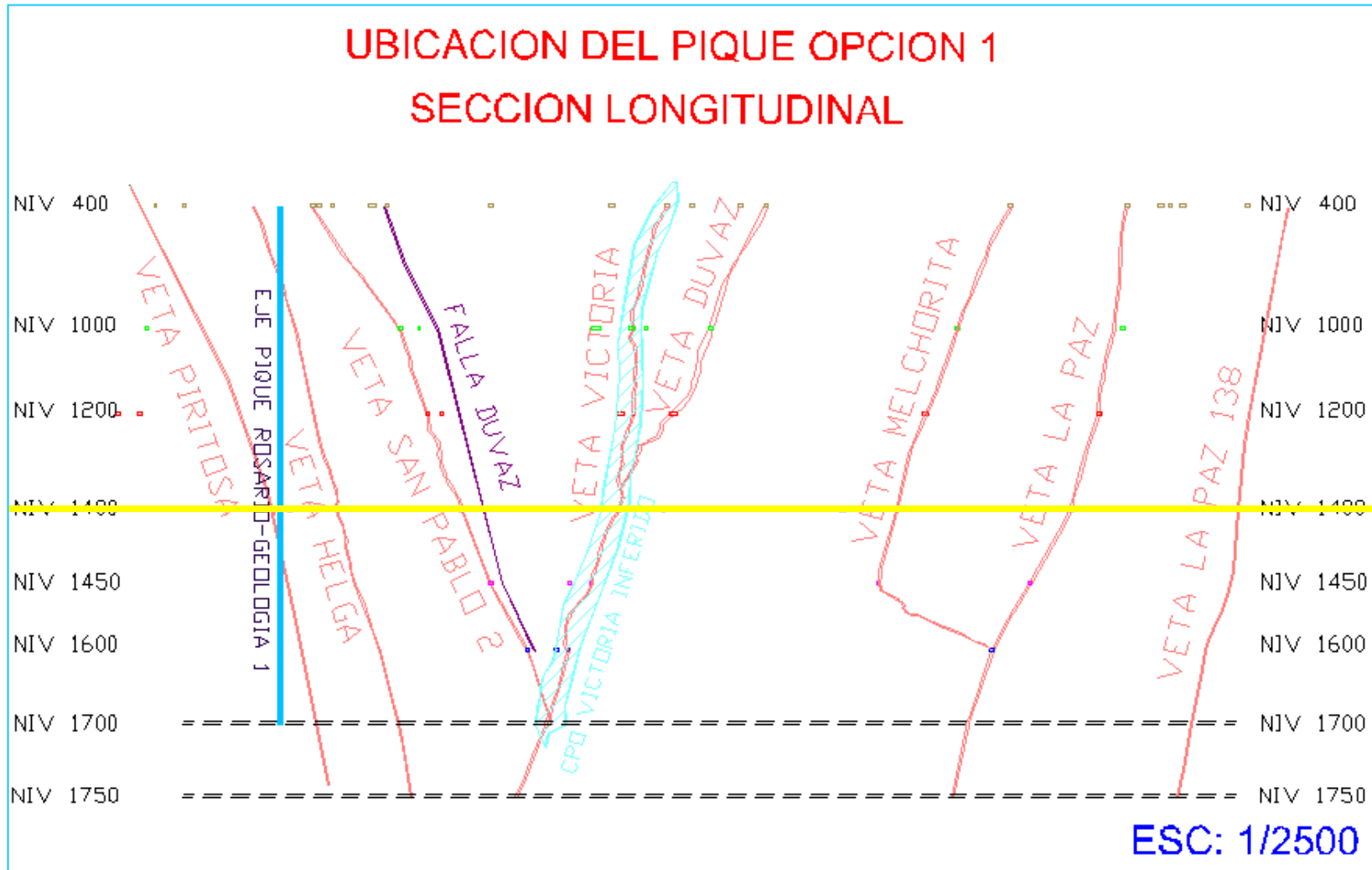


Figura 4.2 Plano de Ubicación de Pique Central – Opción 1

### 4.2.2 Sección Longitudinal 2 - Pique Central

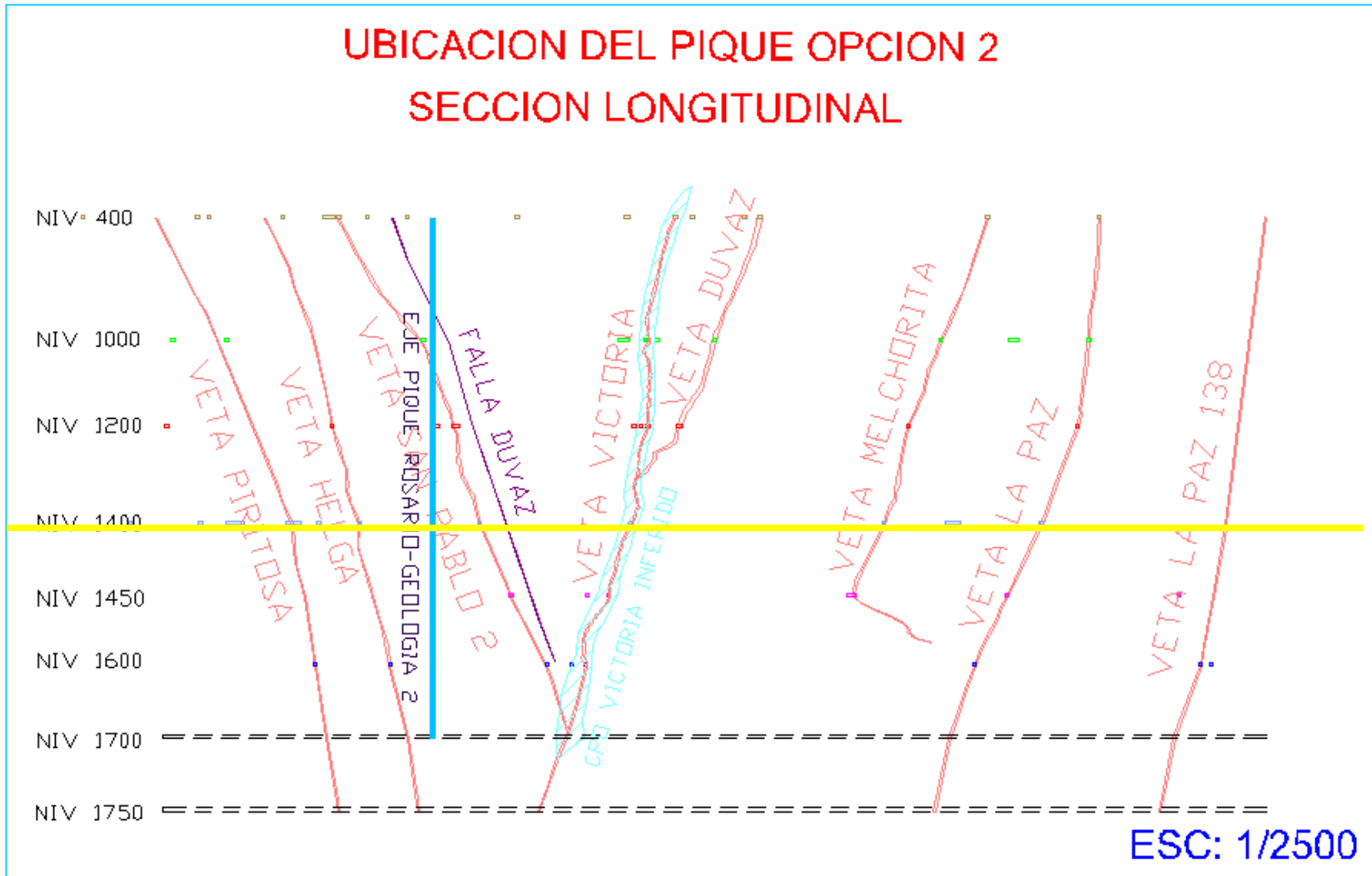


Figura 4.3 Plano de Ubicación de Pique Central – Opción 2

### 4.2.3 Sección Longitudinal 3 - Pique Central

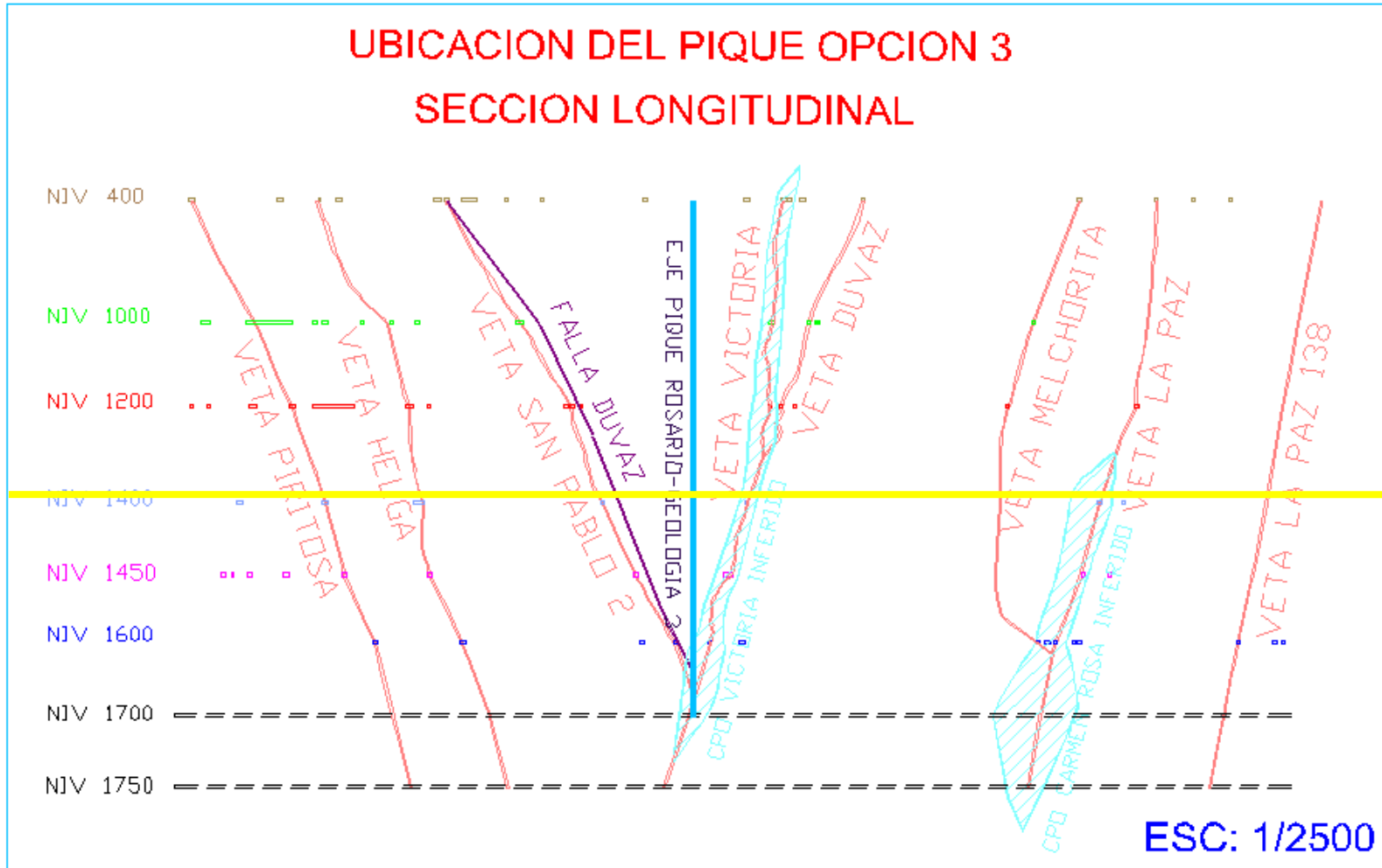


Figura 4.4 Plano de Ubicación de Pique Central – Opción 3

### 4.3 Prueba de hipótesis

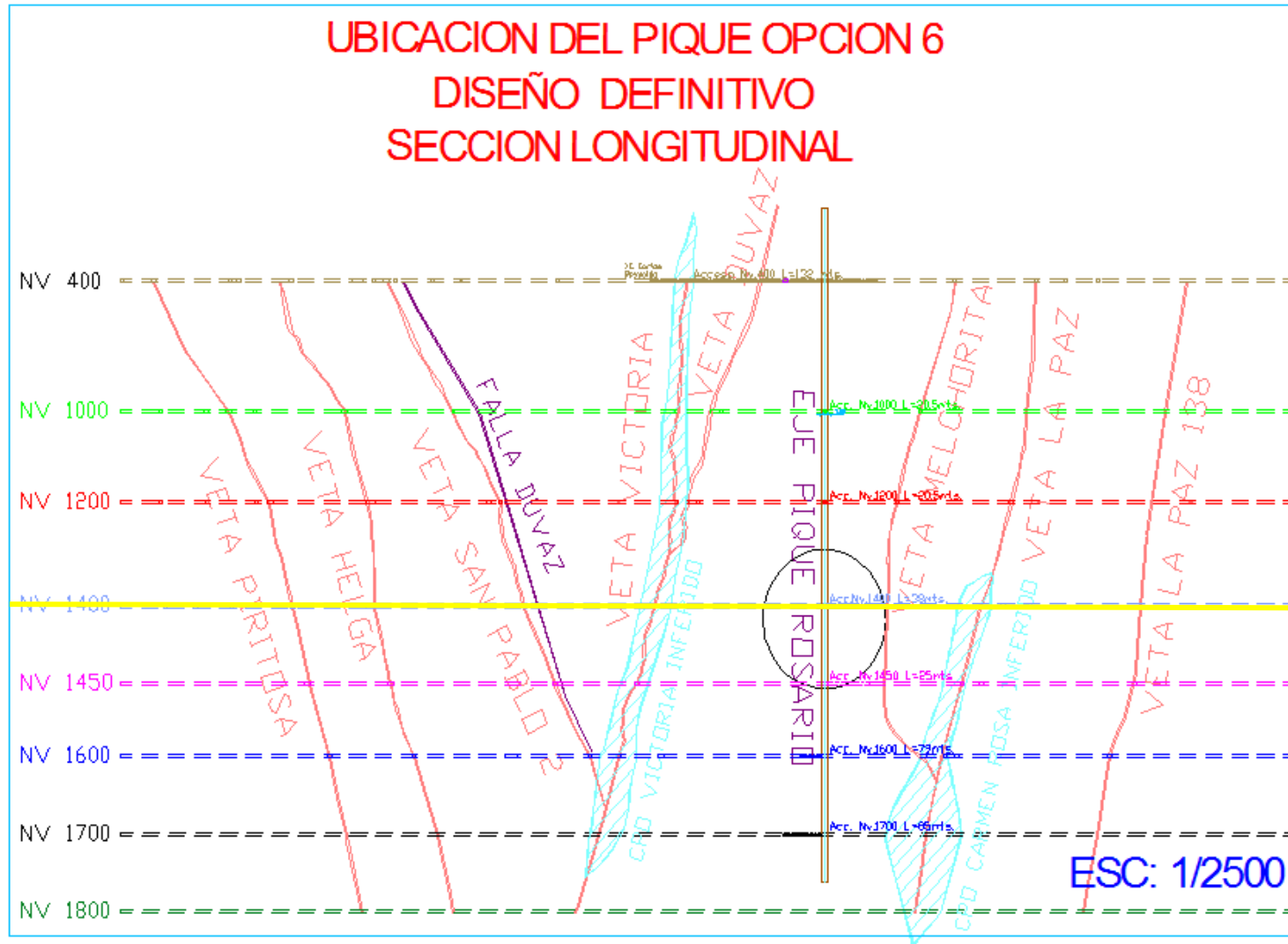


Figura 4.5 Plano de Ubicación de Pique Central definitivo – Opción 6

En el presente trabajo presentamos como prueba de la hipótesis la ubicación del Pique Central (Pique Rosario), a la opción 6, (como se muestra en la Figura 4.5) porque en esta opción se puede observar que cumple con los cinco factores considerados para la elección de la ubicación adecuada o correcta del Pique Central llamado Pique Rosario en las Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

