

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y METALURGIA**



**“Control de la Silicosis en  
las Minas y Concentradoras de  
la Cerro de Pasco Corporation”**

**TESIS PARA OBTAR EL GRADO DE INGENIERO DE MINAS POR:**

**MANRIQUE GARAY LICETA**

**1 9 6 7**

A MIS QUERIDOS PADRES A QUIENES DEBO MI PROFESION.

A MI QUERIDA ESPOSA: QUIEN TANTO ME ALENTO PARA CULMINAR ESTE TRABAJO.

CONTROL DE LA SILICOSIS EN LAS MINAS Y CONCENTRADORAS

DE LA CERRO DE PASCO CORPORATION

Por: Manrique Garay Liceta

PARTE DE INGENIERIA

Indice de Materias

INTRODUCCION

CAPITULO I	ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA SILICOSIS
CAPITULO II	ENFERMEDADES OCUPACIONALES Y LA LEGISLACION VIGENTE.
CAPITULO III	EL CONTAMINANTE POLVO EN LAS MINAS Y PLANTAS CONCENTRADORAS. Generalidades. Silice Libre. Potencialidad Silicógena de un Polvo. Concentración en el Ambiente de Trabajo. Tamaño de las Partículas del Polvo. Contenido de Sílice Libre. Concentraciones Máximas Permisibles.
CAPITULO IV	FUENTES DE PRODUCCION DE POLVO EN LAS OPERACIONES SUBTERRANEAS. Perforación Neumática sin Agua (en seco). Perforación Neumática con Agua (en húmedo). Resultados de las muestras de Polvo Colectadas. Voladuras. Exámenes Médicos Pre-Ocupacionales y Exámenes Periódicos Anuales a Todos los Mineros.

Resultados.

Remoción del Material Derribado por Los Disparos.

Resultados.

Descarga de Carros Metaleros: Ore Passes.

Resultados.

Desatado del Mineral o Rocas Sueltas.

## CAPITULO V

CONTROL DE POLVO DURANTE LAS OPERACIONES DE PERFORACION

Método Húmedo de Perforaciones con Barrenos y Brocas de Cuatro Huesos en: Frontones, Stopes, Chimeneas y Piques.

Resultados.

Planos de Ventilación.

Encauzamiento del Aire.

Resultados.

## CAPITULO VI

USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EN OTRAS OPERACIONES MINERAS SUBTERRANEAS.

En Voladuras de: Frontones, Stopes y Piques.

Resultados.

En la Remoción del Material Derribado por los Disparos.

Resultados.

En el Carguio y Descarga de Carros Metaleros.

Resultados.

En el Desatado de Rocas, o Mineral Suelto del Frente de Trabajo.

En las Fajas Transportadoras de Carbón.

Resultados.

En el Regado Antes de los Disparos.

## CAPITULO VII FUENTES DE POLVO EN LAS PLANTAS CONCENTRADORAS.

Generalidades.

Resultados de Muestras de Polvo en Estos Lugares.

Factores que Influyen en la Exposición a Polvo por los Trabajadores.

## CAPITULO VIII CONTROL DE POLVO EN LAS PLANTAS CONCENTRADORAS.

Por Encerramientos.

Con Atomizadores de Agua.

Resultados.

Por Ventilación Exhaustiva Local.

Resultados.

Cuadros Comparativos de Concentraciones de Polvo,

Usando un Método de Control, Sin Usar un Método de Control.

## CAPITULO IX ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE POLVO.

Medidas de Carácter General.

Control de Ingeniería: Mediciones Periódicas de Ventilación y Trabajos de Encauzamientos del Aire. Muestras y Recuentos Periódicos de Polvo. Medición de Ventilación en los Sistemas Extractores. Estudio Evaluativo de la Historia Ocupacional de los Trabajadores Afectados de Silicosis.

Resultados de las Biopsias o Autopsias de Pulmones Silíceos.

Estudios de Zonas Higiénicas en la Mina para Cambios de Ocupación.

Educación al Personal Trabajador y Responsabilidad de los Supervisores.

Colaboración del Ingeniero de Seguridad y del Médico para Llevar Adelante el Programa.

CAPITULO X COSTO DE LA ENFERMEDAD OCUPACIONAL DE LA SILICOSIS.

Campamentos Mineros.

Características Geológicas de Estos.

Costo Directo de la Silicosis.

CAPITULO XI RESPIRADORES PARA POLVO.

Resistencia a Través de los Filtros.

Conservación de los Respiradores.

CAPITULO XII CONCLUSIONES

CAPITULO XIII ASPECTOS MEDICOS - ASPECTO SOCIAL - ASPECTO ECONOMICO - CONTROL MEDICO DE LA SILICOSIS - ESTUDIO CLINICO - ESTUDIO RADIOLOGICO - EXAMEN MEDICO PRE-OCUPACIONAL - EXAMENES PERIODICOS - EXAMEN PREVACACIONAL - CONTROL ANUAL DE SILICOSIS - MATERIAL DE TRABAJO - FORMA DE TRABAJO - TECNICA RADIOLOGICA - LECTURA DE LAS RADIOGRAFIAS. EXAMENES EVALUATIVOS.

# CONTROL DE LA SILICOSIS EN LAS MINAS Y CONCENTRADORAS

## DE LA CERRO DE PASCO CORPORATION

---

Manrique Garay L.

### PARTE DE INGENIERIA

#### INTRODUCCION

El éxito de las Industrias, depende en parte, de la salud de los trabajadores. De ahí que la primera obligación de las Empresas de un país sea mantener sus industrias en condiciones saludables y seguras.

Es por este motivo que la Gerencia de la Cerro de Pasco Corporation, como la de cualquier Empresa minera del país, se halla también vivamente interesada en la solución del problema que presenta la silicosis entre sus servidores. No obstante, que esta enfermedad es tan antigua como la minería misma, en todos los países mineros del mundo, la silicosis sigue constituyendo uno de los más graves y costosos problemas de higiene del trabajo con que tiene que luchar la industria minera y quizá la más difícil de resolver. Nuestra Empresa, sigue luchando contra esta agresiva enfermedad ocupacional, lucha en la que tomamos parte por igual los que trabajamos en Seguridad é Higiene Industrial así como los supervisores a cargo de las operaciones en nuestras minas y concentradoras.

El presente trabajo comprende la Parte de Ingeniería, que son las más importantes para eliminar el polvo; ya que desde el punto de vista médico todavía no se ha encontrado una solución satisfactoria, ni en el aspecto profiláctico ni en el terapéutico y aunque

la labor de investigación que se está efectuando es cada vez mayor, no parece que se estén haciendo nuevos descubrimientos que hayan de permitir vencer estas enfermedades ocupacionales dentro de poco tiempo.

Esta parte de Ingeniería de Higiene del Trabajo, incluye los métodos de muestreo de polvo en las áreas de operaciones, el análisis para determinar la concentración de polvo en la muestra, determinación de los tamaños de las partículas de polvo y el análisis para determinar el porcentaje de sílice libre existente en la muestra de polvo colectada y la adopción de las medidas de control de polvo, la preparación de planos de ventilación y los estudios que hacemos para encauzar las corrientes de aire en el interior de las labores mineras, la evaluación de los resultados obtenidos mediante el uso de atomizadores de agua en la disminución de la concentración de polvo y finalmente la apreciación de la eficiencia de las medidas dictadas en cada caso y las modificaciones derivadas de la experiencia.

En lo que a muestreo de polvo se refiere, describiremos los aparatos con que contamos, la técnica operatoria correspondiente, los lugares donde hemos llevado a cabo los muestreos y las observaciones de campo que nos permitan intercambiar experiencias con los convencionalistas dedicados a este tipo de trabajo.

Refiriéndonos a los análisis y evaluación de las muestras, describiremos los métodos de laboratorio usados en la Corporación, las unidades empleadas en los resultados y su correlación con las Concentraciones Máximas Permisibles, dadas por el Reglamento de Seguridad e Higiene para la Industria Minera y Metalúrgica, en base a la cual se

deciden los mejoramientos a que hubiere lugar.

En atención a necesidades específicas de nuestras actividades en ventilación, mostraremos los planos, signos convencionales empleados en ellos con mira a facilitar su lectura por nuestros supervisores, ya que ellos son los llamados a mantener las mejores condiciones ambientales en sus áreas de trabajo.

Habiéndose difundido entre nosotros el uso de atomizadores en los lugares donde se origina el polvo silicógeno, daremos información relacionada con su eficiencia y otros datos de carácter técnico que juzgamos interesantes.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA SILICOSIS

No hay lugar a dudas que esta enfermedad ocupacional de la silicosis que es tan antigua como la misma minería, se desarrolló en la pre-historia en la que el hombre realizaba trabajos de minería para obtener los metales necesarios para la fabricación de sus armas e implementos caseros. El hombre neolítico descubrió que más fácil era obtener el pedernal recién extraído de la cantera antes que perdiera el agua, que obtener el pedernal que se hallaba en la superficie. Estimulado por este conocimiento, buscó y encontró yacimientos subterráneos de mejor calidad. Es probable que la forma más primitiva de minería haya sido la excavación de zanjas de diversas profundidades, conocida como el sistema de minería a "tajo abierto" y por esta razón, los mineros se vieron forzados a penetrar en el subsuelo al agotarse, las reservas de la superficie, para lo cual abrieron socavones y profundizaron piques.

Las herramientas que primitivamente se usaron fueron posiblemente cuernos de venados y pedernal, se alumbraban con lámparas de cebo y resinas.

En los pulmones de las momias egipcias se han encontrado evidencias de neumoconiosis. Gran parte de la mano de obra se obtenía entre los esclavos, prisioneros de guerra y criminales. Por esta razón no se tomaba en cuenta el bienestar por la salud de estos hombres. Y las condiciones de trabajo eran contaminadas y muy pocos sobrevivían a

los accidentes y enfermedades.

Prácticamente no existían los conceptos de ventilación y la atmósfera se hacía irrespirable por la transpiración de los cuerpos, la insuficiencia de oxígeno y el humo proveniente de las lámparas y mecheros. La duración de los mecheros determinaba la duración de la jornada de trabajo: el historiador romano Plinio, mencionaba que la mayoría de los mineros durante muchos meses no veían la luz del día.

Los romanos determinaron los riesgos provenientes de una ventilación insuficiente. Se instruyó a los mineros que para protegerse del anhídrido carbónico "bajaran una lámpara encendida y que si ésta seguía ardiendo, podían descender al pique sin peligro".

Encontramos también durante el período romano, el primer indicio de reglamento de seguridad y de aparatos para disminuir los riesgos de accidentes y a la salud. Se castigaba severamente al que dañara los cuadros de sostenimiento de los socavones de las minas y para protegerse del polvo se exigía el uso de respiradores primitivos hechos de vejiga de animales.

A la caída del Imperio Romano, desaparece de la historia toda referencia a la industria minera hasta siglos más tarde, que el tema vuelve a ser mencionado.

El médico alemán Agrícola en su libro "DE RE METALICA" escrito en 1556, intentó estudiar las enfermedades y accidentes en las minas haciendo una relación de lo que era común a los mineros de ese tiempo, y a la vez dictó los métodos de prevención y protección contra estos riesgos.

Se desarrollaron varios tipos de máquinas de ventilación para forzar el aire a través de los piques y túneles largos, que consistían en grandes fuelles o barriles cilíndricos provistos de aspas giratorias en su interior.

Con respecto a las dolencias y accidentes que sufrían los mineros, Agrícola aconsejó que "éstos deben evitarse, pues debemos dedicar más cuidado a conservar la salud de los trabajadores que a la obtención de utilidades". Expresó que el polvo producido de las rocas duras de las minas causaban enfermedades pulmonares a los trabajadores y recomendó usar velos sobre la cara a modo de respiradores.

Rammazzini, un italiano en 1700 fué el primero en reconocer el significado social de las enfermedades industriales derivadas de las sustancias químicas. Mencionó los efectos dañinos del polvo inhalado en los órganos respiratorios y la necesidad de proteger a los trabajadores contra este riesgo. Rammazzini hizo hincapié en la necesidad de indagar la historia ocupacional del paciente. Este concepto es aún básico en nuestros días, ya que precisamos la historia ocupacional de los hombres que trabajan en faenas con riesgo de enfermedad ocupacional. Sin embargo, muchas medidas que él propugnó fueron más de carácter curativo que preventivo. Esto no es extraño, aún este anticuado concepto prevalece en algunas compañías mineras é industrias afines en el mundo entero.

Como se puede ver, la silicosis no es una enfermedad nueva y muchos fueron los problemas y tratamientos que se estudiaron en los siglos pasados.

En los capítulos siguientes veremos lo que hoy estamos haciendo en la industria minera moderna.

## CAPITULO II

### ENFERMEDADES OCUPACIONALES Y LA LEGISLACION VIGENTE

Nadie desea un lugar de trabajo sucio si resulta fácil y económicamente posible mantenerlo limpio.

Los trabajadores industriales están potencialmente expuestos a los riesgos ocupacionales en casi toda actividad ya sean éstas Textiles, metalúrgicas, manufactureras, químicas, mineras, etc. Por lo tanto existen una gran variedad de enfermedades ocupacionales con diferentes cuadros clínicos y una diversidad de consecuencias.

El término "enfermedad ocupacional" implica que los cambios patológicos derivan de, o tienen alguna relación con la ocupación del individuo. La contaminación del medio ambiente de trabajo es uno de los factores que afecta la salud del trabajador minero. La inhalación de polvo que produce incapacidad (neumoconiosis) y en forma más específica, la inhalación de polvo de sílice libre, produce la enfermedad ocupacional de la Sílicosis.

#### LEGISLACION VIGENTE

La protección del trabajador en el Perú, ha sido y es preocupación constante por parte de los gobiernos, nuestra legislación laboral es avanzada y en relación con la protección de la salud de los trabajadores no se limita a tratar de reparar por medio de indemnizaciones el daño producido, sino que también dicta disposiciones encaminadas a prevenir los accidentes y las enfermedades ocupacionales.

En 1911 se dió la Ley 1378, sobre accidentes de trabajo la que estableció el principio del riesgo profesional, declarando que "el empresario es responsable por los accidentes que ocurran a sus trabajadores (obreros y empleados) en el hecho del trabajo o con ocasión directa de él".

En esta Ley se fija el campo de aplicación, incluyéndose a la industria minera, manufacturera y otras. Se fijan también los montos indemnizatorios por accidentes, señalándose la atención médica que debe prestar el empresario a las víctimas. El carácter preventivo se establece en cierto modo, al estipularse que las indemnizaciones se elevarán en un 50%, "si el accidente se produce por falta de los respectivos aparatos de protección", (Art. 27). También se hace mención a la obligatoriedad de declarar los accidentes por parte del empresario y fija los procedimientos judiciales pertinentes.

El Decreto Supremo sobre medidas de seguridad en los centros de trabajo del 4 de Julio de 1913, es el instrumento legal que primero estableció las medidas de seguridad que deberán implantar los empresarios en sus talleres, fábricas y canteras, tales como protección de fajas, poleas, partes móviles de órganos y mecanismos de máquinas, protección de escaleras, aislamiento de conductores eléctricos, llaves y motores; protección con barandas de pasajes, azoteas; aperturas de zanjás en construcciones, etc. También fijaba condiciones y dispositivos de seguridad para la industria minera, hasta que se dió el actual Código de Minería y su Reglamento respectivo.

