

**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
*ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS*



---

**SOSTENIMIENTO DE ROCAS UTILIZANDO EL BOLSA CREST CON  
CIMBRAS EN EL NIVEL 1400 DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA  
CERRO S.A.C.**

---

**TESIS:**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:**

**Bachiller: VILLANUEVA TRUJILLO, Edgard Antonio**

**Asesor: Mg. OSCUVILCA TAPIA, Joel Enrique**

**CERRO DE PASCO - PERU - 2018**

**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS  
Escuela de Formacion Profesional de Ingeniería de Minas**



---

**SOSTENIMIENTO DE ROCAS UTILIZANDO EL BOLSA CREST CON  
CIMBRAS EN EL NIVEL 1400 DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA  
CERRO S.A.C.**

---

**Presentado por:**

**Bachiller: VILLANUEVA TRUJILLO, Edgard Antonio**

**Sustentado el 04 de enero del 2019 y aprobado ante la comisión  
de Jurados:**

-----  
**Mg. SANCHEZ ESPINOZA Edwin Elias**  
**PRESIDENTE**

-----  
**Mg. GORA TUFINO Nieves Oswaldo**  
**MIEMBRO**

-----  
**Mg. BENAVIDES CHAGUA Silvestre Fabian**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

**Con todo cariño a mis Queridos  
Padres quienes fueron mis  
principales guías en darme la  
fuerza necesaria para salir  
adelante a lograr y alcanzar  
esta meta.**

## RECONOCIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la plana de Docentes y Maestros de la Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela *Profesional de Ingeniería de Minas*, quienes dedicaron su tiempo con sus invalorable enseñanzas en la formación académica y personal, impartida durante las sesiones de las clases.

Mi especial reconocimiento al Mg. Joel Oscuvilca Tapia por su gran apoyo y experiencia profesional en el asesoramiento de mi Tesis hasta su culminación de la misma.

De igual manera al Gerente de Operaciones Ing. Herman, Flores Arévalo y al Superintendente de Mina Ing. Víctor, RICALDI Huere y asistente Superintendente Mg. Juan Meza Blanco de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. - Pasco por su apoyo y las facilidades que me brindo para realizar mis estudios de investigación de Tesis Intitulado “**SOSTENIMIENTO DE ROCAS UTILIZANDO EL BOLSA CREST CON CIMBRAS EN EL NIVEL 1400 DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C.**” en la mina subterránea de dicha empresa y el apoyo de algunos de sus Ingenieros como: de la área de Geomecánica, y Seguridad, Para la elaboración de la presente investigación de tesis.

A cada uno dichos profesionales mis más sinceros agradecimientos.

**Bach. VILLANUEVA TRUJILLO, Edgard Antonio**

## **RESUMEN**

El presente estudio de investigación de tesis intitulado “SOSTENIMIENTO DE ROCAS UTILIZANDO EL BOLSA CREST CON CIMBRAS EN EL NIVEL 1400 DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C.”, se realizó debido a que dicha Compañía minera realiza una actividad industrial minera de sostenimiento de rocas en la mina subterránea. Debido a la magnitud de las explotaciones y a la necesidad de ubicar éstas en el lugar del yacimiento.

El presente trabajo tiene como objetivo ampliar el conocimiento del uso de las cimbras metálicas con el empaquetado con costalillos de material estéril en el sostenimiento en minería subterránea que nos permitirá el tiempo oportuno a un costo óptimo cuando se tengan problemas de altos esfuerzos o deterioro.

La información recolectada (teórica - campo) y analizada nos permite conocer: diseños teóricos para sostenimiento con cimbras (arcos de acero) y empaquetamiento con costalillos de material estéril para minimiza los costos de sostenimiento en la mina subterránea de dicha empresa.

***Bach.* VILLANUEVA TRUJILLO, Edgard Antonio**

## **ABSTRACT**

The present thesis research study titled "REST SUSTAINABILITY USING THE CREST BAG WITH CIMBRAS IN LEVEL 1400 OF THE CERRO SAC ADMINISTRATION COMPANY" was carried out due to the fact that the mining company carries out an industrial mining activity of support of rocks in the mine underground. Due to the magnitude of the farms and the necessity of locating these in the place of the deposit.

The objective of the present work is to increase the knowledge of the use of metal frameworks with the packaging with costalillos of sterile material in underground mining support that will allow us the opportune time at an optimal cost when problems of high stress or deterioration are encountered.

The collected information (theoretical - field) and analyzed allows us to know: theoretical designs for support with cimbras (steel arches) and packaging with costalillos of sterile material to minimize the costs of support in the underground mine of this company. The present thesis research study titled "REST SUSTAINABILITY USING THE CREST BAG WITH CIMBRAS IN LEVEL 1400 OF THE CERRO SAC ADMINISTRATION COMPANY", was carried out due to the fact that the mining company carries out an industrial mining activity of support of rocks in the mine underground. Due to the magnitude of the farms and the necessity of locating these in the place of the deposit.

The objective of the present work is to increase the knowledge of the use of metal frameworks with the packaging with costalillos of sterile material in underground

mining support that will allow us the opportune time at an optimal cost when problems of high stress or deterioration are encountered.

The collected information (theoretical - field) and analyzed allows us to know: theoretical designs for support with cimbras (steel arches) and packaging with costalillos of sterile material to minimize the costs of support in the underground mine of this company.

## INDICE

### Acta de sustentación.

Dedicatoria.

Reconocimiento.

Resumen

Abstract

Índice.

Introducción

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.- Identificación y determinación del problema.....	13
1.2.- Delimitación de la investigación.....	14
1.3.- Formulación del problema.....	15
1.3.1.- Problema principal.....	15
1.3.2.- Problemas específicos.....	15
1.4.- Formulación de objetivos.....	15
1.4.1.- Objetivo principal.....	15
1.4.2.- Objetivos específicos.....	15
1.5.- Justificación y limitaciones de la investigación.....	15
1.5.1.- Justificación.....	15
1.5.2.- Limitaciones.....	16

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.- Antecedentes del estudio.....	17
2.2.- Bases teóricas – científicas.....	17
2.2.1.- Importancia del acero .....	18
2.2.2.- Características ingenieriles del acero.....	19
2.2.3.- Características de Los Elementos Estructurales.....	25
2.2.4.- Arcos de acero (cimbras).....	28
2.2.5.- Cimbras Rígidas.....	29
2.3.- Definición de términos.....	37
2.4.- Formulación de hipótesis.....	38
2.4.1.-Hipótesis principal.....	39
2.4.2.- Hipótesis específicos.....	39
2.5.- Identificación de variables.....	39
2.5.1.- Variable independiente indicadores.....	39
2.5.2.- Variable dependiente - indicadores.....	39

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1.- Tipo de investigación.....	40
3.2.- Método de investigación.....	40
3.3.- Diseño de investigación .....	41
3.4.- Población y muestra.....	41
3.4.1.- Población.....	41
3.4.2.- Muestra.....	41

3.5.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.5.1.- Técnicas.....	41
3.5.2.- Instrumentos.....	42
3.6.- Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	42

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1.- Descripción del trabajo de campo.....	43
4.1.1.- Ubicación y acceso.....	43
4.1.2.- Mina subterránea de la empresa. Administradora Cerró SAC. - Pasco.....	44
4.1.3.- Caracterización del área de trabajo .....	45
4.2.- Trabajos de campo .....	47
4.2.1.- Primer trabajo para el estudio de investigación de campo .....	47
4.2.2.- Segundo trabajo para el estudio de investigación de campo .....	47
4.3.- Herramientas principales de gestión que se utilizó en el armado de cuadros con cimbra en interior mina.....	48
4.3.1.- Estándar de armado de cuadros con cimbra en mina Subterránea.....	48
4.3.2.- Estándar de transporte de cimbras en camión.....	48
4.3.3.- IPERC continuo.....	52
4.4.- Tercer trabajo de campo.....	53
4.4.1.- Costos de los sueldos de – personal.....	53
4.4.2.- Costo de los materiales y herramientas.....	53
4.4.3.- Costo del equipo de traslado.....	54

4.4.4.-Costo del personal del armado de cuadros con cimbra y empaquetado con bolsa crest.....	54
4.4.5.- Costos acumulados. - .....	55
4.5.- Tercer trabajo de campo: .....	54
4.5.1.- Costos de los sueldos de – personal.....	55
4.5.2.- Costos de los materiales y herramientas.....	56
4.5.3.- Costos de los equipos de traslado.....	56
4.5.4.- Costos del personal del armado de cuadros con cimbra y el encribado con madera montaña redondo.....	56
4.5.5.- Costos acumulados. -.....	57
4.6.- Resultado comparativo de los costos acumulados con el empleo de empaquetado de las cimbras con bolsa crest y encribado con Madera montaña redondos.....	57
4.6.1.- Resultado final de diferencias de los dos costos acumulados .....	58
4.7.- Prueba de hipótesis.....	59
4.7.1. - Hipótesis principal.....	59
4.7.2. - Hipótesis específicos.....	60

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.- Conclusiones

5.2.- Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

## INTRODUCCION

La minería en Pasco se remonta a lo que fuera Centromin (y antes Cerro de Pasco Cooper Corporation) en la ciudad minera de mayor altitud: Los trabajos mineros- metalúrgicos en Cerro Pasco empieza a comienzos del siglo pasado explotando el cobre, plomo, zinc y otros minerales (Polimetálico), Por ello.

El presente trabajo tiene como objetivo ampliar el conocimiento del uso de las cimbras metálicas con el empaquetado con costalillos de material estéril en el sostenimiento de rocas en minería subterránea que nos permitirá el tiempo oportuno a un costo óptimo cuando se tengan problemas de altos esfuerzos o deterioro.

La información recolectada (teórica - campo) y analizada nos permite conocer: diseños teóricos para sostenimiento con cimbras (arcos de acero) y empaquetamiento con costalillos de material estéril para minimiza los costos de sostenimiento en la mina subterránea de dicha empresa.

Por ello se realizó el presente estudio de investigación de tesis sobre el sostenimiento de rocas utilizando la bolsa crest con cimbras en el nivel 1400 de la empresa administradora Cerro S.A.C. Para la optimización de costos en el sostenimiento de rocas.

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1.- IDENTIFICACION Y DETERMINACION DEL PROBLEMA**

La Empresa Administradora Cerro SAC – Pasco, explota en sus diferentes niveles de la mina subterránea, utilizando el método de minado taladros largos y por frentes. Actualmente se tienen problemas en el costo muy alto por el uso excesivo de maderas entre tablones y redondos para el soporte de la inestabilidad de la masa rocosa en las labores subterráneas. Estos efectos se deben, por un lado, a la calidad Muy Mala de la estructura veta – falla, a las características “expansivas” y de “alta deformabilidad” de la roca,

Actualmente la empresa administradora Cerro SAC – Pasco, ha encontrado en las cimbras (de acero) la única alternativa de sostenimiento que garantiza la optimización de costos utilizando el empaquetamiento con costalillos de material estéril para la relativa estabilidad de las labores, esto es, mantener la labor lo mejor posible durante el tiempo de vida que se le asigne. Al decir lo mejor posible nos referimos a poder mantener las necesidades de ventilación e infraestructura con unas garantías determinadas de seguridad y a un costo óptimo.

Lo que se planteó como objetivo del presente trabajo de investigación de tesis es ampliar la utilidad de minimizar el uso de la madera lo mínimo posible, para tener un costo optimo en la utilización de la madera como son

los tablonos y redondos que se utilizó para el entablado y en cribado en el sostenimiento de las rocas

*“...Todo el trabajo de mejoramiento en el rendimiento de los sistemas de sostenimiento de la Empresa Administradora Cerro SAC – Pasco, particularmente el referido al sostenimiento con cimbras y empaquetado con costalillos de material estéril, ha tenido un diseño inicial y luego una base experimental.*

## **1.2.- DELIMITACION DE LA INVESTIGACION**

➤ **Delimitación espacial:**

Empresa Administradora Cero S.A.C.

✓ **Delimitación Temporal:**

Labor 14890.

✓ **Delimitación Social.**

Nivel 1400

✓ **Delimitación Conceptual.**

**Sostenimiento de Rocas.**

Se realizó sostenimiento de rocas con cimbras de acero y empaquetado de costalillos de material estéril, para realizar distintos tipos de trabajos en dicha labor.

En la cual se considera el tiempo de desarrollo de la investigación que se realizó en corto plazo de 1 mes

### **1.3.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. - PROBLEMA PRINCIPAL**

A.- ¿Cómo influye la falta de optimización de sostenimiento de rocas utilizando el bolsa crest con cimbras en el nivel 1400 de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.?

#### **1.3.2.- PROBLEMAS ESPECIFICOS**

a.- ¿Cómo influye el uso excesivo de la madera en el sostenimiento de rocas?

b.- ¿De qué manera incide la falta de aplicación de la bolsa crest en el empaquetamiento de cimbras?

### **1.4.- FORMULACION DE OBJETIVOS.**

#### **1.4.1.- OBJETIVO PRINCIPAL**

A.- Optimizar el sostenimiento de rocas utilizando la bolsa crest con cimbras en el nivel 1400 de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

#### **1.4.2. - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

a.- Minimizar el uso de madera en el sostenimiento de rocas.

b.- Aplicación de la bolsa crest en el empaquetamiento de cimbras.

### **1.5.- JUSTIFICACION Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1. – JUSTIFICACION**

En la mina Cerro SAC, la complejidad del yacimiento y las condiciones geomecánicas cambiantes, la calidad de roca de mala a muy mala, uso del método de explotación por taladros largos, la presencia de la cimbras en más de un 80% de las labores, nos

permiten evaluar el comportamiento de las cimbras mediante el empaquetamiento con costalillos de material estéril en cambio de la madera para optimizar los costos de madera.

### **1.5.2.- LIMITACIONES**

En dicha investigación de tesis no tenemos limitaciones algunas solo ver el comportamiento de las cimbras frente a las presiones laterales y verticales. Utilizando el empaquetamiento de materiales estéril a cambio de la madera como: tablonés y redondos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.**

En la investigación de la presente tesis no se encontrado un antecedente de investigación solo podemos mencionar el uso de la cimbra y madera para el entablado, enrejado y encribado de las partes vacías que cayo las rocas sueltas.

La actividad minera; en distintas zonas del país, nacionales e internacionales realizan el uso de las cimbras para el sostenimiento de las rocas.

