

“LA MINERIA DEL PERU Y EL APOORTE DEL INGENIERO CIVIL”

I.-INTRODUCCIÓN

II.-OBJETIVOS

II.1.Objetivo general

II.2.Objetivos específicos

III.-MARCO TEORICO

III.1.Características de mina moderna

III.2.Descripción y ubicación de la minería del Perú en el mundo

III.3.Proyectos mineros del Perú

III.4.El ingeniero civil en la mina

III.4.1. El concreto y Construcción en mina

III.4.2.Diseño y construcción de carreteras

III.4.3.Estructuras en minas

III.4.4.Geotecnia en minas:

III.4.5.Fluidos e hidráulica en minas

IV. CONCLUSIONES

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

I.-INTRODUCCIÓN:

La minería peruana explota una amplia gama de recursos minerales en la cual el ingeniero civil tiene una participación muy notable, la industria minera en el Perú es una de las actividades que más ha desarrollado en la última década, importantes proyectos y megaproyectos que se van desarrollando o están apunto de ejecutarse esto debido al ¹incremento del precio de los metales y la demanda que se tiene, según los expertos economistas la crecida industrial de china e india (principales mercados) requieren mas materia prima de metales de lo que se produce actualmente es por eso que los precios subieron ingentemente, un ejemplo puede ser el molibdeno que cuadruplico su precio y el oro casi duplicó, los ingresos por conceptos de canon, regalías se incrementan, pueda ser una oportunidad para acelerar el desarrollo del Perú, así como lo hicieron otros ²países en base a su minería (suecia, Canadá, Australia), en América latina el caso mas cercano es chile que solo produce cobre (monometalico, 2º productor mundial), el Perú es productor poli metálico. Con todo esto hay muchos proyectos de años atrás y otros que recientemente están en exploración y se prevé que se ejecutaran en los próximos 5 años.

Las minas requieren ser construidos, eh aquí la participación del ingeniero civil. Se construyen carreteras de acceso a la mina, vías de acarreo y transporte, campamentos temporales y permanentes, oficinas de administración planeamiento y logística (departamento de geología, mina, geotecnia, seguridad), infraestructuras de apoyo (centro medico, alojamiento, comedores etc.) almacenes, talleres (mecánica, carpintería, tornería etc.), plantas de concentración, canales de conducción hidráulica y pulpas de relave, presas de relaves, etc. Que en el presente trabajo describiremos en cinco temas: Concreto y construcción en mina, Diseño y construcción de carreteras, Estructuras en minas, Geotecnia en minas, Fluidos e hidráulica en minas.

La participación del ingeniero civil en la mina no solamente se enfoca a la etapa de la construcción o preparación, la mina requiere del constante aporte, en las fases posteriores de la vida de una mina tales etapas son desarrollo, y cierre de minas.

¹ Conferencia de inauguración CONEIMIN 2005, Ing. Romulo Mucho Mamani (ex viceministro del MEM del Perú)

² conferencia sexto congreso de minería 2006, Ing. Guido del Castillo Echegaray (gerente de Aruntani)

II.-OBJETIVOS:

II.1.Objetivo general:

El objetivo del presente trabajo es proponer la participación del estudiante e ingeniero civil en la actividad minera del Perú.

II.2.Objetivos específicos:

- A. Describir los trabajos que competen al ingeniero civil en los desarrollos de la minería peruana, detallando características y tecnologías usadas en estas aplicaciones de la ingeniería civil.
- B. Fomentar a ser partícipes de esta gran industria describiendo la situación actual de la minería del Perú en el mundo, haciendo mención a proyectos de importancia en el Perú.

III.-MARCO TEÓRICO

III.1.Características de mina moderna:

- La mayoría de las minas (formales) en operación actual, están en manos de inversiones extranjeras y algunas compartidas (joint-venture), extranjeras con inversionistas nacionales.
- Las minas del Perú son competitivas en el mundo, porque su desarrollo esta en base a modelos extranjeros, por lo tanto trabajar en una mina es como trabajar en el extranjero.
- En las minas se desarrollan altamente tecnologías de construcción.
- Las minas de hoy son como ciudadelas artificiales y por lo tanto requieren ser construidos, con planificación y control en sus respectivas áreas de desarrollo.