En Enero de 1935 se promulgó la Ley No. 7975 sobre

riesgos de enfermedades ocupacionales, estableciendo que la Neumociosis o cualquier otra dolencia adquirida en el trabajo por intoxicación de gases derivados de productos químicos, están comprendidas entre las enfermedades ocupacionales sujetas a indemnización por el empresario, de conformidad con las leyes 1378 y 2290 (la Ley 2290 es la modificatoria y ampliatoria de la Ley 1378). Es decir, que equipara por medio de esta ley la enfermedad ocupacional al accidente de trabajo.

Es a partir de la promulgación de la Ley 10833 de Marzo de 1947 que se trata sobre la prevención y asistencia de las enfermedades profesionales, y en el Perú se pon. en marcha un programa integral de Higiene Industrial, cubriendo los aspectos de ingeniería y medicina para evaluar y controlar los riesgos de enfermedades ocupacionales, principalmente en la industria minera y conexas por mandato expreso de la ley.

Esta Ley (10833), de espíritu amplio, pero de carácter práctico limitativo, introduce una novedad que consiste en señalar rentas propias para el sostenimiento y desarrollo de las entidades encargadas de su cumplimiento. Proviene su ingreso económico de la aplicación de un impuesto del 1.8% sobre el total de las planillas salariales de los trabajadores mineros e industrias conexas que manipulan materiales silíceos. La Cerro de Pasco Corporation pagará por este concepto durante 1967 la suma de US\$ 367,856.50 o sea S/ 13<sup>0</sup>240,000. La modalidad del programa es la de poner énfasis en la prevención de la salud general de los trabajadores, en especial de los mineros.

En Mayo de 1950 se dió el Decreto-Ley No. 11357, que es

el Código de Minería y en Setiembre del mismo año, su Reglamento que es el cuerpo legal que rige a la industria minera, cubriendo el Reglamento de Seguridad é Higiene a través de sus 427 artículos todos los aspectos referentes a las condiciones de seguridad para la prevención de accidentes, condiciones de ventilación que deben existir, utilización de dispositivos y métodos húmedos para evitar la contaminación por polvo, composición mínima de concentraciones permisibles de los gases de minas, salvataje minero, condiciones de higiene, atención médica del tipo asistencial primordialmente (farmacias, botiquines, hospitales, enfermería, exámenes médicos pre-ocupacionales y de control, etc.) educación sanitaria, servicios higiénicos; agua y desagüe, comités de seguridad y sanciones.

La Sub-Dirección de Seguridad de la Dirección de Minería, del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, es la dependencia estatal que tiene a su cargo la aplicación y cumplimiento de este Reglamento en toda la República a través de sus Jefaturas Regionales de Minería.

La industria manufacturera se rige por la Ley No. 13270 de Promoción Industrial del año 1960. Establece aquella en el Art. 157 que "las empresas industriales de acuerdo a su capacidad económica, están obligadas a instalar y mantener servicios de previsión social, educacionales, de seguridad é higiene industrial en conformidad con las Normas que dicte el Reglamento".

En la reglamentación de la referida ley, se establece que los servicios de previsión social, educacionales, de seguridad é higiene industrial, deben tener por objeto:

- a) Crear el ambiente y las condiciones óptimas de trabajo.
- b) Proporcionar oportunidades para el mejoramiento del nivel de habilidades del personal y para la mejora de la productividad en la industria.
- c) Adoptar las medidas de seguridad é higiene industrial a favor de la vida, salud é integridad física de los trabajadores así como de las propiedades circundantes y sus ocupantes contra los peligros provenientes de las operaciones propias de la industria. También se establece que se adoptarán medidas para que los establecimientos industriales no afecten la salud pública.

En resumen, la legislación laboral vigente en el Perú respecto a la Medicina Industrial, Seguridad é Higiene, es amplia y avanzada en su contenido social, aunque todavía existen disposiciones negativas como la de pagar primas extras en "compensación del trabajo en los lugares tóxicos e insalubres".

Las diferentes dependencias estatales como el Ministerio de Trabajo, Ministerio de Fomento, Ministerio de Salud Pública (Instituto de Salud Ocupacional), encargadas de su aplicación y supervisión no han establecido la necesaria coordinación, teniendo en cuenta la competencia de cada repartición y la finalidad específica de ellas.

Desde el punto de vista panorámico, la falla principal está en la aplicabilidad de la legislación pertinente, debido a la falta de personal profesional especializado y con experiencia, así como a la de autoridad para exigir el cumplimiento por parte de las empresas de

las recomendaciones sobre prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales, y la de no tener facultades para imponer sanciones en caso de infracción e incumplimiento".

## CAPITULO III

### EL CONTAMINANTE POLVO EN MINAS Y PLANTAS CONCENTRADORAS

#### GENERALIDADES

Las concentraciones de polvo que se producen en las diferentes operaciones subterráneas y en las plantas de beneficio de minerales, son partículas sólidas, finamente divididas que se generan por acción mecánica durante la perforación, voladura, transporte, molienda y otros procesos propios de la industria extractiva.

Desde el punto de vista de Higiene Industrial, es decir de los efectos que produce el polvo sobre la salud del trabajador minero desde épocas muy antiguas, se sabe que al ser inhalado da lugar a la enfermedad conocida por nosotros como Neumoconiosis y otras afecciones de la salud. Estos polvos podemos clasificarlos en los siguientes grupos:

- a) Polvos que producen fibrosis pulmonar, tales como los de sílice libre, asbesto.
- b) Los que producen pequeñas o ninguna fibrosis pulmonar como los polvos de carbón y hierro.
- c) Polvos tóxicos, o aquellos que tienen efectos sistémicos sobre el organismo, como los de plomo y manganeso.
- d) Polvos irritantes, tales como los de cal; y
- e) Polvos cancerígenos como los radioactivos.

La Neumoconiosis, significa retención de polvo en los pulmones, sin especificación alguna de la magnitud del daño que ocasiona en la función respiratoria, no indicando por lo tanto ausencia o presencia de enfermedad.

La Neumoconiosis puede clasificarse en:

a) Neumoconiosis Benigna, aquella que no produce fibrosis pulmonar ni incapacidad funcional; y

b) Neumoconiosis Específica, la que sí produce fibrosis pulmonar con incapacidad funcional de los pulmones.

Al grupo de la Neumoconiosis Benigna corresponde principalmente la Siderosis, antracosis, estannosis, baritosis, y talcosis, como resultado de la inhalación de polvos de hierro, carbón, estaño, baritina y talco respectivamente.

Al grupo de Neumoconiosis Específica, corresponde la Silicosis y la Asbestosis, producidas por la inhalación de polvos que contienen sílice libre y asbestos.

La neumoconiosis más importante por su alta frecuencia y carácter de enfermedad ocupacional incapacitante es la SILICOSIS, razón por la cual todas las consideraciones sobre polvo proveniente de la industria minera están circunscritas al polvo de Sílice Libre.

Entre las diferentes definiciones de la silicosis, la más completa parece ser la dada por la Asociación Americana de Salud Pública de EE.UU., y es la siguiente: "La silicosis es una enfermedad debida a la inhalación de polvo que contiene partículas de sílice libre

(SiO<sub>2</sub>) caracterizada anatómicamente por cambios fibrosos generalizados y el consiguiente desarrollo de nódulos miliares de ambos pulmones; y clínicamente se caracteriza por: disnea, disminución de la expansión torácica, disminución de la capacidad para el trabajo, ausencia de fiebre, susceptibilidad aumentada a la tuberculosis y por imágenes radiográficas características.

### SÍLICE LIBRE

La sílice libre, de fórmula SiO<sub>2</sub>, se presenta en la naturaleza bajo tres formas: cristalizada, criptocristalina y amorfa.

Entre las variedades cristalizadas tenemos: el cuarzo, la tridimita y la cristobalita; entre las variedades criptocristalinas tenemos: la calcedonia, ágata, jaspe, pedernal, crisoprasa y onix, y por último entre las variedades isomorfas tenemos: ópalo, hialita, tripoli y tierra de diatomeas.

Designamos como Sílice Libre comunmente al cuarzo, debido a que es el mineral más frecuente y conocido. En la corteza terrestre se encuentra el cuarzo en una proporción del 12%, indicándonos que es bastante difundido, formando parte esencial de unas rocas y como accesorio secundario en otras. Su presencia en las rocas igneas sirve de base para su clasificación en rocas ácidas, básicas y ultrabásicas, siendo las rocas ácidas las que contienen más del 10% de cuarzo y las básicas y ultrabásicas, carecen de este mineral como componente esencial.

El cuarzo tiene un peso específico de 2.66; dureza de 7 en la escala de Mohs, cristaliza en el sistema romboédrico. A simple vista

puede confundirse con la cordierita, nefelina, berilo, topacio y a veces con la calcita. Las principales variedades del cuarzo son el cristal de roca, cuarzo amatista, cuarzo rosado, cuarzo azul, cuarzo ahumado, lechoso y ferruginoso.

#### POTENCIALIDAD SILICOGENA DE UN POLVO

La potencialidad silicógena de un polvo o el grado de peligrosidad para la salud del trabajador minero en especial, es la de producir silicosis en sus pulmones y depende de cuatro factores importantes que son:

- a) Concentración de polvo en el ambiente de trabajo.
- b) Tamaño de las partículas.
- c) Porcentaje de sílice libre; y
- d) Tiempo de exposición del trabajador.

#### CONCENTRACION DE POLVO EN EL AMBIENTE DE TRABAJO

La concentración de polvo en el ambiente de trabajo está dado en millones de partículas de polvo por pié cúbico o por metro cúbico de aire, se representa así: mpppca o mpppm<sup>3</sup>a; o también se da en miligramos por pié cúbico o miligramos por metro cúbico de aire, se refiere a la cantidad de partículas de polvo colectadas durante el muestreo y que se encuentran en suspensión ambiental.

La concentración de polvo en el ambiente de trabajo es un factor de suma importancia y su evaluación por parte del Ingeniero de Ventilación, es el primer paso a seguir en el establecimiento del grado de su peligrosidad.

Para determinar las concentraciones de polvo, se requieren dos operaciones:

- a) El muestreo; y
- b) La cuenta de las partículas de polvo.

El muestreo se efectúa siguiendo diferentes técnicas basadas en principios físicos, siendo las más importantes: filtración, estrellamiento o impacto, precipitación electrostática y precipitación térmica. Nosotros estamos empleando el principio de estrellamiento o impacto para lo que usamos el Midget Impinger accionado manualmente y el Midget Impinger (Monitor Sampling) portátil y automático accionado por un motor a pilas recargable y con una duración efectiva de trabajo para cuatro horas según aprobación del Bureau de Minas de los EE.UU. de N.A. La muestra la colectamos en un frasco Impinger que contiene 10 ml. de alcohol isopropílico al 10% y la cuenta de las partículas de polvo la efectuamos mediante un microscópio Bauchz & Lomb provisto de un sistema óptico estandarizado y con diferentes tipos de celdas, siendo las más empleadas la celda Dunn, el hemacitómetro y la celda Hatch. La celda que empleamos es la Dunn.

#### TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE POLVO

Considerando que un polvo está constituido por partículas finamente divididas, con tamaños que fluctúan desde fracciones de micra hasta más o menos 150 micras, es fácil comprender que no todas estas partículas pueden ingresar a los pulmones a través del tracto respiratorio; así W. Findeisen, después de realizar muchas experiencias afirma

que las partículas menores de 10 micras son retenidas en el tracto respiratorio superior. Las de tamaño más o menos de 5 micras son parcialmente atrapadas, llegando una cierta proporción de ellas a los alveólos pulmonares donde las partículas de una micra son las que predominan. Tratándose de partículas comprendidas entre 0.1 y 0.3 micras, solamente el 35% de ellas son retenidas en los alveólos, escapándose el 65% de partículas comprendidas entre este rango de 0.1 micras a 0.3 micras. Esto permite deducir que la proporción de partículas retenidas decrece cuando su tamaño disminuye a partir de una micra; esto corrobora el hecho de que las partículas del orden de 0.1 micra se comportan como gases.

Estudios efectuados en pulmones silicosos, han demostrado que el 70% de las partículas encontradas corresponden a un tamaño menor de una micra; y el resto o sea el 30% nunca excede de 10 micras. De lo expuesto, se deduce que las partículas de sílice libre menores de 10 micras, son las peligrosas por ser las únicas capaces de llegar a los alveólos pulmonares y quedar retenidas. Hay autores que afirman que las partículas menores de 5 micras son las que tienen significado higiénico.

La medición del tamaño de partículas es el segundo paso a seguir en la evaluación del grado de peligrosidad de una muestra de polvo colectada, y su importancia se manifiesta por el hecho de indicarnos que el 100% de los tamaños son menores de 10 micras; hasta podría decirse que son menores de 5 micras. Esta medición se realiza

microscópicamente dispersando la muestra sobre una lámina de vidrio en un medio adecuado, midiéndose por comparación con una escala insertada en el ocular que es el micrómetro filar, o ya por proyección del campo microscópico o por último empleando microfotografía. Nosotros empleamos el micrómetro filar.

### CONTENIDO DE SILICE LIBRE

Los polvos que se presentan en la industria minera son generalmente una mezcla de varios minerales y la cantidad de sílice libre que contengan es naturalmente el factor importante que determina su grado de peligrosidad. La composición mineralógica de un polvo varía en relación a la roca de que proviene.

La determinación y estudio de la composición mineralógica del polvo ambiental es de suma importancia, y constituye juntamente con la concentración y tamaño de las partículas, la base para señalar su grado de peligrosidad.

Para la determinación cuantitativa de sílice libre, existen varios métodos, estando la mayoría de ellos dedicados al cuarzo que es el que tiene mayor porcentaje de sílice libre y abunda en la naturaleza.

Estos métodos pueden dividirse en dos: químicos y físicos. De los métodos químicos, el que nosotros usamos es el de N.A. Talvittie, que consiste en la separación de la sílice libre de los silicatos por disolución de éstos por el ácido fosfórico. Posteriormente la sílice libre se separa de otras impurezas tales como óxidos metálicos que no

hubiesen sido atacados por el ácido fosfórico, volatilizando la sílice en la forma de ácido fluosilícico. La diferencia de pesos entre los residuos del ácido fosfórico y del tratamiento con ácido fluorhídrico, nos da el contenido total de sílice libre del mineral. Los métodos físicos y que nosotros no empleamos, comprenden principalmente el petrográfico, difracción de rayos X y el de fusión.

#### CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES (C.M.P.)

El Comité encargado de determinar las Concentraciones Máximas Permisibles (C.M.P.) en la Conferencia Americana de Higienistas Industriales (E.E.UU.) realizada en Filadelfia, en Abril de 1964 adoptó la siguiente ecuación para determinar la C.M.P. de polvos que contienen sílice libre cristalizado:

$$C.M.P. = \frac{250}{\% SiO_2 + 5} = \text{aprox } 8 \text{ ppm}$$

El concepto fundamental, de gran utilidad para el estudio de la pureza del aire, en relación con la salud de los trabajadores expuestos, es que el organismo puede tolerar ciertas cantidades de todas las sustancias, cualquiera que fuera su grado de toxicidad sin que produzcan daño alguno. Ello se debe a que los procesos fisiológicos de defensa operan en una escala mayor que los efectos nocivos de aquellas sustancias presentes en cantidades por debajo de las tolerables.