#### **2.2.- BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS**

##### **LA MINERÍA**

Es una de las actividades más antiguas del hombre. nace casi junto con la edad de piedra hace 2,5 millones de años o más y desde ese entonces ha sido la mayor fuente de materiales para la fabricación de herramientas, puede decirse incluso que la minería surge cuando los predecesores del hombre empezaron a recolectar distintos tipos de rocas para tallarlas y fabricar herramientas, en un principio la minería fue una actividad muy sencilla que consistía en desenterrar el sílex, pero a medida que estos yacimientos se acababan en la superficie, las excavaciones

empezaron a ser cada vez más profundas comenzando así con la minería subterránea.

### **2.2.1.- IMPORTANCIA DEL ACERO**

Las cualidades del acero como material de sostenimiento lo han llevado a desplazar a la madera en muchas minas, especialmente en las de carbón en donde las galerías se mantienen abiertas hasta 10 años como galerías de arrastre y retorno para el aire de ventilación. Las características básicas del acero se pueden resumir como sigue:

- 1.- Es un material muy homogéneo, manufacturado metalúrgicamente, libre de defectos naturales, por lo que se pueden usar en el diseño factores de seguridad más bajos.
- 2.- El acero tiene módulo de Young ( $E = 210\,000 \text{ x MPa}$ ) mucho más elevado que otros materiales estructurales, lo que le da una ventaja contra las deformaciones, flambeo.
- 3.- El acero se puede manufacturar en forma de aleaciones que tienen un conjunto de los altos requerimientos para el diseño.
- 4.- El acero es el material que resulta menos afectado por las condiciones atmosféricas como la temperatura y la humedad.

5.- Como material, se puede volver a usar al enderezarse. Los ademes o fortificaciones completamente deformadas, pueden aprovecharse como chatarra.

6.- Por otra parte, es un material muy costoso. Los túneles o socavones que están apoyados en arcos de acero, representan un costo importante de capital que las minas más pequeñas no se pueden permitir. (*Cemal Biron & Ergin Arioglu*)

## 2.2.2.- CARACTERÍSTICAS INGENIERILES DEL ACERO

### A.- Estructura Química

Químicamente, el acero es una aleación de hierro y de carbono. Existen algunos materiales como el fósforo (0.01-0.04%) y el azufre (0.01-0.04%), que se presentan como impurezas y otros materiales, los más comunes son:

- **Manganeso:** Neutraliza la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, desoxidante, permite laminar y forjar aceros, (0.3-0.8%).
- **Silicio:** Aumenta moderadamente la templabilidad. Se usa como elemento desoxidante, aumenta la resistencia de los aceros bajos en carbono.
- **Níquel:** Produce gran tenacidad, permite descender los puntos críticos, incrementa el límite de elasticidad, destaca en los aceros Cr - Ni, Cr-Ni-Mo, utilizado en la

fabricación de aceros inoxidable, se encuentra en un 8-20% en los aceros.

- **Cromo:** Elemento especial más utilizado en la aleación de aceros, Varía de 0.3-30%, incrementa la dureza y la resistencia a la tracción, mejora la templabilidad, Aumenta la resistencia al desgaste, Forma carburos muy duros, Proporciona características inoxidable y refractarias.
- **Molibdeno:** Aumenta la profundidad de endurecimiento, aumenta la tenacidad, aumenta la resistencia a la corrosión.

## **B.- Características Mecánicas.**

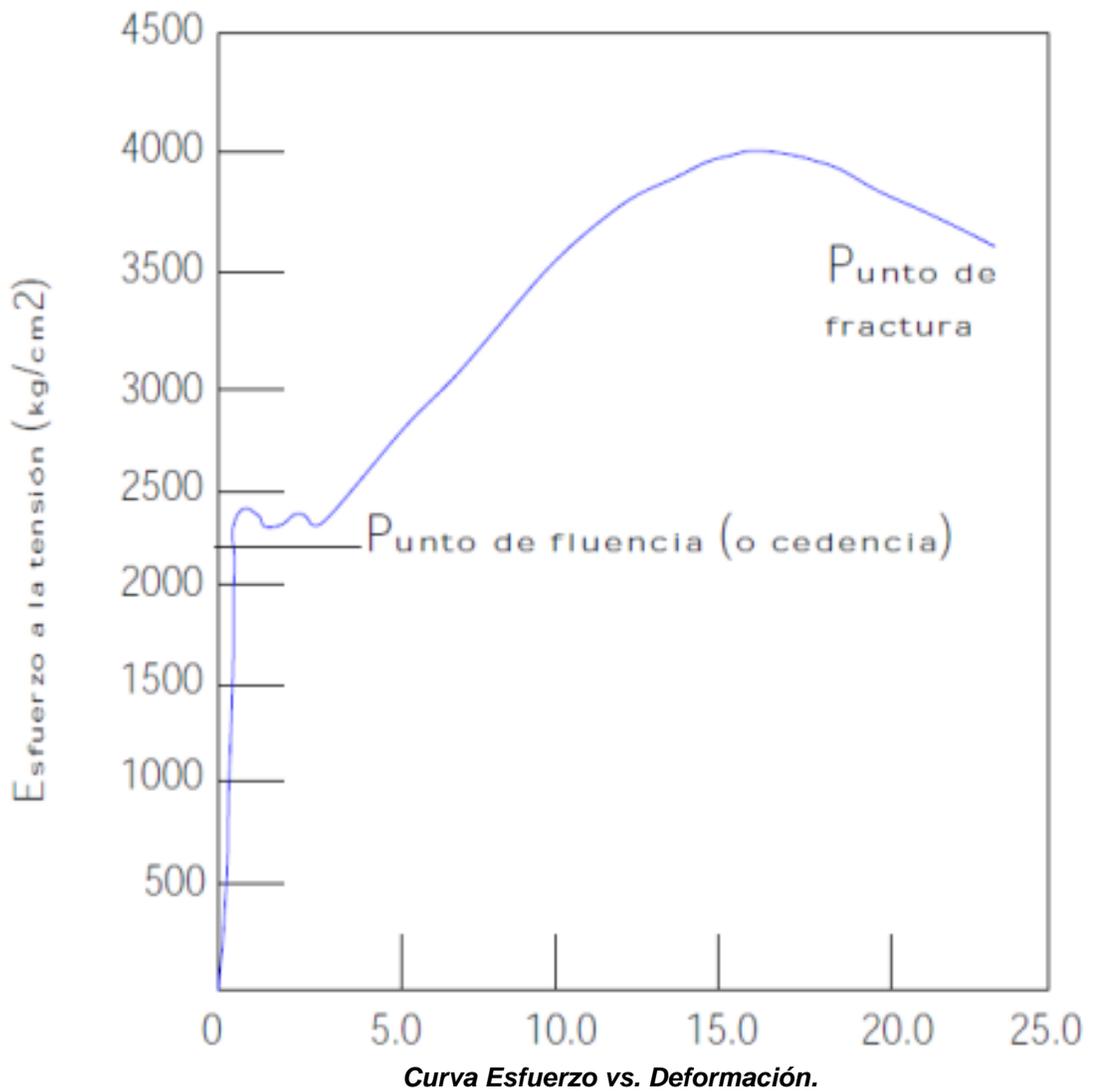
En el estudio sobre las características mecánicas del acero se tienen que considerar la relación esfuerzo-deformación, la resistencia, los tipos de ruptura, la dureza y el diseño.

Para los ademes de acero en las minas, se usa un acero común de resistencia 37-52 ksi y que satisface la mayoría de las especificaciones estructurales. Las aleaciones se utilizan para satisfacer condiciones especiales.

La tabla de composición química según la norma de acero  
**(Ver anexo N° 1: tabla 1)**

**Relación esfuerzo-deformación.** La figura a: muestra una curva típica de esfuerzo-deformación. Esta es la curva común en donde el módulo de elasticidad de Young se toma como  $E =$

2.1 x 10<sup>6</sup> Kg/cm<sup>2</sup>. La proporción lineal continúa hasta el punto 0.2% de deformación. Después de este punto, tiene lugar un espacio de “fluencia” con deformaciones constantes, y la falla sucede después que se ha alcanzado estos límites.(*Cemal Biron & Ergin Arioglu*).



La resistencia a la ruptura por tensión del acero se proporciona en la fórmula empírica siguiente:

El carbono es el factor más importante en la resistencia a

la tensión dentro de los límites elásticos del acero y la elongación en el punto de ruptura. Estas propiedades se muestran en la figura b.

$$\sigma = 0.00077 (38000 + C [700+2.94Mn] + 30Mn + Mn/200 \\ (48+2.35C) + 1000P + 340Si]$$

**Dónde:**

$\sigma$  = Esfuerzo a la ruptura por tensión, KSI

C = Carbono, 0.01%

Mn = Manganeso, 0.01%

P = Fosforo, 0.01%

Si = Silicio, 0.01%.

El carbono es el factor más importante en la resistencia a la tensión dentro de los límites elásticos del acero y la elongación en el punto de ruptura. Estas propiedades se muestran en la figura b.

Las propiedades físicas del acero y sus usos, se presenta.

**(Ver anexo N° 4: tabla 4)**, el uso de la fórmula empírica de cálculo de resistencia a la tensión para la U. A. Cerro SAC –

Pasco, se muestra.**(Ver anexo N° 5: la figura 1)**.

**Tipo de Falla.** El acero se fractura tanto por la tendencia a la ductilidad como a la fragilidad. En el caso de la ductilidad, la deformación de ruptura es de 100 a 200 veces la deformación de flujo (punto de fluencia). El material alcanza la deformación plástica. Por lo general, esto sucede en aceros con bajo contenido de carbono y es una característica conveniente para el diseño.

La falla por fragilidad se presenta en aceros con alto contenido de carbono en donde la deformación es bastante pequeña y las superficies de ruptura son rugosas. No existe punto definido de cadencia (fluencia).

**La Resiliencia**, en ingeniería es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía, que absorbe un material al romperse bajo la acción de un impacto, por unidad de superficie de rotura.

La cuantificación de la resiliencia de un material se determina mediante ensayo por el método Izod o el péndulo de Charpy, resultando un valor indicativo de la fragilidad o la resistencia a los choques del material ensayado. Un elevado grado de resiliencia es característico de los aceros austeníticos, aceros con alto contenido de austenita. En aceros al carbono, los aceros suaves (con menor contenido porcentual de carbono), tienen una mayor resiliencia que los aceros duros.

En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ). Otra unidad muy empleada en ingeniería para la resiliencia es el kilogramo-fuerza metro por centímetro cuadrado ( $kgf \cdot m/cm^2$ ), o kilopondio metro por centímetro cuadrado ( $kp \cdot m/cm^2$ ).

**Dureza.** La dureza es una propiedad relativa, se mide según la resistencia a la penetración. De acuerdo con la ciencia de los materiales, la dureza "Brinell" se define como el área de penetración (milímetros cuadrados) de una bola esférica sometida a una fuerza o presión conocida. Según la fórmula empírica:

$$\sigma_k = 0.34HB$$

Dónde:

**HB** = Numero de Brinell

**$\sigma_k$**  = Resistencia a la ruptura por tensión, en kilogramos por milímetro cuadrado. Cantidad de Carbono (%)  
(Cemal Biron & Ergin Arioglu)

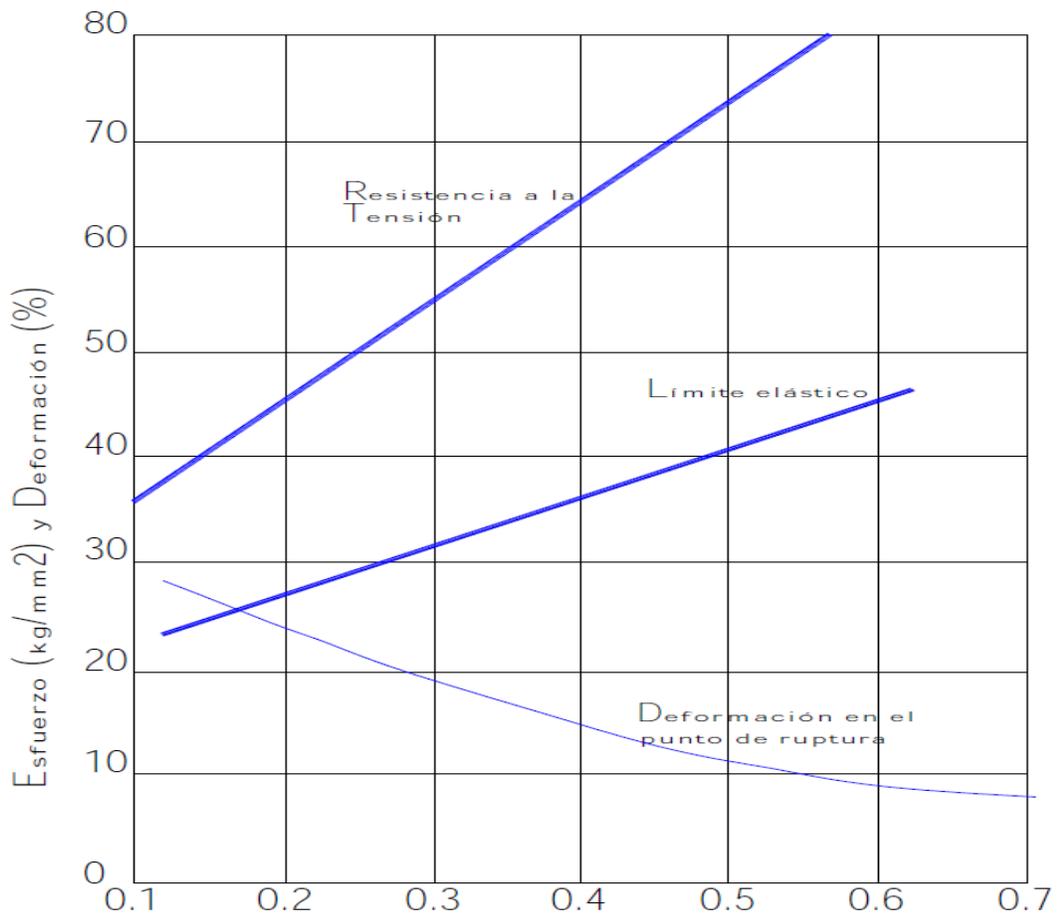


Fig. b.- Efectos del carbono en las propiedades mecánicas del acero

Las características mecánicas según la norma de acero (Ver Anexo N°2 la Tabla 2 y Ver Anexo N° 8 la Tabla 6)

### 2.2.3.- Características de Los Elementos Estructurales

## **Del Sostenimiento.**

Las características que se deben considerar en los elementos estructurales de un sostenimiento o una fortificación son: el perfil del material (Área de su sección transversal), los momentos de las fuerzas, la relación de Rankin y los esfuerzos permisibles.

