

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y  
METALÚRGICA**

**ESCUELA DE MINAS**



**EJECUCIÓN DE CHIMENEAS CON EL SISTEMA DE  
PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICAS  
“PEM”**

**INFORME DE INGENIERÍA**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:**

**NORMAN SALOME PALOMINO VALERIO**

**LIMA - PERÚ**

**2,003**

## **DEDICATORIA**

Al apoyo de siempre de mis queridos  
Padres Eugenia y Salomé.

Al apoyo de mis queridos hermanos.

Al apoyo de mi querida esposa Elicia y  
querida hija Zarela.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Empresa ATR INGENIEROS S.A. por haberme dado la oportunidad de presentar el trabajo titulado: EJECUCIÓN DE CHIMENEAS CON EL SISTEMA DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM”, trabajo con el cual podré obtener el grado académico de INGENIERO DE MINAS, de igual manera agradezco a los directivos, trabajadores y colegas quiénes me brindaron todo el apoyo necesario, en especial al GERENTE GENERAL ING. ADELINO TAIPE ROSALES y a todos los compañeros de trabajo en la mina; quiénes me brindaron todo el apoyo para materializar el presente Informe de Ingeniería y espero que este sea un aporte para los estudiantes y demás personas interesadas en la Industria Minera.

## ÍNDICE

	<b>Página:</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>DE LA SEGURIDAD MINERA</b> .....	5
1.1 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos .....	5
1.2 Factor de Seguridad .....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PARA LA EJECUCIÓN</b>	
<b>DE CHIMENEAS CON EL SISTEMA DE PLATAFORMAS</b>	
<b>Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM”</b> .....	8
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>ELEMENTOS METÁLICOS DEL SISTEMA DE PLATAFORMAS</b>	
<b>Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM”</b> .....	10
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>SECUENCIA OPERACIONAL PARA LA EJECUCIÓN DE</b>	
<b>CHIMENEAS CON EL SISTEMA DE PLATAFORMAS Y</b>	
<b>ESCALERAS METÁLICAS “PEM”</b> .....	12
4.1 Ventilación .....	12
4.2 Desatado .....	12
4.3 Verificación de los Elementos Metálicos .....	12
4.4 Colocación de Plataformas y Escaleras .....	12
4.5 Perforación .....	13
4.6 Voladura .....	13
4.7 Limpieza .....	13

<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>SOSTENIMIENTO</b> .....	15
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>PERFORMANCE</b> .....	16
<b>CAPÍTULO VII</b>	
<b>COSTOS</b> .....	18
<b>RESUMEN</b> .....	21
<b>CONCLUSIONES</b> .....	22
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	23
<b>ANEXOS</b> .....	24

## **PRESENTACIÓN**

En la Industria Minera durante el transcurso de los últimos años se ha ido introduciendo diferentes tecnologías en las diversas áreas del proceso productivo minero, tales como Sistemas de Ejecución de Chimeneas con: MADERA, TALADROS LARGOS, PLATAFORMA TREPADORA, PERFORACIÓN ROTATIVA, PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM”.

El Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” para la ejecución de chimeneas ha logrado a la fecha altos índices de productividad, los mismos que han redundado en la reducción de Costos Directos de Operación bastante competitivas a nivel de todas las Empresas Mineras, pero como nada en la vida de una empresa es estático, actualmente se encuentra realizando trabajos en el ámbito de chimeneas experimentales en tajo, en subnivel, en veta y fuera de vetas, con ello estamos disminuyendo los costos en la preparación y la reducción del tiempo de preparación dando así velocidad al minado.

Este trabajo muestra aspectos técnico – económicos comparativos tanto en el tiempo y en los costos directos de operación. El presente trabajo también trata otros aspectos relacionados con el minado de tajeos, como para preparar cara libre, así como también para la optimización de la ventilación. En la optimización de la extracción mediante un sistema combinado de extracción del mineral desde el interior mina hacia superficie con la implementación de un piloto de pique.

Espero que nuestra experiencia al ser mostrada pueda contribuir al desarrollo de las Empresas Mineras que al aplicar el SISTEMA DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM” en la ejecución de chimeneas y otros aspectos contemplados en el presente trabajo, pueda contribuir en la reducción de sus costos unitarios y en la reducción del tiempo en su ejecución y preparación así logren situarse a niveles competitivos en la Industria Minera.

## **OBJETIVOS**

- Evidenciar que la ejecución de chimeneas con el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” es más versátil.
- De menor costo en relación a otros métodos empleados en minería subterránea.

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo del presente trabajo, es mostrar que la ejecución de chimeneas con el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” es más versátil y de menor costo en relación a otros métodos empleados en minería subterránea.

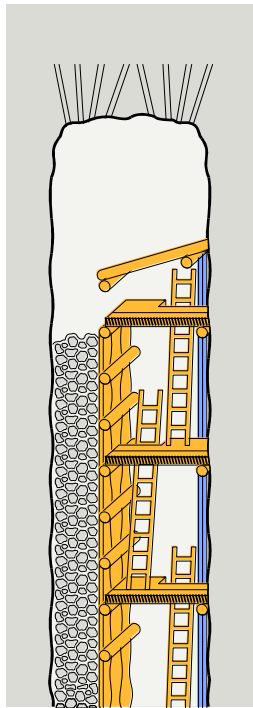
Ver la figura 1.

El sistema que desarrolla chimeneas en “H”, cuenta con su Reglamento Interno, el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro los que se adecuan al Reglamento de Seguridad y Higiene Minera y la opinión favorable de la DGM.