La dosis de tolerancia varían dentro de límites muy amplios, de acuerdo con las propiedades particulares de la sustancia. La C.P.M. representa un nivel en el que el trabajador normalmente sano

puede estar expuesto a una contaminación atmosférica durante las ocho horas diarias en jornadas de 6 días de labor semanal sin peligro para su salud.

Si tomamos el aspecto funcional de la C.M.P., veremos que ella se refiere en este caso particular, al valor máximo promedio de un agente presente en el aire del ambiente de trabajo que se ha obtenido en un ciclo diario completo de operaciones considerando el tiempo de exposición en cada concentración (promedio pesado).

La C.M.P. tiene tres finalidades prácticas dentro de la industria:

1. Determinar un valor máximo en el cual las concentraciones de los contaminantes atmosféricos pueden ser tolerados indefinidamente por el personal expuesto a ellas sin que se produzcan alteraciones en la salud.

2. Como guía en el control de procesos laborales, ya que una gran proporción de los riesgos ocupacionales son creados en el aire del medio ambiente de trabajo por la presencia de polvos, humos, gases o vapores tóxicos en concentraciones suficientes como para ejercer efectos adversos sobre la salud de los obreros.

3. Para distribuir a los trabajadores que muestren desarreglos orgánicos durante su examen de control anual, a tareas específicas que realizarán en ambientes de trabajo donde las sustancias que existen no están en concentraciones superiores a la C.M.P. que afectan

## CAPITULO IV

### FUENTES DE PRODUCCION DE POLVO EN LAS OPERACIONES SUBTERRANEAS

No hay mina en el mundo, por limpia que esta sea, en la que las operaciones subterráneas propias de la explotación minera no produzcan concentraciones de polvo muchas veces sobre la C.M.P. dañinas para la salud. Es en estas fuentes donde debemos hacer un estudio evaluativo del ambiente de trabajo para saber si es riesgoso o no para la salud de nuestros trabajadores.

Las principales fuentes de producción de polvo en las operaciones subterráneas son: Perforación neumática en seco, en húmedo, voladuras, remoción del material derribado por los disparos, descarga de los carros metaleros sobre los Ore Passes, desatado de rocas sueltas, etc.

#### PERFORACION NEUMATICA EN SECO

Los taladros verticales que se hacen hacia arriba como las perforaciones de: stopes, chimeneas y las alzas en los frontones, generan altas concentraciones de polvo que son peligrosas para la salud y la vida de los trabajadores mineros, porque en pocos años de exposición (3) aproximadamente, adquieren silicosis de alto grado de incapacidad. Es por esta razón, que nunca perforamos en seco, ya que además de afectar directamente a los perforistas y sus ayudantes en el lugar de la perforación, el desplazamiento del polvo a distintos lugares de trabajo alcanza también a otros mineros.

## RESULTADOS

Las concentraciones halladas en las muestras coloctadas por nosotros durante la perforación de tajeos, chimeneas y frontones expresamente perforados en seco para fines evaluativos nos han dado los siguientes resultados:

Concentraciones promedio de partículas de polvo en millones de partículas por pié cúbico de aire muestreado en: Tajeos 238.8, en Chimeneas 300.3 y en Frontones 267.6.

Concentraciones mínimas en Tajeos 222.9, Chimeneas 231.3 y Frontones 253.6.

Concentraciones máximas en Tajeos 293.1, Chimeneas 369.4 y Frontones 281.6.

Siendo la C.M.P. para: Tajeos 14.4, Chimeneas 9.2 y Frontones 12.3.

Como podemos observar, la concentración en el ambiente de trabajo de los lugares donde se perfora en seco es muchas veces más alta que la Concentración Máxima Permisible, dando por resultado un ambiente sumamente peligroso y que hace imperioso la obligación de perforar en húmedo.

## PERFORACION NEUMATICA EN HUMEDO

Perforando en húmedo que es un método generalizado y obligatorio en nuestra Corporación, usando los barrenos Coromant o brocas standards de un solo hueco para la inyección de agua. Las partículas de polvo producidas durante la perforación de tajeos,

chimeneas y frontones, todavía muchas de éstas están sobre la C.M.P., obteniendo consecuentemente ambientes de trabajo riesgosos para la salud de los trabajadores. Este problema nos llevó a concebir la idea de confeccionar barrenos y brocas con cuatro huecos, cuya aplicación dió resultados satisfactorios que damos en el siguiente capítulo.

**RESULTADOS**

Las concentraciones de polvo halladas en las muestras colectadas por nosotros durante la perforación en húmedo en: tajeos, chimeneas, y frontones, los anotamos a continuación:

**En Tajeos:**

Concentración Promedio	=	7.9	mpppca
Concentración Mínima	=	4.9	"
Concentración Máxima	=	12.9	"
C.M.P. (Promedio)	=	6.5	"

**En Chimeneas:**

Concentración Promedio	=	11.0	"
Concentración Mínima	=	5.8	"
Concentración Máxima	=	16.9	"
C.M.P. (Promedio)	=	6.7	"

**En Frontones:**

Concentración Promedio	=	10.0	"
Concentración Mínima	=	4.1	"
Concentración Máxima	=	24.6	"
C.M.P. (Promedio)	=	7.3	"

Observando estos resultados tenemos que: Las Concentraciones Promedio y Máxima, están sobre el Límite Máximo Permisible, por

lo tanto el ambiente de trabajo durante la perforación en húmedo usando barrenos o brocas standards, es riesgoso para la salud de los trabajadores.

### VOLADURA

Esta operación minera, constituye una fuente de generación de polvos y gases cuyas concentraciones exceden la C.M.P. Por esta razón, si no se toman las debidas precauciones para su control, el desplazamiento del polvo y gases contaminan extensiones considerables de lugares de trabajo en actividad hasta salir finalmente a la superficie o al circuito de retorno. Este desplazamiento depende de las condiciones de ventilación existentes en las zonas de la mina.

Para coleccionar las muestras de polvo después de los disparos en frontones y tajeos, con la finalidad de hacer un estudio evaluativo, es necesario el empleo de aparatos de Salvataje Minero que funcionan en circuito cerrado auto provisto de oxígeno, tales como el McCaa.

### RESULTADOS DEL MUESTREO

Las concentraciones de polvo halladas en las muestras coleccionadas después de los disparos a intervalos conocidos de tiempo, las anotamos a continuación:

a) En Frontones Sin Ventilación Auxiliar tan solo soplando aire empleado en la perforación y a una distancia proximada de 20 m. del frente:

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	CONCENTRACIONES DE POLVO DESPUES DEL DISPARO EN FRONTONES SIN ATOMIZADORES (mppca)*			
	Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
A los 15'	100.3	107.1	106.1	8.2
A los 30'	34.6	42.3	39.5	8.2
A las 2 Hrs.	9.5	14.7	10.1	8.2

\* Millones de partículas de polvo por pie cúbico de aire muestreado.

Asimismo, se determinaron las concentraciones de los gases generados después de los disparos, mediante el uso de detectores colorimétricos M.S.A. y Tyrites para O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Los resultados los anotamos a continuación:

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	GASES DETECTADOS DESPUES DEL DISPARO			PORCENTAJE DE O <sub>2</sub>
	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	
A los 15'	10.0 PPM*	1,800 PPM	1.8%	19.5
A los 30'	5.0 PPM	625 PPM	0.9%	19.8
A las 2 Hrs.	1.0 PPM	20 PPM	0.5%	20.0
C.M.P.	5.0 PPM	50 PPM	0.5%	

\* P.P.M. = Partes por millón.

b) En tajeos donde la velocidad del aire es aproximadamente 80 pies por minuto (fpm) y en una sección de tajeo promedio cuyas dimensiones son de 36" x 84" = 21 pies<sup>2</sup>; las concentraciones de polvo

halladas en 80 muestras colectadas después de los disparos en los mismos intervalos establecidos de tiempo, son los siguientes:

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	CONCENTRACIONES DE POLVO DESPUES DEL DISPARO EN TAJEOS SIN ATOMIZADORES CON VELOCIDAD DE AIRE 80 fpm <sup>+</sup>			
	Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
A los 15'	183.3	195.7	189.5	20.8
A los 30'	26.1	30.7	28.4	20.8
A las 2 Hrs.	3.3	8.1	5.9	20.8

Como se puede observar, la concentración hallada a las dos horas después del disparo, está por debajo de la C.M.P.; es decir, que existe un medio ambiente de trabajo limpio, higiénico y seguro como resultado de la velocidad del aire que recorre el tajeo para llegar a la superficie o seguir por el circuito de retorno.

En tajeos donde la velocidad del aire es inferior a 50 fpm las concentraciones de polvo de 40 muestras colectadas después del disparo, dan los siguientes resultados:

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	CONCENTRACIONES DE POLVO DESPUES DEL DISPARO EN TAJEOS SIN ATOMIZADORES CON VELOCIDAD DE AIRE 50 fpm <sup>+</sup>			
	Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
A los 15'	203.1	254.1	228.6	14.4
A los 30'	150.3	172.8	161.5	14.4
A las 2 Hrs.	20.5	28.1	24.3	14.4

De la observación del cuadro anterior, se nota que las

concentraciones posteriores a dos horas del disparo, son superiores a la C.M.P., debido a que el polvo y gases no pudieron desplazarse ni diluirse en la fuente de producción. De ahí que una velocidad deficiente, inferior a 50 pies por minuto (fpm) debe considerársela como inadecuada para la ventilación de estas labores.

Cabe anotar que en todos los casos, la gran cantidad de polvo generado por los disparos, se desplaza conjuntamente con los gases NO<sub>2</sub> y CO y otros, hacia las demás labores en explotación, contaminando así el ambiente durante su recorrido. Parte de este polvo se deposita en las cajas, piso y techo de las labores, el que al menor movimiento del aire, durante la perforación, carguío con palas tanto mecánica como manualmente, rastrillado, etc., comienzan a desplazarse contaminando nuevamente el ambiente ya que entonces las partículas de polvo son inhaladas por los mineros. Los gases del disparo como se sabe pueden ser causa de muchas muertes debido a la alta concentración de CO y NO<sub>2</sub> provenientes del disparo, los que no se diluyen adecuadamente por falta de corrientes de aire bien encauzadas.

#### **REMOCIÓN DEL MATERIAL OBTENIDO POR LOS DISPAROS**

La mayor concentración de polvo en esta operación es la que se genera durante el paleo mecánico y manual, rastrillado, sumándose a esto, su falta de humedecimiento.

#### **RESULTADOS**

Los resultados de las muestras de polvo colectadas en las operaciones ya mencionadas las damos a continuación:

Paleo Manual

Concentración Promedio	=	9.4	mpppca
Concentración Mínima	=	7.5	"
Concentración Máxima	=	11.4	"
C.M.P. (Promedio)	=	7.8	"

Paleo Mecánico

Concentración Promedio	=	30.6	mpppca
Concentración Mínima	=	22.9	"
Concentración Máxima	=	48.4	"
C.M.P. (Promedio)	=	7.9	"

Rastrillado

Concentración Promedio	=	10.8	mpppca
Concentración Mínima	=	8.5	"
Concentración Máxima	=	17.0	"
C.M.P. (Promedio)	=	9.3	"

Entonces se puede concluir que: El paleo manual genera polvo ligeramente sobre la C.M.P.; el paleo mecánico excede la C.M.P. y el rastrillado está sobre la C.M.P.

CARGA Y DESCARGA DE CARROS METALEROS A ECHADEROS DE MINERAL Y DESMONTE

La carga de mineral o desmonte en estos lugares y de las tolvas a los carros, son operaciones que originan grandes concentraciones de polvo. Así por ejemplo, al descargar el mineral de los carros metaleros a los buzones, los trozos en su movimiento de caída, colisionan entre sí proyectándose contra las paredes rocosas del echadero y produciendo concentraciones considerables de polvo. El polvo así originado se desplaza por estos lugares debido a la presencia de aire a cierta velocidad.

que contamina el ambiente al recorrer labores activas de la mina.

Esta polución subterránea se debe a la carencia de un buen control del polvo así generado.

### RESULTADOS DEL MUESTREO

A continuación se indican las concentraciones de polvo de las muestras colectadas::

a) Descarga de mineral de carros metaleros a Buzones:

Concentración Promedio	=	38.4	mupppca
Concentración Mínima	=	12.8	"
Concentración Máxima	=	67.9	"
C.M.F. (promedio)	=	11.7	"

b) Carguo de mineral de tolvas a carros metaleros:

Concentración Promedio	=	12.8	"
Concentración Mínima	=	12.5	"
Concentración Máxima	=	13.7	"
C.M.F. (promedio)	=	9.3	"

Estos resultados señalan que la Concentración Promedio de polvo generado al voltear los carros con mineral a los echaderos supera la C.M.F. Su control exige la aplicación de uno de los siguientes métodos: atomización automática de agua en el punto de descarga y colocación simultánea de puertas de ventilación en todos los niveles de comunicación del echadero o instalando un sistema de ventilación exhaustiva local con colectores de polvo.

### DESATADO DEL MINERAL O ROCAS SUELTAS

Durante esta operación común en la explotación minera la

que debe realizarse diariamente, se recomienda a fin de evitar los accidentes por caída de roca, proceder antes del decaído de las rocas sueltas, a regar con un atomizador de agua el techo, piso y cajas de la labor, para así precipitar el polvo depositado en estos lugares después de los disparos para al mismo tiempo aclarar y visualizar mejor las fracturas y los planchones sueltos.

### RESULTADOS

En esta operación no se ha colectado todavía muestra alguna porque la generación de polvo no es apreciable.

## CAPITULO V

### CONTROL DEL POLVO DURANTE LAS OPERACIONES DE PERFORACION

#### METODO HUMEDO DE PERFORACIONES CON BARRENOS Y BROCAS DE CUATRO HUECOS EN FRONTONES, TAJEOS, CHIMENEAS Y PIQUES

Durante la perforación en húmedo con los barrenos y brocas convencionales de un solo orificio lateral para el suministro de agua, se hallaron concentraciones de polvo, en muestras colectadas en estos lugares, que en la mayoría de ellas excedían la C.M.P. Analizando la razón de este fenómeno, notamos que al producirse la percusión y rotación del barreno en el taladro se genera polvo y, como la inyección del agua se suministra por un solo orificio lateral del barreno, las tres caras o lados restantes del barreno quedan sin humedecer, cayendo del taladro el polvo no atrapado conjuntamente con el aire comprimido; contaminando el ambiente de trabajo donde los perforistas y ayudantes son los primeros en inhalarlo, con el consiguiente peligro de contraer la Silicosis.

Este problema nos llevó a concebir la idea de dotar de cuatro orificios a los barrenos y brocas convencionales para suministrar agua durante la perforación.

#### RESULTADOS DE LA PRUEBA

Los siguientes son los resultados prácticos logrados con las pruebas realizadas en las operaciones de perforación en húmedo, utilizando barrenos y brocas de cuatro huecos.