III.2.Descripción y ubicación de la minería del Perú en el mundo

Nuestro país goza de una paz social y un marco legal promocional, que permite la asociación de empresas nacionales con extranjeras para efectuar inversiones de riesgo compartido (Joint Venture).

Las minas de hoy son muy diferentes a las minas que se explotaron antes de la década de los 90 se ha ido avanzando adecuándose en normas de medio ambiente y normatividad que nuestro país exige.

La desaparición del terrorismo y las modificaciones introducidas en la legislación minera al inicio de los años 90 son fundamentales para el desarrollo de la minería.

Hoy se hace mención a mega proyectos, es debido a la sofisticación alcanzada por la exploración minera, a raíz del ingreso de las grandes compañías internacionales que extienden el empleo de la perforación diamantina con fines exploratorios.

³ Así el año 2006 se tiene que las empresas mineras han pasado la marca de 1 millón de metros de perforación diamantina, lo cual es un indicador del incremento de la actividad exploratoria en el Perú.

Cuadro de ubicación de la producción del Perú:

METAL	MUNDO	AMERICA
Plata	2	2
Zinc	3	1
Estaño	3	1
Bismuto	3	1
Telurio	3	1
Cobre	3	2
Plomo	4	1
Molibdeno	4	2
Oro	6	1
Indio	8	1
Selenio	8	2
Hierro	17	5

(Fuente ministerio de energía y minas, 2006)

³ Revista "Teoría y acción del mundo minero" edición 246, abril 2007

III.3. Proyectos mineros Ubicados en el sur del Perú

Con el descubrimiento de Aruntani, ubicado entre las regiones de Puno y Moquegua, se inicia una nueva etapa de exploración en el sur del Perú, con resultados extraordinarios.

- Arasi:
Ubicado en el distrito de Ucuvi, provincia de Lampa, región Puno. Desarrollado y puesto en producción por Arasi SAC, a razón de 120 000 onzas de oro por año. Posee reservas estimadas en 600 000 oz. de oro.
- Proyecto Capac Orcco:
Ubicado en el distrito de Limbani, provincia de Sandia, región Puno, esta siendo desarrollado por joint venture conformado por CIA peñoles y una empresa nacional.
- Cerro Crespo:
Ubicado en la provincia de Chumbivilca, región Cusco, Actualmente se encuentra en proceso de evaluación conjunta con otros prospectos de la región, en joint venture con Newmont.
- Proyecto Pucamarca - La Frontera:
Esta ubicado en el distrito de Pallca de la región de Tacna, es un depósito de oro epitermal diseminado con un potencial de 800 000oz de propiedad de Minsur.
- Proyecto Polacota:
En el distrito de Cayarani de la región de Arequipa, posee reservas de 300 000oz de oro propiedad de CIA Buenaventura.
- Proyecto Payancata:
Ubicado en el distrito de Parinacochas de la región de Ayacucho, es un depósito de plata y oro, que se encuentra en etapa de desarrollo perteneciente a joint venture, posee 500 000oz de oro.

Otros proyectos mineros importantes del Perú, en exploración

- Proyecto El Galeno:
En el distrito de Encañada de la región de Cajamarca, es un proyecto de cobre y oro cuyas reservas estimadas a agosto del 2006 alcanzan 504 millones de toneladas con 0.54% Cu, de Lumina Copper.
- Proyecto Corani:
En el distrito de Corani de la región de Puno es un prospecto de plata, con reservas estimadas en 256 millones de onzas de plata con 57oz-Ag/Tn, 0.9% Pb/Tn y 0.5% Zn/Tn.
- Proyecto Toromocho:
Distrito de Morococha de la región Junín, posee reservas estimadas de 1 375 000t. Equivalentes a 0.71% Cu, de Perú Copper.
- Proyecto Las Bambas:
En las provincias de Cotabambas y Grau, en la región de Apurímac, es un yacimiento de cobre de Xtrata Copper, 31798has de concesión Chalcobamba, Ferrobamba, Sulfobamba, Charcas. Millones de toneladas de reserva.
- Proyecto La Granja:
Yacimiento de cobre y plata se realizaron 150 000m de perforación diamantina.
- Proyecto Tia Maria: Ubicado en arequipa, es un yacimiento de cobre de propiedad de southern Perú, con el propósito de duplicar su producción juntamente con el proyecto de chancas.
- Proyecto Chancas: Ubicado en el departamento de Apurímac, yacimiento de cobre, de propiedad de southern Perú.
- Proyecto Río Blanco: Ubicado en el departamento de Piura, es un yacimiento de oro, inversionistas chinos.
- Proyecto Tambogrande: Ubicado en el departamento de Piura, yacimiento de oro pretendido para ser explotado por la empresa minera manhatan, Canadá.