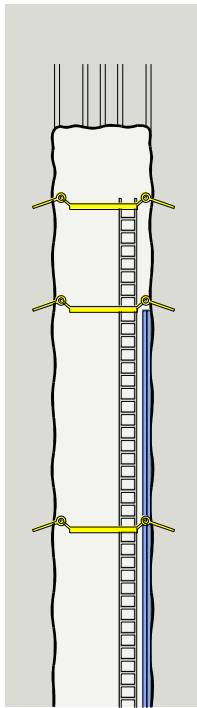


**FIGURA 1:**

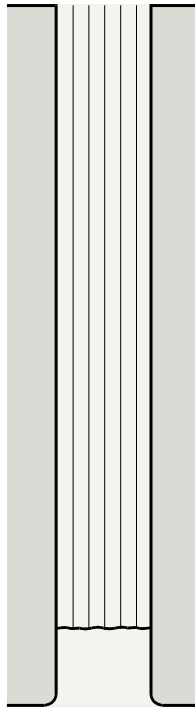
# SISTEMAS DE CHIMENEAS



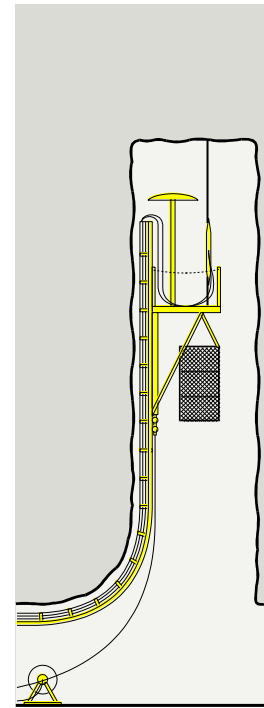
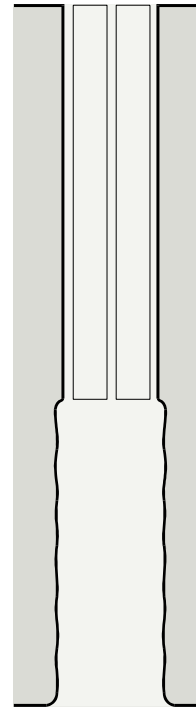
**CONVENCIONAL  
CON MADERA**



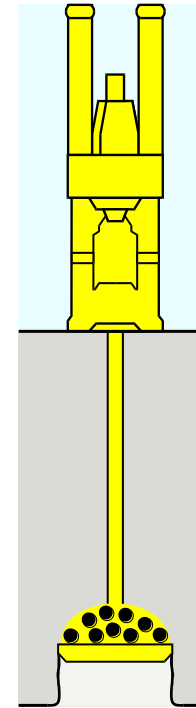
**P E M**



**TALADROS LARGOS**



**PLATAFORMA  
TREPADORA**



**PERFORACION  
ROTATIVA**

## CAPITULO I

### DE LA SEGURIDAD MINERA

#### 1.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

En este sistema, el personal es previamente capacitado en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, así como en los estándares, procedimientos y prácticas de trabajo seguro, siendo potencialmente importantes los siguientes:

<b>PELIGROS</b>	<b>RIESGOS</b>	<b>MEDIDAS DE CONTROL DE RIESGOS</b>
GASES DE LA VOLADURA	GASEAMIENTO DEL PERSONAL	<ul style="list-style-type: none"><li>- Circuito de Ventilación</li><li>- Tercera línea de Ventilación</li><li>- Uso de alarmas remotas</li></ul>
INCOMPETENCIA DEL TERRENO	CAIDA DE ROCA	<ul style="list-style-type: none"><li>- Evaluación geomecánica</li><li>- Desatado</li><li>- Voladura controlada en sección circular</li><li>- Autosostenimiento con arco natural</li><li>- Sostenimiento soporte externo y refuerzo interno</li></ul>
ALTURA DE CHIMENEA	CAIDA DE PERSONAS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Certificación de suficiencia médica</li><li>- Descansos y parrillas</li><li>- Uso de arneses</li><li>- Uso de líneas de vida retráctil con bloqueadores</li></ul>

## **1.2 FACTOR DE SEGURIDAD**

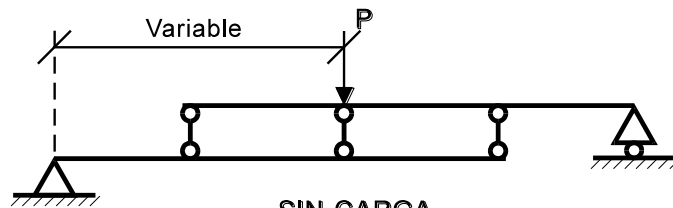
El factor de seguridad operativa es 11. La carga de rotura es once veces mayor que la de trabajo en el conjunto de elementos metálicos de la Plataforma de Operación.

Ver Cuadro N° 1 (Cuadro Resumen del Factor de Seguridad Operativa)

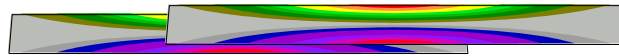
**CUADRO N° 1:**

# FACTOR DE SEGURIDAD OPERATIVA

MODELO



CON CARGA



ACERO ESTRUCTURAL A36

PERFIL : L2½"x2½"x ⅝"

EJE DE OPERACION



CARGA DE OPERACION : P

- PESO PROPIO PEM : 100 Kg
- EQUIPO PERFORACION : 75 "
- PRESION PERFORACION 6Kg/cm2x25cm2 : 150 "
- PESO DE TRABAJADORES 2x100Kg : 200 "
- SUPERVISION : 100 "
- TOTAL : 625 "

MOMENTO FLECTOR MAXIMO DEL CORREDIZO : 180 Kg-m

FACTOR DE SEGURIDAD OPERATIVA : 11

## MAXIMAS CARGAS DE ROTURA

CANTIDAD	ELEMENTOS	DIMENSIONES	MAXIMAS CARGAS DE ROTURA INDIVIDUAL	MAXIMAS CARGAS DE ROTURA CONJUNTO	CARGAS DE OPERACION	FACTOR DE SEGURIDAD
02	CORREDIZOS	2½"x2½"x ⅝"x5"	1012.20Kg-m	2024.4kg-m	180Kg-m	11.25
04	ANCLAJES	1"x3'x2"O int	42738.80Kg	170954.8Kg	625Kg	273.0
04	ANILLOS	⅝"Ox3" O int	42738.70 "	170954.8 "	625 "	273.0
04	GANCHOS	⅝"Ox3" O int	42738.70 "	170954.8 "	625 "	273.0
03	ABRAZADERAS	⅝"x2"	12246.90 "	12246.9 "	330 "	52.50
06	TABLAS	3"x8"x4'	506.60 "	3039.6 "	625 "	4.9