1. Los barrenos y brocas no se atracan, como a menudo ocurre cuando se perfora con sus similares del tipo convencional de un solo orificio. Mediante esta ventajosa innovación un mayor número de taladros se obtiene por unidad de tiempo. No se produce inutilización prematura de los barrenos por rotura causada por los combazos requeridos para liberar el barreno atracado. Además que se previenen accidentes causados por esta causa.

Al obstruirse el único orificio de los barrenos y brocas convencionales se suprime automáticamente la perforación húmeda, produciéndose, en consecuencia, una considerable concentración de polvo; lo que no sucede con el empleo de barrenos de cuatro orificios.

2. Desgaste más uniforme de barrenos y brocas de cuatro orificios tanto en las pastillas de acero al tungsteno como en los gavilanes de las brocas, por una mayor y uniforme refrigeración proporcionada por el agua que fluye por los cuatro orificios; lográndose así aumentar la duración promedio de estos barrenos en los trabajos de perforación.

3. Obtención de concentraciones de polvo, inferiores a los límites máximos permisibles en los trabajos de perforación en frentones, tajeos, chimeneas y piques que redundan en un medio ambiente higiénicamente sano y seguro.

A continuación se indican los resultados de las muestras colectadas:

CONCENTRACIONES DE POLVO OBTENIDAS EN TAJEOS DURANTE LA PERFORACION USANDO BARRENOS O BROCAS DE 4 HUECOS			
Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
3.4*	4.5	3.9	6.5

CONCENTRACIONES DE POLVO OBTENIDAS EN FRONTONES DURANTE LA PERFORACION USANDO BARRENOS O BROCAS DE 4 HUECOS			
Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
3.4	5.8	4.3	6.6

\*mpppca = millones de partículas de polvo por pie cúbico de aire muestreado

CONCENTRACIONES DE POLVO OBTENIDAS EN CHIMENEAS DURANTE LA PERFORACION CON BARRENOS O BROCAS DE CUATRO HUECOS			
Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
4.4	6.2	5.3	6.5

### PLANOS DE VENTILACION

Como la explotación minera es dinámica, es decir, cambia de lugar constantemente, es necesario efectuar mapas y estudios periódicos cada tres meses; con la finalidad de mantener al día los planes de ventilación de cada nivel en cada una de las minas de la Cerro de Pasco Corporation.

Estos planos son confeccionados en tal forma que son

fácilmente interpretados por el personal supervisor y plana mayor de la mina; en los que se señalan claramente los circuitos de aire fresco, de retorno, velocidad, dirección y flujo del aire, temperaturas y concentraciones de partículas de polvo en todos los niveles de la mina.

Un levantamiento general de los circuitos de ventilación de nuestras minas comprende; primero, el balance de los volúmenes en los circuitos de entrada y retorno del aire, para después, en segundo lugar, ubicar en el terreno las estaciones de control para llevar a cabo periódicamente controles de ventilación y muestreo de polvo, con el objeto de comparar las mejoras obtenidas posteriormente. Estos puntos de control son enumerados correlativamente. Una flecha pintada a ambos lados de la galería señala el lugar donde se hicieron las mediciones de velocidad y resistencia al aire; el área y temperatura del lugar, y muestreo de polvo por añadidura. Estos datos facilitan estudios de ventilación posteriores.

## RESULTADOS

La introducción de este tipo de planos trajo consigo las siguientes ventajas: Ubican en el terreno las flechas que señalan los caminos de evacuación que el personal minero debe seguir en casos de emergencia, (como incendios, explosiones, etc.). Asimismo, estos planos contienen información para establecer los lugares que servirán como refugios de seguridad al personal minero. Las estaciones de control así establecidas en el terreno y que figuran en los planos, son de gran ayuda porque facilitan las comparaciones de mejoras o desmejoras en lo que a

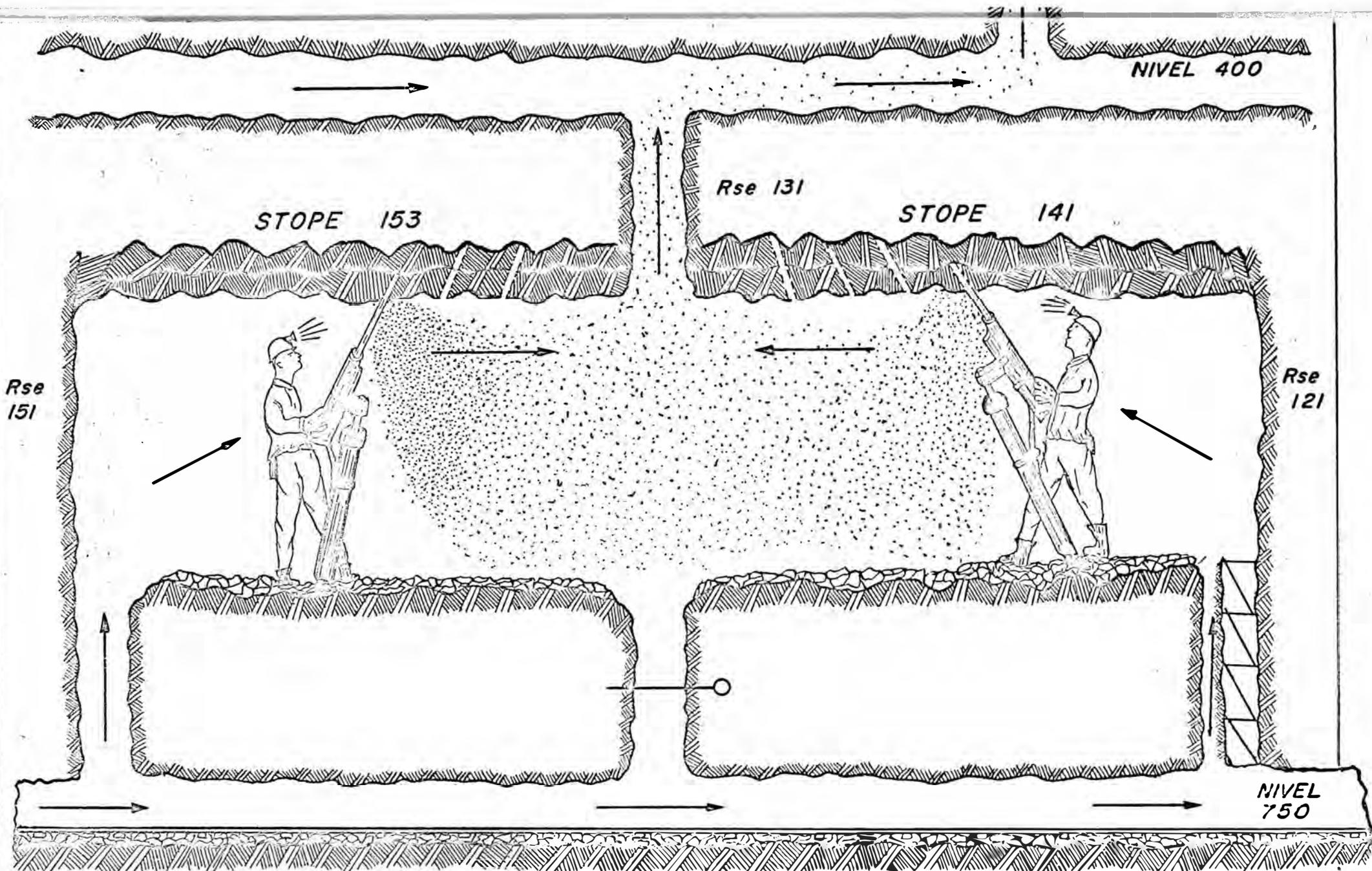
ventilación y evaluación de polvo se refiere.

Aceleran la realización de los trabajos de campo, porque en ellos figuran las estaciones de control (correlativamente enumerados) indicando su área y la velocidad y flujo del aire.

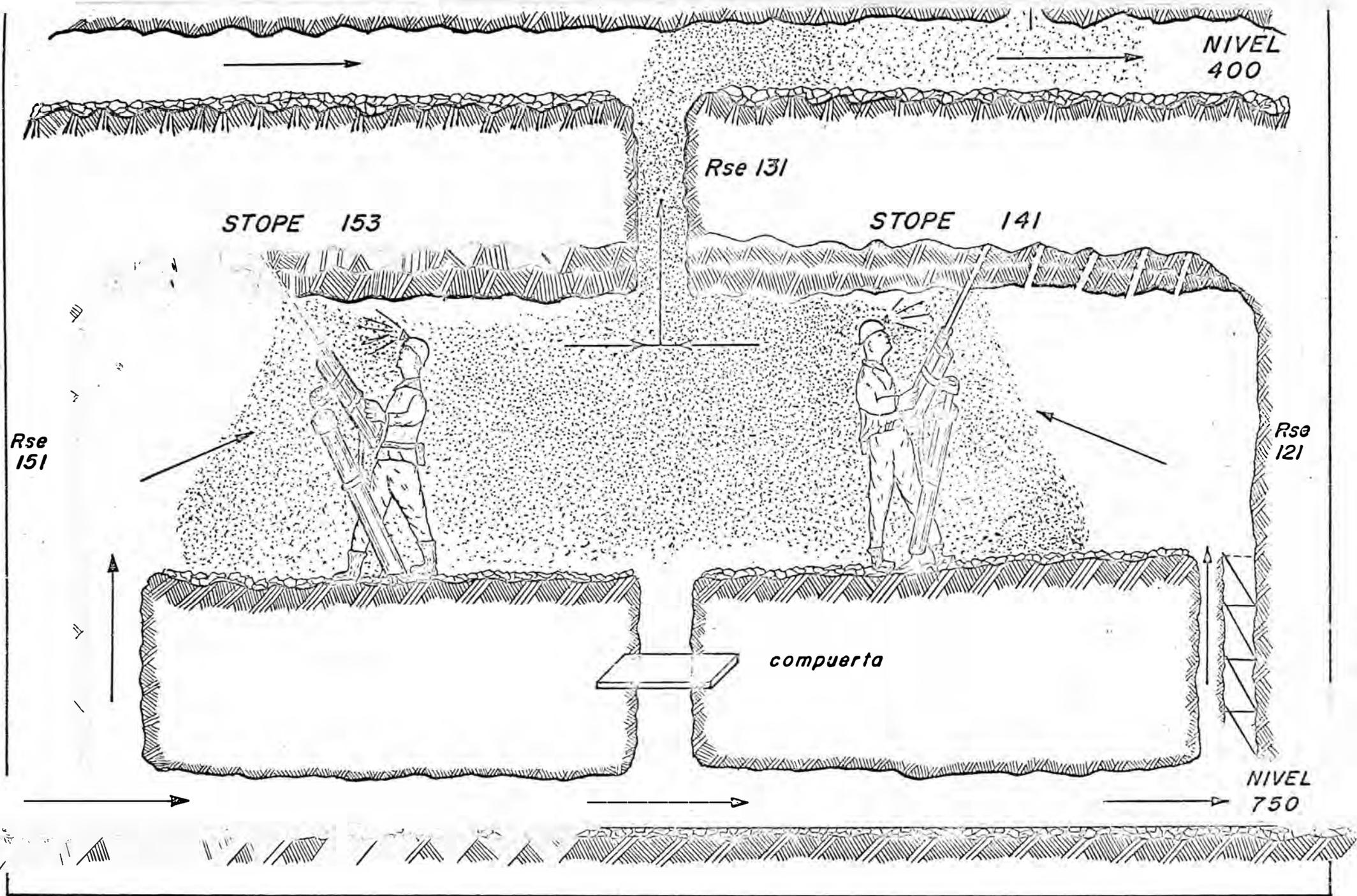
Porque una vez confeccionado un juego de planos de ventilación de toda la mina, se estudian y señalan todos los trabajos de encauzamiento necesarios para conducir aire fresco hacia los frentes de trabajo.

Sirven para el control de los resultados obtenidos en los sistemas de ventilación mediante los trabajos de encauzamiento del aire. Como información adicional se puede manifestar que con una velocidad de 80 pies por minuto como mínimo de aire que recorre un tajeo, donde se han disparado unos 200 taladros de 8 pies, los gases y polvos generados se disipan completamente en unos 50 minutos dejando un ambiente de trabajo limpio. Esta misma velocidad de aire fresco es suficiente para mantener una atmósfera limpia durante la perforación protegiendo al perforista. Esta protección es más efectiva cuando trabaja de espaldas a la dirección de la corriente del aire, porque el polvo generado en la operación, es arrastrado hacia adelante del perforista evitando así ser inhalado. (Ver figuras Nos 1 y 2). En lo posible, también es recomendable mantener sin obstáculos el tajeo, con el fin de evitar resistencia a la circulación del aire.

Se incluyen la leyenda con los signos convencionales utilizados en los Planos de Ventilación (Fig. 3) y un plano horizontal



CONTROL DE POLVO POR ENCAUZAMIENTO DEL AIRE .- Posicion correcta : El perforista no inhala el polvo generado. fig.1



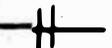
CONTROL DE POLVO POR ENCAUZAMIENTO DEL AIRE. \_ Posicion incorrecta: El perforista inhala el polvo generado MOROCOCHA fig. 2

**CERRO DE PASCO CORPORATION**  
**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD é HIGIENE INDUSTRIAL**

**PLANO DE VENTILACION**  
**MINA.....**

LEYENDA

-  *Chimenea*
-  *Baja al nivel por la chimenea*
-  *Sube del nivel por la chimenea*
-  *Pique*
-  *Llega al nivel por el pique*
-  *Baja del nivel por el pique*
-  *Puerta de Ventilación*
-  *Estación de control de ventilación*

-  *Puerta contra incendio*
  -  *Tapón de madera, lona o malla*
  -  *Tapón de concreto hermético*
  -  *Cruce superior de Ventilación*
  -  *Galería parcialmente derrumbada*
  -  *Galería completamente derrumbada*
  -  *Ventilador principal*
  -  *Ventilador auxiliar*
- características:*  
*volumen*  
*B. H. P*  
*pulgadas de agua*

*Levantado por:* \_\_\_\_\_  
*Trazado por:* \_\_\_\_\_  
*Aprobado por:* \_\_\_\_\_

*Escala:* \_\_\_\_\_  
*Nivel:* \_\_\_\_\_  
*Fecha del levantamiento*  
 \_\_\_\_\_

de ventilación de una mina (Fig. 4), finalmente un plano de Ventilación Isométrico de la Mina Morococha (Fig. 5).

#### ENCAUZAMIENTO DEL AIRE

A la confección de los planos de ventilación de la Mina sigue un estudio minucioso ubicando y enumerando en ellos, el tipo de trabajos de encauzamiento requeridos tales como la colocación de puertas de ventilación, de tapones de malla, de tapones de concreto, de puertas con reguladores, de ventiladores auxiliares y principales. Se desea explicar, como ejemplo, la razón de la instalación de una puerta de ventilación. Las puertas de ventilación son ubicadas en el circuito, a fin de controlar y distribuir el volumen de aire a los lugares de trabajo, para su posterior encauzamiento hacia el circuito de retorno. Este control es necesario por la ausencia de resistencia al aire en algunas galerías y labores por no haber materiales almacenados, curvas, carros mineros, derrumbes parciales y tener una sección uniforme, conducen grandes volúmenes de aire que es conveniente distribuir a otras secciones de la Mina, para reducir así la posibilidad de usar ventiladores auxiliares y aprovechar al máximo la ventilación natural.