**Perfil del material.** La resistencia en una viga es proporcional a su perfil (área de sección transversal). El peso y el valor (Costo) de la viga son también proporcionales al área de la sección. El uso de perfiles pesados tiene ciertas limitaciones en las minas que necesitan de materiales ligeros a medianamente pesados. El área de la sección y el peso de las vigas “Wide flange” (Ver Anexo N° 7: Tabla 5) y (Ver Anexo N° 6: Figura 2). Las secciones transversales Toussaint - Heinzmann (**T-H**) se tabulan. (Ver Anexo N° 9: Tabla 7),

**Momentos de inercia y módulos de sección.** (Ver Anexos N° 7: Tabla 5 y N° 9: la Tabla 7) también dan valores para el momento de inercia  $I$  (en centímetros elevados a la cuarta potencia) y para módulos de sección (en centímetros cúbicos). Estos valores varían según los ejes x-x y y-y.

**Relación Rankin.** Esta es la relación entre el esfuerzo de compresión y el esfuerzo de flambeo (pandeo) en una viga de 2m de longitud. La relación es siempre mayor que 1, pero es ventajoso para el diseño que se aproxime a 1. **Esfuerzo permisible.**

*El acero normal (Resistencia 37) tiene un esfuerzo permisible de 1400 kg/cm<sup>2</sup> y un esfuerzo que origina deformación plástica de 2400 kg/cm<sup>2</sup>. El factor de seguridad es 2400/1400=1.71.*

Para un acero de calidad superior (resistencia 52) el límite de fluencia es de 3600, 1.5 veces mayor que el acero de resistencia 37.

Si tal acero se utiliza en los problemas de diseño el esfuerzo permisible es:

$$\sigma_{sf} = 1.5 \times 1400 = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

El cual puede resultar económico para muchos.

Para seleccionar entre las vigas ofertadas (Norma A-36 y Norma HQ 235B) disponibles en el mercado para la fabricación de cimbra se utilizó la fórmula empírica anterior, obteniéndose los siguientes resultados:

Se observa que la norma A-36 presenta mejor calidad y menor peso.

Pese a tratarse de un acero de media resistencia para la fabricación de perfiles (Viga, canal, ángulo), supera a la

supera a la norma anterior. Por lo tanto se trabaja con la norma A-36 para la fabricación de cimbras.

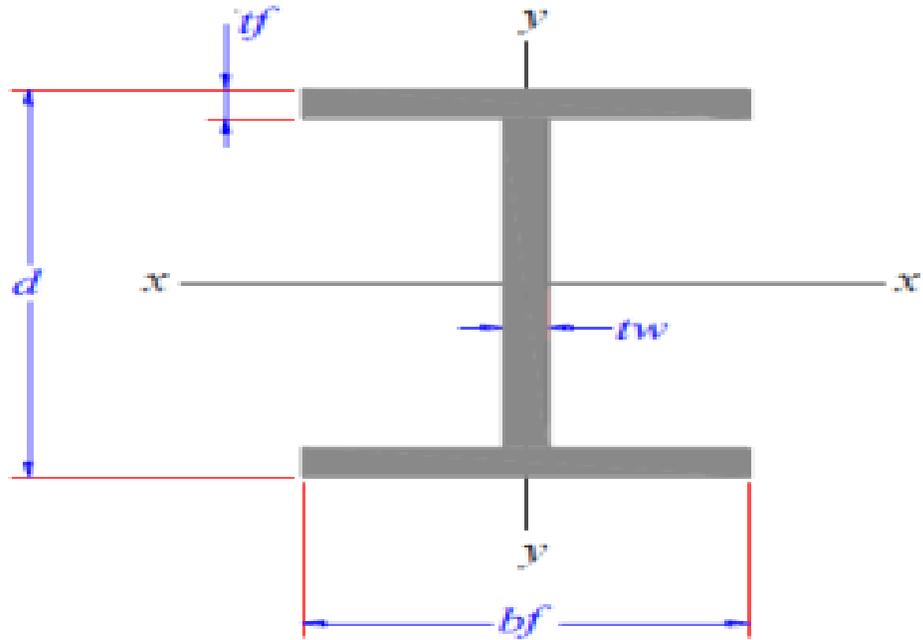


Fig. c: Perfil de viga "Wide Flange" y HEB.

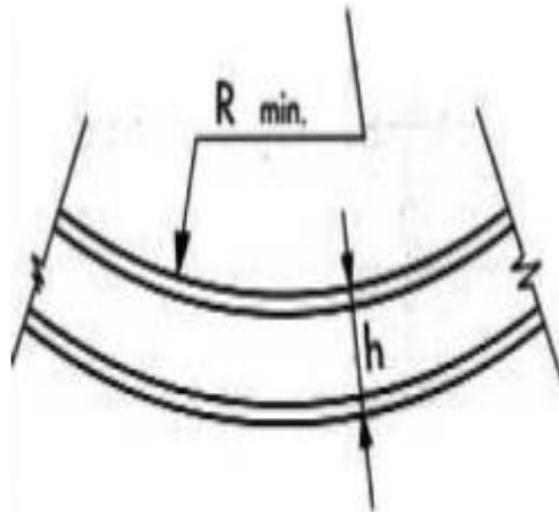
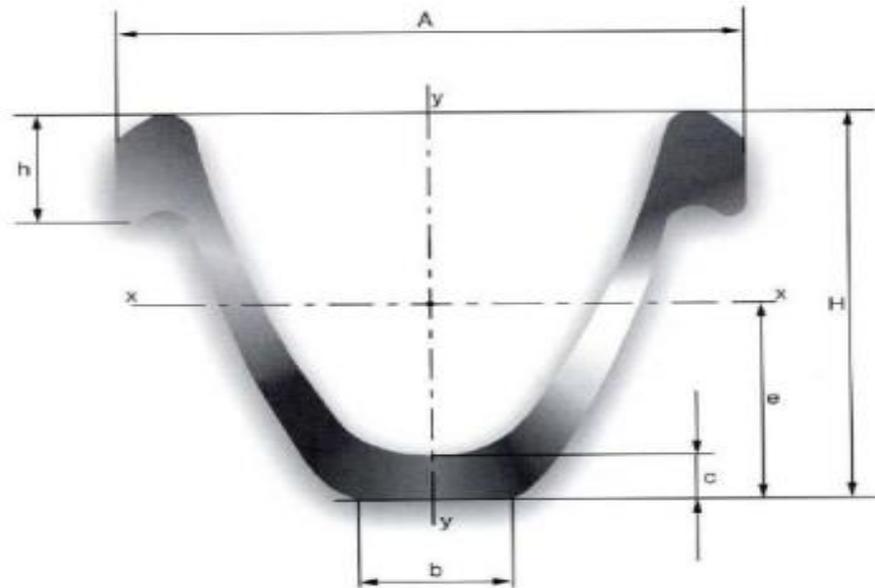


Figura. d: Radio mínimo de rolado

Fig. e: Perfil de la viga T-H.



#### 2.2.4.- ARCOS DE ACERO (CIMBRAS)

##### Generalidades

Este típico sostenimiento pasivo o soporte es utilizado generalmente para el sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones de masa rocosa intensamente fracturada y/o muy débil, que le confieren calidad mala a muy mala, sometida a condiciones de altos esfuerzos. Para lograr un control efectivo de la estabilidad en tales condiciones de terreno, las cimbras son utilizadas debido a su excelente resistencia mecánica y sus propiedades de deformación, lo cual contrarresta el cierre de la excavación y evita su ruptura prematura. La ventaja es que este sistema continúa proporcionando soporte después que hayan ocurrido deformaciones importantes. Las cimbras son construidas

con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que éstos sean de alma llena. Hay dos tipos de cimbras, las denominadas “rígidas” y las “deslizantes o fluyentes”. Las primeras usan comúnmente perfiles como la W, H, e I, conformadas por dos o tres segmentos que son unidos por platinas y pernos con tuerca. Las segundas usan perfiles como las V y U, conformadas usualmente por dos o tres segmentos que se deslizan entre sí, sujetos y ajustados con uniones de tornillo. En la mina Rosaura se utilizan los dos tipos de cimbra siendo la más utilizada durante el año 2007 hasta la fecha las cimbras deslizantes de perfil omega por las razones que se verán más adelante.

#### **2.2.5.- Cimbras Rígidas**

##### **a.- Descripción de las cimbras.**

##### **Componentes y calidades**

Para el rango de los tamaños de las excavaciones en la E.A Cerro SAC, las cimbras rígidas comúnmente utilizadas son:

CIMBRAS		
TIPO	Nº P <sub>zas</sub>	MEDIDAS
6H20	2	3,25 x 3,2
6H20	2	3,0 x 3,2
4H13	2	3,0 x 3,2

Tabla f: Tipos de cimbra usados en la E.A. Cerro SAC

Las cimbras 4W13 perfiles “Wide flange” (patín ancho) o perfil “W” de 4”x 4” y 13 lb/pie, espaciadas de 0.5 a 1 m, las mismas que corresponden a cimbras ligeras para excavaciones de 3 m de abierto.

En caso de altas presiones del terreno, estas cimbras podrían construirse a sección completa, colocando una solera (invert) centre las patas (Según las condiciones del terreno).

En los casos que las cimbras indicadas no fueran suficientes, por las altas presiones de la roca, pueden utilizarse cimbras medianas como las del tipo 6W20. Las cimbras 6W20 también son comúnmente utilizadas para excavaciones con abiertos de hasta 5 m.

Para que el sistema de soporte pueda actuar debidamente, es necesario considerar algunos aspectos importantes en su instalación.

#### **Procedimiento de instalación.**

- ❖ La filosofía del sostenimiento por las condiciones geomecánicas

“metro avanzado, metro sostenido”. Es preferible que el soporte se instale lo antes posible, pues cualquier retraso se traduce en aumentos de la presión sobre el techo.

- ❖ Para iniciar la colocación de una cimbra, se debe proceder a asegurar el techo, lo cual se podrá realizar mediante la colocación de ángulos o marchavantes de ser necesario.
- ❖ Todas las cimbras deben estar correctamente apoyadas al piso mediante las platinas de base debidamente ubicadas a una profundidad de 20 cm, (se debe cavar previamente con el techo protegido) y correctamente sujetas a la cimbra inmediata anterior con distanciadores de acero (8 unid.), debiéndose mantener su verticalidad. De ser necesario se debe asegurar la cimbra anclándola con cáncamos a las paredes.
- ❖ Se asegurará el techo entablado el espacio entre las 2 últimas cimbras instaladas. Este entablado se inicia a 1.5 metros del nivel del suelo hasta cubrir toda la corona de la excavación. El entablado debe estar apoyado por la superficie externa de la cimbra.
- ❖ El bloqueo de la cimbra contra las paredes rocosas es esencial para que pueda haber una transferencia uniforme de las cargas rocosas sobre las cimbras. Si no se realiza un buen bloqueo las cimbras no serán efectivas. Por lo tanto es importante realizarlo

correctamente.

- ❖ Es muy importante que la instalación sea cimbra por cimbra y no varias cimbras a la vez, es decir, completar la instalación de una cimbra para comenzar con la siguiente

### **Control de calidad**

Para que este tipo de sostenimiento funcione bien, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- ✓ Las cimbras deben estar completamente verticales, aceptándose una inclinación máxima de +/- 3° con respecto a la vertical.
- ✓ Las cimbras se deben instalar de manera perpendicular al eje de la labor.
- ✓ Todos los tirantes o distanciadores deben estar colocados, ya que de esto depende que el conjunto de cimbras resista adecuadamente.
- ✓ Estrecho o apretado contacto entre el contorno de la excavación y la cimbra la cual debe distribuir la presión en todo su perímetro, a fin de desarrollar tempranamente su capacidad de sostenimiento, antes de que las presiones se acumulen puntualmente y deformen las cimbras antes de que esta haya soportado en toda su capacidad.
- ✓ La supervisión de la mina no aprobará ninguna cimbra que esté mal cimentada, no conserve su verticalidad ni su

alineamiento; asimismo, si éstas no se encuentran correctamente topeadas a la superficie de la roca.

### **Diseño de arcos rígidos**

Para poder saber cuánto de carga deberá soportar las cimbras primero debemos calcular la presión de la roca circundante a la excavación. Además se quiere determinar el espaciamiento adecuado para cada tipo de cimbra.

Los diseños se orientaron a determinar el tipo cimbra que se usará según la zonificación geomecánica realizada en la E.A Cerro SAC dentro del cual tenemos:

1. Zona 1000
2. Zona 1200
3. Zona 1400

La metodología de cálculo actualmente usada la de **Terzaghi (1946)** para el cálculo de la presión vertical del terreno y la formula de **Protodiakonov** para el cálculo de las presiones laterales., por considerarse que mejor se adecua a las condiciones del terreno. Sin embargo en la presente tesis se está utilizando metodología de Cemal Biron (1987), lo cual nos permitirá comparar cual método de diseño se aproxima más a nuestra realidad.

## **DISEÑO 1:**

**Metodología de Terzaghi (1946)** Terzaghi (1946): formuló el primer método racional de evaluar las cargas que aplica la roca sobre las cerchas. Basándose en su experiencia en túneles ferrocarrileros de Norteamérica. Cabe resaltar que su aplicación se limita a estimar la carga sobre las cerchas de acero en túneles y no es aplicable en los métodos modernos de tonelería con aplicación de concreto lanzado (Shotcrete) y pernos de roca.

Terzaghi mantiene que desde un punto de vista ingenieril, puede ser mucho más importante un conocimiento del tipo y frecuencia de los defectos de la roca que del tipo de roca que va a aparecer en la obra.

En esta clasificación se dividen los macizos rocosos en 9 tipos según el grado de fracturación de la roca.

Se debe tener en cuenta la disposición de la estratificación respecto al túnel desde el punto de vista de desprendimientos. Así se tiene:

Estratificación Vertical, en general el techo será estable, existiendo riesgo de caída de bloques en una altura de  $0.25 B$  (B es la anchura del túnel).