Como se puede observar es casi simétrica la distancia hacia el lado derecho como al lado izquierdo respecto las ocho vetas más importantes que se explotan actualmente en la mina, es decir respecto a: Veta La Paz 138, Veta La Paz, Veta Melchorita, Veta Duvaz, Veta Victoria, Veta San Pablo, Veta Helga y Veta Piritosa; además, de los cuerpos Victoria y Carmen Rosa; lo cual permitirá un manejo más simplificado de los servicios y el acarreo del material fragmentado. De modo que se puede observar que las labores estarán más allá del radio de influencia del pique.

También se puede observar que una vez construido permitirá una buena accesibilidad hacia los diferentes niveles, y por lo tanto a las diferentes labores que se encuentran en cada una de ellas.

Respecto a la calidad de la roca, se puede decir que en esta parte se encuentran rocas de calidad regular a buena de acuerdo a los reportes del departamento de geomecánica variando los índices RMR de 55 a 75 aproximadamente. Se espera que estos valores no serán afectados por la presencia de la falla Duvaz, porque se ha determinado que su longitud alcanza aproximadamente hasta el nivel 1700

cercano al cuerpo victoria y se encuentra a más de 200 metros de la ubicación definitiva de Nuevo Pique Central.

También se realizará el Nuevo Pique Central con el menor costo tal como se presenta en el siguiente resumen:

**Tabla 4.2 Inversión Total – Pique Central**

<b>COSTO TOTAL DEL PIQUE (U.S\$)</b>	<b>3,260,468</b>
<b>ALTURA DEL PIQUE (Mts)</b>	<b>428.8</b>
<b>COSTO DEL PIQUE POR METRO ( U.S.\$/Mt. )</b>	<b>7,604.4</b>
<b>RESERVA PROBADO Y PROBABLE ( TM )</b>	<b>1,009,799</b>
<b>COSTO INVERSION UNITARIO (U.S \$/ TM )</b>	<b>3.229</b>

#### **4.4 Discusión de los resultados**

##### **4.4.1 Requerimiento de Madera Pino**

Después de la ejecución del pique es necesario realizar el enmaderado de dicha labor para mantenerlo operativo y mantener en



buenas condiciones el Pique porque será la labor principal de acceso y extracción del mineral y debe de estar en condiciones adecuada en todo el tiempo.

Para lo cual se presenta el diseño del compartimiento que tendrá el pique:

### Diseño de Compartimiento

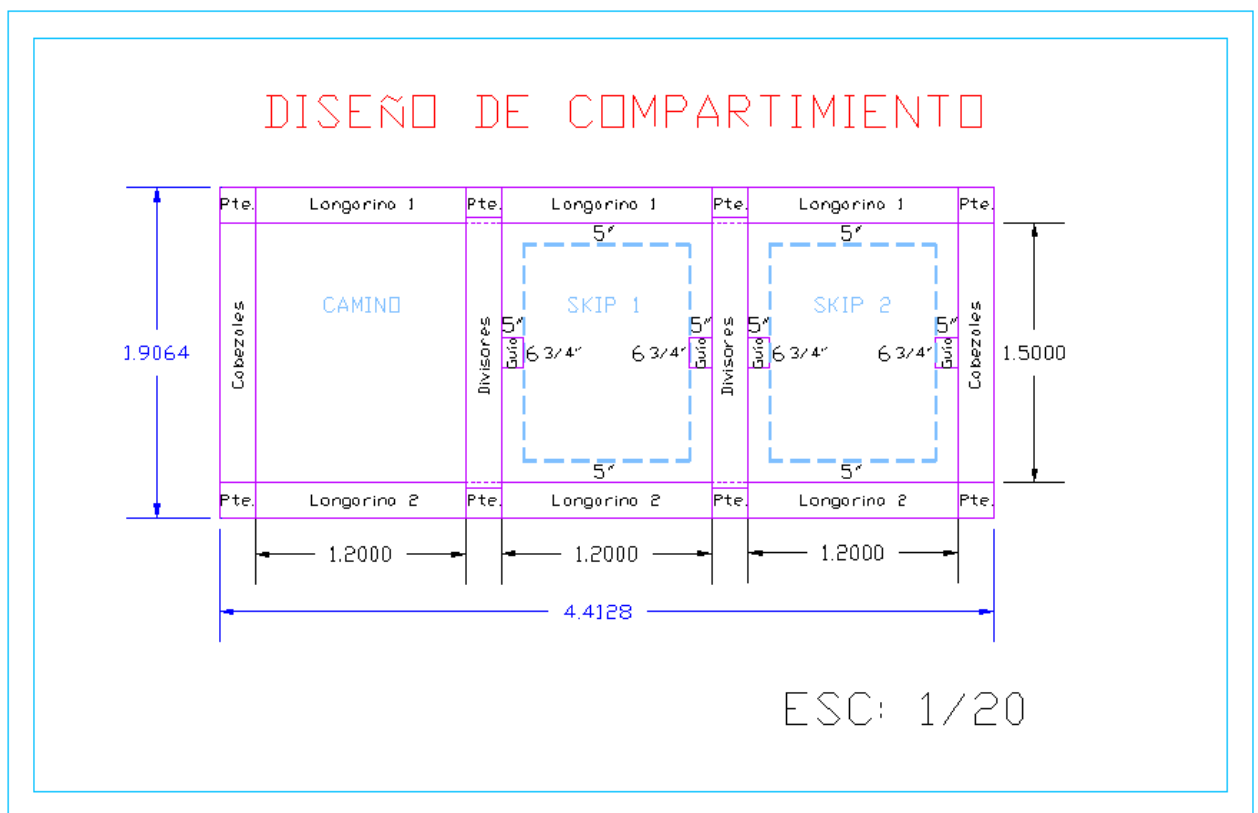


Figura 4.6 Diseño de los compartimientos que tendrá el Pique Central.