Varios son los tipos de puertas usadas en la Mina. Unas regulan el volumen de aire y otras lo bloquean totalmente. En el croquis adjunto, las Figs. 6 y 7 corresponden al primer tipo y las Figs. 8 y 9 al segundo. Las puertas pueden ser de madera o metálicas y de un tamaño standard en lo posible.

En la mina Cerro de Pasco y otras, se vienen utilizando

LEYENDA

- Chimenea
- Bajo al nivel por la chimenea
- Sube del nivel por la chimenea
- Pique
- Llego al nivel por el pique
- Bajo del nivel por el pique
- Puerta de Ventilación
- Estación de control de ventilación

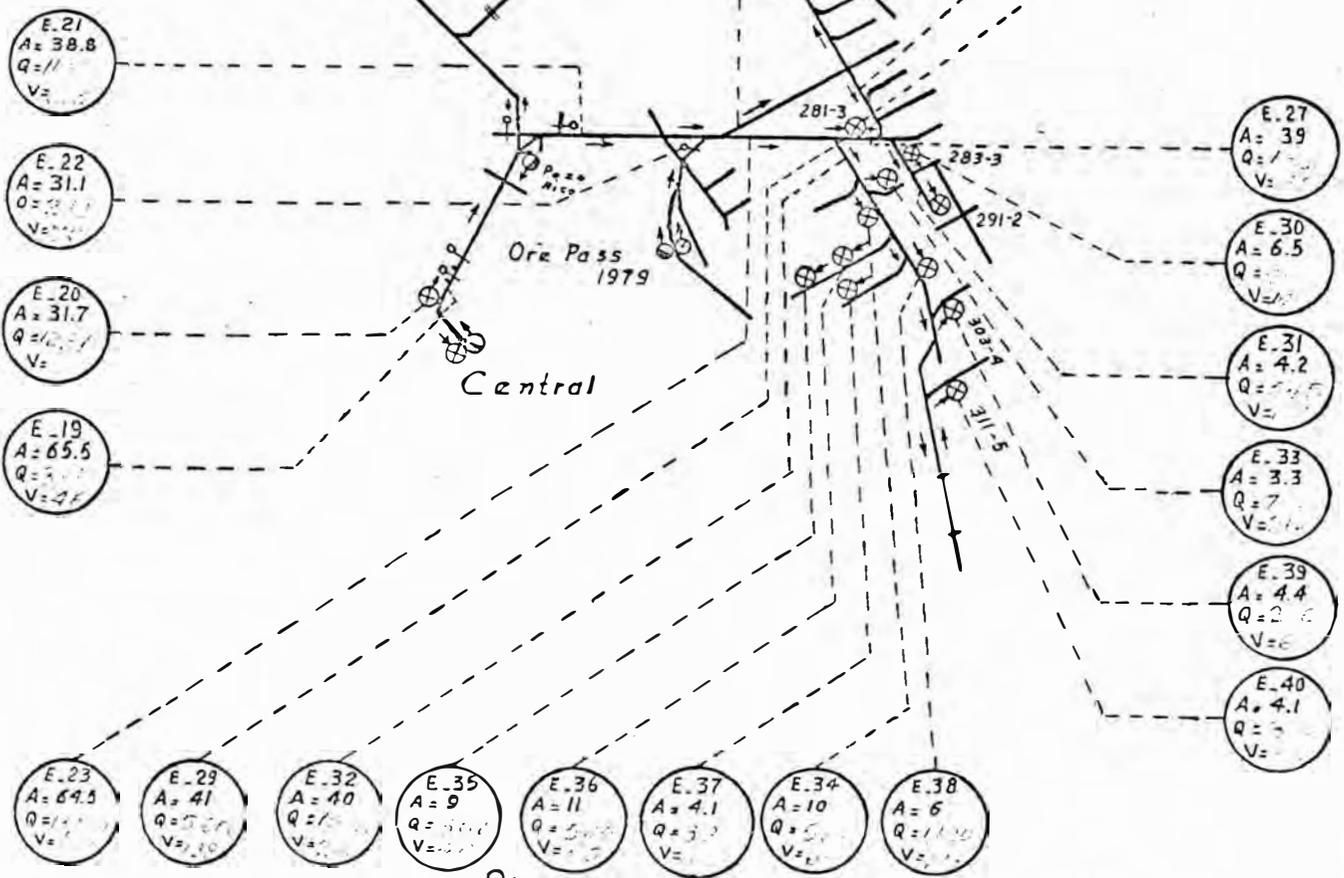
- Puerta contra incendio
  - Topón de madera, lona o malla
  - Topón de concreto hermético
  - Cruce superior de Ventilación
  - Galería parcialmente derrumbada
  - Galería completamente derrumbada
  - Ventilador principal
  - Ventilador auxiliar
- características:  
volumen  
B. H. P.  
pulgadas de agua

Levantado por: M. Garay L.  
 Trazado por: N. Livia R.  
 Aprobado por: M. Garay L.

520

Escala: 1" = 4000'  
 Nivel: 520  
 Fecha del levantamiento: Oct. 1966

Fig. 4



N-15,400

N-15,200

N-15,000

E-23,200

E-23,400

E-23,700

0004-2-3

0024-2-3

400

N-3800

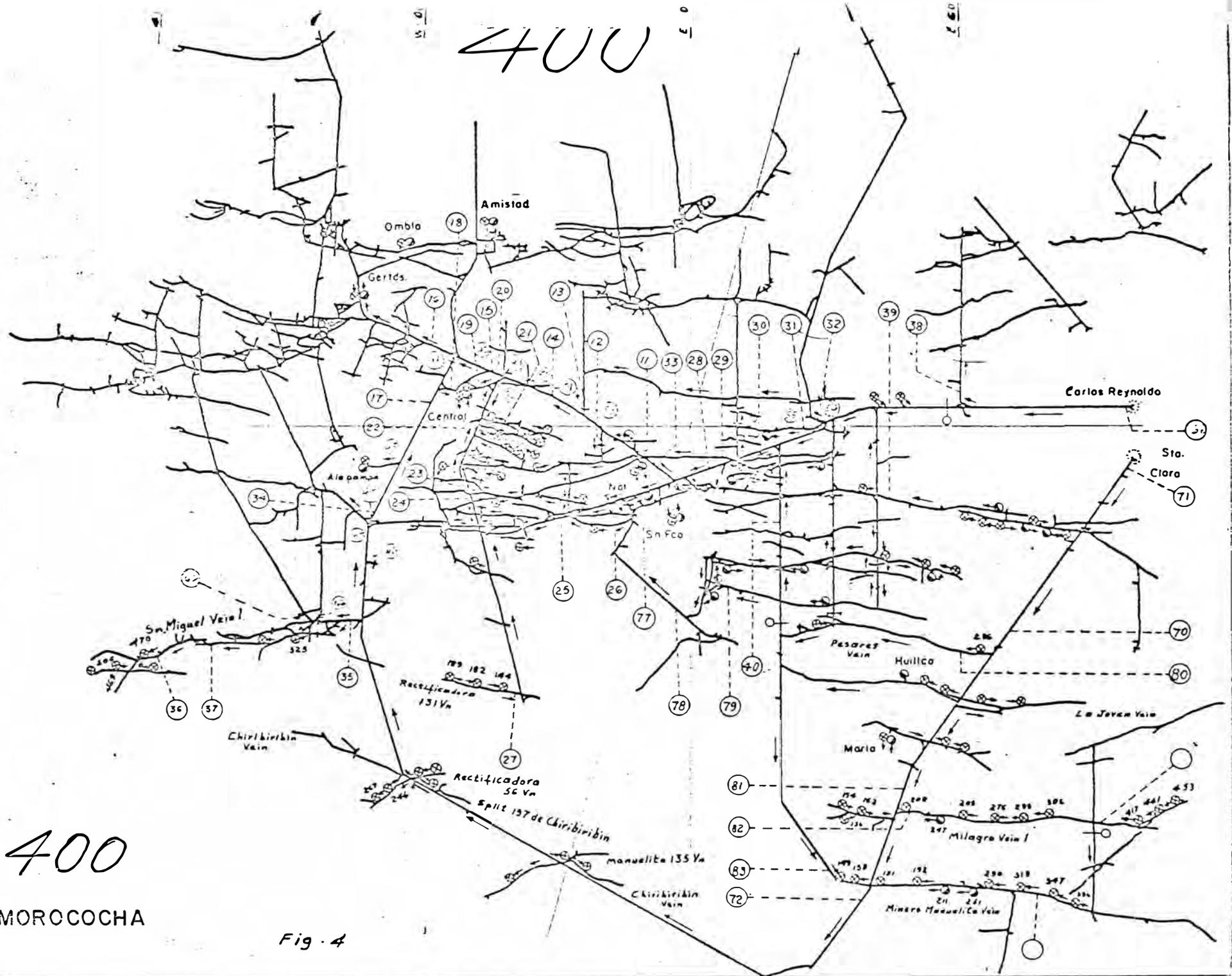
N-2200

N-600

S-1000

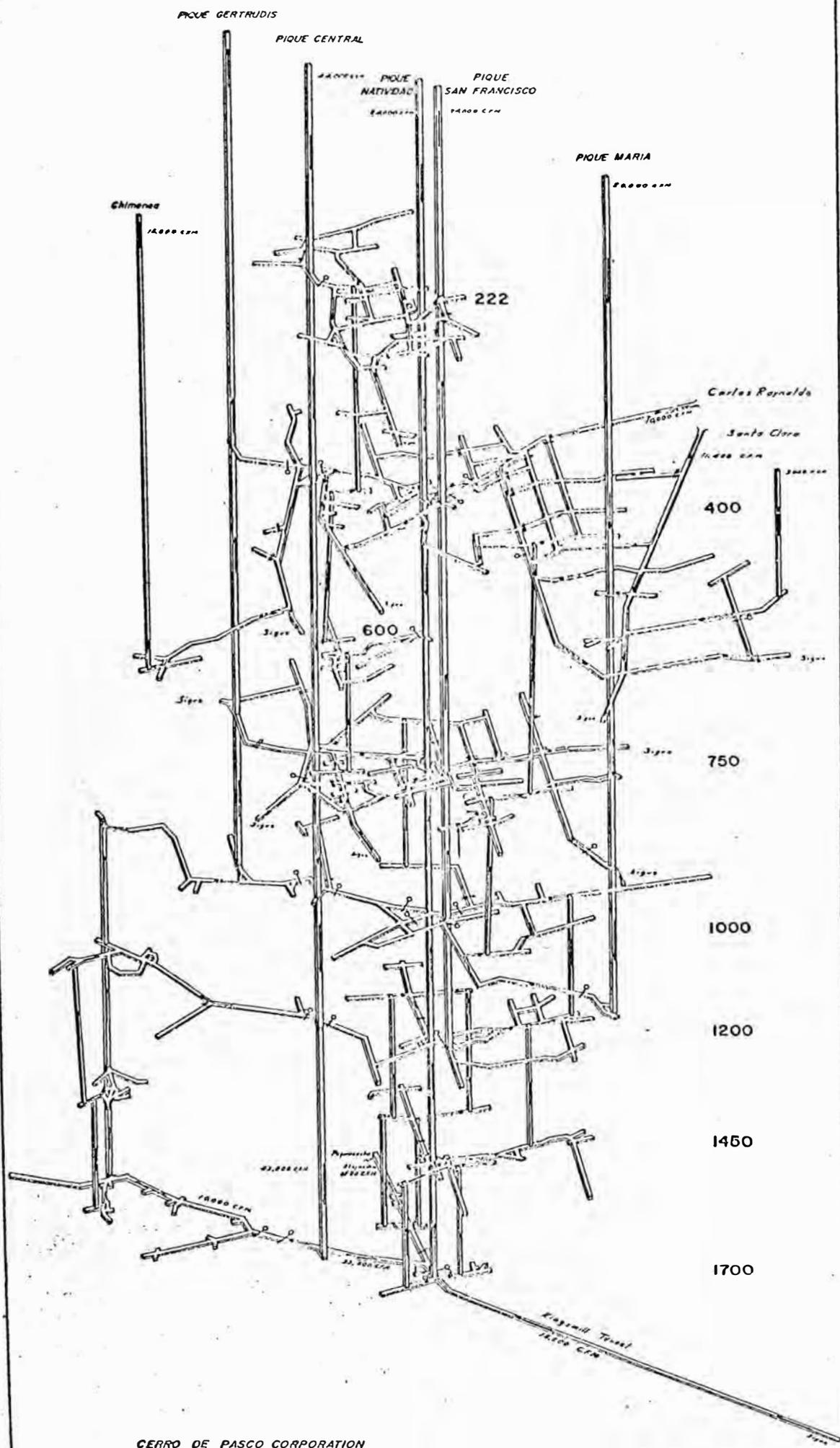
S-2600

S-4200



400  
MORCOCHA

Fig. 4



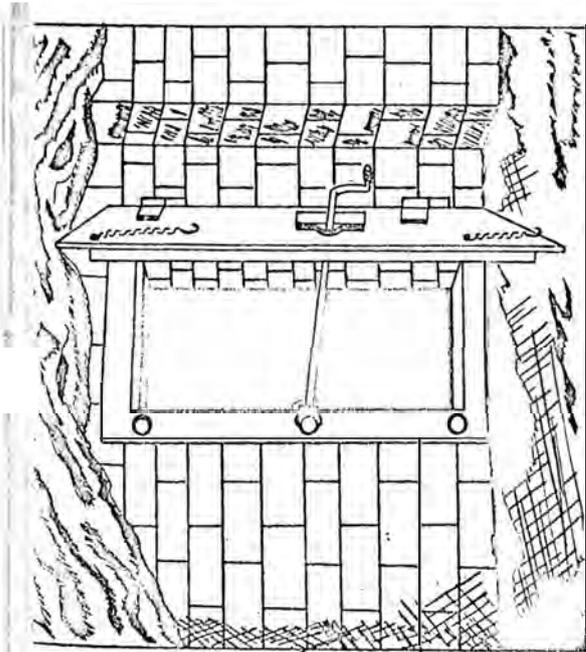
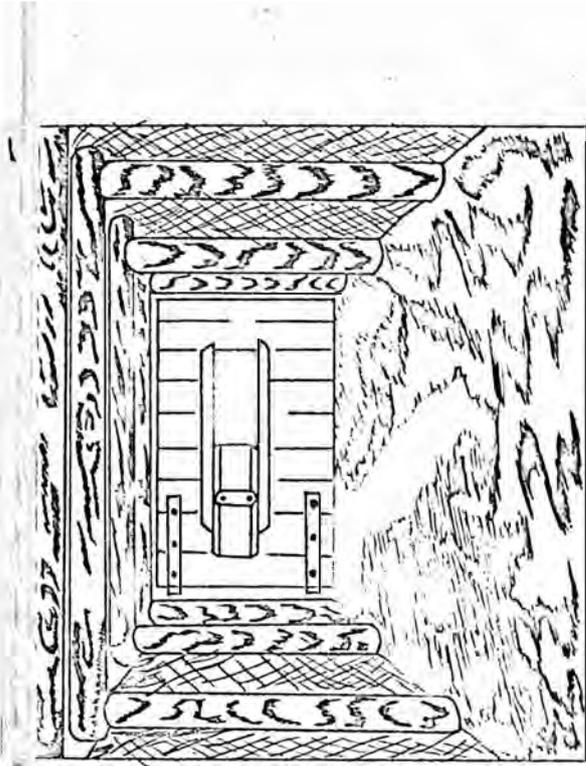
CERRO DE PASCO CORPORATION  
 PLANO DE VENTILACION  
 MINA MOROCOCHA  
 DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD e HIGIENE IND.  
 ESCALA 1"=960'  
 fig 5

satisfactoriamente puertas del tipo mostrado en la Fig. 9 cuyas dimensiones y construcción se muestran en las Figs. 10 y 11. Estas puertas de madera de 60" x 72", llevan en la parte inferior un pedazo de lona (puede ser de filtros usados), la que efectúa un cierre hermético sobre el piso y los rieles de transporte. La puerta tiene un espesor de 2" y a fin de evitar las filtraciones de aire a través de ella, se coloca sobre una de sus caras, material impermeabilizante que impide el paso del aire. La puerta debe tener cierta inclinación para que se cierre por su propio peso, una instalación de cables y contrapeso ayuda también al cierre. La mampostería puede ser de concreto o de ladrillos King-Kong u otro material que no deje pasar la corriente de aire.