(Fuente revista “Teoría y Acción del Mundo Minero”, edición 246 abril- 2007)

Nota:

²La producción de oro y plata continuará incrementándose de forma exponencial; además con la expansión de Cerro Verde, Antamina, y la puesta en marcha de La Granja, Tia Maria, Chancas, el Perú se colocara en el 2do lugar entre los mayores productores de cobre del mundo, proyectándose, fácilmente unas 500 000Tn adicionales anuales de cobre por año. Se tiene 15 proyectos mineros de gran envergadura (10 auríferos y 5 poli metálicos) y ⁴75 proyectos mas en todo el Perú. ⁵Puno será un soporte potencial de la minería del Perú, pues tenemos la presencia de reconocidas empresas internacionales mineras: Barrick, Rio Tinto, Buenaventura, Peñoles, etc. Una empresa buscando tierras raras (no metálicos) y 10 empresas interesados en uranio, actualmente explorando, además Puno cuenta con mas de 2 000 concesiones titulados y en tramite, Carabaya con el mayor nº de concesiones seguida por Sandía, Puno, Putina, Lampa.

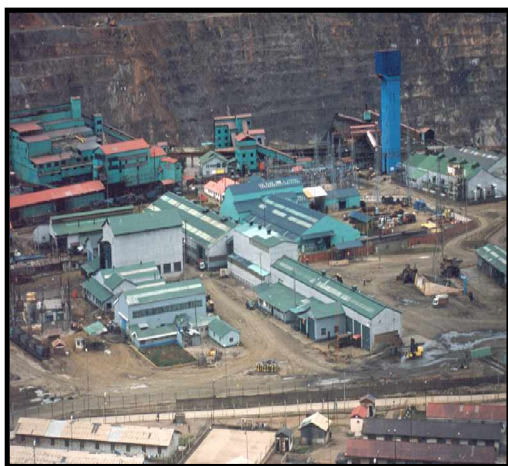
III.4.El ingeniero civil en la mina:

El ingeniero civil es un profesional capaz de hacer de su participación imprescindible en la industria minera, tenemos los siguientes trabajos que desarrolla en mina y que en el presente serán objetos de descripción:

1. Concreto y construcción en mina.
2. Diseño y construcción de carreteras.
3. Estructuras en minas.
4. Geotecnia en minas.
5. Fluidos e hidráulica en minas.

La minas pueden ser según la ubicación del yacimiento explotados a cielo abierto o subterráneos y tienen tres etapas principales durante su existencia: preparación e instalación de mina, desarrollo o explotación y cierre de mina; los temas se describen según estas referencias.

III.4.1. El concreto y Construcción en mina:



Donde se hace concreto esta el ingeniero civil, pues en mina se hace bastante concreto y los ingenieros de minas no llevaron cursos de tecnología del concreto durante su formación profesional, es necesario la presencia del ingeniero civil durante la vida de la mina esto en la instalación de la mina, durante la operación y en la etapa de cierre de mina.

Durante Instalación o preparación de mina:

La mina se instala y prepara sus componentes de producción, para esto construye y usa el concreto masivamente.

(Unidad minera Cerro de Pasco)

- Construye su campamento de personal administrativo y obrero (temporal o permanente), comedores, salones de reuniones, instalaciones médicas.
- Construye oficinas de administración planeamiento y logística (departamento de geología, mina, geotecnia, seguridad y medio ambiente).