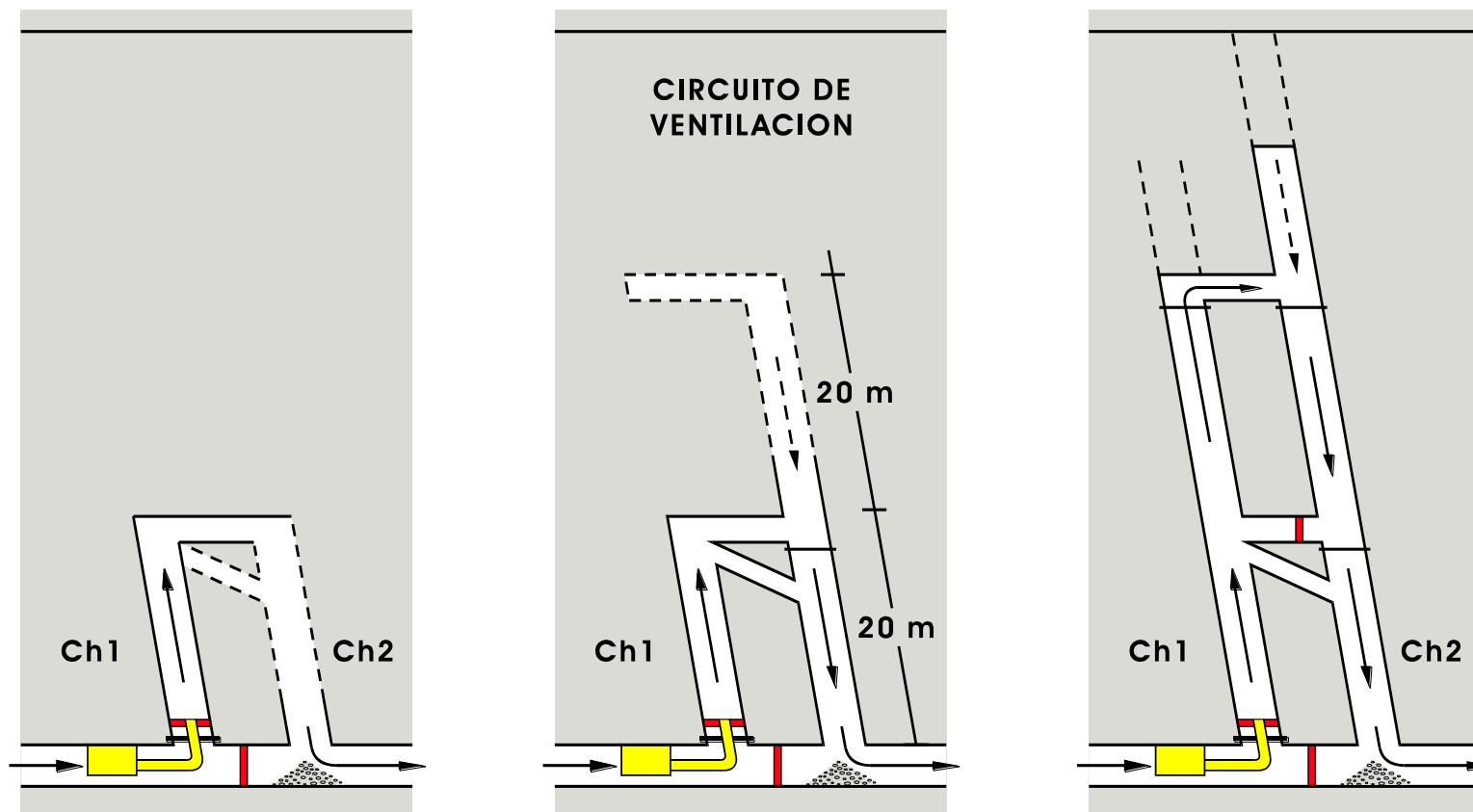
## **CAPITULO II**

### **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PARA LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS CON EL SISTEMA DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM”**

- Para chimeneas de mayor altura, el desarrollo es en “H”, cuyo procedimiento debe hacerse comunicándose subniveles cada 20 metros y una adecuada ventilación auxiliar. Ver la figura 5.
- El diseño es específico. En rocas encajonantes: Ore Pass, Fill Pass, Waste Pass, Pilotos o Piques o inclinadas, chimeneas de preparación sobre vetas, ventilación, servicios, drenajes, arranques en voladura de gran volumen, etc.
- El emplazamiento del Proyecto debe considerar rocas con RQD mínimo de 60, cuya equivalencia con el Q de Barton es de 5.91, que en la tabla de clasificación del macizo rocoso representa una calidad de roca regular a buena.
- El diámetro máximo recomendable de la chimenea debe ser 2.40 metros, con inclinaciones no mayores a 75°.

**FIGURA 3:**

# CHIMENEAS DESARROLLADAS EN "H"



### CAPITULO III

#### ELEMENTOS METÁLICOS DEL SISTEMA DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICOS “PEM”

El Sistema comprende los siguientes elementos metálicos.

Ver la figura 4.

Una PLATAFORMA DE TRABAJO y otra de SEGURIDAD.

El peso ligero de ambas facilita el transporte, maniobrabilidad y desmontaje en la chimenea

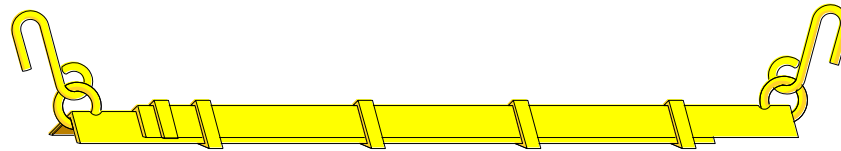
El par de corredizos se regula horizontalmente al ancho de la labor. LOS ANCLAJES, anillos, ganchos, abrazaderas y el juego de tablas proporcionan un piso seguro de operación.

ESCALERAS METÁLICAS, diseñadas y rígidamente instaladas para el acceso del personal y supervisión, empleadas sólo en el proceso de avance y comunicación de la chimenea.