Ubicados en el juego de planos por niveles los trabajos de encauzamiento necesarios, presentamos un reporte al Superintendente del Campamento Minero respectivo, incluyendo los juegos de planos de ventilación en tamaño grande a escala 1" = 240' con las recomendaciones y trabajos de encauzamiento necesarios para llevar el aire hacia las zonas de explotación.

La prosecución de estos trabajos está a cargo de la cuadrilla de ventilación del campamento respectivo, supervisados periódicamente por la Sección de Ventilación con sede en La Oroya y el Ingeniero de Seguridad de la Mina.

Para llevar a cabo las labores de encauzamiento del aire hacia las zonas de explotación se tienen en cuenta los siguientes factores:



DIFERENTES TIPOS DE PUERTAS DE VENTILACION

Fig. 8 De cierre total

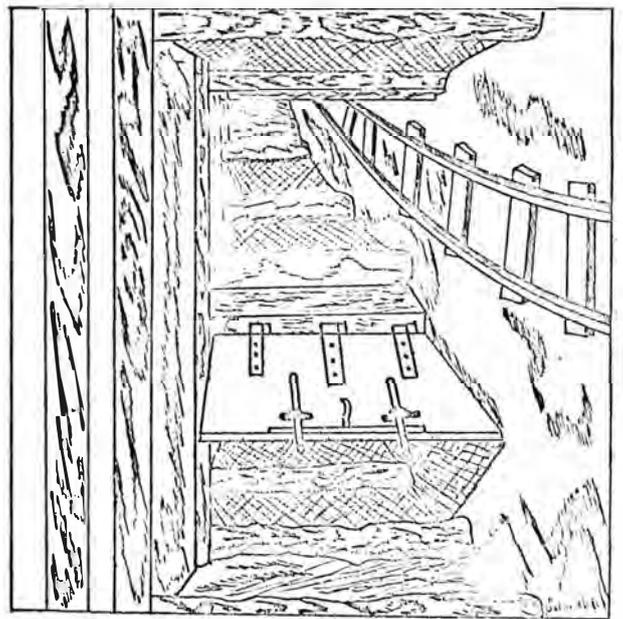
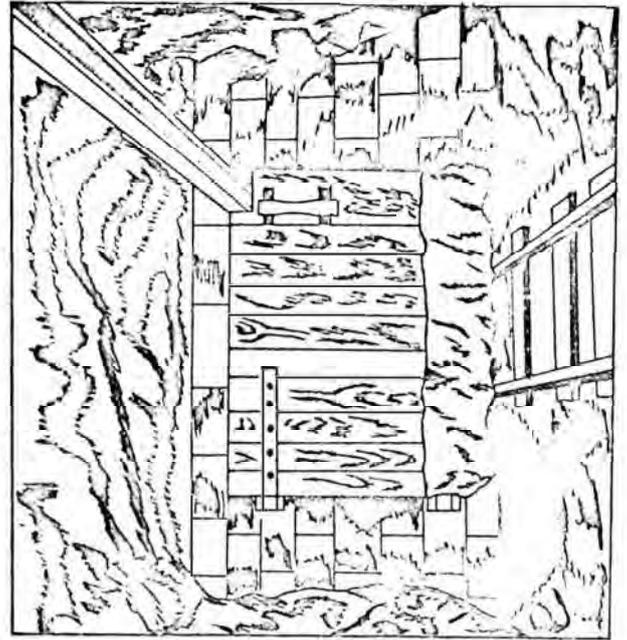
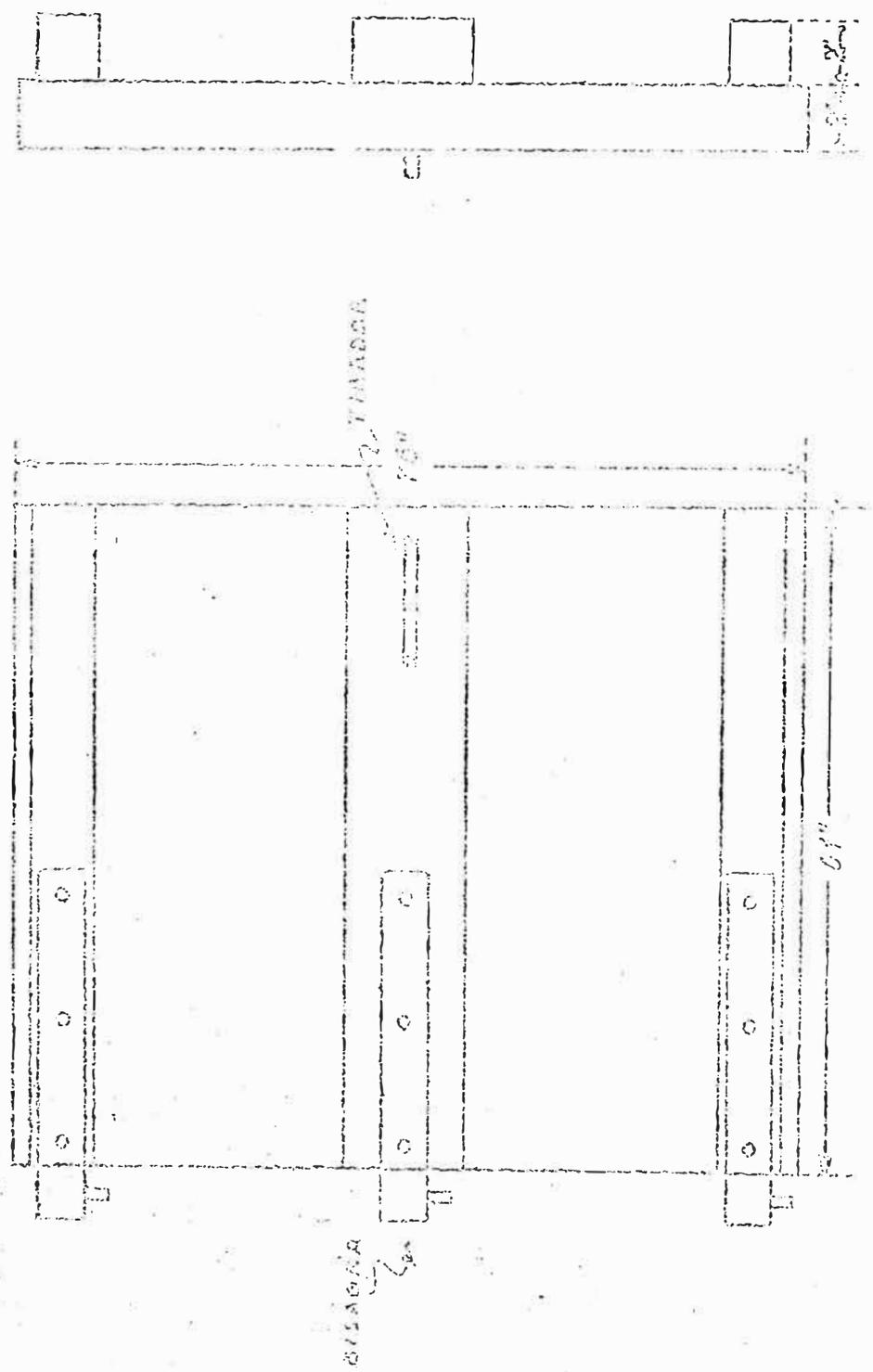


Fig. 9 De cierre total



PUERTA DE VENTILACION



VISTA DE FRENTE

Fig - II

VISTA LATERAL

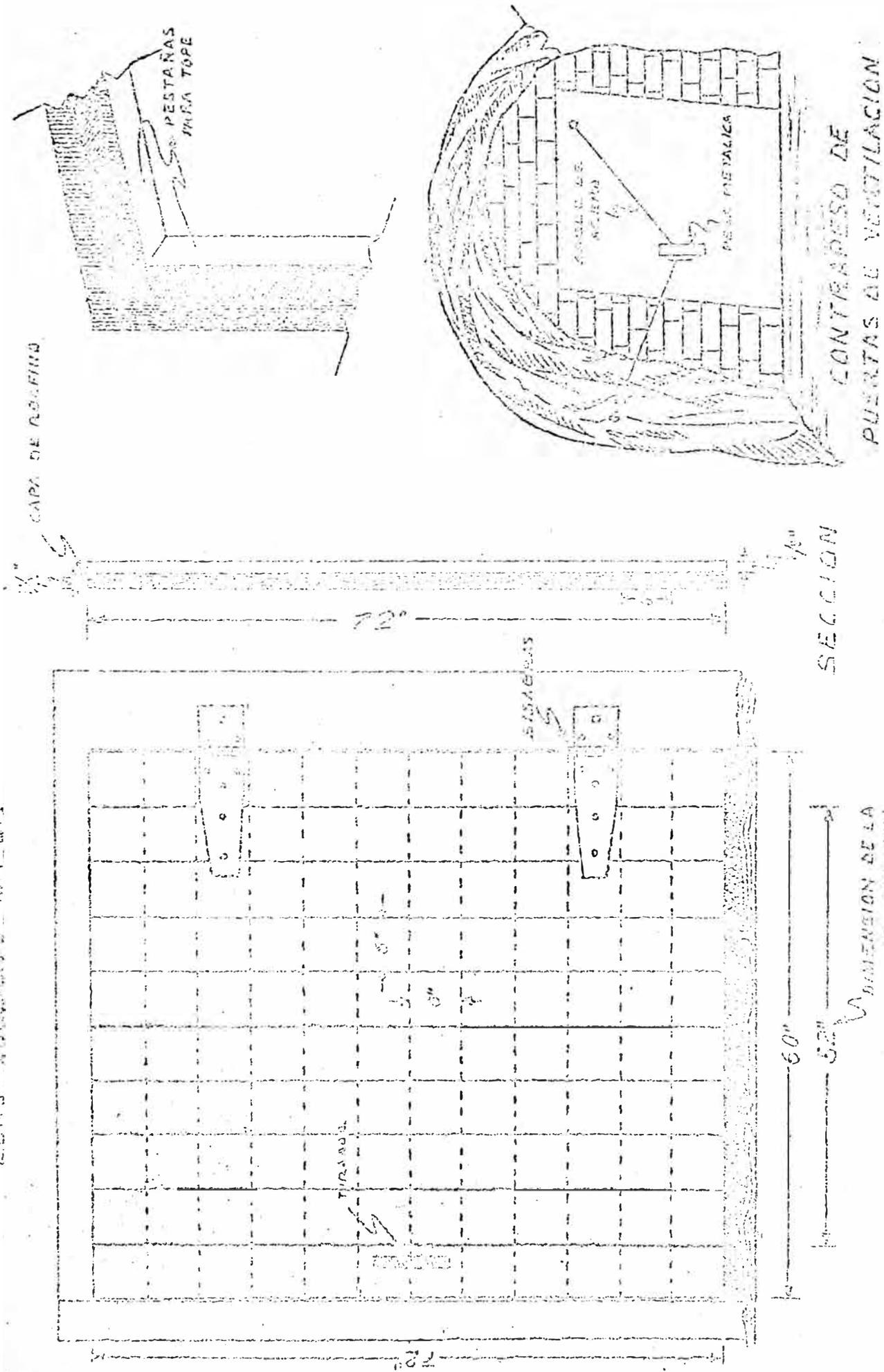


Fig.- 10

CONSERVE A LA VUELTA

1. El flujo de aire que debemos suministrar a un nivel o zona de la mina de acuerdo al número de trabajadores y a lo estipulado en la legislación vigente.
2. Las concentraciones de polvo, gases y temperaturas.
3. De cada nivel o zona de la mina, encauzamos el aire hacia los lugares de explotación, ya sean estos tajos, chimeneas, galerías, etc. (Ver croquis adjunto No. 12).

Como una colaboración con la cuadrilla de ventilación, las cuadrillas de Salvataje Minero del Campamento hacen sus prácticas mensuales construyendo tapones de concreto, etc. para encauzar el aire fresco o de retorno de acuerdo al plano de ventilación.

## RESULTADOS

Las ventajas inmediatas que se obtienen con el encauzamiento del aire son:

1. Evitamos pérdidas innecesarias de aire fresco por los chutes, chimeneas, tajos vacíos de las labores terminadas de explotar, galerías abandonadas que conducían hacia los lugares antiguos de explotación.

2. La cuadrilla de ventilación de cada Campamento Minero es la encargada de hacer los trabajos de encauzamiento en forma eficiente y rápida, porque están entrenadas específicamente para hacer los trabajos de encauzamientos necesarios para mejorar la ventilación de la mina.