Estratificación horizontal, pero de gran potencia, con pocas juntas, el túnel es estable.

Estratificación horizontal, de pequeña potencia o con muchas juntas, ya no existe estabilidad, desarrollándose roturas en el techo, formándose un arco sobre el túnel, con una anchura igual a la del túnel y una altura igual a la mitad de la anchura. Esta inestabilidad proseguirá su curso hasta que se detenga por medio de un sostenimiento.

La distribución de las cargas para el dimensionamiento del sostenimiento se hace suponiendo:

- ❖ Presión uniforme vertical sobre la bóveda, de valor:

$$P_v = H_p \cdot \gamma$$

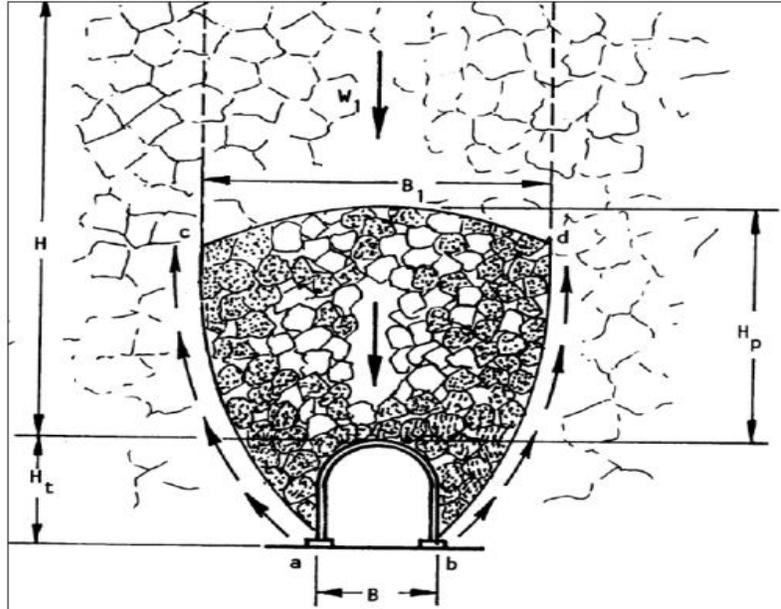
- ❖ Presión uniforme horizontal sobre las paredes, de valor:

$$P_h = 0.3 P_v$$

- ❖ Presión uniforme sobre la solera, si la hay, de valor:

$$P_s = 0.5 P_v$$

Las recomendaciones de Terzaghi son consideradas conservadoras para rocas de buena calidad y su campo de aplicación es para túneles de tamaño mediano, hasta 8 m de ancho. Es preferible no aplicarlos en terrenos de roca expansiva o que fluyen plásticamente.



**Esquema ilustrativo de la metodología de Terzaghi.**

## **DISEÑO 2:**

### **Metodología de Protodyakonov (1976):**

Muy usada en los países del este de Europa, en los que se utiliza para el dimensionamiento del sostenimiento de túneles. Fue aceptada en Francia en 1976 junto con la clasificación de Deere. Protodyakonov clasifica los terrenos asignándoles un factor "f" llamado coeficiente de resistencia, a partir del cual y de las dimensiones del túnel, definen las cargas de cálculo para dimensionar el sostenimiento.

Protodyakonov determina el valor de "f" en función de la resistencia a la compresión simple, el ángulo de fricción interna y la cohesión.

### **DISEÑO 3:**

#### **Metodología de Cemal Biron (1987):**

A diferencia del método de Terzaghi y Protodyakonov, esta metodología es mucho más analítica y detallada que toma en consideración el perfil de la viga y su resistencia. Para el cálculo de la carga que debe soportar la cimbra usa la formulación de Everling.

### **2.3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

**PERFIL DEL ACERO:** Forma o figura del corte en sección transversal de una viga de acero. Entre las usadas en la mina Rosaura tenemos el perfil "H" y omega.

**MARCHAVANTES:** Pueden ser tablas o rieles de 3 metros de longitud, con un extremo en punta, que sirve para controlar los derrumbes del techo de una labor en avance, se usa antes de colocar el sostenimiento.

**INVERT:** Solera invertida que sirve a aumentar la resistencia de las cimbras frente a las presiones laterales.

**CANCAMOS:** Estacas de fierro, acero o madera, dentro de un taladro de 2 pies que se anclan con la finalidad de servir de punto de anclaje, apoyo o sujeción.

**ENCOSTILLADO DE MADERA:** Entablado de la parte lateral de una cimbra con la finalidad de controlar el desplome de la roca de las paredes de una labor

**Actividad Minera.** - Es el ejercicio de las actividades de exploración,

explotación, labor general, beneficio comercialización, y transporte minero en concordancia con la normatividad vigente.

**Minimizar:** Reducir al mínimo volumen del polvo y otras emisiones a la atmósfera: el polvo puede ser un problema serio en regiones áridas y semiáridas si existen centros urbanos en la cercanía de la explotación minera. Aun si la zona no está habitada el polvo afectará a la vegetación. Si las hojas se recubren de polvo disminuye la capacidad de fotosíntesis de la planta. Por otra parte, la obstrucción de las estomas impedirá la absorción de CO<sub>2</sub>.

**TIRANTES O DISTANCIADORES:** Fierro corrugados de diámetro  $\frac{3}{4}$ ", de 1m de longitud que sirve para distanciar de manera homogénea y unir una a una las cimbras adyacentes.

**TOPEADO DE CIMBRAS:** Es el relleno del espacio entre el entablado de las cimbras y las paredes de la excavación. De tal manera que quede lleno y apretado.

**CONVERGENCIA:** Tendencia de una excavación a cerrarse por efecto de las presiones circundante a la labor.

## **2.4.- FORMULACION DE HIPÓTESIS**

### **2.4.1.- HIPÓTESIS PRINCIPAL**

A.- Empleando el sostenimiento de rocas utilizando la bolsa crest con cimbras en el nivel 1400 de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. Se minimizará el uso de madera.

## 2.4.2.- HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

- a.- Con la minimización del uso de madera reducirá el costo de sostenimiento de rocas.
- b.- Con la aplicación de la bolsa crest en el empaquetamiento de cimbras mejorara el tiempo de vida.

## 2.5.- IDENTIFICACION DE VARIABLES

### 2.5.1.- VARIABLE INDEPENDIENTE – INDICADORES

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES
Y : MINIMIZAR EL USO DE MADERA	Y1 = Cantidad de madera (S// Pie <sup>3</sup> .)

Los indicadores de estas variables son accesibles en su manipulación.

### 2.5.2.- VARIABLE DEPENDIENTE - INDICADORES

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES
X: OPIMIZACION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO DE ROCAS	Análisis comparativo de costos X 1 = Madera (S/ / pies <sup>3</sup> .) X2 = bolsa crest (S/ / unidad)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1.- TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Tiene la característica aplicativa en un contexto mixto (cualitativo y cuantitativo). En donde se relaciona ambas variables de estudio

Dada la importancia del sostenimiento en la mina Cerro SAC. – Pasco por las condiciones rocosas de mala a muy mala, se tiene especial cuidado en el diseño, elección de la cimbra y empaquetamiento con bolsa crest.

Aplicativo.

**APLICATIVO:** En razón que utilizamos las cimbras de acero de dos partes o unidades.

#### **3.2.- METODO DE LA INVESTIGACION**

En el presente trabajo de investigación se empleó el enfoque específico

La elección del cambio de encribado de madera por el empaquetamiento con bolsa crest para optimizar los costos de sostenimiento.

### **Método Específico.**

Para poder optimizar los costos en el empleo de la madera por el de empaquetamiento con bolsa crest.

### **3.3.- DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo del estudio se usó el diseño – experimental, porque nos permite determinar la carga rocosa a la cual está sometida el elemento de sostenimiento y nos permitirá encontrar la cimbra que pueda soportar con el empaquetamiento con los materiales estéril.

### **3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1.-POBLACIÓN**

La población estará conformada por armado de cuadros con cimbra del nivel 1400, labor 14890

#### **3.4.2.- MUESTRA**

Para determinar el tamaño de la muestra optima se utilizó el cálculo de los costos de madera y el empaquetamiento planteado con la investigación de la tesis, asumiendo la diferencia de los costos.

### **3.5.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1.- TÉCNICA**

Las técnicas para la recolección de datos para la utilización del empaquetamiento de cimbra, se realizó constantes monitoreos con fechas no programadas para observar el comportamiento del empaquetamiento de las cimbras de sostenimiento de rocas con bolsa crest.

### **3.5.2.- INSTRUMENTOS**

Para dicho trabajo de investigación se emplearon los siguientes instrumentos.

#### **TAPE EXTENSOMETER THE GEOKON/EALEY MODEL 1610.**

Precisión = +/-0.01mm.

Este equipo nos permitirá realizar un monitoreo minucioso en las tres dimensiones (AC, AB, BC) de la cimbra. (Ver anexo nº 14)

#### **EL DISTANCEMETER LÁSER/LEICA DISTO A5**

Precisión de +/- 2mm y con rango de medición de 0.05-200 metros.

Este equipo nos permitirá un control con mayor rapidez y con un grado aceptable de precisión. Se usa solo para el control de la dimensión AC. (Ver anexo nº 15)

### **3.6.- TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para el procesamiento y análisis de costos se realizó mediante el cálculo matemático y el uso del EXCEL que facilitó la demostración y la presentación de datos en gráficos en líneas 2D, en donde se interpretara los resultados de los costos de madera y el empaquetamiento con costalillos de material estéril planteado por la investigación de dicha tesis

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1.- DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO.**

El presente estudio de investigación se realizó en las instalaciones de La Empresa Administradora Cerro SAC - Pasco específicamente en el Nivel 1400. Labor 14890-

##### **4.1.1.- UBICACIÓN Y ACCESO**

El yacimiento de la Empresa Administradora Cerro SAC - Pasco se ubica en la parte Central de nuestro País y está localizado al NE de la Ciudad de Lima, en el flanco Occidental de la Cordillera Central de los Andes del Perú. Geopolíticamente se encuentra entre los Distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar, en el Departamento de Pasco, (Ver anexos 16 – 17).

Ubicada entre las coordenadas:

10°42' E.S.

76°15' W.

Coordenadas UTM, 8´ 819, 500 Norte.

363,000 Este,

Altitud de 4,382 m.s.n.m.

### **Topografía**

Su suelo presenta un relieve muy accidentado. Se encuentra una formación morfológica llamada Nudo de Pasco, que es un centro de dispersión de aguas, en cuyas vertientes nacen los ríos Huallaga, Mantaro y Pachitea. Abarca zonas andinas y selváticas. Clima Variado muy frío y seco en las cordilleras. Templado en las quebradas y cálido en la zona montañosa.

Las lluvias son abundantes durante el verano. En la zona alto andina, entre julio y octubre caen granizadas y fuertes nevadas, temperaturas bajo 0° C.

En la Ceja de Selva, el clima es templado-cálido, con temperaturas por encima de 20°C en el día y menos de 15°C en las noches.

En la Selva Alta y Baja el Clima es tropical, con temperaturas diurnas superiores a 25°C.

#### **4.1.2.- MINA SUBTERRANEA DE LA EMP. ADMINISTRADORA CERRO SAC. - PASCO**

Desde los años de 1900 a 1974, la Cerro de Pasco Corporation de capital norteamericano expolió largamente los minerales de alta ley de este suelo, hasta que llegó el Gobierno de Velasco que nacionalizó y constituyó el conglomerado minero metalúrgico de Centromin Perú.

Es la principal productora de plata y plomo y la segunda mayor productora de zinc del Perú. Asimismo, Volcán está posicionada dentro de las diez principales empresas productoras de zinc, plata y plomo del mundo.

#### **4.1.3.- CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE TRABAJO**

Para la realización de esta tesis se eligieron las zonas de mayor deformación ubicándose estos generalmente en el nivel y en la zona de las Galerías afectada por el ángulo de desplome o fracturamiento de subsidencia. Las labores consideradas para la presente tesis se detallan a

Continuación:

##### **GALERIA 14070**

La rampa negativa 14070 se encuentra entre los niveles 1400 al 1600 se encuentra excavada dentro de la zona A según la zonificación de la mina Cerro SAC ( $GSI = MF/R$  y  $RMR \geq 30$ ).

En esta rampa se observan desde áreas secas a flujos ligeros ( $Q = 0 - 2$  l/s) que se infiltran por las fracturas inducidas por la subsidencia.

Actualmente esta rampa se encuentra entre los ángulo de fracturamiento y desplome del cono de subsidencia.

Al 5 de noviembre del 2014 se tienen en la rampa 14070 aproximadamente 11 cimbras en este tramo, de las cuales se seleccionan a 5 cimbras en donde se incluyen muestras de cada tipo de la siguiente manera 3 del tipo 6H20 4

THN-21, 5 Octogonal y 2 del tipo 4H13, y estas a su vez se encuentran distribuidas a lo largo de toda la rampa (-).

### **LABOR 14950 BP NW**

Las zonas donde se realizó esta excavación están dentro de las zonas C y B.

Sus condiciones hidrogeológicas varían desde áreas secas a húmedas. (Q = 0 - 0.5 l/s).

Ubicado en el nivel 14850 al lado Nor Oeste del By pass de este nivel. Se controlaron las 46 primeras cimbras, ya que dicho tramo se conservó hasta los últimos días de explotación de nivel.

Las cimbras instaladas son en su mayoría de tipo 6H20 y algunas del tipo 4H13.

### **LABOR 14890**

Las cimbras están instaladas en la zona C. Las cimbras son del tipo 6H20. Con empaquetamiento de costalillos de material estéril (tamales)

Sus condiciones hidrogeológicas varían desde áreas secas a húmedas. (Q = 0 - 0.5 l/s).

Ubicado en el nivel 1400 al lado Sur Este del By Pass de este nivel. Se controló las 3 primeras cimbras ya que este se conservó hasta los últimos días de la explotación de este nivel, dicha conservación se obtiene por las razones siguientes:

- ❖ Ventilación continua y permanente.
- ❖ No existe drenación de aguas.

❖ Labor totalmente seco.

Por ello la conservación de las bolsa crest a un tiempo de larga duración-

### **LABOR 14930**

Las cimbras están ubicadas en la zona C y son del tipo THN-29. Presenta desde goteos a flujos ligeros de agua con un  $(Q = 0.5 - 2 \text{ l/s})$  lo cual ocasiona que en esta zona de roca calcárea se esponje a mayor velocidad sufriendo las cimbras deformaciones por presiones laterales de magnitudes mucho mayores a las anteriormente vistas.