⁴ Conferencia magistral en CONEINGEMET-NOVIEMBRE 2006 Ing. Alfredo Camac Torres.

⁵ Conferencia, ing. Ernesto Sagua, puno abril 2007 (director de energía y minas, región puno)

- Construye almacenes de explosivos (polvorín), herramientas y accesorios del personal, equipos de mantenimiento etc.
- Construye planta de concentración, la magnitud del edificio depende de la capacidad de planta y la producción diaria de la mina, el edificio puede ser complejo de varios niveles donde se instalan equipos pesados y de constante movimiento vibratorio esto debido al proceso de la concentración de minerales; estas a su vez son construidos a partir de elementos prefabricados los trabajos son básicamente ensambles.

NOTA:

⁶Del 100% de concreto producido en el Perú, la industria de pre mezclado posee el 8% en todo el Perú, las minas poseen 5% es decir que mas de la mitad del concreto pre mezclado en el Perú con dosificación controlada se realizan en las minas, en el futuro esto incrementará.

Durante operación o desarrollo de mina:

Durante el desarrollo de la mina el concreto es usado para el sostenimiento de labores, por la propiedad de resistir a altas esfuerzos de compresión y plasticidad en un intervalo de tiempo es el material de fácil aplicación.

En minas subterráneas se utiliza los bolsacreto y el shotcrete (concreto lanzado), también se usa el concreto armado y el simple aplicado de manera convencional.

El Bolsacreto:

Bolsas con contenido de concreto para topar los espacios vacíos, que se amoldarán a la condición instalada, este método es complementaria a varios tipos de sostenimiento en labores subterráneas; como en sostenimiento con cuadros de madera, cimbras etc.

(Aplicación de bolsacreto y shotcrete)



El Shotcrete:

Es el método de concreto lanzando neumáticamente, Para su aplicación el ingeniero civil controla la dosificación de la mezcla, durante el lanzado, relación agua/cemento, aditivo, acelerante, control de la humedad de arena (método de via seca o húmeda), lanzar la mezcla en tiempo de vida útil.

Se aplica en sostenimiento de labores subterráneos y taludes en minas a cielo abierto, una manera diferente de colocar el concreto proyectándolo neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. (ACI 506).

⁶ conferencia magistral CONEIC 2004 Ing. Enrique Pasquel Carbajal



**Sostenimiento de taludes en mina
Open pit (Antamina)**



**Sostenimiento de labores subterráneas
(Doe Run Perú)**

III.4.2.Diseño y construcción de carreteras:

Se construyen carreteras en la etapa de preparación y durante la operación de la mina.

En preparación de mina:

La característica de las minas en el Perú es que están localizados a una altitud mayor a 4000 m.s.n.m. En lugares muy aislados de las urbes, estas vías también contienen puentes y son construcciones muy necesarias para la mina, inicialmente serán utilizadas para trasladar materiales de construcción y equipos para la instalación de la mina y posteriormente un constante flujo de camiones con carga de mineral concentrado dirigidos a las refineras.

Durante operación:

a) A cielo abierto:

Se diseña y construyen carreteras constantemente porque a medida que el tajo se profundiza es necesario construir carreteras en rampas, el acarreo del material minado tiene dos vías, una que se dirige a la chancadora primaria y la otra que se va al botadero de desmonte, es importante el trabajo del ingeniero especialista en carreteras, el diseño de la base, sub base, y la geomecánica. Pues estas vías en mina son determinantes aproximadamente 40% del costo de la producción, esto quiere decir que el adecuado diseño y el debido mantenimiento influye bastante en la productividad de la mina, además las vías de acarreo soportan cargas muy altas, y mas aun en la gran minería donde circulan constantemente vehículos con carga alta (camiones de 320Tn de capacidad por tolva mas el peso tara del vehículo suman aproximadamente 500Tn), la longitud del ancho de la carretera puede medir 30m o mas por todo esto el mantenimiento es importante.