Además se tendrá en cuenta las dimensiones del enmaderado de acuerdo al diseño siguiente:

## Dimensiones del Enmaderado

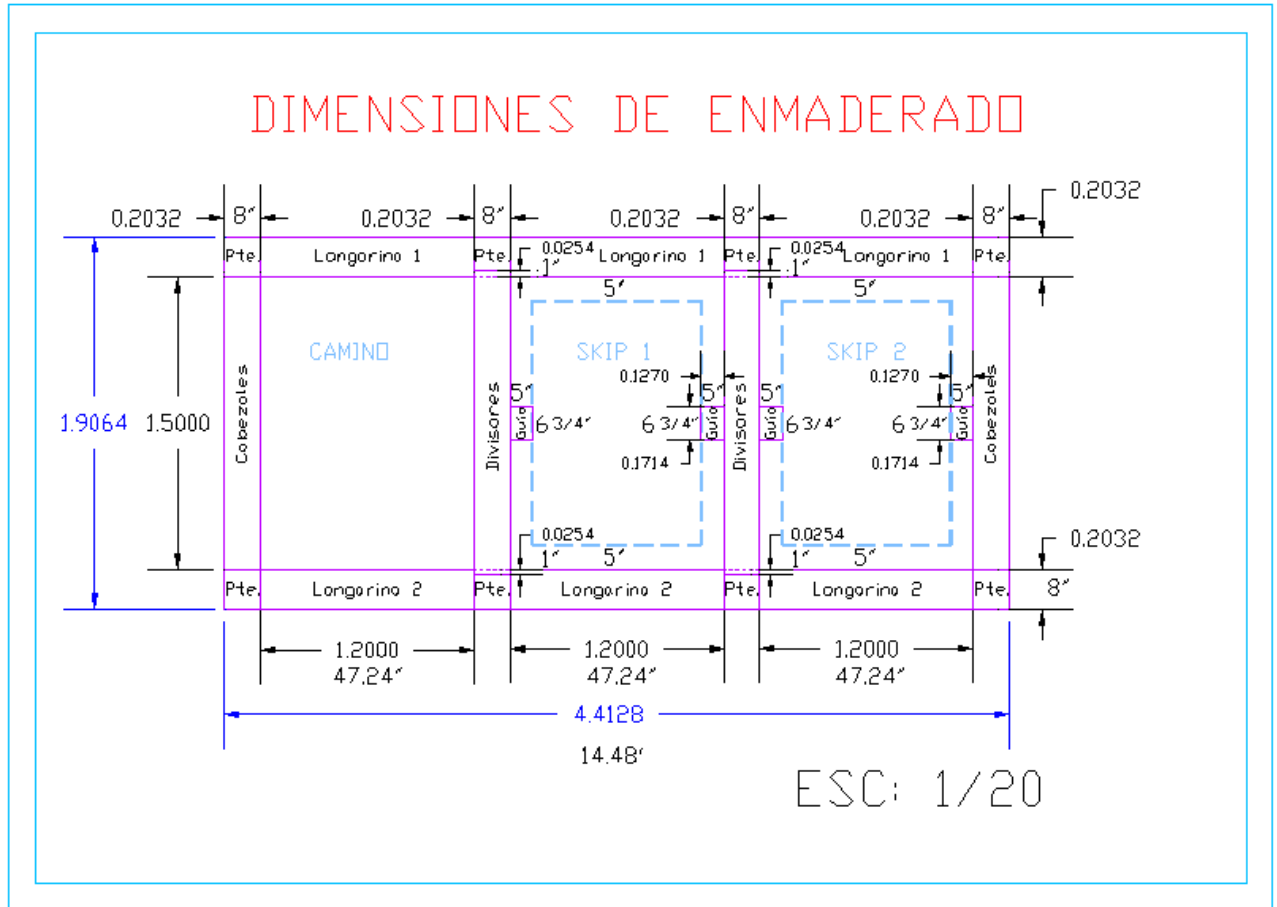


Figura 4.7 Diseño de las dimensiones del enmaderado que tendrá el Pique Central.

Debido a la presencia de agua en las labores de la mina se ha determinado que el enmaderado del Nuevo Pique Central debe ser realizado con madera pino por ser esta madera la más resistente a tales condiciones. Se presenta el Resumen del requerimiento de dicha madera.



## CONCLUSIONES

1. Luego de interpretar los resultados de los trabajos de exploración se ha determinado como reserva probada y probable 1 009 799 TM de mineral.
2. El Nuevo pique central debe ser construido desde el Nivel 1400 hasta el Nivel 1700, alcanzando el pique una longitud de 428 metros. La sección de la excavación será de 4,81 m x 2,31 m; y tendrá tres compartimientos, uno para camino y otros dos para skips.
3. La ubicación del Pique Central, será de acuerdo a la opción 6; esta opción cumple con los cinco factores considerados para la elección de la ubicación adecuada del Pique Central llamado Pique Rosario en las Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

4. La distancia es casi simétrica hacia el lado derecho como al lado izquierdo respecto las ocho vetas más importantes que se explotan actualmente en la mina, además, de los cuerpos Victoria y Carmen Rosa.
  
5. El Costo Total el pique será de 3 260 468 U.S. \$; el costo por metro lineal será de 7 604,40 U.S. \$/m y el costo de inversión unitario será de 3,229 U.S. \$/TM.
  
6. El cronograma de inversiones para la construcción del nuevo pique central tendrá una duración dos años y tres meses.

## RECOMENDACIONES

1. Los trabajos que se realicen en la construcción del pique deben ser de acuerdo a los estándares y procedimientos establecidos para la ejecución de un pique vertical.
2. La supervisión de los trabajos debe estar a cargo de personal especializado y con suficiente experiencia en la ejecución de piques.
3. Se recomienda continuar con la investigación respecto a la elección, ubicación y construcción de los piques verticales e inclinados, porque cada vez más se están profundizando las labores subterráneas, pues las vetas y los cuerpos se encuentran a grandes profundidades y algunas veces incluso las leyes son mejores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, F. (1985). *“Tesis: Proyecto de Izaje de mineral en la mina Huanzala”*.

IBAÑEZ, F. (1983). *“Tesis: Criterio técnico para la ejecución del pique N° 2 en la mina Teresita”*.

VALLE, A. y FERNANDEZ, J. (1994). *“Eguívar. La realidad de la profundización de pozos verticales”*. IX Congreso Internacional de Minería y Metalurgia de León. España.

*“Sistema de izaje en minería subterránea piques y winches año 2006”*. Capacitación para trabajadores mineros Cerro Rico – Base Rey.

Revista de seguridad minera (ISEM) (2007). Publicación N° 55.

ZELAYA, E. y MARTINEZ, L. (2011). *“Planeamiento integral para la ejecución del proyecto pique J. Timmers”*

Informes internos Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.