Ubicado en el nivel 1400 en el By Pass (-) del lado Sur Este.

## **4.2.- TRABAJOS DE CAMPO.**

### **4.2.1.- PRIMER TRABAJO PARA EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

#### **DE CAMPO:**

Preparación de la bolsa crest (Los tamales) Tales como la cantidad de llenado de material estéril al costalillo como podemos apreciar: (ver anexo n° 18)

### **4.2.2.- SEGUNDO TRABAJO PARA EL ESTUDIO DE INVESTIGACION**

#### **DE CAMPO:**

Armado de cuadros en el interior mina en la labor 14890 del nivel 1400: (ver anexo n° 19)

### 4.3.- HERRAMIENTAS PRINCIPALES DE GESTIÓN QUE SE UTILIZO EN EL ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA EN INTERIOR MINA.

#### 4.3.1.- ESTÁNDAR DE ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA EN MINA SUBTERRANEA.

	VOLCAN	Código	PRO-CE-MIN-10-06
	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO-SSOMAC	Revisión	01
EA CERRO SAC	Título: ARMADO DE CIMBRA	Área	MINA
		Páginas	1 de 2

#### OBJETIVOS

Ejecutar en forma correcta el armado de cimbras, teniendo el control de los riesgos.

#### ALCANCE

A todo el personal involucrado en la actividad de armado de cimbra de subterránea.

#### RESPONSABLE

– Jefe de Zona Cia., Residente y Supervisor de Empresas Contratistas, Maestro y ayudantes.

#### PARTICIPANTE

– Personal que realiza actividad de armado de cimbra dentro de las operaciones de subterránea.

#### RIESGOS

– Intoxicación con gases, desprendimiento de rocas, aplastamiento, lesión politraumatismo, caída de persona a diferente nivel.

#### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Casco tipo sombrero con portálámparas, Botas de jebe con puntera de acero, Guantes de cuero, Mameluco con cintas reflectivas, Respirador, Tapón auditivo, Correa porta lámpara, Lámpara minera, Anteojos de seguridad, Arnés de seguridad y sus elementos.

#### HERRAMIENTAS Y MATERIALES

Barretillas de 4', 6', 8' 10' y 12' (pies) de longitud, patilladora, andamio, corvina, llave de ajuste, flexometro, cordel, pico, lampa, nivel de carpintero, plomada, combo de 8 lbs, azuela, formón, reloj, fosforo.

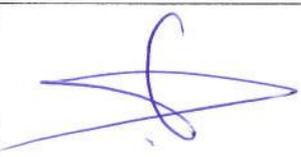
#### PROCEDIMIENTO

Responsable	Actividad
Supervisor y Líder de la labor	1. <b>Inspección de la labor:</b> al inicio de la jornada inspeccionar las condiciones y el ambiente para eliminar los riesgos. Ventilación adecuada en la labor. 2. <b>Iluminación de labor:</b> colocar el cable a media altura de la labor, luego colocar el reflector debajo de un techo seguro, conectar los chupones en el tablero e iluminar el reflector.
Personal autorizado del DICSCAMEC	3. <b>Orden y limpieza:</b> Los materiales inservibles deben ser retirados del lugar de trabajo. El material desechado debe de ser eliminado.
Personal autorizado Electricista	4. <b>Desate de roca:</b> realizar el desate de roca de acuerdo al procedimiento de desate (PRO-CE-MIN-10-01).
Maestro y ayudantes del armado de cimbra	5. <b>Recargue y disparo de tiros cortados:</b> si existe tiros cortados, recargar y disparar de inmediato de acuerdo al procedimiento. (PRO-CE-MIN-10-16) 6. <b>Armado de andamio:</b> Armar el andamio con todos sus elementos. Colocar como mínimo 04 tablonces encima del andamio y asegurarlos. 7. <b>Colocación de guarda cabeza:</b> En el empaquetado de la última cimbra, el personal con su arnés de seguridad sobre el andamio, hará pasar en forma horizontal los marchavantes de 4" x 6" x 10', por las 04 ventanas de 4"x 6" (sección del marchavante) que se dejaron en la última cimbra (empaquetado). Sobre los marchavantes de la corona cruzar tablas de 2" x 6" x 7' en forma horizontal y sobre los marchavantes de los hastiales tablas de 2" x 6" x 5' de manera inclinada, para evitar la caída de roca sobre el personal al momento de exponerse en el tope de la labor. En el caso, de presentar elevación de techo, colocar marchavantes de madera de 4" x 6" x 10' o rieles, en voladizo, debajo de la penúltima cimbra y encima de la última cimbra armada, la cantidad necesaria para cubrir toda la corona, estos marchavantes serán presentados manualmente y luego se procederá a empujarlos con ayuda del scooptrams. Con supervisión permanente. 8. <b>Dirección y gradiente:</b> con ayuda del cordel, proyectar y pintar la línea centro y gradiente en el frente de acuerdo a los puntos colocado en la labor. 9. <b>Preparación de patilla:</b> con la patilladora, hacer la excavación para las patas de la cimbra de acuerdo al estándar establecido. Utilizar como guardacabeza 02 tablonces de 10 pies x 1 pie en el tope de la labor, de tal manera que el piso de la labor y los tablonces sobre el hastial formen un ángulo de 60°. 10. <b>Presentación de cimbra:</b> presentar en orden siguiente: presentar el primer cuerpo en una de las patillas y sujetarla, luego colocar el segundo cuerpo en la otra patilla, con ayuda del andamio colocara los tirantes y/o templadores a la distancia que se requiera. Colocar los pernos a las placas de ambos cuerpos para unirlos entre sí. Alinear la cimbra de acuerdo a la gradiente y punto de dirección de la labor, asegurar definitivamente los pernos y tirantes de acuerdo al estándar establecido. 11. <b>Empaquetado y encribado:</b> Con ayuda del andamio y provisto de arnés el cual debe de estar anclado por intermedio de una línea de vida a un punto de anclaje fijo, realizar el empaquetado

	<b>VOLCAN</b> <b>SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO-SSOMAC</b>	<b>Código</b>	PRO-CE-MIN-10-06
		<b>Revisión</b>	01
<b>EA CERRO SAC</b>	<b>Título:</b> <b>ARMADO DE CIMBRA</b>	<b>Área</b>	MINA
		<b>Páginas</b>	2 de 2

	<p>sobre el perímetro de la cimbra, iniciando desde la parte baja hacia arriba, además de ser necesario el encribado realizar con puntales y bolsacretes, previo a la culminación del empaquetado.</p> <p><b>12. Encofrado y vaciado:</b> En caso de galerías principales encofrar y vaciar las zapatas de la cimbra de acuerdo al estándar establecido. En caso de no encofrar y vaciar, colocar arriostre.</p> <p><b>13. Culminado la instalación de la cimbra,</b> realizar el ordenamiento de las herramientas y materiales, así como evacuación de los desechos en desuso.</p>
	<p><b>Paso extraordinario (Restricciones):</b> Cuando la ventilación es deficiente, hay caída de roca constante. De no contar con el juego de barretilla, herramientas deterioradas o inadecuadas.</p>

<b>DOCUMENTACIÓN ASOCIADA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reg. 04-02: Matriz de Evaluación de Riesgos</li> <li>➤ Reg. 01-E01: Tabla geomecánica y tipo de sostenimiento</li> <li>➤ Estándar 01: Control de terreno</li> <li>➤ Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N° 055-2010 EM: Artículo 220, 221, 222, 223, 226, 236.</li> </ul>
--

<b>Elaborado Por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado Por:</b>
			
Supervisor	Superintendente de Área	Superintendente del Programa de Seguridad	Gerente de Operaciones
Fecha: 27/2/2015	Fecha: 27/2/2015	Fecha: 27/2/2015	Fecha: 27/2/2015

1 Historial de Revisiones			
N°	Aprobación	Descripción del Cambio	Vigencia
00	20/01/2014	Emisión Inicial	20/01/2015
01	27/02/2015	Revisión sin cambio	

1 Toda copia impresa de este documento es un Documento No Controlado

Versión Oficial

2 Cláusulas de las normas relacionadas:

ISO 14001: 4.4.6; 4.5.4; 4.5.1; 4.2

OHSAS 18001: 4.4.6; 4.5.4; 4.5.1; 4.2

### 4.3.2.- ESTANDAR DE TRANSPORTE DE CIMBRAS EN CAMION

	<b>VOLCAN</b> <b>SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO-</b> <b>SSOMAC</b>	<b>Código</b>	PROCE-CE-MIN-10-60
		<b>Revisión</b>	00
<b>EA CERRO SAC</b>	<b>Título:</b> <b>TRANSPORTE DE CIMBRAS EN CAMIÓN</b>	<b>Área</b>	MINA
		<b>Páginas</b>	1 de 2

<b>OBJETIVOS:</b>	
Ejecutar en forma correcta el carguío y transporte de cimbras en camión.	
<b>ALCANCE:</b>	
Jefe de Zona Cía., Residente y Supervisor de Empresas Contratistas, Maestro y ayudantes.	
<b>RESPONSABLE:</b>	
Jefe de Zona Cía. Residente de E.C.M. Supervisor de Empresas Contratistas	
<b>PARTICIPANTE(S):</b>	
• Personal que realiza actividad de carguío, transporte y descarga de cimbras superficie a interior mina.	
<b>RIESGOS:</b>	
Lesiones musculo esqueléticas. Lesión politraumatismo, lumbalgia, atropello, choque, volcadura.	
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)</b>	
Casco tipo sombrero con portálámparas, Botas de jebe con puntera de acero, Guantes de cuero, Mameluco con cintas reflectivas, Respirador, Tapón auditivo, Correa porta lámpara, Lámpara minera, Anteojos de seguridad	
<b>HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>	
Barretillas de 4', 6', 8' (pies) de longitud, ganchos metálicos.	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<b>Realizado por</b>	<b>Actividades a Realizar</b>
Supervisor y chofer	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Inspección de la labor:</b> verificar el buen funcionamiento del sistema mecánico y eléctrico del camión, así como las condiciones y el ambiente para eliminar los riesgos.</li> <li><b>Orden y limpieza:</b> Los materiales inservibles deben ser retirados del lugar de trabajo. El material desechado debe de ser eliminado.</li> </ol>
Maestro, ayudante y chofer	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Herramientas de gestión</b> generar todas las herramientas de gestión para la actividad.</li> <li><b>Inspección del material</b> verificar el estado de las cimbras (ficha técnica de ingreso del estado de las cimbras)</li> <li><b>Estacionamiento</b> del camión en retroceso quedando en forma perpendicular a las cimbras, a una distancia de 5 metros.</li> <li><b>Separación</b> de las cimbras que se encuentran apiladas se realiza entre dos colaboradores colocados a ambos extremos de la cimbra con la ayuda de barretillas de 6' y/o ganchos.</li> <li><b>Carguío</b> de la cimbra se realiza entre 4 colaboradores dos a ambos extremos y dos al centro, el primero colocara la cimbra al borde de la plataforma del camión y los otros empujaran hasta el fondo de la plataforma.</li> <li><b>Descarga</b> de la cimbra en los acopios de interior mina se hace entre 3 colaboradores dos jalan la cimbra del piso de la labor y el tercero coge la cimbra en el otro extremo y entre los tres trasladan la cimbra hacia la zona de acopio.</li> </ol>
Chofer	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Transporte de material:</b> antes de poner en marcha el camión, verificar los seguros de la compuerta, luego poner en marcha el camión hacia el lugar de destino manteniendo una velocidad normal respetando las reglas de tránsito.</li> <li><b>Está prohibido</b> el transporte de personas encima de la tolva del camión.</li> </ol>
<b>Paso extraordinario (Restricciones):</b> Cuando la ventilación es deficiente o hay caída de roca constante, de no contar con el juego de barretilla, cuando no hay iluminación en el área de descarga.	

<b>DOCUMENTACIÓN ASOCIADA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reg. 04-02: Matriz de Evaluación de Riesgos</li> <li>➤ Estándar 01: Control de terreno.</li> <li>➤ Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D.S. N° 055-2010 EM: Artículo 270, 331, 333.</li> </ul>

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
			
Supervisor	Superintendente de área	Superintendente del Programa de Seguridad	Gerente de Operaciones
<b>Fecha:</b> 13/05/2015	<b>Fecha:</b> 13/05/2015	<b>Fecha:</b> 13/05/2015	<b>Fecha:</b> 13/05/2015

	<b>VOLCAN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO- SSOMAC</b>	<b>Código</b>	PROCE-CE-MIN-10-60
		<b>Revisión</b>	00
<b>EA CERRO SAC</b>	<b>Título: TRANSPORTE DE CIMBRAS EN CAMIÓN</b>	<b>Área</b>	MINA
		<b>Páginas</b>	1 de 2

**1 Historial de Revisiones**

<b>Nº</b>	<b>Aprobación</b>	<b>Descripción del Cambio</b>	<b>Vigencia</b>
00	13/05/2015	Emisión inicial	13/05/2016

1 Toda copia impresa de este documento es un Documento No Contralado

Versión oficial

2 Cláusulas de las normas relacionadas

ISO 14001: 4.4.6; 4.5.4; 4.5.1; 4.2

OHSAS 18001: 4.4.6; 4.5.4; 4.5.1; 4.2



#### 4.4.- TERCER TRABAJO DE CAMPO:

**CALCULO DE LOS COSTOS DE PREPARACION DE LOS BOLSA CREST, TRASLADO DE LOS BOLSA CREST Y, PREPARACION DE LAS PLANTILLAS Y PARADA DE LOS CIMBRAS.**

##### 4.4.1.- COSTOS DE LOS SUELDOS DE - PERSONAL

**Costos de los sueldos de personal para la preparación de la bolsa crest.**

**CUADRO N° 01**

Ítem	Descripción	Cantidad	Horas trabajadas	Sueldo s/	Costo Sub Total
01	Ing. Jefe de guardia	1	12	10.00	120.00
02	Capataz	1	12	5.02	60.24
03	Operario	2	72	4.46	321.12
				<b>Total</b>	<b>501.36</b>