El sistema se complementa con la instalación de PLATAFORMAS DE DESCANSO.

**FIGURA 4:**

# ELEMENTOS METALICOS

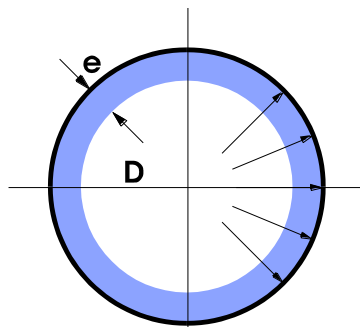


CORREDIZO

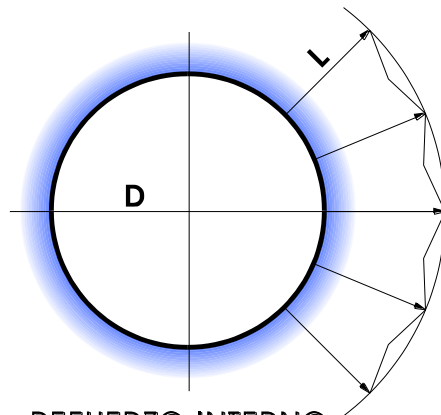


ANCLAJE

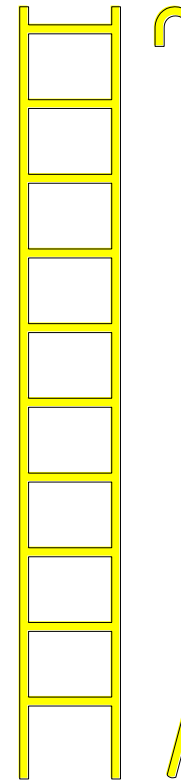
# SOSTENIMIENTO



SOPORTE EXTERNO



REFUERZO INTERNO



ESCALERA



## **CAPITULO IV**

### **SECUENCIA OPERACIONAL PARA LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS CON EL SISTEMA DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS METÁLICAS “PEM”**

El ciclo operativo por guardia requiere de menos tiempo efectivo de trabajo al prescindir de horas-hombre relativos al empleo de la madera.

Ver figura 5.

#### **4.1 VENTILACIÓN**

La ventilación es monitoreada desde el nivel de base o del subnivel correspondiente mediante una tercera línea de aire comprimido. El uso de ventilación auxiliar eléctrica dependerá de la evaluación del ambiente de trabajo.

#### **4.2 DESATADO**

Concluida y comprobada la ventilación se realiza el DESATADO. Es importante que esta actividad sea permanente durante el ciclo de trabajo.

#### **4.3 VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS METÁLICOS**

El supervisor o personal entrenado deberá verificar rigurosamente el estado real de los elementos metálicos, corrigiendo ó reemplazando los averiados, posiblemente ocurridos como producto de la voladura realizada.

#### **4.4 COLOCACIÓN DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS**

Esta es la secuencia más importante del sistema que realiza el personal, fijando los anclajes, para finalmente presentar la nueva posición de las plataformas de trabajo, de seguridad, descansos y escaleras.

#### **4.5 PERFORACIÓN**

Se inicia la perforación de un nuevo juego de taladros sub-horizontales para los anclajes, para finalmente presentar la nueva posición de las plataformas de trabajo, de seguridad, descansos y escaleras.

#### **4.6 VOLADURA**

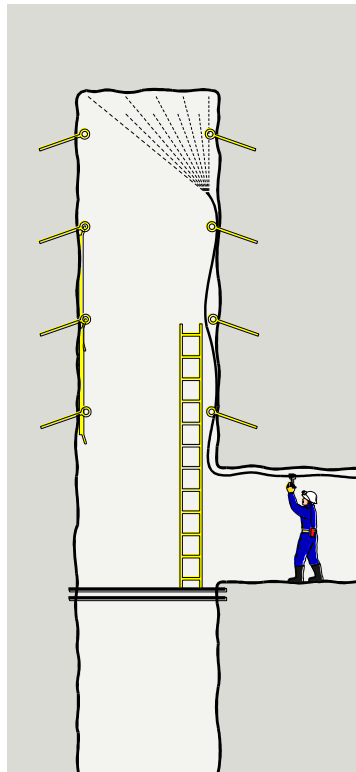
Es empleado el sistema integrado de accesorios no eléctricos para la voladura controlada, con el inicio desde el nivel de base ó subnivel de las chimeneas desarrolladas en “H”. Previamente se desinstala todo el juego de plataformas.

#### **4.7 LIMPIEZA**

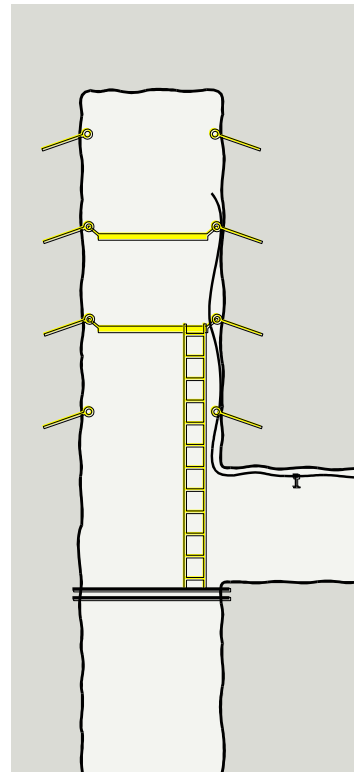
La limpieza en el nivel de base se efectúa de inmediato, para evitar obstrucciones en la ventilación, aforamiento ó campaneos en el flujo del material de disparo.