Vías de acarreo y transporte (mina cerro verde)



vehículo pesado transportándose (mina Cuajone)

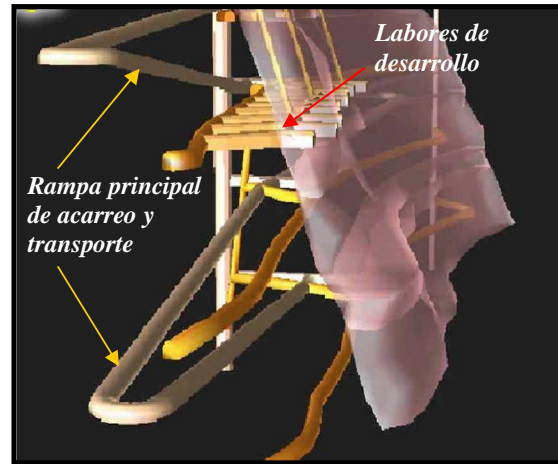
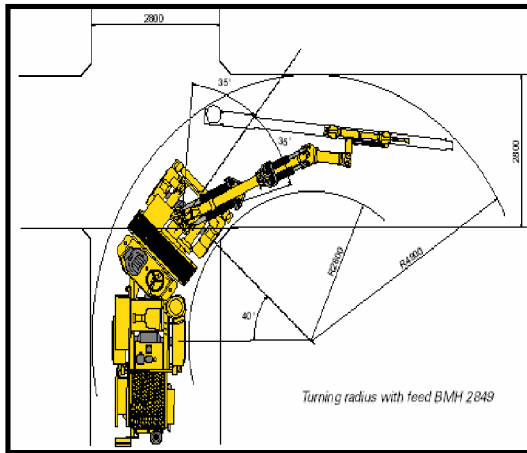


Las vías de acarreo y transporte en mina son diseñadas para la circulación de vehículos pesados de cargas de hasta 1000 toneladas.

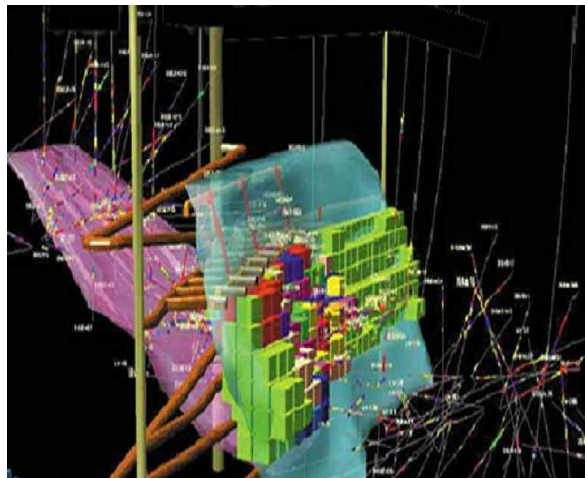
Dumper gigante (mina Antamina)

b) En subterráneos:

El diseño de vías en minas de explotación subterránea son más complejos, esta construcción se realiza tomando en cuenta muchos factores como la forma del yacimiento del mineral, y las condiciones geotécnicas de la roca donde se pretenda construir, se toma en cuenta también la gradiente para la escorrenría del agua que fluirá por la cuneta que no debe ser mayor de 10%. El ingeniero se guía por el modelamiento en software que se desarrolló en el departamento de planeamiento de minado, este modelamiento es producido considerando datos de geología, geomecánica, estadística de sondeos (leyes de mineral) adecuando la vía de acceso al yacimiento. El procedimiento para su construcción es muy parecido al de túneles con la diferencia de que esta vía es de con mayor gradiente y no tiene salida por el otro extremo.



Diseño de vías en software Mine Sight, condicionado a transporte de equipos, en mina subterránea



NOTA:

Las minas también realizan obras en comunidades o áreas de influencia, como mantenimiento y construcción de carreteras, puentes, con administración directa o convenio con algunas instituciones de la región.

III.4.3.Estructuras en minas:

La aplicación de la teoría del diseño de estructuras en mina, la encontramos en la etapa de preparación ó instalación de mina.