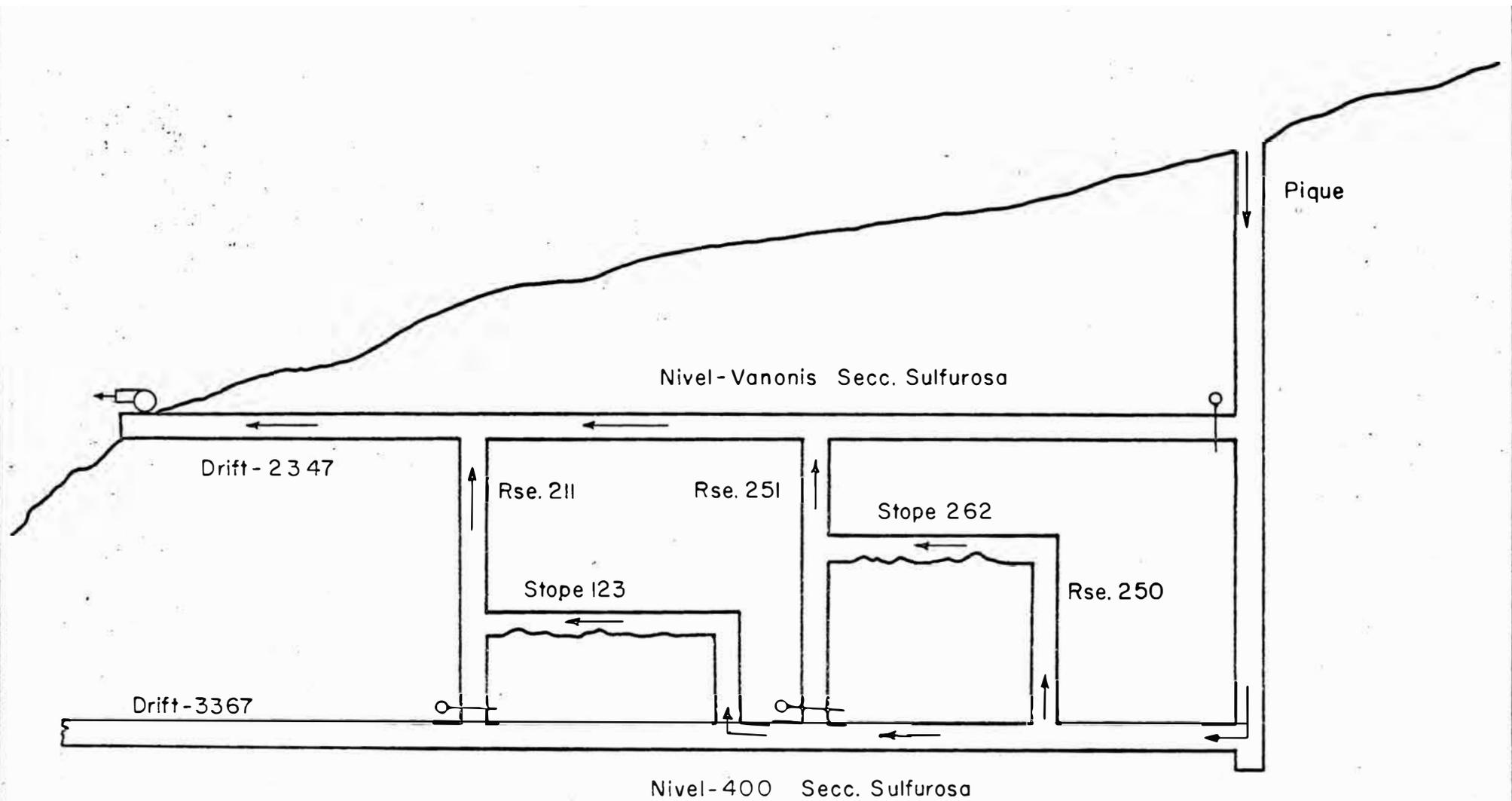


Gráfico Mostrando el encauzamiento del aire fresco hacia los tajeos en explotación

Fig. 12

3. Al realizar estos trabajos suministramos aire fresco a los lugares de explotación en cantidades muchas veces superiores a lo estipulado en el Código de Minería, evitando de esta manera tener ambientes de trabajo con concentraciones de polvo y gases sobre el Límite Máximo Permisible.

4. Evitamos accidentes por gaseamiento y la silicosis.

5. El tiempo de retorno de los mineros a los lugares de trabajo después de los disparos lo acortamos a intervalos mucho menores.

6. Sirve para establecer en la mina las rutas de escape para el personal en casos de emergencia, como explosiones, incendios, etc. lo mismo las cámaras de refugios para los mineros, ubicación y construcción de puertas contra incendios y puestos de socorro inmediatos a la zona de laboreo.

7. Permiten establecer en cada mina los procedimientos de evacuación del personal en casos de emergencia y para facilitar y entrenar al personal del subsuelo en las prácticas de evacuación conforme lo estipula el Código de Minería vigente.

## CAPITULO VI

### USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EN OTRAS OPERACIONES MINERAS SUBTERRANEAS

#### EN VOLADURAS DE FRONTONES, STOPES Y PIQUES

Ya hemos dicho, que en el proceso de voladuras cuando no se toman las debidas precauciones, generan altas concentraciones de polvo fino que contaminan grandes extensiones de la mina por tiempo variables de acuerdo a las condiciones existentes de ventilación, este riesgo se acrecienta al producirse sílice libre recién fragmentada.

Con los atomizadores de agua correctamente empleados, estamos eliminando hasta más del 80% del polvo generado por las voladuras, en un tiempo considerablemente menor que cuando se utiliza sólo ventilación natural o mecánica.

En 1936 se describió por primera vez un atomizador de agua para la supresión de polvo en minas de carbón después de las voladuras. Posteriormente, Phillips y el Bureau of Mines de los EE.UU. llevaron a cabo experiencias con atomizadores, concluyendo que el polvo generado en las voladuras podía ser reducido en un 99%, usando estos dispositivos, nosotros hemos alcanzado un 80% á 90% de reducción. Williamson y Shugert, confirman estas conclusiones en sus trabajos de control de polvo.

El principio de operación de los atomizadores se basa

en que las finas partículas de agua producen una cortina de agua atomizada, en forma de un cono relleno y que el aire contaminado de polvo y gases producidos en el disparo es obligado a pasar a través de esta cortina donde se precipitan inmediatamente. Cuando el agua se halla más finamente dividida en el cono, la supresión del polvo es más efectiva; debemos añadir que las concentraciones altas de los gases generados por el disparo como el  $\text{NO}_2$  decrecen rápidamente al pasar por la cortina de agua atomizada porque es fuertemente soluble en agua, lo mismo que los otros gases pero en pequeña escala. El uso de los atomizadores, después de los disparos, permite que los hombres regresen a sus lugares de trabajo en un período menor y a una atmósfera más limpia y despejada, aumentando de esta manera su eficiencia en la realización de los trabajos propios de la Minería.

Los atomizadores pueden ser hidráulicos é hidroneumáticos. Los atomizadores hidráulicos operan por descarga de agua a presión de 40, 60 o más lbs/pulg.<sup>2</sup> a través de un orificio fino, los hidroneumáticos, funcionan por acción del aire comprimido sobre el agua. Nosotros hemos hecho pruebas de eficiencia comparativas de estos atomizadores. Aunque experimentos efectuados en otros lugares del mundo como en Alemania, demuestran que los Neumáticos son los más efectivos puesto que:

- a) Producen gotillas más finas y más numerosas.
- b) Disminuyen el consumo de agua en la unidad de tiempo.
- c) El aire comprimido utilizado aumenta la ventilación

removiendo las partículas no afectadas por el agua pulverizada, hasta mojarlas y precipitarlas.

Los atomizadores hidráulicos pueden ser de dos clases: Normal o sea aquel en el que se descarga agua a alta presión a través de un pequeño orificio; y el de turbulencia que es lo que estamos usando en el cual como su nombre lo indica se produce una turbulencia debido a que el agua es forzada, a través de una ranura o un canal helicoidal hacia una pequeña cámara "Vortex" (dispositivo que tiene por objeto provocar un movimiento circular de alta turbulencia), antes de descargarse en la atmósfera. La efectividad de los atomizadores hidráulicos depende de:

- a) La presión aplicada; y
- b) El diámetro del atomizador.

Estudios efectuados con atomizadores de turbulencia por diferentes autores, demuestran que el tamaño de las partículas de agua guarda una relación inversa con la presión aplicada, encontrándose, al incrementar la presión desde 30 lbs/pulg.<sup>2</sup> hasta 80 lbs/pulg.<sup>2</sup>, una marcada reducción en el tamaño de las gotillas.

Esta reducción es considerable hasta una presión de 80 lbs/pulg.<sup>2</sup> y después de esta es menor y casi sin importancia. Deduciendo, las altas presiones originan gotillas más pequeñas, pero existe un límite por encima del cual no se justifica un aumento de presión, como puede observarse en la Fig. No. 13.

La presión aplicada afecta directamente al gasto de agua,

# USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EFFECTO DE LA PRESION SOBRE EL TAMAÑO DE GOTILLAS DE AGUA

Para un orificio de 0.0134 pulgadas de diámetro

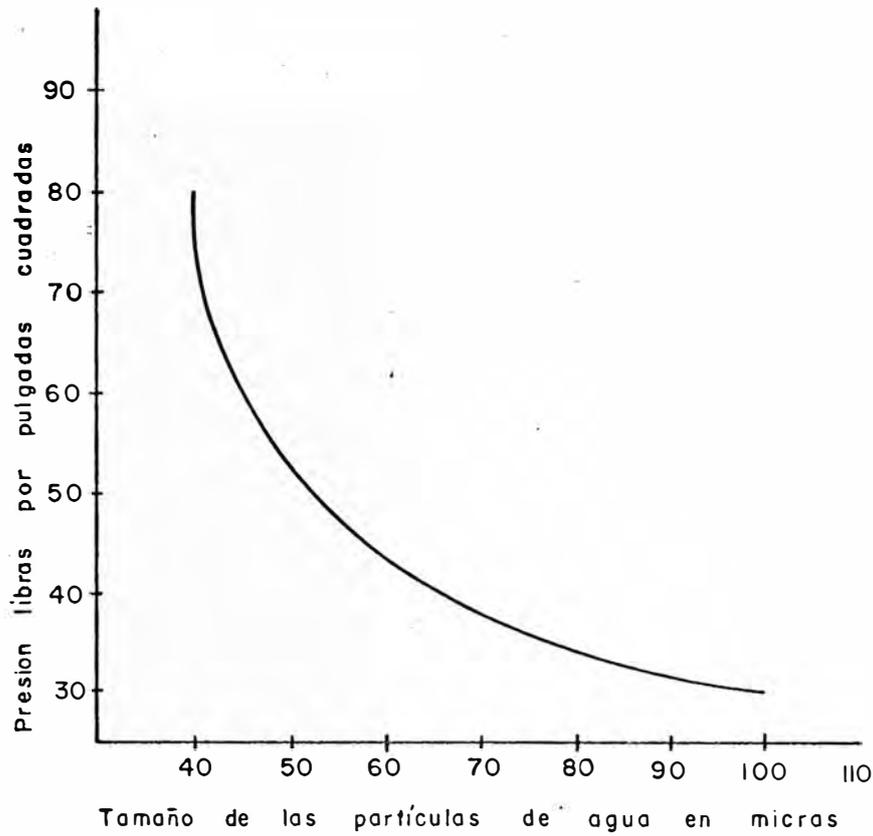


fig 13

## EFFECTO DE LA PRESION SOBRE EL GASTO DE AGUA

Para un orificio de 0.0200 pulgadas de diámetro

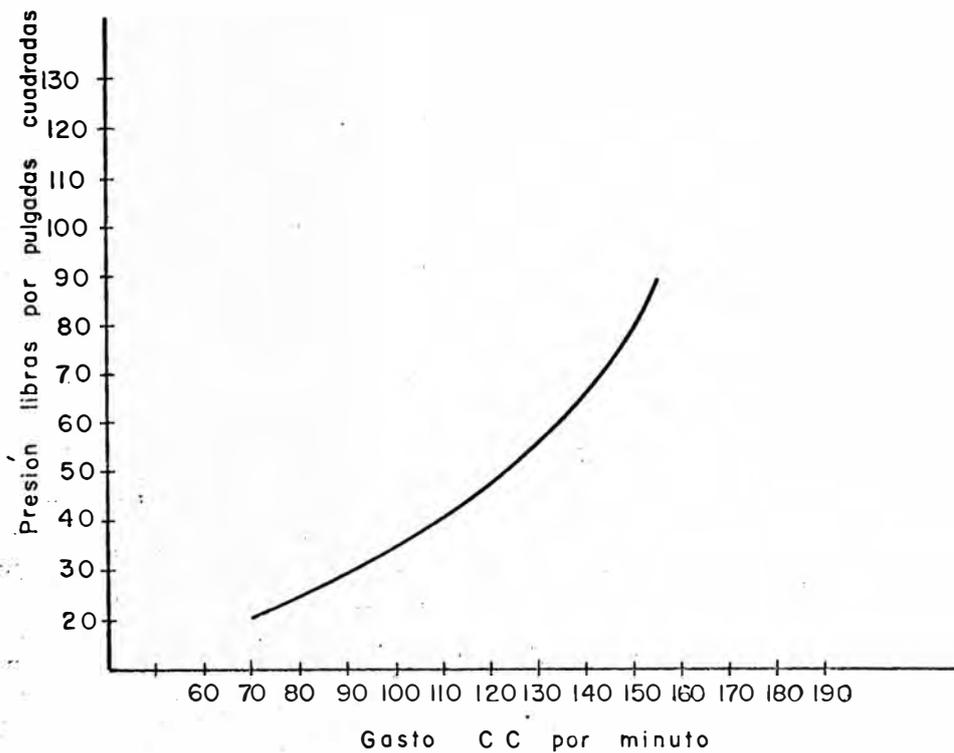


fig. 14

Copie XEROX 3400

de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$Q = 0.15 (100d)^2 C (P)^{1/2}; \text{ en la que:}$$

Q = gasto de agua, en galones Imperiales por hora

d = diámetro del orificio, en pulgadas

P = Presión aplicada, en lbs/pulg.<sup>2</sup>; y

C = Coeficiente de descarga, usualmente 0.42 para estos casos.

Si el gasto de agua se expresa en pies cúbicos por minuto la fórmula es:

$$Q = \frac{5}{3} d^2 (P)^{1/2}$$

En la Fig. No. 14 se muestra esta variación del consumo de agua en función de la presión aplicada en un atomizador normal hidráulico.

El tamaño de las partículas varía además en forma directa con el diámetro del orificio; así, al incrementar el diámetro desde 0.0142 pulgadas hasta 0.0200 pulgadas, se aumenta el tamaño promedio de las partículas desde 44.4 micras hasta 52.5 micras, para una presión de 62 lbs/pulg.<sup>2</sup>.

Por otra parte, se ha demostrado que la presencia de agentes humectantes influyen también directamente sobre el grado de atomización. Así, a una presión de 62 lbs/pulg.<sup>2</sup>, empleando un agente humectante como el jabón o cloruro de sodio se reduce el tamaño promedio de las partículas desde 44.4 micras hasta 38.0 micras, en un orificio de

0.0142 pulgadas, lo que nos indica que una reducción en la Tensión superficial del agua, favorece la atomización. Por añadidura, la polaridad de estas sustancias, determina que se dispersen sobre superficies secas, asegurando un humedecimiento satisfactorio sin mucho gasto de agua. Sin embargo, estas ventajas poco prácticas nos han impedido usarlas.

En el caso de los atomizadores hidroneumáticos, aparte de los factores ya anotados, debe considerarse la acción del aire comprimido. En principio, el agua a cierta presión, se descarga a través de un orificio, originando una atomización previa que es después completada al entrar en contacto con el aire comprimido, ya sea dentro del dispositivo del atomizador o en el ambiente a una distancia predeterminada. Ver Figs. Nos. 15 y 16.

En los atomizadores hidroneumáticos, el tamaño de las partículas varía directamente con la relación volumétrica: agua-aire. De ahí que, al incrementar la relación (agua : aire)  $\times 10^6$ , desde 200 hasta 400, se aumenta el tamaño promedio de las partículas desde 16 micras hasta 20 micras empleando un flujo de aire de 43.2 litros por minuto. Como puede observarse en la figura No. 15, reproducido del trabajo de W. Gibb et.al.