# ANEXOS



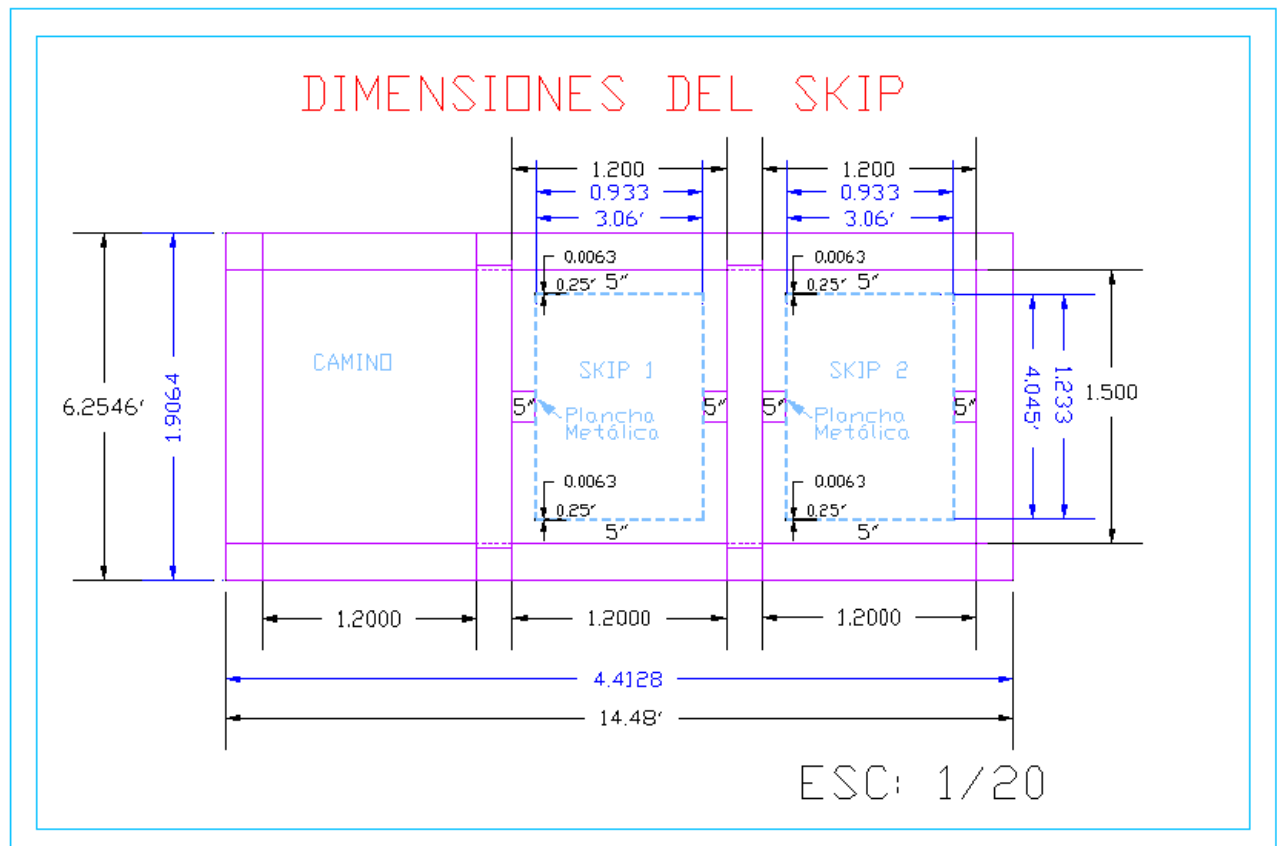
## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: “PROYECTO PIQUE CENTRAL PARA EXPLOTACION DEBAJO DE NIVEL 1400 - SOCIEDAD MINERA AUSTRIA DUVAZ S.A.C.”**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACION</b>
¿Cómo influye el Proyecto Pique Central para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.?	Determinar cómo influye el Proyecto Pique Central para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.	El Proyecto Pique Central influye significativamente para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.	<b>Variable X:</b> Proyecto Pique Central.  <b>Variable Y:</b> Explotación debajo de nivel 1400.	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada.  <b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo.  <b>Diseño de la Investigación:</b> Descriptiva simple.	<b>Población:</b> Posibles ubicaciones del pique central en la Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.  <b>Muestra:</b> Muestra no probabilística.
¿Cómo influye la ubicación del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.?	Determinar cómo influye la ubicación del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.	La ubicación del pique central influye significativamente para la Explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.			
¿Cómo influye los costos de ejecución del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.?	Determinar cómo influye los costos de ejecución del pique central para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.	los costos de ejecución del pique central influye significativamente para la explotación debajo del Nivel 1400 en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.			