**FIGURA 5:**

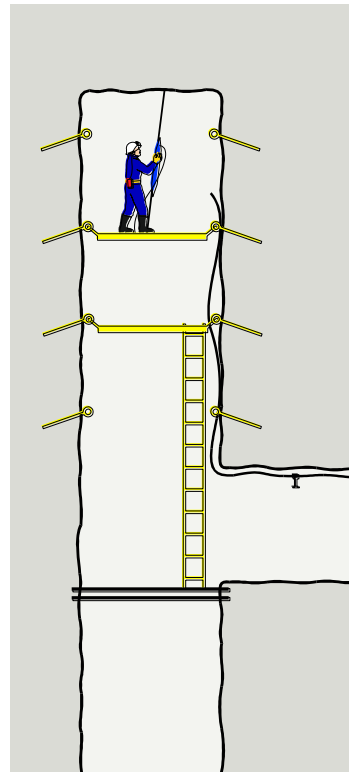
# SECUENCIA OPERACIONAL



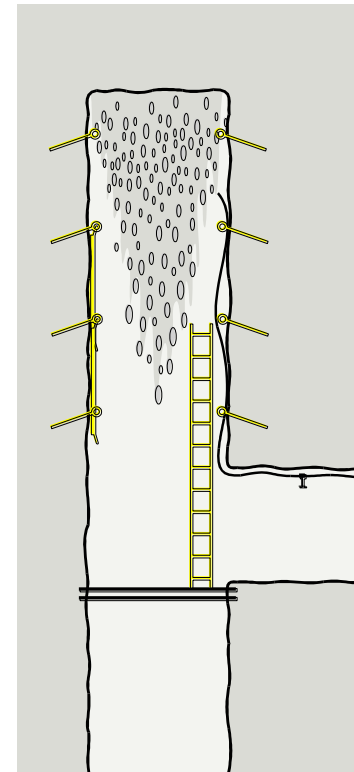
**VENTILACION**



**DESATADO Y COLOCACION  
DE PLATAFORMAS**



**PERFORACION**



**VOLADURA**

## **CAPITULO V**

### **SOSTENIMIENTO**

La evaluación geomecánica de la estabilidad, discontinuidad estructural y zonas de debilidad a pesar de la aparente homogeneidad de la masa rocosa, permitirá determinar el tipo de sostenimiento adecuado, pudiendo ser los métodos de soporte externo o un determinado refuerzo interno.

Ver la figura 4. El soporte externo en la abertura subterránea es de naturaleza pasiva.

Una vez instalada no soportan carga alguna, llegan a trabajar gradualmente los elementos del sostenimiento. Entre otros puede ser el entibado, anillo metálico ó el concreto lanzado (shotcrete).

El refuerzo interno, consiste en insertar los elementos del sostenimiento en la masa rocosa, pasando a formar parte del arco portante, su estado es de cambio constante.

La variedad de los pernos de roca van de los pasivos hasta los activos.

Es importante tender a la sección circular, para conseguir el sostenimiento por arco natural de las rocas.

## **CAPITULO VI**

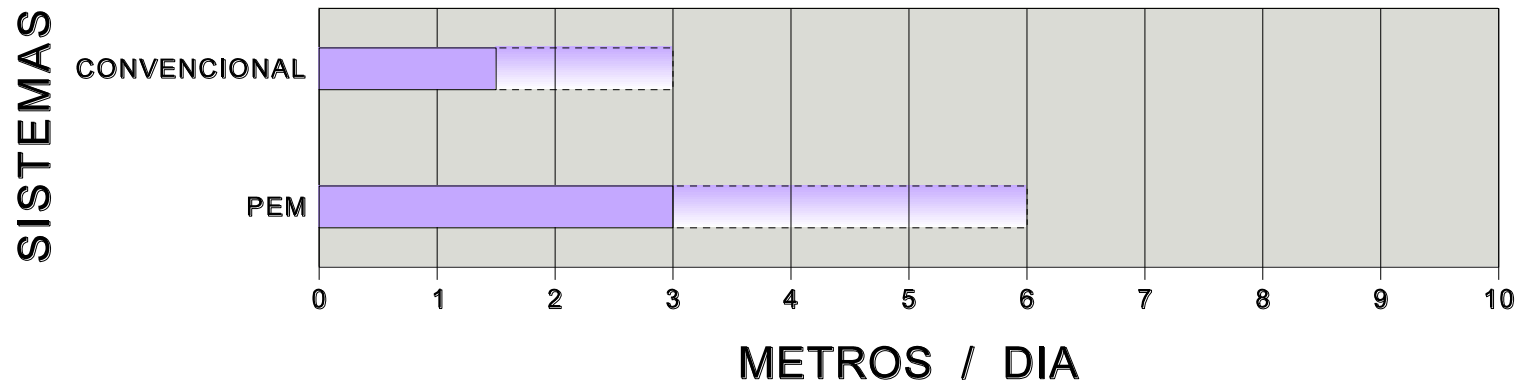
### **PERFORMANCE**

En el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM”, es permisible dos, tres ó cuatro ciclos de perforación y voladura por día, dependiendo de las condiciones de operación y del lugar, con avances de hasta 6 metros por día u 80 metros por mes. Duplica la performance del convencional con madera.

Ver la figura 6.

FIGURA 6:

# GRAFICO COMPARATIVO DE AVANCES PEM VS CONVENCIONAL



## **CAPITULO VII**

### **COSTOS**

A diferencia de otros, la inversión inicial es baja.

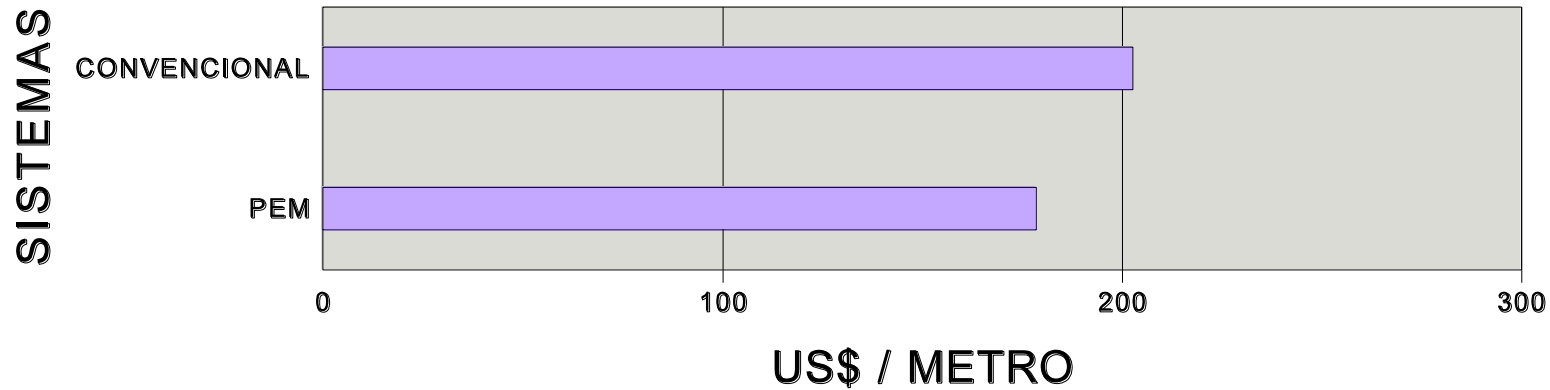
Este sistema, que recicla los elementos metálicos y que prescinde del personal de enmaderadores, madera, flete, almacenaje, carpintería, transporte interno y subterráneo, izaje y otros, hace que el costo unitario sea por debajo del convencional con madera.