\* Preparación de 480 unidades de bolsa crest = 6 días  
\* Sueldos Ing., de guardia s/ 10.00 x h.( 2 h x día)  
Capataz s/ 5.02 x h.(2 h x día)  
Operario s/ 4.46 x h.( 12 h x día)

**Ver Anexo N° 18**

##### 4.4.2.- COSTO DE LOS MATERIALES Y HERRAMIENTAS

**CUADRO N° 02**

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unit. S/	Costo Sub Total
01	Costalillos - Reciclado	-	-	00.00
02	Material estéril (desmonte)	-	-	00.00
03	Palas (Lampas)	02	40.00	80.00
04	Picos	01	25.00	25.00
05	Pita de amarre (cono)	10	7.00	70.00
06	Cimbras Viga SF 5.5. x 4.5 Pulg/ Lb.	4	1720.00	6880.00
			<b>Total</b>	<b>7055.00</b>

\*Costalillos Reciclado.  
\* Materiales No Económico

**Ver Anexo N° 19**

#### 4.4.3.- COSTO DEL EQUIPO DE TRASLADO

**CUADRO N° 03**

Ítem	Descripción	Cantidad	Horas trabajadas	Sueldo \$/ \$/hr	Costo Sub Total
01	Camión – Traslado de los. bolas crest (Flete)	01	4	61.00	244.00
02	Conductor de camión	01	4	5.80	29.00
03	Equipo Haister (Flete)	01	1	90.50	90.50
04	Operador de Haister	01	1	6.10	6.10
05	Camión – Traslado de cimbras (Flete)	01	4	61.00	244.00
06	Equipo Haister (Flete)	01	1	90.50	90.50
07	Operador de Haister	01	1	6.10	6.10
08	Conductor de camión	01	4	5.80	29.00
09	Operarios	2	24	4.46	107.04
				<b>Total</b>	<b>846.24</b>

\* Sueldos Flete del camión s/ 61.00 x h  
 Flete del Haister s/ 90.50 x h  
 Conductor de camión s/ 5.80 x h  
 Operador de Haister s/ 6.10 x h.  
 Operarios s/ 4.46 x h. ( 12 h)

#### 4.4.4.- COSTO DEL PERSONAL DEL ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA Y EMPAQUETADO CON BLOSA CREST –

(4 cuadros = 1.60 = 6.40 m)

**CUADRO N° 04**

Ítem	Descripción	Cantidad	Horas trabajadas	Sueldo s/	Costo Sub Total
01	Ing. Jefe de guardia	01	22	10.00	220.00
02	Ing. Jefe de seguridad	01	22	9.00	198.00
03	Capataz	01	66	5.02	331.32
04	Maestro	01	132	5.00	660.00
05	Operario	02	264	4.46	1177.44
				<b>Total</b>	<b>2586.76</b>

Parada de cuadros = cimbra 6 días.  
 \* Sueldos: Jefe de Seguridad s/ 9.00 x h (2 h x 11 días)  
 Maestro s/ 5.00 x h (12h x 11días).  
 \* Empaquetado de las cimbras con bolsa crest = 4 días.  
 \* Orden y Limpieza = 1 día.  
 \* **Total de trabajo = 11 días.**

#### 4.4.5.- COSTOS ACUMULADOS. -

El presente cuadro nos muestra los costó total de los 4 rubros de los cuadros 1, 2, 3, y 4

#### CUADRO N° 05

Ítem	Descripción	Costo Sub Total
01	<b>COSTOS DE LOS SUELDOS DE – PERSONAL</b>	<b>501.36</b>
02	<b>COSTOS DE LOS MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>	<b>7055.00</b>
03	<b>COSTOS DE LOS EQUIPOS DE TRASLADO</b>	<b>846.24</b>
04	<b>COSTOS DEL ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA Y EMPAQUETADO CON BLOSA CREST</b>	<b>2586.76</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>10989.36</b>

#### 4.5.- TERCER TRABAJO DE CAMPO:

**CALCULO DE LOS COSTOS DE TRASLADO DE LOS CIMBRA,  
PREPARACION DE LOS PLANTILLAS Y PARADA DE LOS  
CIMBRAS.**

#### 4.5.1.- COSTOS DE LOS SUELDOS DE - PERSONAL

**Costos de sueldos de personal para la preparación de las  
zapatas de las cimbras.**

#### CUADRO N° 06

Ítem	Descripción	Cantidad	Horas trabajadas	Sueldo s/	Costo Sub Total
01	Ing. Jefe de guardia	1	2	10.00	20.00
02	Capataz	1	2	5.02	10.04
03	Operario	2	48	4.46	214.08
	<b>Total</b>				<b>244.12</b>

\* Preparación de 8 unidades de zapatas (huecos de 20 cm = 2 días)

\* Sueldos Ing. de guardia s/ 10.00 x h.( 1 h x día)

Capataz s/ 5.02 x h.(1h x día)

Operario s/ 4.46 x h.( 12 h x día)

#### 4.5.2.- COSTOS DE LOS MATERIALES Y HERRAMIENTAS

**CUADRO N° 07**

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unit. S/	Costo Sub Total
01	Tabla de madera montaña de 1 x 10 x12 Pies	157	39.10	6138.70
02	Redondos de madera montaña de 2" x 10 x 10 pies	337	26.00	8762.00
03	Palas (Lampas)	2	40.00	80.00
04	Picos( Compra)	1	25.00	25.00
06	Cimbras Viga SF 5.5. x 4.5 Pulg/ Lb.	4	1720.00	6880.00
			<b>total</b>	<b>21883.70</b>

\* Materiales y herramientas a usar.

#### 4.5.3.- COSTOS DE LOS EQUIPOS DE TRASLADO

**CUADRO N° 08**

Ítem	Descripción	Cantidad	Horas trabajadas	Sueldo s/	Costo Sub Total
05	Camión – Traslado de cimbras (Flete)	01	4	61.00	244.00
06	Equipo Haister (Flete)	01	1	90.50	90.50
07	Operador de Haister	01	1	6.10	6.10
08	Conductor de camión	01	4	5.80	29.00
09	Operarios	2	24	4.46	107.04
				<b>Total</b>	<b>476.64</b>

\* Carguío, traslado y descarga de los materiales.

#### 4.5.4.- COSTOS DEL PERSONAL DEL ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA Y EL ENCRIBADO CON MADERA MONTAÑA REDONDO

**(4 cuadros = 1.60 = 6.40 m)**

### CUADRO N° 09

Ítem	Descripción	Cantidad	Horas trabajadas	Sueldo s/	Costo Sub Total
01	Ing. Jefe de guardia	01	22	10.00	220.00
02	Ing. Jefe de seguridad	01	22	9.00	198.00
03	Capataz	01	66	5.02	331.32
04	Maestro	01	132	5.00	660.00
05	Operario	02	264	4.46	1177.44
				<b>total</b>	<b>2586.76</b>

Parada de cuadros = cimbra 6 días.

\* Sueldos: Jefe de Seguridad s/ 9.00 x h(2 h x 11 días)

Maestro s/ 5.00 x h (12h x 11días).

\* Encribado de cimbras con madera montaña redondos = 4 días.

\* Orden y Limpieza = 1 día.

\* **Total de trabajo = 11 días**

#### 4.5.5.- COSTOS ACUMULADOS.-

El presente cuadro nos muestra los costó total de los 4 rubros de los cuadros 6, 7, 8, y 9

### CUADRO N° 10

Ítem	Descripción	Costo Sub Total
01	<b>SUELDOS DE – PERSONAL</b>	<b>244.12</b>
02	<b>MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>	<b>21883.70</b>
03	<b>EQUIPO DE TRASLADO</b>	<b>476.64</b>
04	<b>ARMADO DE CUADROS CON CIMBRA Y EMPAQUETADO CON BLOSA CREST</b>	<b>1177.44</b>
<b>TOTAL</b>		<b>22604.46</b>

#### 4.6.- RESULTADO COMPARATIVO DE LOS COSTOS ACUMULADOS

**CON EL EMPLEO DE EMPAQUETADO DE LAS CIMBRAS CON BOLSA CREST Y ENCRIBADO CON MADERA MONTAÑA REDONDOS.**

El presente cuadro nos muestra los costó de comparación de los dos cuadros números 5 y 10 costos acumulados.

### CUADRO N° 11

#### COMPARACION DE COSTO ACUMULADOS.

Ítem	Descripción	Costo Sub Total
01	COSTO TOTAL DEL EMPAQUETADO CON BOLSA CREST	10989.36
02	COSTO TOTAL DEL USO DE MADERA	22604.46

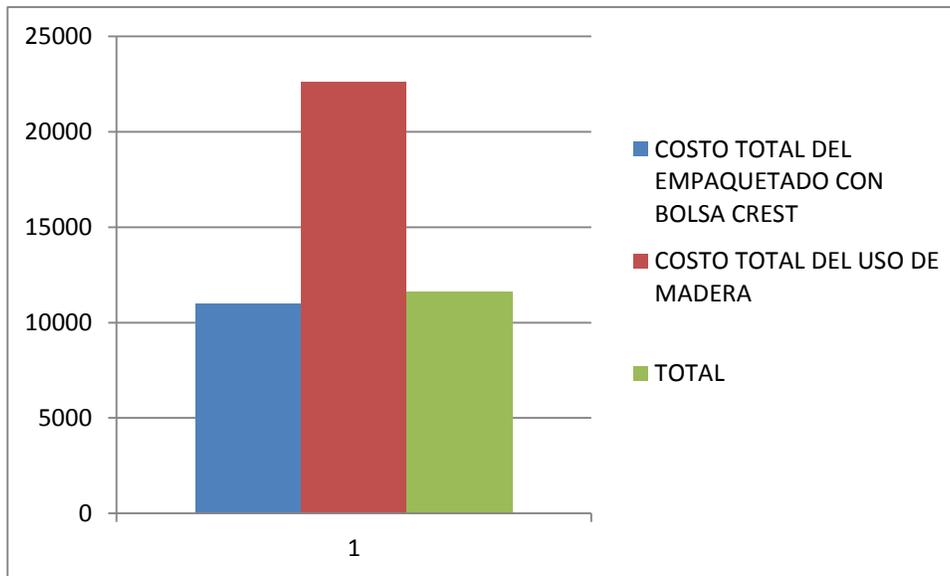
#### 4.6.1.- RESULTADO FINAL DE DIFERENCIAS DE LOS DOS COSTOS ACUMULADOS.

El presente cuadro nos muestra la diferencia del costo entre el empaquetado con bolsa crest y el uso de la madera.

### CUADRO N° 12

Ítem	Descripción	Costo Sub Total
01	COSTO TOTAL DEL EMPAQUETADO CON BOLSA CREST	10989.36
02	COSTO TOTAL DEL USO DE MADERA	22604.46
	TOTAL	11615.10

**CUADRO N° 13**  
**RESULTADO ESTADISTICO**



#### **4.7.- PRUEBA DE HIPOTESIS.**

##### **4.7.1.- HIPÓTESIS PRINCIPAL**

A.- Empleando el empaquetamiento a las cimbras con bolsa crest se minimizará los costos de sostenimiento en labor 14890 - Nivel 1400 – E.A. Cerro SAC. Pasco.

**A.1.-** Empleando el empaquetamiento a las cimbras con bolsa crest se minimizó el costo de sostenimiento de rocas de 22604.46 soles a 10989.36 a una ganancia de 11615.10, en la labor 14890 –Nivel 1400 de la EA Cerro SAC. – Pasco

#### **4.7.2.- HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.**

**a.- Con la minimización del uso de madera reducirá el costo de sostenimiento de rocas.**

a.1.- Con la minimización del uso de madera se reducirá el costo a 11615.10,

**b.- Con la aplicación de la bolsa crest en el empaquetamiento de cimbras mejorará el tiempo de vida.**

b.1.- Con la aplicación de la bolsa crest en el empaquetamiento de cimbras mejorará el tiempo de vida. A un 80 %. en el sostenimiento de rocas.

## CONCLUSIONES

La metodología de diseño de mejor aplicabilidad en la Empresa Administradora Cerro SAC. - Pasco es óptima.

Para lograr nuestro objetivo de optimizar el sostenimiento con el empaquetado de bolsa crest a las cimbras de acero, se requirió de un proceso secuencial que nos llevó a:

- ✓ Optimizar los costos en sostenimiento de rocas y los factores influyentes que lo afectan, tales como la secuencia de minado para las cuales se tomaron medidas de control.
- ✓ Evaluar el empleo del empaquetamiento de las cimbras con bolsa crest: Conocer el comportamiento de las bolsas crest y cimbras frente a las presiones del terreno bajo diferentes condiciones de instalación.
- ✓ Minimizar los efectos negativos para el sostenimiento, atribuibles al método de minado, estableciendo el Plan Estratégico de la mina Cerro SAC – Pasco.
- ✓ Realizar un proceso de observación de la bolsa crest.
- ✓ Cuantificar el beneficio de la bolsa crest.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Al momento de instalar las cimbras deslizantes se debe tener en cuenta la disposición de los pies de los cuadros que pueden ser verticales,
- ❖ Se debe emplear un modelo u otro según la naturaleza del terreno y la forma en que actúan las presiones.
- ❖ Se recomienda, al iniciar el empaquetado con bolsa crest de las cimbras a una altura de 1.5 m
- ❖ Observaciones de campo de las cimbras empaquetadas con bolsa crest.
- ❖ Se recomienda constante capacitación al personal para ejecutar el empaquetado con los bolsa crest (tamales)

Finalmente Establecer un criterio de estandarizar la aplicación del empaquetamiento de las cimbras con bolsa crest según la zona a sostener y el modelo y tipo de viga, que por la relación beneficio costo óptimo.