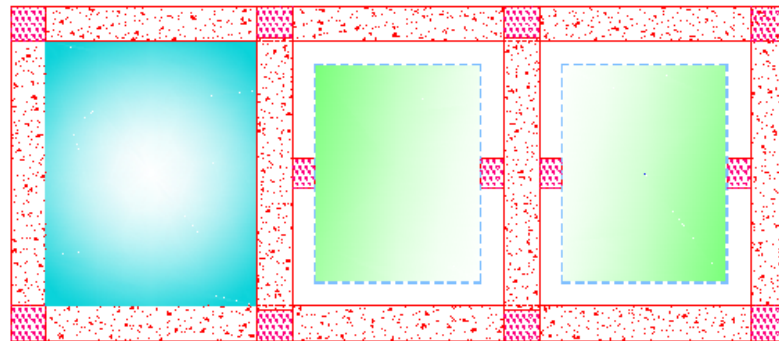
## ANEXO 2

## DIMENSIONES DEL SKIP

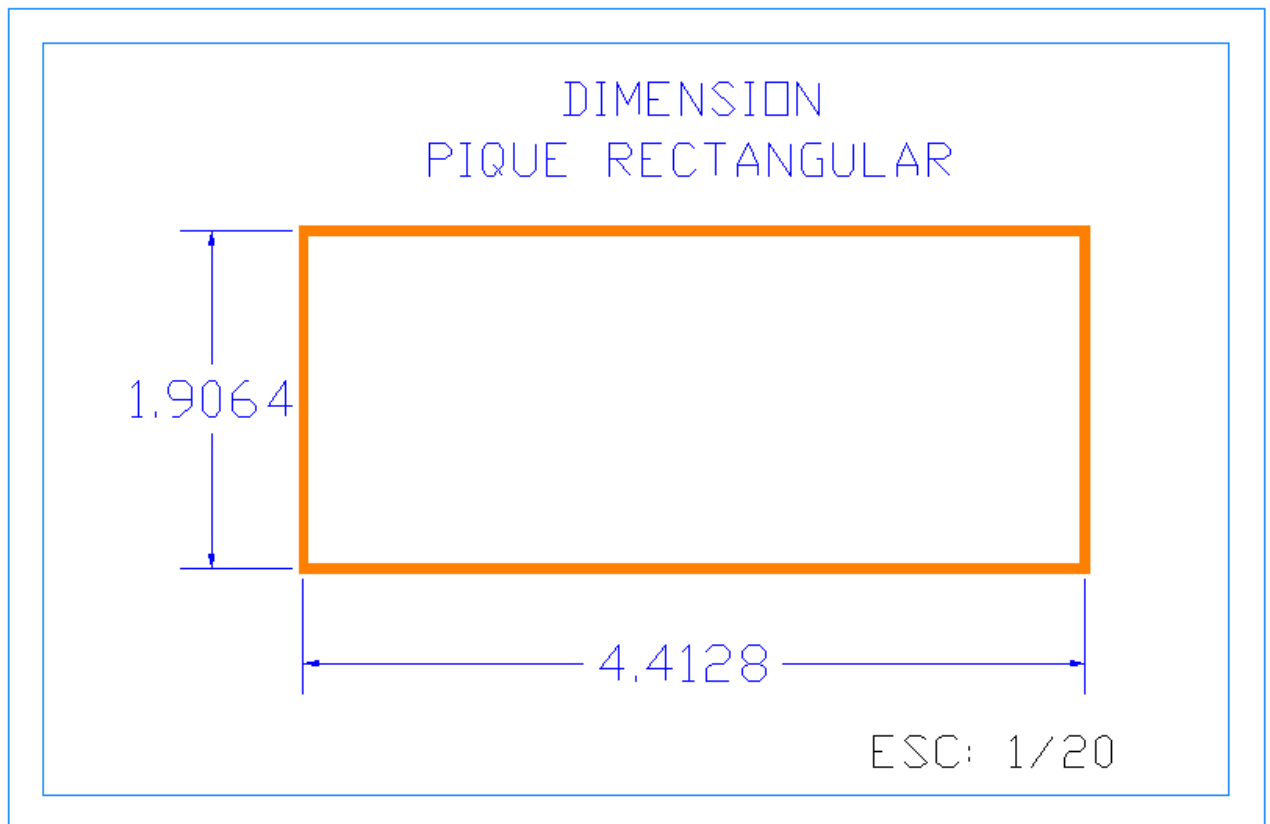


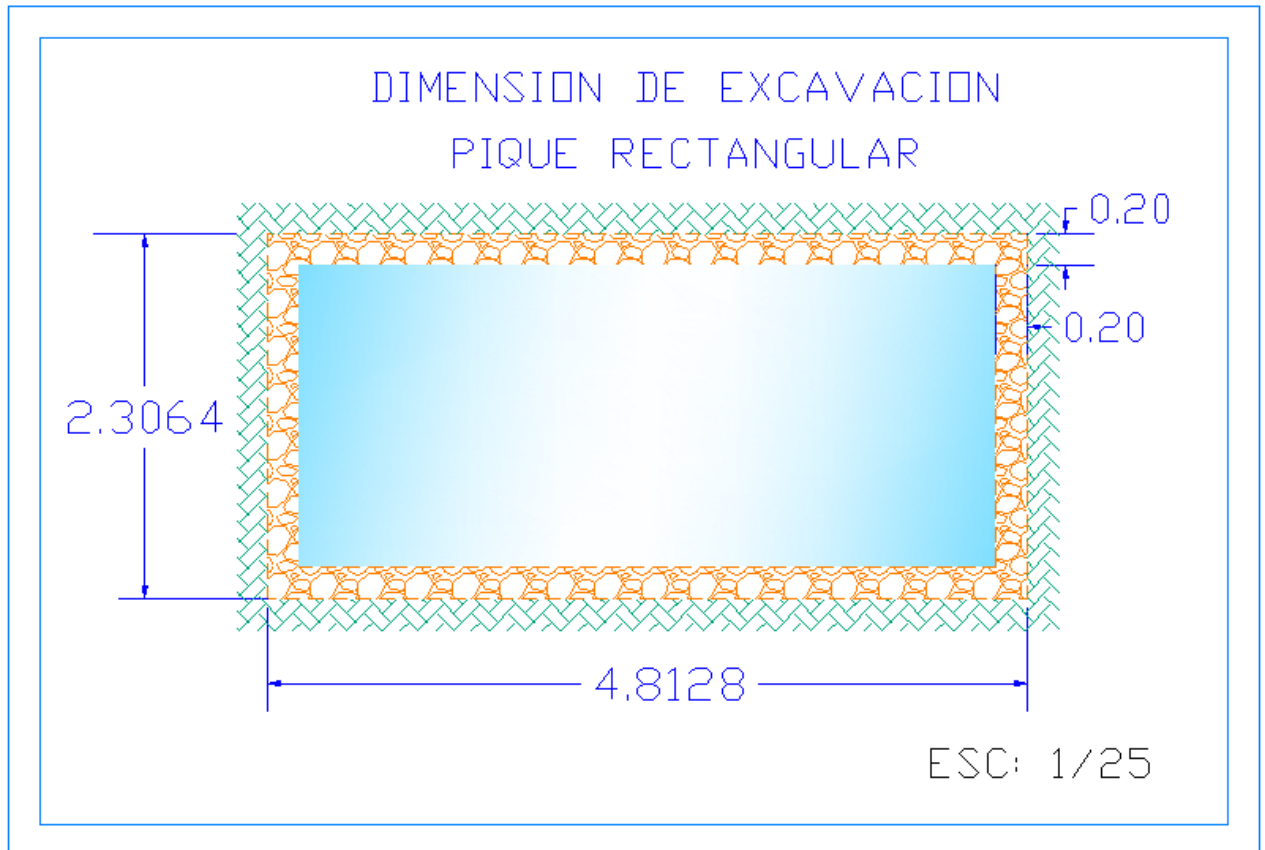
**ANEXO 3****PIQUE CENTRAL - VISTA PLANTA**