Se construyen con elementos estructurales la planta de concentración de minerales, los cálculos se desarrollaran a nivel dinámico porque la planta estará en constante movimiento esto debido a los motores y los equipos concentradores de la planta, además del peso de los equipos (molinos, gigs de flotación, tanques de almacenamiento, motores accionados de fajas transportadoras etc.).

Elementos estructurales de acero y concreto como vigas, columnas, armaduras, ensambles, etc



.Edificio de planta de concentración (mina cerro verde)

III.4.4. Geotecnia en minas:

La caracterización del macizo rocoso es una parte integral de la práctica de ingeniería. Hay varios sistemas de clasificación empleados en el diseño de mina subterránea y superficial, sin embargo, la mayoría de las minas emplean uno de tres de los siguientes sistemas: RQD, RMR y Q. es interesante hacer notar que estos sistemas han tenido su origen en la actividad de la ingeniería civil, además de la utilización de los sistemas de clasificación para suelos AASHTO Y SUCS en vías y estructuras respectivamente.

Toda estructura de ingeniería desarrollada en rocas, requiere para su adecuado diseño y ejecución de la utilización y aplicación directa de los principios, metodologías de la mecánica de rocas.

En las etapas de factibilidad y diseño preliminar del minado se toman datos del macizo rocoso (Espaciamiento de las discontinuidades, condición de las discontinuidades, Agua subterránea etc.) Realizan ensayos en laboratorio para someter a sistemas de clasificación antes mencionadas y posteriormente desarrollar una idea de las características del comportamiento del macizo rocoso.

RQD-Índice de designación de la calidad de la roca (quality rock design)

RMR- sistema de Clasificación Geomecánica o Valoración de la Masa Rocosa (Rock Mass Rating).

Se elige el tipo de sostenimiento que se instalara en cada uno de las labores de desarrollo, en caso de minas superficiales el sostenimiento de taludes.

El sostenimiento puede ser:

- Ø Schotcrete (concreto lanzado)
- Ø Empernado (pernos fijados con pasta de concreto y aditivos epoxicos)
- Ø Enmaderamiento (uso de bolsacreto)
- Ø Enmallado empernado y concreto Schotcrete
- Ø Cerchas, cimbras o vigas de acero, Gatas hidráulicas, etc.

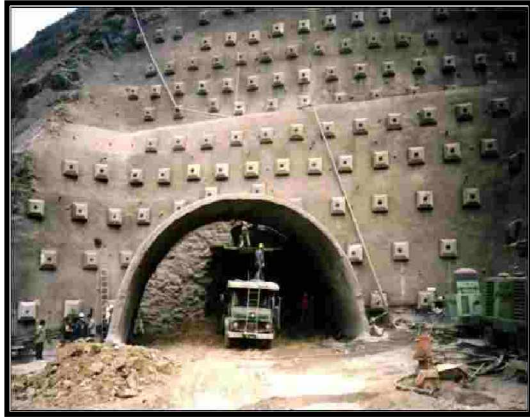
Testigo o núcleo de roca (probeta)



Ensayo de compresión



Los testigos se obtienen de la perforación diamantina, que consiste en introducir una especie de tubo con incrustaciones de diamante (10 de la escala de Mohs), tipo de perforación rotación- abrasión, a veces es complicado tener el testigo adecuado para realizar el ensayo directamente, en ese caso se recurre a la prueba puntual y con la formula de Bienawski podemos obtener la resistencia ala compresión de la roca.



Sostenimiento de taludes, pernos cables y concreto lanzado



Sostenimiento de taludes

La geomecánica se aplica a taludes de tajo abierto en Tajos subterráneos, botaderos, pilas de lixiviación, etc.

III.4.5.Fluidos e hidráulica en minas:

La mecánica de fluidos se aplica en minas en:

- Ø Presas de embalse de lagunas de relave
- Ø Conducción de pulpas
- Ø Canales de conducción en mina subterránea, procedentes de la estructura rocosa.
- Ø Relleno hidráulico (en trabajos de cierre de minas)
- Ø Provisión de agua para labores de desarrollo (chimeneas, tajeos, frentes, cruceros, etc.) para la utilización de máquinas perforadoras y para mitigar la polución de partículas después de la voladura.