- Ver Cuadro N° 2 (Cuadro comparativo de costos en la ejecución de chimeneas con el sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” Versus el convencional con madera).
- Ver Cuadro N° 3. (Cuadro comparativo de costos en la ejecución de chimeneas con el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” y los diferentes Sistemas de Ejecución de Chimeneas como: Maderamen, Taladros largos, Plataforma Trepadora, Perforación Rotativa).

CUADRO N° 2:

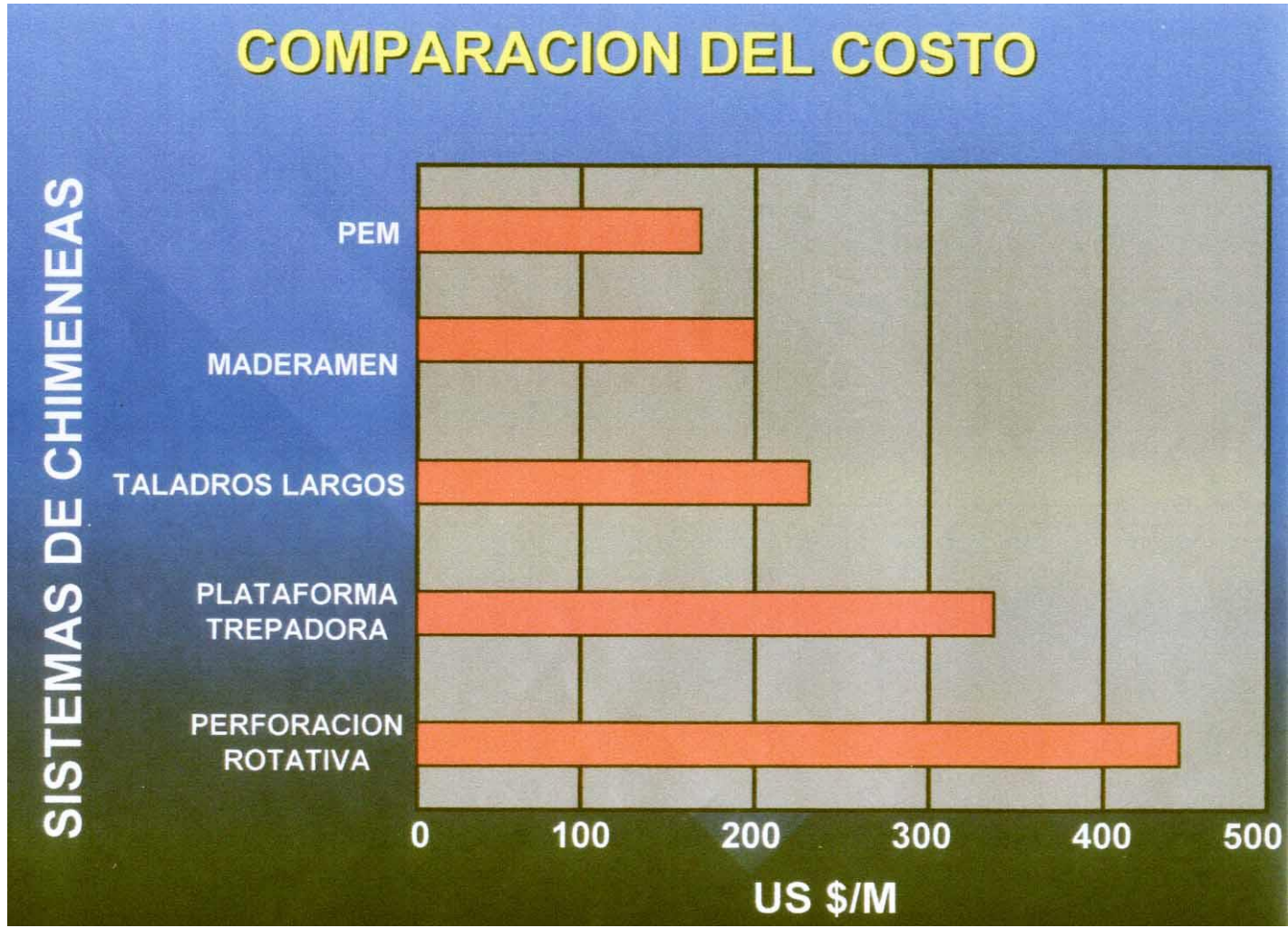
# CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS PEM VS CONVENCIONAL CON MADERA

SISTEMA DE AVANCE Descripción	PEM		CONVENCIONAL	
	Sub-Total US\$/ml	Total US\$/ml	Sub-Total US\$/ml	Total US\$/ml
Costo de mano de obra	63.68		56.37	
Costo de perforación	22.99		22.99	
Costo de voladura	32.45		32.45	
Costo de equipo PEM	18.27		-	
Costo de maderamen	-		48.65	
Sub-Total Costos Directos		137.39		160.47
Sub-Total Costos Indirectos		41.22		41.21
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>178.60</b>		<b>201.68</b>





CUADRO N° 3:



## RESUMEN

- En comparación al desarrollo convencional con maderas el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” obtiene mayor performance de avances de hasta 6 metros por día y elimina el maderamen, recurso limitado por la legislación ambiental.
- El peso liviano y la maniobrabilidad del sistema, facilitan su transporte, instalación y desmontaje en el lugar del proyecto. Los elementos metálicos son recuperables, permitiendo su reciclaje.
- En relación a las chimeneas preparadas con maquinarias especiales, no requieren de cámaras y labores adicionales de cabeza ó de base.
- La experiencia del Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM” obtenida en el desarrollo acumulado de 10,082 metros a Julio del 2,003 en las diferentes minas, ha sido satisfactoria tanto en las estadísticas de seguridad y programas de avances, siendo la alternativa de menor costo dentro de la difícil situación que atraviesa el sector minero.