CUADRO DE MADERA  
PINO

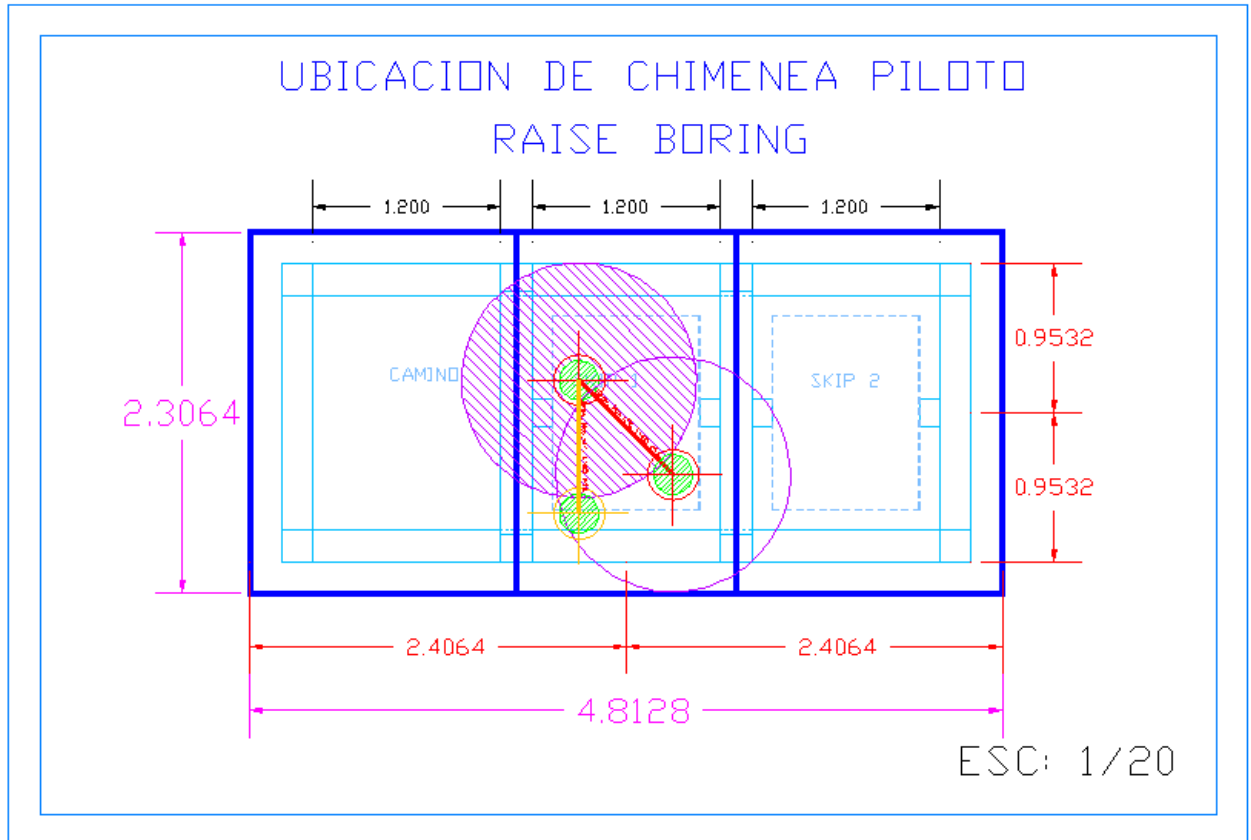


ESC: 1/20

**ANEXO 4****DISEÑO DE EXCAVACION  
DIMENSION - PIQUE CENTRAL**

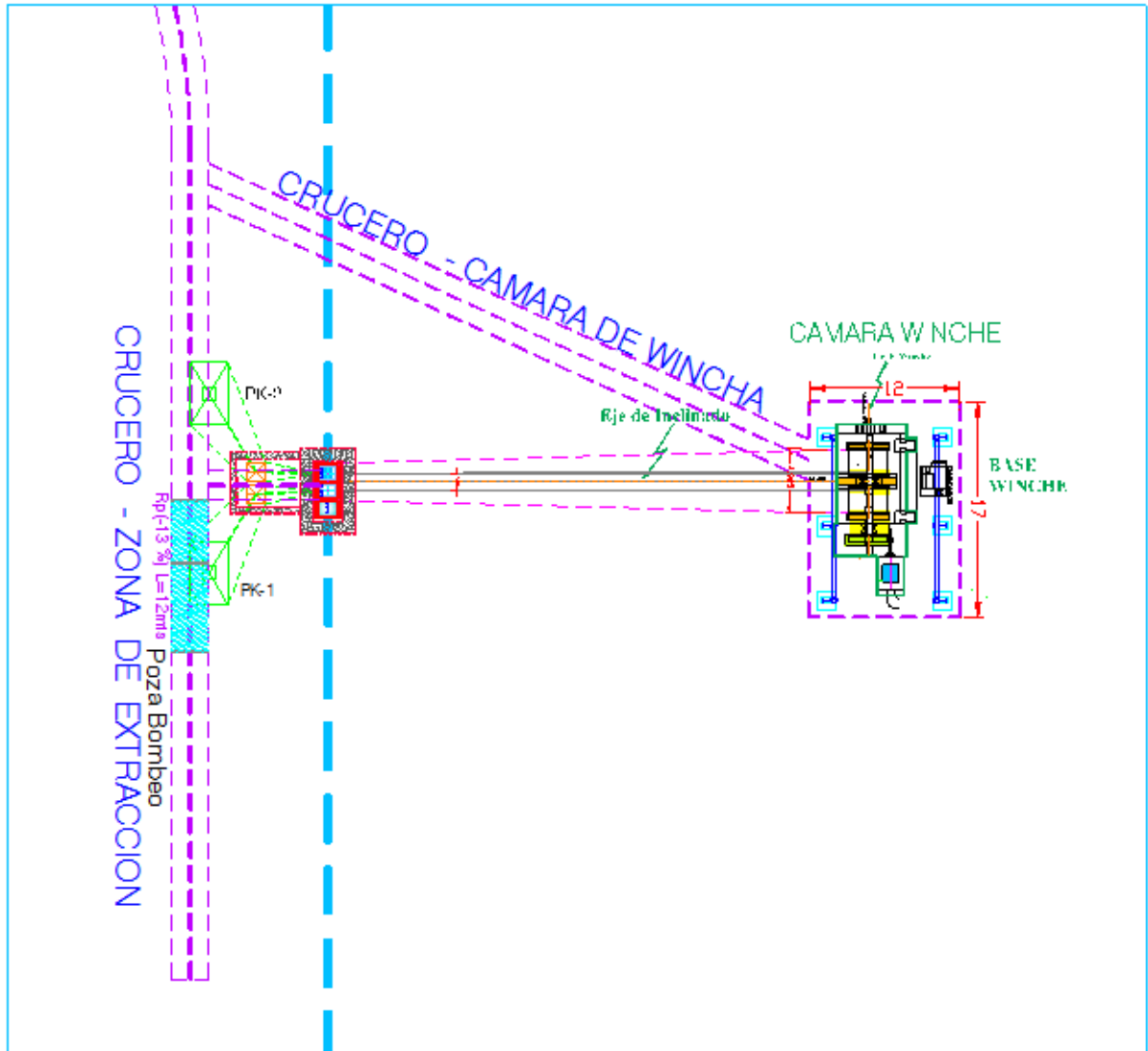
**ANEXO 5****PIQUE CENTRAL - DIMENSION DE EXCAVACION FINAL**

**ANEXO 6**  
**CHIMENEA RAISE BORING**



## ANEXO 7

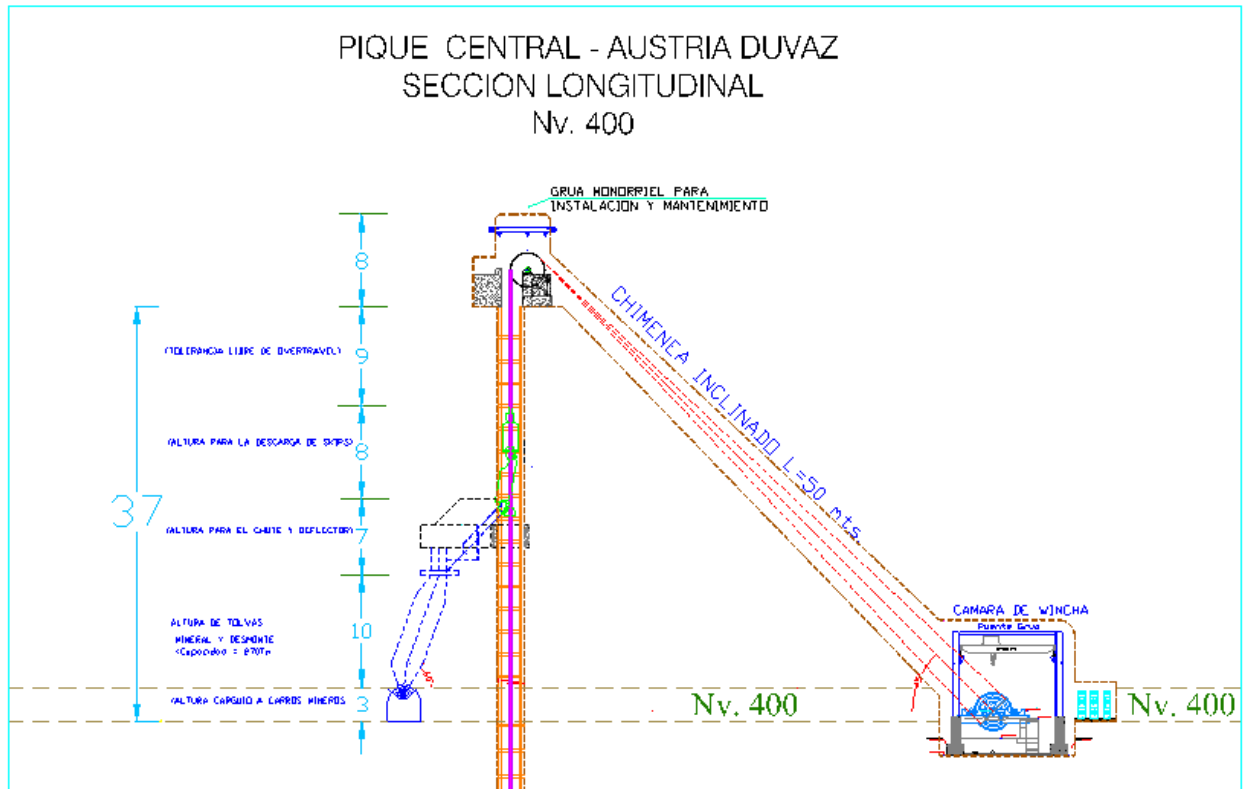