A los desechos que emite la planta de concentración se llaman relaves, el transporte de la pulpa se realiza disuelta en agua; los sólidos son transportados por tuberías, canales se depositan en presas normalmente diseñados para tiempos eventuales con materiales como el suelo compactados impermeabilizados con geomembranas, para que posteriormente en la etapa de cierre de mina se bombea el material relave dentro de los espacios que se dejó al extraer el mineral económico.

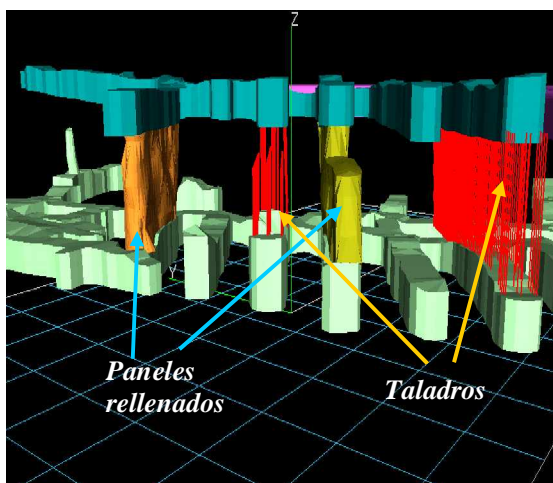


Lagunas relaveras (Mina San Rafael)



Lagunas relaveras (Mina Yanacocha)

La provisión de agua y las estrategias de ahorro ya sea la recirculación del agua, son trabajos del ingeniero especialista en hidrología. En las labores se tiene la presencia de agua, napa freática, geodas llenas de agua, por filtración, regado de labores para mitigar polución, se requiere controlar el agua en mina, para esto se aprovisiona un sistema de conducción (canal) denominado cuneta de labor.



Relleno hidráulico:

El Relleno Hidráulico utilizado en la mina, para rellenar los espacios vacíos que quedan después de la extracción del mineral económico, se compone de una mezcla de relave con cemento, agua y en algunos casos con escoria proveniente de las refineras, comportándose dicha mezcla como un fluido al principio (bombeable) y luego rígido por lo tanto una sustancia capaz de resistir fuerzas o esfuerzos de corte sin desplazarse.

(Modelamiento de relleno hidráulico
"Data Mine" Cerro de Pasco)

IV. CONCLUSIONES:

- La producción de los metales en el Perú se incrementarán por la puesta en marcha de nuevos proyectos y megaproyectos, estas requerirán ser construidos, para tal la participación del ingeniero civil es imprescindible.
- Las minas del Perú son competitivas en el mundo, porque su desarrollo esta en base a modelos extranjeros, por lo tanto trabajar en una mina es como trabajar en el extranjero.
- Esperamos que profesionales de la especialidad se desenvuelvan en próximas minas descritas con anterioridad como proyectos.
- Cada construcción en mina tienen su peculiaridad, a diferencia de las construcciones de uso exclusivo civil, estas se dan según las condiciones de operación que se diseña en el planeamiento de minado.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- "Túneles y diseño de excavaciones subterráneas" UNAP Ing. Esteban Aquino Alanoca.
- "Sostenimiento y relleno de labores mineras" UNAP Ing. Jorge Durant Broden
- Conferencia de apertura I CONEIMIN 2005 Arequipa (Rómulo Mucho Mamani)
- Conferencia 6º congreso peruano de minería 2006. (Guido del castillo Echegaray)
- Conferencia del director de energía y minas de la región puno 2007 en inauguración del jueves minero FIM-UNAP (Ernesto Sagua Alanguía).
- Revista "Teoría y acción del mundo minero" ediciones 246- 249, director: Luciano C. Deliot
- XVII convención minera Arequipa setiembre 2005.
- Congresos de estudiantes de ingeniería de minas realizadas en el Perú: I, II CONEIMIN Arequipa05 e Ica06; VI, VII CONEINGEMET Tacna05 y Puno06.

timoncivmin@hotmail.com
U. N. A. PUNO