## CONCLUSIONES

- La baja performance y el costo convencional con madera, en el desarrollo de chimeneas, a veces generan déficit en el plan mensual ó anual de avances verticales.
- Entonces, el tiro natural es reemplazado por ductos flexibles con ventilación mecánica; o existen largos recorridos de las redes de los servicios auxiliares y la transferencia intermedia del mineral o desmonte es distante a falta de echaderos oportunos.
- Este Sistema, con el diseño, dirección y supervisión de sus autores, inicialmente fue empleada en la mina San Miguel de Cerro de Pasco, con un avance de 150 metros sobre veta para integrar 4 niveles.
- Posteriormente, se desarrolló en la mina Cerro de Pasco Centromín Perú, llegando a acumular aproximadamente 1,200 metros de avances.
- En la mina Consorcio Minero Horizonte, se logró un avance total de 4,338 metros en 2.5 años.
- En el año 2,002 el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM”; fue introducido en las minas de Coricancha; Yauliyacu; Chungar e Iscaycruz, con resultados satisfactorios.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- TAIPE ROSALES, Adelino, Manual para la: Ejecución de Chimeneas con el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM”; ATR-INGENIEROS S.A
- ATR-INGENIEROS S.A., Manual y apuntes prácticos en la: Ejecución de Chimeneas con el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM”

## ANEXOS

- Cuadro resumen estadístico de seguridad en la ejecución de chimeneas con el Sistema de Plataformas y Escaleras Metálicas “PEM”  
(Ver Cuadro N° 4)
  
- Cuadro de los resultados obtenidos en el avance acumulado en metros en la ejecución de chimeneas con el Sistema “PEM”, realizadas en diferentes unidades  
(Ver Cuadro N° 5)
  
- Gráfico de los elementos metálicos instalados en el terreno de trabajo para ejecutar una chimenea con el sistema “PEM”  
(Ver figura 7)
  
- Gráfica con la versatilidad del sistema “PEM”  
(Ver figura 8)
  
- Gráfica del sistema “PEM” en la ejecución de chimeneas para echaderos de mineral y desmonte.  
(Ver figura 9)
  
- Gráfico en pleno inicio de la Perforación en el Sistema “PEM”  
(Ver figura 10)
  
- Gráfico donde se muestra la escalera metálica instalada para la ejecución del sistema “PEM”  
(Ver figura 11)

**Cuadro N° 4**  
**Resumen Estadístico de Seguridad en la Ejecución**  
**de Chimeneas con el Sistema de Plataformas**  
**y Escaleras Metálicas “PEM”**

<b>MARZO 1997 – JULIO 2003</b>	
Avance Acumulado (Metros)	10,082.0
Total Tareas	42,008.0
H.H.T.	336,067.0
A.I.	10.0
A.F.	0.0
D.P.	140.0
I.F.	29.7
I.S.	416.5
I.A.	12.4

CUADRO N° 5:

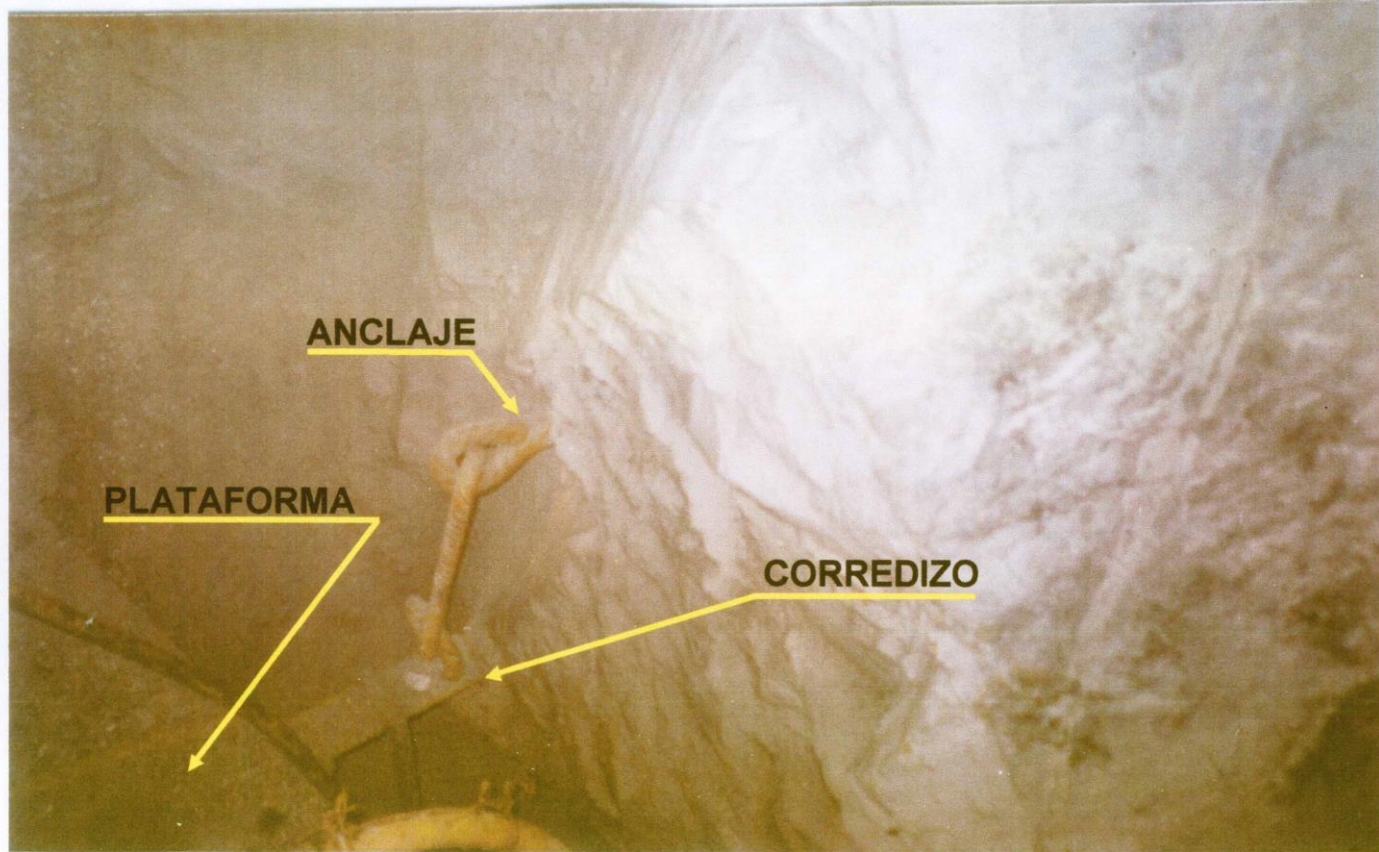
## RESULTADOS

AVANCE ACUMULADO DEL PEM EN METROS								
UNIDADES	AÑOS							
	97	98	99	00	01	02	JUL-03	TOTAL
SAN MIGUEL	150							150
CERRO DE PASCO	360	670	170					1200
PARCOY			1165	1901	1273			4339
CORICANCHA						935		935
YAULIYACU						1188	267	1455
CHUNGAR						587	817	1404
ISCAYCRUZ						325	274	599
<b>TOTAL</b>	<b>510</b>	<b>670</b>	<b>1335</b>	<b>1901</b>	<b>1273</b>	<b>3035</b>	<b>1358</b>	<b>10082</b>



**FIGURA 7:**

**ELEMENTOS METALICOS INSTALADOS**

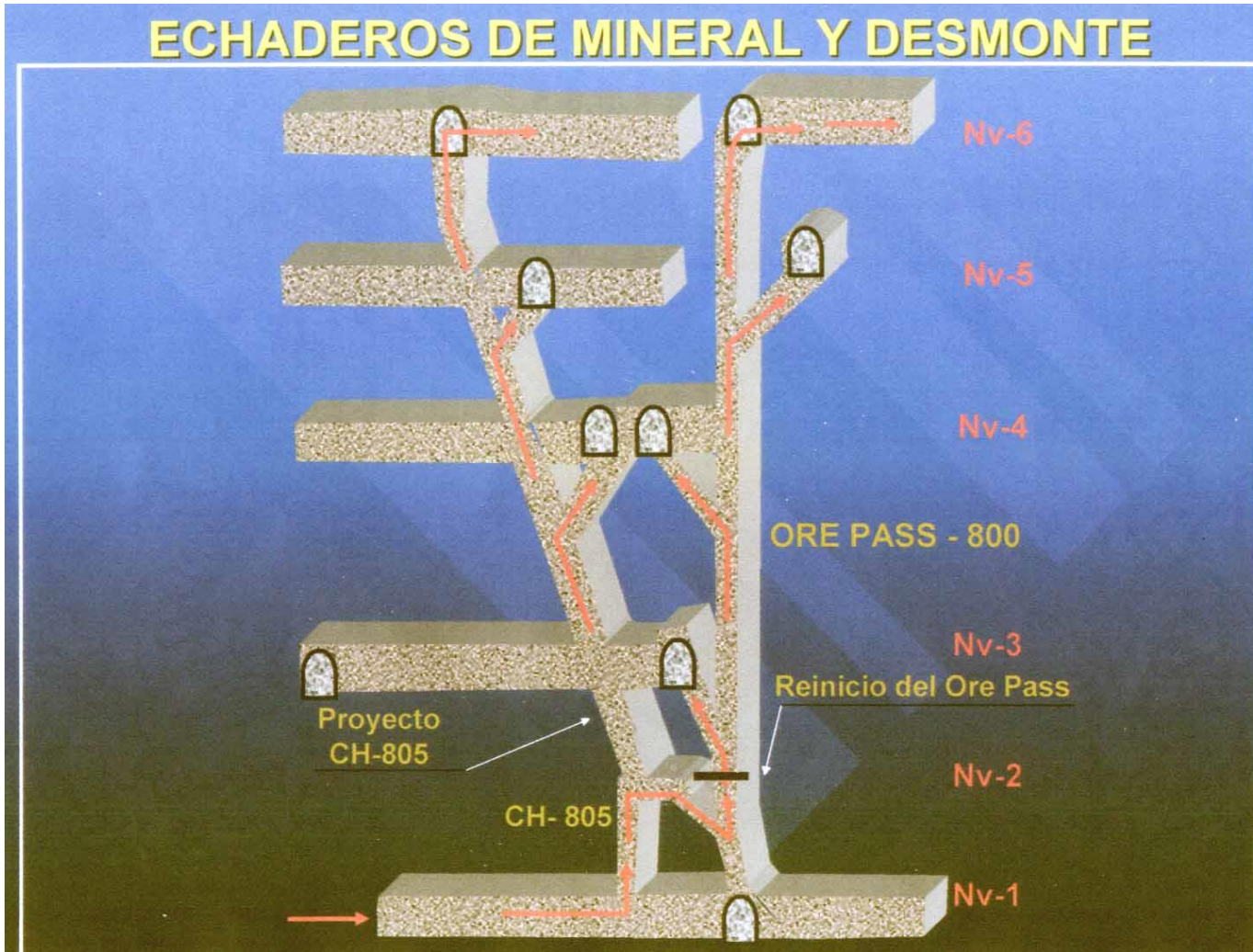




**FIGURA 8:**



**FIGURA 9:**





**FIGURA 10:**

**INICIO DE PERFORACION**



**FIGURA 11:**

**ESCALERA METALICA PEM**