## DISEÑO EN PLANTA - PIQUE CENTRAL



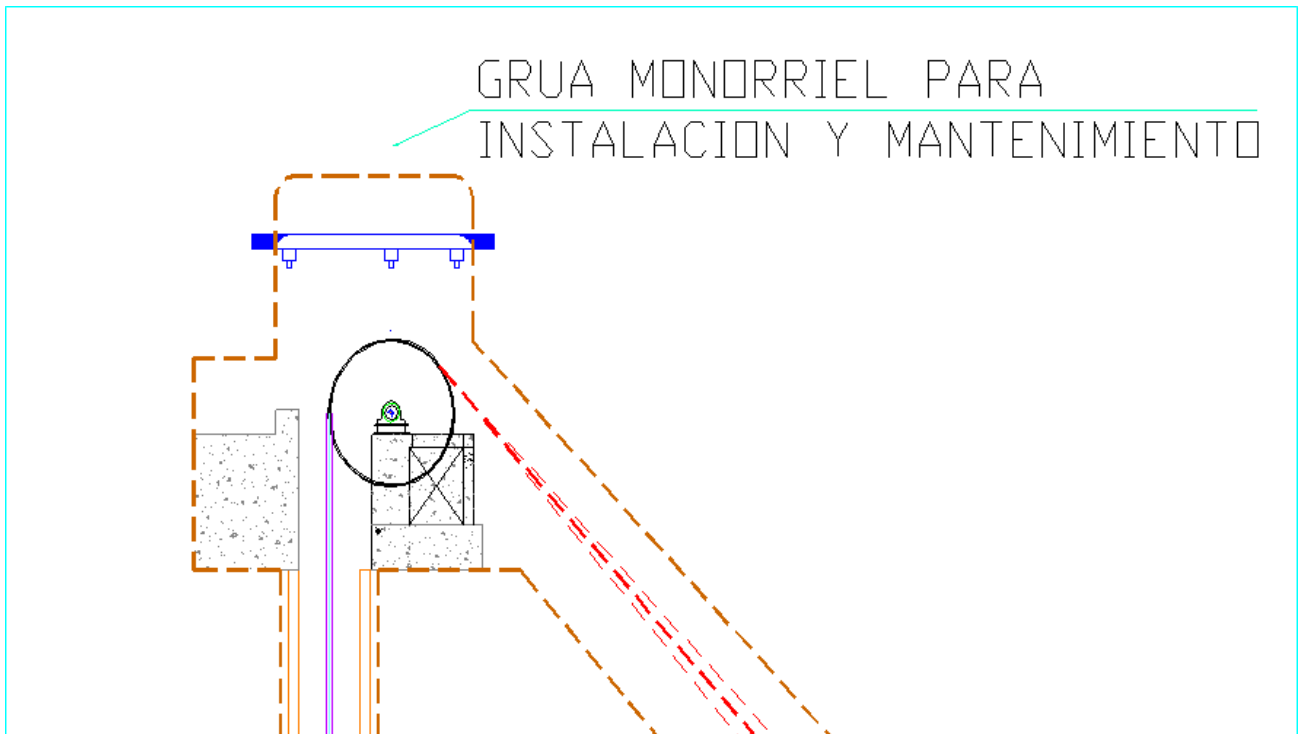
## ANEXO 8

## PIQUE CENTRAL - DISEÑO SECCION LONGITUDINAL

## SECCION LONGITUDINAL Nv. 1400



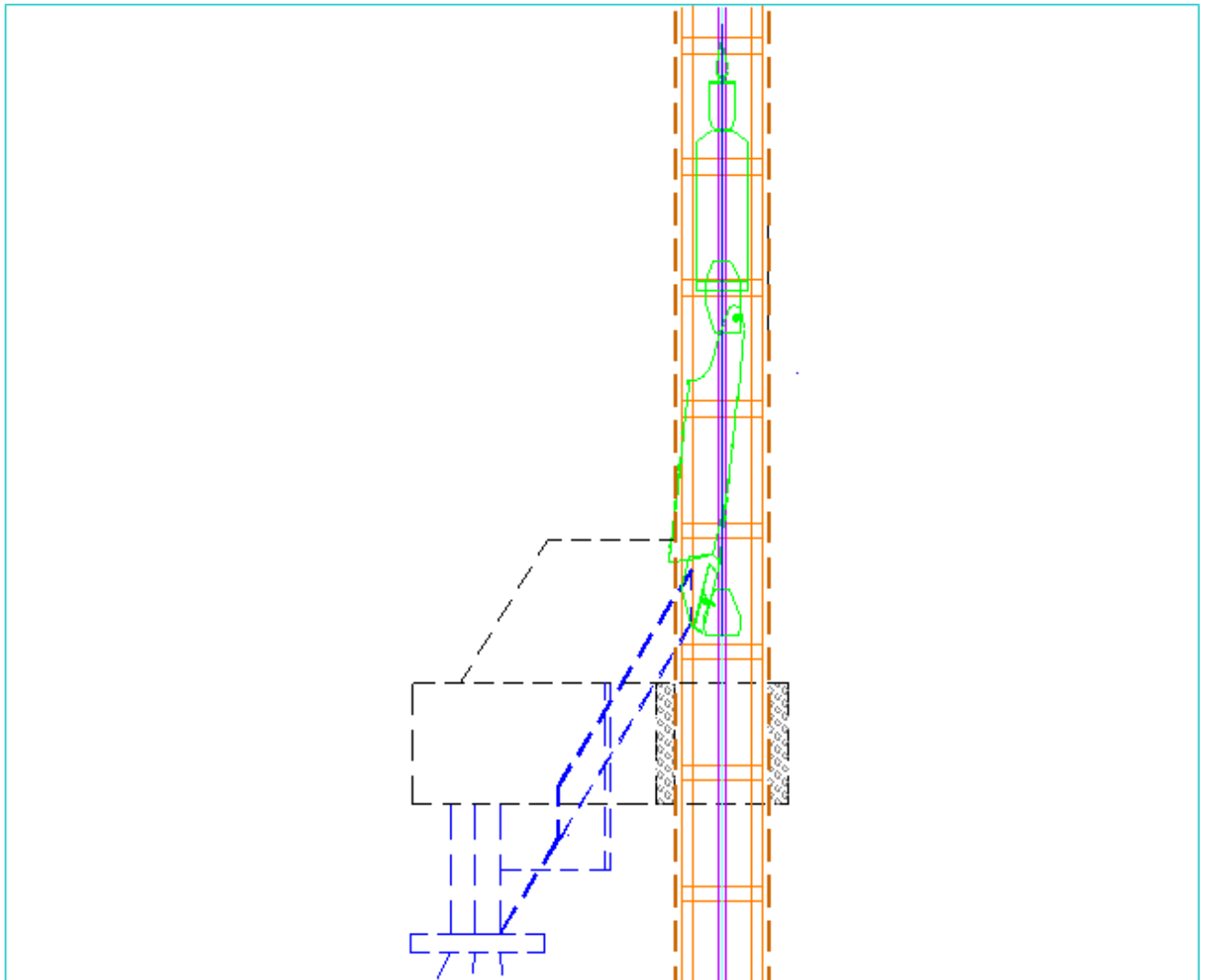


**ANEXO 9****DISEÑO CAMARA DE POLEAS**



## ANEXO 11

## DISEÑO CAMARA DE DESCARGA - SKIP



**ANEXO 12**  
**DISEÑO ESTACION CARGUIO Nv.400**