## BIBLIOGRÁFIA

- CEMAL, Birön y ERGIN, Arioglu, *Diseño de ademes en minas: ademes de acero para los túneles*, 1ra ed., México, Limusa, 1987, p. 85- 112 Del departamento de Ingeniería de minas Universidad Técnica de Estambul. Noriega Editores Editorial Limusa.
- HOEK, Evert, Rock engineering Course notes: Tunnels in weak rock New ed., North Vancouver B.C., Canada, December 2000, p. 205-221.
- R.C., Hibbeler, Mecánica de materiales, Tr. José de La Cera Alonso, 6ta ed., México, Pearson, 2006, p. 815-816
- DURO FELGUERA, TEDESA (Técnicas De Entibación S.A.), Cuadros metálicos *de entibación*, s.n.t., p. 31
- BELTRAN VILLANUEVA, Rudy, Sostenimiento en rocas expansivas y deformables, Perú, Trujillo, 6to Congreso Nacional de Minería, 2006,
- ESPINOZA ZEGARRA, Carlos Ernesto, Mecanización del Sublevel Caving-Yauricocha, Perú, Arequipa, XXVII Convención Minera, 2005,
- DCR INGENIEROS. Evaluación Geomecánica del minado en la mina Rosaura, Lima, DCR Ingenieros, 2004, p. 58. (Informe de consultoría).
- SÉRGIO BRITO CONSULTORIA. Relatorio de visita – mina Rosaura, Belo Horizonte, 30 de julio 2007, p. 18. (Informe de consultoría).
- TAPIA AGUIRRE, Jaime Guillermo. La Geomecánica aplica a la construcción del túnel transandino: grandes problemas en la excavación, Lima, 1996, p. 215, Tesis (Ingeniero Geólogo), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Geología, Minas y Ciencias

# ANEXOS

**ANEXO N° 1**

**Tabla 1: Propiedades químicas según las normas del acero**

Normas/Standars	Calidades	Análisis de Colada									
		<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Si</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Nb</i>
		<i>M<sub>ox</sub></i>		<i>M<sub>ox</sub></i>	<i>M<sub>ox</sub></i>	%	%	%	%	<i>M<sub>ox</sub></i>	<i>M<sub>ox</sub></i>
		%	%	%	%					%	%
A36-05	Grado 36*	0,26	3)	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
A572-07	Grado 42*	0,21	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
	Grado 50	0,23	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
	Grado 55*	0,25	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
	Grado 60*	0,26	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
	Grado 65*	0,23	<=1,65	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
A588-05	Grado B*	0,2	0,75-1,35	0,05	0,04	0,15 - 0,5	0,2-0,4	<=0,5	0,4-0,7	-	0,01-0,1
	Grado C*	0,15	0,8-1,35	0,05	0,04	0,15 - 0,4	0,2-0,5	0,25 - 0,5	0,3-0,5	-	0,01-0,1
A709-7	Grado 36*	0,26	3)	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
	Grado 50	0,23	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	.	-	-	-	-
	Grado 50S	0,23	0,5-1,6	0,045	0,035	<=0,4	<=0,6	<=0,45	<=0,35	0,15	0,05
A913-4	Grado 50	0,12	<=1,60	0,03	0,04	<=0,4	<=0,45	<=0,25	<=0,25	0,07	0,05
	Grado 65	0,16	<=1,60	0,03	0,03	<=0,4	<=0,35	<=0,25	<=0,25	0,07	0,05
A992-06	Grado 50	0,23	0,5 - 1,60	0,045	0,035	<=0,4	<=0,60	<=0,45	<=0,35	0,15	0,05

**ANEXO N° 2**

**Tabla 2: Propiedades mecánicas según las normas del acero**

Normas/ Standars	Calidades	Límite elástico	Resistencia a la Tracción	Alargamiento mínimo		RESILENCIA (Ensayo de flexión por choque)	
				min. 200 mm	min.50 mm	Temperatura	Medio de energía
				[8 in]	[12 in]		
		<i>Mpa [ksi]</i>	<i>Mpa [ksi]</i>	%	%		
A36-05	Grado 36*	>=250 [36]	400 - 550 [58-80]	20	21	-	-
A572-07	Grado 42*	>=290 [42]	>= 415 [60]	20	24	-	-
	Grado 50	>=345 [50]	>= 450 [65]	18	21	-	-
	Grado 55*	>=380 [55]	>= 485 [70]	17	20	-	-
	Grado 60*	>=415 [60]	>= 520 [75]	16	18	-	-
	Grado 65*	>=450 [65]	>= 550 [80]	15	17	-	-
A588-05	Grado B*	>=345 [50]	>= 485 [70]	18	21	-	-
	Grado C*	>=345 [50]	>= 485 [70]	18	21	-	-
A709-7	Grado 36*	>=250 [36]	400 - 550 [58-80]	20	21	-	-
	Grado 50	>=345 [50]	>= 450 [65]	18	21	-	-
	Grado 50S	>=345 - 350 [50 - 65]	>= 450 [65]	18	21	-	-
A913-4	Grado 50	>=345 [50]	>= 450 [65]	18	21	21 [70]	>= 54 [40]
	Grado 65	>=450 [65]	>= 550 [80]	15	17	21 [70]	>= 54 [40]
A992-06	Grado 50	>=345 - 450 [50 - 65]	>= 450 [65]	18	21		

### ANEXO N° 3

Tabla 2.3: Capacidad de curvado en frío de perfiles estructurales

HEB	
120	1.2
140	1.4
160	1.75
180	2
200	2.5
220	3
240	4

#### ANEXO N° 4

Tabla 4: Propiedades mecánicas según las normas del acero.

Especificación	Descripción y uso final
LC PAILAS	Fabricación de pailas para galvanizado.
ASTM A-283-A, B y C	Para estructuras de uso moderado y alta soldabilidad.
ASTM A-36	Media resistencia, estructural, vigas soldadas, bases de columnas.
ABS A, B, D, E	Acero estructural de mediana resistencia para fabricación de barcos.
LLOYD'S A, B, D, E	
ASTM A-131-A, B, D, E	
DIN/BS EN 10025 S-235	Para estructuras de uso moderado y alta soldabilidad.
DIN/BS EN 10025 S-275	Media resistencia, estructural, vigas soldadas, bases de columnas.
DIN/BS EN 10025 S-355	Alta resistencia, vigas soldadas, partes para puentes, edificios.
ASTM A-572-50 y 60	Alta resistencia, baja aleación, estructural, vigas soldadas, puentes, edificios.
ASTM A-572-65	Alta resistencia, baja aleación, bases de postes y luminarias.
ASTM A-656 Gr. 50 y 60	Alta resistencia, estructuras, vigas soldadas.
ASTM A-656 Gr. 70 y 80	Extra alta resistencia para estructuras donde requiere ahorro en peso.
ASTM A-709 Gr. 50	Alta resistencia, baja aleación para puentes.
JIS G-3106 SM-490-A	Alta resistencia, baja aleación con excelente soldabilidad para puentes, barcos tanque de petróleo, etc.

ANEXO N° 5

**CALCULO DE RESISTENCIA A LA RUPTURA POR TENSION**

*(Fórmula empírica)*

$$\sigma = 0.00077(38000 + C[700+2.94Mn] + 30Mn + Mn/200(48+2.35C) + 1000P + 340Si]$$

En donde:

$\sigma$  = Esfuerzo a la ruptura por tensión, Ksi

C = Carbono, 0.01%

Mn = Manganeso, 0.01%

P = Fosforo, 0.01%

Si = Silicio, 0.01%

Rango Promedio

$\sigma = 37-52$

Fig. 1: Fórmula de resistencia a la ruptura por tensión.

## ANEXO N° 6

*Fig. 2: Cálculo de resistencia a la ruptura por tensión.*

Norma HQ 235B	Peso	280.54 kg	A-36 Gerdau Acominas	Peso	272 kg																				
<b>COMPOSICIÓN</b>			<b>COMPOSICIÓN</b>																						
Viga 1		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">17</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">46</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">1,8</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">31</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right;">51</td></tr> </table>	C	17	Mn	46	P	1,8	Si	31	$\sigma$	51	Viga 1		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">14</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">116</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">2,7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">23</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right;">51</td></tr> </table>	C	14	Mn	116	P	2,7	Si	23	$\sigma$	51
C	17																								
Mn	46																								
P	1,8																								
Si	31																								
$\sigma$	51																								
C	14																								
Mn	116																								
P	2,7																								
Si	23																								
$\sigma$	51																								
Viga 2		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">17</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">44</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">1,4</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">23</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right;">48</td></tr> </table>	C	17	Mn	44	P	1,4	Si	23	$\sigma$	48	Viga 2		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">14</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">119</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">2,6</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">22</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right; background-color: yellow;">51</td></tr> </table>	C	14	Mn	119	P	2,6	Si	22	$\sigma$	51
C	17																								
Mn	44																								
P	1,4																								
Si	23																								
$\sigma$	48																								
C	14																								
Mn	119																								
P	2,6																								
Si	22																								
$\sigma$	51																								
Viga 3		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">19</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">47</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">2,7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">21</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right; background-color: yellow;">50</td></tr> </table>	C	19	Mn	47	P	2,7	Si	21	$\sigma$	50	Viga 3		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">14</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">117</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">19</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">21</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right;">63</td></tr> </table>	C	14	Mn	117	P	19	Si	21	$\sigma$	63
C	19																								
Mn	47																								
P	2,7																								
Si	21																								
$\sigma$	50																								
C	14																								
Mn	117																								
P	19																								
Si	21																								
$\sigma$	63																								
Viga 4		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">15</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">47</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">2,2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">21</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right;">47</td></tr> </table>	C	15	Mn	47	P	2,2	Si	21	$\sigma$	47	Viga 4		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: right;">25</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: right;">110</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: right;">2,1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td><td style="text-align: right;">26</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\sigma</math></td><td style="text-align: right; background-color: yellow;">60</td></tr> </table>	C	25	Mn	110	P	2,1	Si	26	$\sigma$	60
C	15																								
Mn	47																								
P	2,2																								
Si	21																								
$\sigma$	47																								
C	25																								
Mn	110																								
P	2,1																								
Si	26																								
$\sigma$	60																								

## ANEXO N° 7

*Tabla 5: Propiedades geométricas según el perfil estructural.*

Designación	Area		Peralte		Espesor		Patin				Eje x-x						Eje y-y							
					del alma		ancho		Espesor		I <sub>x</sub>		S		r		I <sub>y</sub>		S		r			
	pulg2	cm2	pulg	cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg4	cm4	pulg3	cm3	pulg	cm	pulg4	cm4	pulg3	cm3	pulg	cm
W12 x 87	25,3	163,0	12,5	31,8	0,5	1,3	12,1	30,8	0,8	2,1	731,3	30439,9	116,7	1912,9	5,4	13,7	240,8	10021,6	39,7	650,8	3,1	7,8		
W12 x 50	14,4	92,8	12,2	31,0	0,4	0,9	8,1	20,5	0,6	1,6	385,3	16038,2	63,2	1036,0	5,2	13,1	56,3	2344,0	13,9	228,4	2,0	5,0		
W12 x 45	12,9	83,3	12,1	30,6	0,3	0,9	8,0	20,4	0,6	1,5	341,6	14218,3	56,6	928,3	5,1	13,1	49,9	2078,4	12,4	203,4	2,0	5,0		
W12 x 26	7,6	48,8	12,2	31,0	0,2	0,6	6,5	16,5	0,4	1,0	201,8	8398,3	33,0	541,1	5,2	13,1	17,3	721,1	5,3	87,5	1,5	3,8		
W12 x 22	6,4	41,3	12,3	31,3	0,3	0,7	4,0	10,2	0,4	1,1	153,6	6394,4	25,0	409,0	4,9	12,4	4,7	193,7	2,3	37,8	0,9	2,2		
W12 x 16	4,6	29,9	12,0	30,5	0,2	0,6	4,0	10,1	0,3	0,7	100,3	4174,2	16,7	274,1	4,7	11,8	2,8	117,2	1,4	23,1	0,8	2,0		
W12 x 14	4,1	26,3	11,9	30,3	0,2	0,5	4,0	10,1	0,2	0,6	86,1	3582,7	14,5	236,9	4,6	11,7	2,4	98,0	1,2	19,4	0,8	1,9		
W10 x 100	29,2	188,3	11,1	28,2	0,7	1,7	10,3	26,3	1,1	2,8	618,6	25746,4	111,5	1826,4	4,6	11,7	206,6	8599,1	40,0	654,8	2,7	6,8		
W10 x 54	15,6	100,7	10,1	25,6	0,4	0,9	10,0	25,5	0,6	1,6	298,7	12433,7	59,2	970,3	4,4	11,1	103,5	4306,4	20,6	338,1	2,6	6,5		
W10 x 45	13,0	84,2	10,1	25,7	0,4	0,9	8,0	20,4	0,6	1,6	244,0	10157,7	48,3	791,9	4,3	11,0	53,3	2220,0	13,3	218,0	2,0	5,1		
W10 x 39	11,3	72,6	9,9	25,2	0,3	0,8	8,0	20,3	0,5	1,3	205,0	8534,0	41,3	677,4	4,3	10,8	45,0	1872,9	11,3	184,7	2,0	5,1		
W10 x 30	8,8	56,5	10,5	26,6	0,3	0,8	5,8	14,8	0,5	1,3	168,2	7000,9	32,1	526,5	4,4	11,1	16,7	694,8	5,7	94,2	1,4	3,5		
W10 x 19	5,7	36,6	10,2	26,0	0,3	0,6	4,2	10,7	0,4	1,0	98,0	4080,0	19,1	313,7	4,2	10,6	4,9	203,5	2,3	38,2	0,9	2,4		
W10 x 15	4,3	28,0	10,0	25,4	0,2	0,6	4,0	10,2	0,3	0,7	67,2	2797,3	13,5	220,5	3,9	10,0	2,9	120,3	1,4	23,7	0,8	2,1		
W10 x 12	3,5	22,3	9,9	25,1	0,2	0,5	4,0	10,1	0,2	0,5	52,2	2171,4	10,6	173,2	3,9	9,9	2,2	90,7	1,1	18,0	0,8	2,0		
W8 x 67	19,5	126,1	9,0	22,9	0,6	1,4	8,3	21,0	0,9	2,4	270,1	11243,4	60,0	983,7	3,7	9,4	88,6	3686,6	21,4	350,6	2,1	5,4		
W8 x 58	17,0	109,4	8,8	22,2	0,5	1,3	8,2	20,9	0,8	2,1	226,0	9407,3	51,7	846,6	3,7	9,3	75,1	3124,2	18,3	299,3	2,1	5,3		
W8 x 48	14,0	90,1	8,5	21,6	0,4	1,0	8,1	20,6	0,7	1,7	182,2	7582,1	42,9	702,4	3,6	9,2	60,9	2536,3	15,0	246,3	2,1	5,3		
W8 x 40	11,6	74,9	8,3	21,0	0,4	0,9	8,1	20,5	0,6	1,4	144,7	6024,3	35,1	575,0	3,5	9,0	49,1	2042,9	12,2	199,3	2,1	5,2		
W8 x 31	9,0	58,0	8,0	20,3	0,3	0,7	8,0	20,3	0,4	1,1	108,2	4505,1	27,1	443,4	3,5	8,8	37,1	1542,7	9,3	151,9	2,0	5,2		
W8 x 24	6,9	44,8	7,9	20,1	0,2	0,6	6,5	16,5	0,4	1,0	81,1	3376,6	20,5	335,3	3,4	8,7	18,3	760,7	5,6	92,2	1,6	4,1		
W8 x 15	4,4	28,1	8,1	20,6	0,2	0,6	4,0	10,2	0,3	0,8	47,0	1955,8	11,6	189,9	3,3	8,3	3,4	141,8	1,7	27,8	0,9	2,2		
W6 x 25	7,3	47,0	6,4	16,2	0,3	0,8	6,1	15,4	0,5	1,2	53,0	2206,8	16,6	272,4	2,7	6,9	17,1	710,0	5,6	92,0	1,5	3,9		
<b>W6 x 20</b>	<b>5,8</b>	<b>37,5</b>	<b>6,2</b>	<b>15,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>6,0</b>	<b>15,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>41,0</b>	<b>1706,6</b>	<b>13,2</b>	<b>216,7</b>	<b>2,7</b>	<b>6,7</b>	<b>13,3</b>	<b>552,7</b>	<b>4,4</b>	<b>72,3</b>	<b>1,5</b>	<b>3,8</b>		
W6 x 16	4,7	30,2	6,3	16,0	0,3	0,7	4,0	10,2	0,4	1,0	31,8	1321,9	10,1	165,7	2,6	6,6	4,4	184,2	2,2	36,0	1,0	2,5		
W6 x 15	4,4	28,2	6,0	15,2	0,2	0,6	6,0	15,2	0,3	0,7	28,7	1195,5	9,6	157,1	2,6	6,5	9,3	387,9	3,1	51,0	1,5	3,7		
W6 x 12	3,5	22,6	6,0	15,3	0,2	0,6	4,0	10,2	0,3	0,7	21,7	901,8	7,2	117,8	2,5	6,3	3,0	124,5	1,5	24,5	0,9	2,3		
W6 x 9	2,6	16,9	5,9	15,0	0,2	0,4	3,9	10,0	0,2	0,5	16,0	666,6	5,4	89,0	2,5	6,3	2,2	91,3	1,1	18,2	0,9	2,3		
W5 x 19	5,5	35,4	5,2	13,1	0,3	0,7	5,0	12,8	0,4	1,1	25,9	1079,5	10,1	165,1	2,2	5,5	9,1	379,9	3,6	59,5	1,3	3,3		
W5 x 16	4,6	29,9	5,0	12,7	0,2	0,6	5,0	12,7	0,4	0,9	21,1	877,3	8,4	137,9	2,1	5,4	7,5	312,4	3,0	49,2	1,3	3,2		
<b>W4 x 13</b>	<b>3,8</b>	<b>24,3</b>	<b>4,2</b>	<b>10,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>4,1</b>	<b>10,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>	<b>11,2</b>	<b>466,0</b>	<b>5,4</b>	<b>88,2</b>	<b>1,7</b>	<b>4,4</b>	<b>3,9</b>	<b>160,4</b>	<b>1,9</b>	<b>31,1</b>	<b>1,0</b>	<b>2,6</b>		
HEB 100 x 20,4	4,0	26	3,9	10	0,24	0,6	3,9	10	0,4	1	10,8	449	5,5	89,9	1,6339	4,15	4,0	167	2,0	33,4	1,0	2,5		
HEB 120 x 26,7	5,3	34	4,7	12	0,26	0,65	4,7	12	0,4	1,1	20,8	864	8,8	144	1,9843	5,04	7,6	317	3,2	52,9	1,2	3,1		
HEB 140 x 33,7	6,7	43	5,5	14	0,28	0,7	5,5	14	0,5	1,2	36,3	1510	13,2	216	2,3346	5,93	13,2	549	4,8	78,5	1,4	3,6		
HEB 160 x 42,6	8,4	54,3	6,3	16	0,31	0,8	6,3	16	0,5	1,3	59,8	2490	19,0	311	2,6693	6,78	21,4	889	6,8	111	1,6	4,1		
HEB 180 x 51,2	10,1	65,3	7,1	18	0,33	0,85	7,1	18	0,6	1,4	92,0	3830	26,0	426	3,0157	7,66	32,7	1360	9,2	151	1,8	4,6		

ANEXO N° 8

Tabla 6: Propiedades mecánicas de las vigas T-H.

	Limite Elástico (Kp/mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (Kp/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento %	Resiliencia DVM promedio (j)
TE - 31 Mn 4 S/DIN 21544	>= 34	>= 55	>= 18	18

**ANEXO N° 9**

<b>Datos Técnicos</b>		<b>Ω N-16.5</b>	<b>Ω N-21</b>	<b>Ω N-29</b>	<b>Ω N-36</b>
Peso	(kg/m)	16,5	21	29	36
Sección	S (cm <sup>2</sup> )	21	27	37	46
Dimensiones	A (mm)	106	127	150	171
	b (mm)	31	35	44	51
	H (mm)	90	108	124	138
	h (mm)	26	30	31	35,5
	e (mm)	44	54	58	67
	c (mm)	13	12	16	17
Características	I <sub>xx</sub> (cm <sup>4</sup> )	186	341	616	969
	W <sub>xx</sub> (cm <sup>3</sup> )	40	61	94	136
	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	223	398	775	1265
	W <sub>yy</sub> (cm <sup>3</sup> )	42	64	103	148
Radio mínimo de curvado	R (m)	0.9	1.1	1.2	1.6

**Tabla 7: Propiedades geométricas de los perfiles T-H.**

**ANEXO N° 10**  
**Tabla 2.9 Según la clasificación de Terzaghi**

ESTADO DE LA ROCA	CARGA DE ROCA $H_p$ (m)	OBSERVACIONES
1. DURA Y MASIVA	CERO	Solo se necesita refuerzo escaso si hay desprendimiento o chasquido
2. DURA PERO ESTRATIFICADA O ESQUISTOSA	$0 \text{ a } 0.5 B$	Refuerzo escaso más que nada como protección contra desprendimientos La carga puede cambiar en forma errática de un punto a otro.
3. MASIVA, LIGERAMENTE FISURADA	$0 \text{ a } 0.25 B$	
4. MEDIANAMENTE FRACTURADA EN BLOQUES ALGO ABIERTOS*	$0.25 B \text{ a } 0.35 (B + H_t)$	No hay presión lateral.
5. MUY FRACTURADA EN BLOQUES Y LAS FRACTURAS ABIERTAS*	$(0.35 \text{ a } 1.10) (B + H_t)$	Poca o ninguna presión lateral.
6. TOTALMENTE TRITURADAS PERO QUIMICAMENTE INALTERADA*	$1.10 (B + H_t)$	Presiones laterales considerables. Los efectos de las infiltraciones hacia el piso del túnel requieren apoyo continuo para las partes bajas de los marcos o bien marco circulares.
7. ROCA COMPRIMIDA PROFUNDIDAD MODERADA	$(1.10 \text{ a } 2.20)(B + H_t)$	Considerable presión lateral. Se requiere plantilla apuntalada. Es preferible usar marcos circulares.
8. ROCA COMPRIMIDA A GRAN PROFUNDIDAD	$(2.10 \text{ a } 4.50)(B + H_t)$	
9. ROCA EXPANSIVA	Hasta 250 pies, independientemente del valor $(B + H_t)$	Marcos circulares indispensables. En casos extremos, usese refuerzo elástico.

- \* Si el túnel está sobre el nivel freático, la carga puede
- \* ser reducida un 50 % para los tipos 4 - 6.

## ANEXO N° 11

Tabla 2.10: Tabla del coeficiente de resistencia de Protodyakonov.

GRADO DE RESISTENCIA	TIPO DE ROCA O SUELO	$m$ Kg/m <sup>3</sup>	$q_{uc}$ Kg/cm <sup>2</sup>	FACTOR $f$
MUY ALTO	Granitos masivos, Cuarcitas o basaltos sanos y en general, rocas duras sanas y muy resistentes.	2800-3000	2000	20
MUL ALTO	Granitos prácticamente masivos, porfidos, pizarras, areniscas y calizas sanas.	2600-2700	1500	15
ALTO	Granitos y formaciones similares, areniscas y calizas prácticamente sanas conglomerados muy resistente, limolitas resistente.	2500-2600	1000	10
ALTO	Calizas en general, granitos meteorizados, limolitas, areniscas relativamente resistentes, mármoles, pirita.	2500	800	8
MODERADAMENTE ALTO	Areniscas normales	2400	600	6
MODERADAMENTE ALTO	Pizarras	2300	500	5
MEDIO	Lutitas, calizas y areniscas de baja resistencia, conglomerado no muy duros	2400-2800	400	4
MEDIO	Lutitas, pizarras arcillosos, margas	2400-2600	300	3
MODERADAMENTE BAJO	Lutitas blandas, calizas muy fracturadas, yesos, areniscas en bloques, gravas cementadas.	2200-2600	200-150	2-1.5
MODERADAMENTE BAJO	Gravas, lutitas y pizarras fragmentadas, depósitos de talud duros, arcillas duras.	2000	--	1.5
BAJO	Arcilla firme, suelos arcillosos	1700-2000	--	1.0
BAJO	Loes, formaciones de arena y grava, suelos arena-arcillosos o limo-arcillosos	1700-1900	--	0.8
SUELOS	Suelos con vegetación, turba, arenas húmedas.	1600-1800	--	0.6
SUELOS GRANULARES	Arenas y gravas	1400-1600	--	0.5
SUELOS PLASTICOS	Limos y arcillas blandos.			0.3

ANEXO N° 12

Foto 2.1: labor sostenimiento con cimbras rígidas



ANEXO N° 13

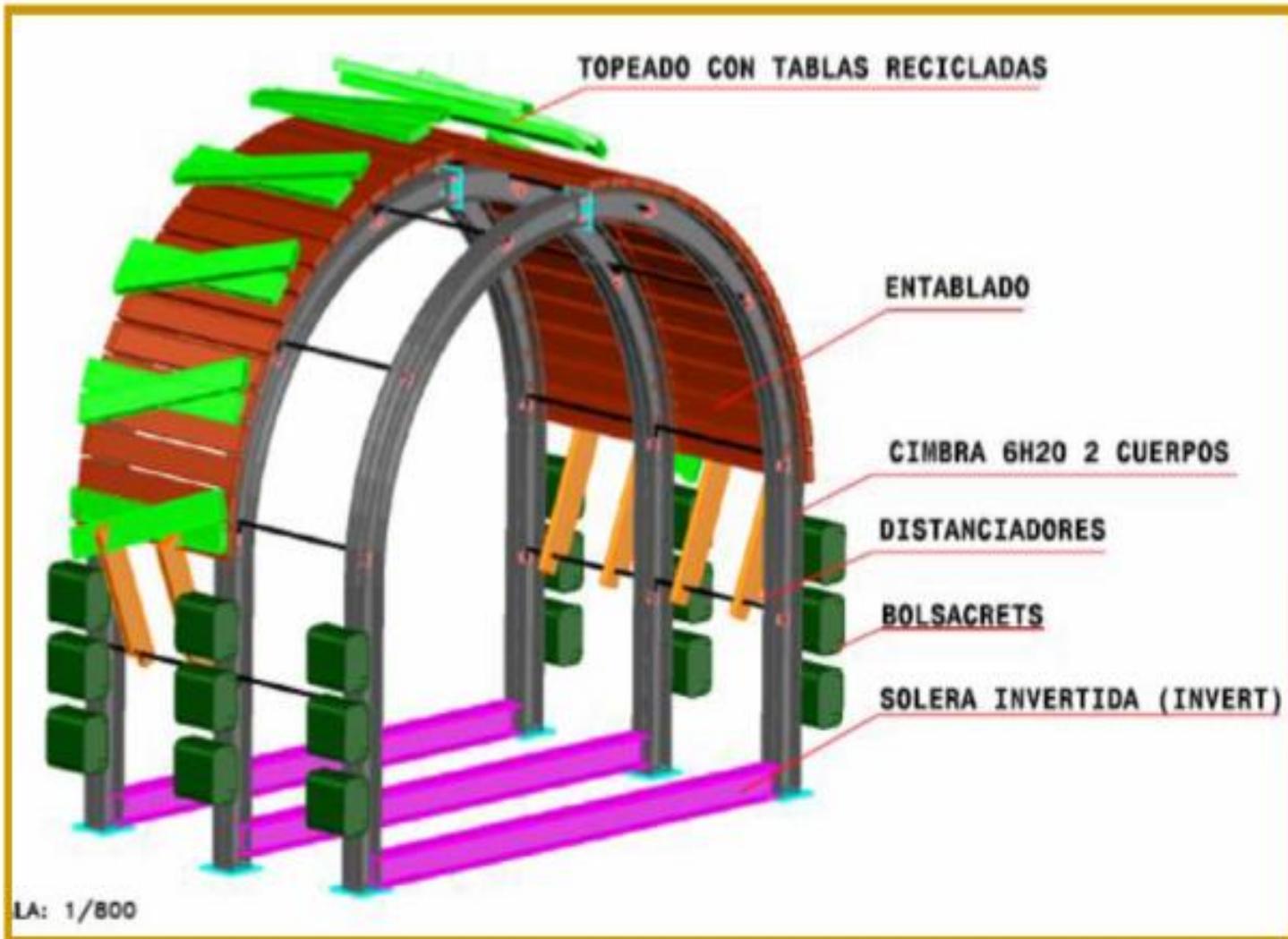


Fig. 2.12: Esquema del sostenimiento con cimbras rígidas

**ANEXO N° 14**



ANEXO N° 15



## AMNEXO N° 16

### Ubicación de la Empresa Administradora Cerro SAC - Pasco



## ANEXO N° 17

Instalaciones de la Empresa Administradora Cerro SAC - Pasco



ANEXO N° 18



Fotografía: preparación de los BOLSA CREST, para el empaquetamiento de las cimbras de material estéril (los tamales)

## ANEXO N° 19

Fotografía: Armado de cuadros.



ANEXO 20  
MADERAS COMO: REDONDOS, TABLAS DE 2x6"x7'



ANEXO 21  
TRASLADO DE CIMBRAS DE 3.5x3.5