La distribución de las gotillas, por tamaños, es directamente afectada por la relación aire-agua; así, para la relación aire-agua de 3160 se obtiene la curva 2 de la Fig. No. 16; y para una relación de 6550, la curva No. 1 de la misma figura 16. En esta última curva se

USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO 58  
 DE LA RELACION  $\frac{AGUA}{AIRE}$  SOBRE EL TAMAÑO DE LAS GOTILLAS DE  
 Para un flujo de aire de 43.2 litros por minuto

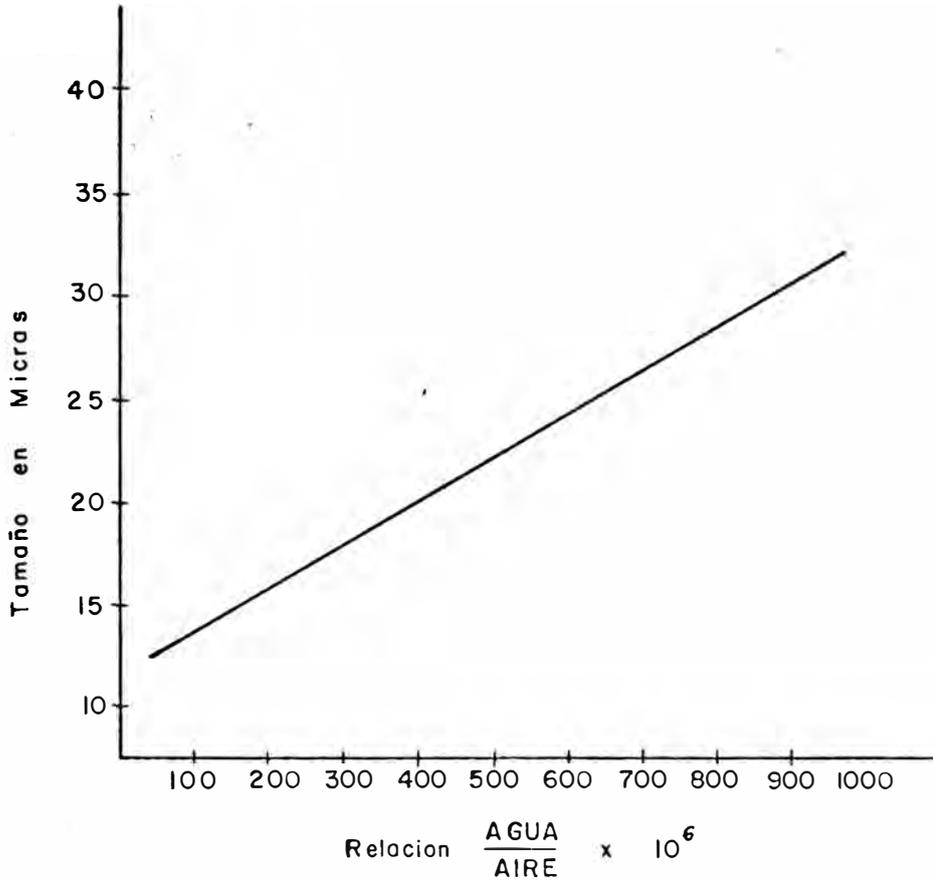


fig 15

DE LA RELACION  $\frac{AIRE}{AGUA}$  SOBRE LA DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE GOTILLAS Y EL GRADO DE ATOMIZACION

Curva N° 1  $\frac{AIRE}{AGUA} = 6,550$

Curva N° 2  $\frac{AIRE}{AGUA} = 3,160$

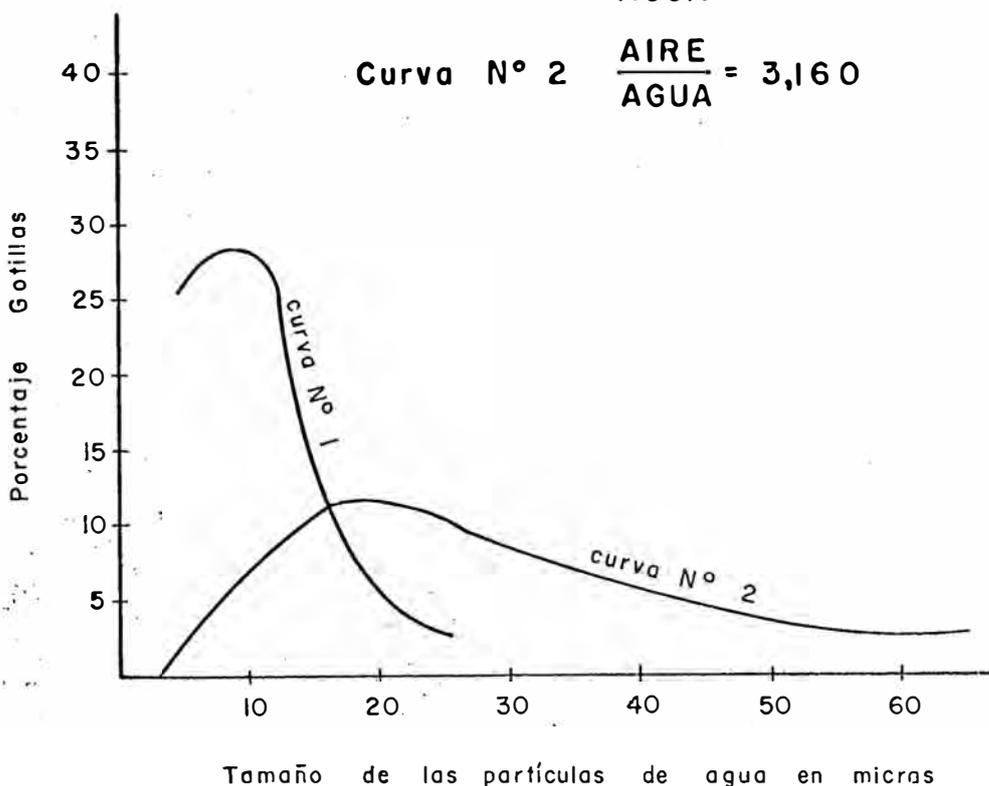


fig 16

observa que la atomización es más uniforme y se obtiene una alta proporción de gotillas más finas, ya que el 29% presentan un tamaño menor que 8 micras, mientras que para la relación de 3160 se obtiene un máximo de 11% de partículas de 22 micras, llegando apenas a un 5% para las partículas menores de 10 micras.

Todo lo expuesto, demuestra que el grado de atomización es mayor cuanto mayor es también la relación volumétrica aire-agua, así:

Curva (1)	Aire-agua = 6550	mayor atomización
Curva (2)	Aire-agua = 3160	menor atomización

A continuación se presenta un cálculo de la proporción aire-agua para el atomizador que se muestra en las Figs. Nos. 15 y 16.

Suponiendo una presión de 80 lbs/pulg.<sup>2</sup> para el aire comprimido que se descarga a través del orificio de 0.75 pulgadas de diámetro, y una presión de 30 lbs/pulg.<sup>2</sup> para el agua que descarga por cuatro orificios de 0.04 pulgadas (1 mm.) de diámetro, los gastos de aire y agua serán los siguientes:

El gasto de aire puede calcularse según la fórmula que aparece en el Mining Engineers' Handbook de R. Peele:

$$Q_a = 80 d^2 (P)^{1/2}; \text{ en la que}$$

$Q_a$  = gasto de aire en pies cúbicos por minuto

$d$  = diámetro del orificio en pulgadas, y

$P$  = presión aplicada en lbs/pulg.<sup>2</sup>

Reemplazando los valores tenemos:

$$Q_a = 80 \times (0.75)^2 \times (80)^{1/2} = 403 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

$$Q_a = 11,400 \text{ lts/min.}$$

Para el gasto de agua aplicamos la fórmula de Gibb:

$$Q_w = \frac{5}{3} d^2 (P)^{1/2}; \text{ Con las mismas especificaciones y unidades de la anterior.}$$

Reemplazando los valores tenemos:

$$Q_w = 0.4 \times 4 = 1.6 \text{ lts/min.}$$

Entonces la relación aire-agua será:

$$11,400 : 1.6 = 7,125$$

De acuerdo a los trabajos experimentales de Gibb, la relación óptima excede de los 5200, lo que permite asegurar una buena atomización.

Uno de los problemas más frecuentes en el empleo de atomizadores, sean hidráulicos o hidroneumáticos, es la obstrucción del orificio de agua. De ahí que es condición imprescindible, para el buen funcionamiento de estos dispositivos, colocar filtros antes del atomizador y limpiarlo siempre. La selección de este filtro de malla metálica puede ser de 100 hilos/pulg. (Malla No. 100 de la serie de Tyler) que proporciona aberturas de 0.147 mm. Puede también emplearse mallas de 65 y 48 hilos por pulgada y que corresponden a aberturas de 0.208 mm. y 0.295 mm. respectivamente. Estas aberturas

son considerablemente menores que el diámetro del orificio, lo que elimina las obstrucciones en el atomizador.

Otro inconveniente, muy frecuente en nuestras plantas de concentración de minerales que operan a grandes alturas, es el congelamiento del agua en el orificio de descarga. La prevención consiste en cubrir tanto la tubería de agua como el atomizador con un aislante adecuado tal como el Thermo-tape, que es una cinta a base de tierra de diatomeas o con costales empapados con brea.

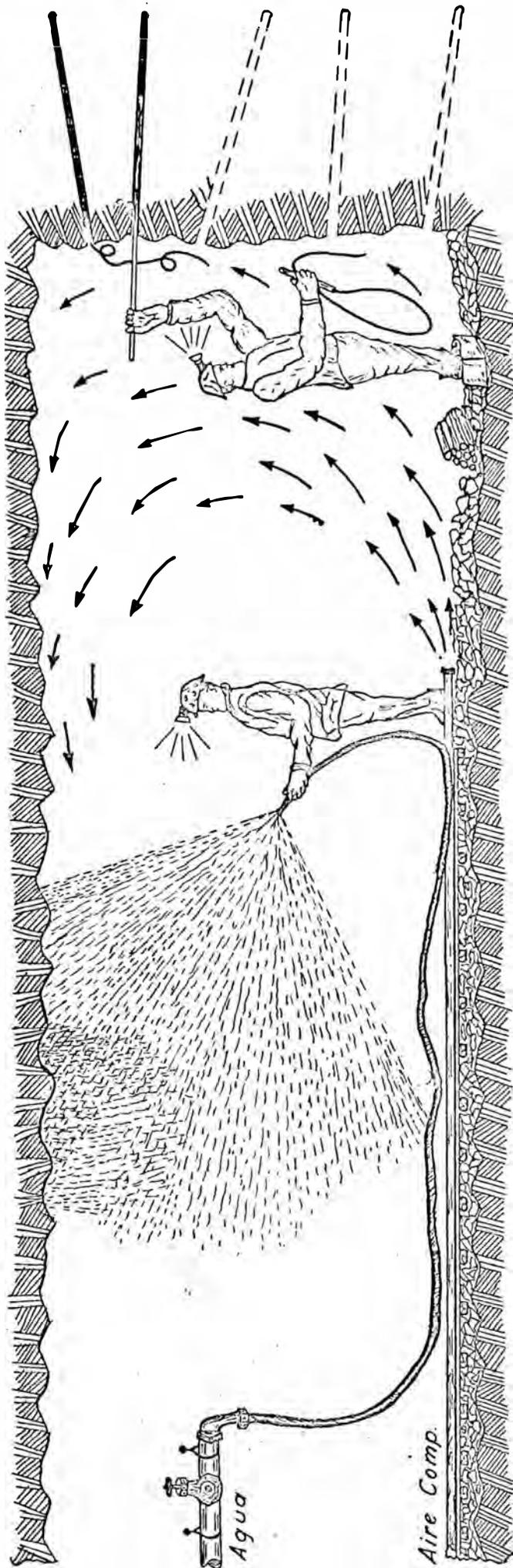
En cuanto a la instalación en sí del atomizador, se ha demostrado, que la posición que ocupa con respecto a la fuente de polvo, es de vital importancia. La experiencia en el terreno es la que nos muestra claramente la posición que deben guardar estos dispositivos de acuerdo al tipo de labor o la fuente de polvo por controlar.

Las siguientes son las normas de trabajo que se recomiendan para el control de polvo proveniente de las voladuras:

1. Hacer el disparo principal solamente al final de la guardia, cuando el personal esté fuera de la mina o en un lugar libre de la acción de los gases y polvo, productos del disparo. Estos lugares, conocidos con el nombre de refugios, deben ser previamente estudiados y periódicamente controlados.

2. Humedecer profusamente la zona del disparo, en una distancia de por lo menos 10 metros, siguiendo la dirección del aire. Ver. Fig. 17.

3. Instalar el atomizador o atomizadores, en tal forma



USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EN VOLADURAS DE FRONTONES

fig. A.- humedeciendo cajas, techo y piso antes del disparo a unos 10ms. del frente.

Fig. 17

que la cortina de agua atomizada sea dirigida en sentido contrario al movimiento del aire. Ver Figs. Nos. 18 y 19.

4. Los atomizadores deben funcionar antes, durante y 45 minutos después de los disparos.

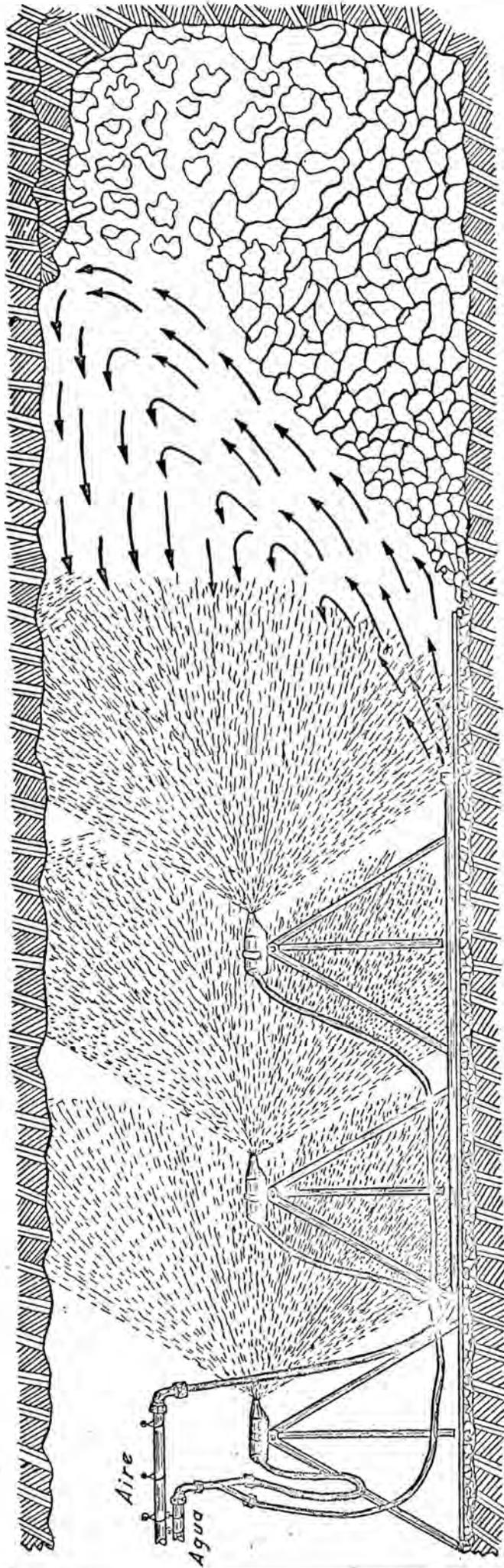
5. En el caso de emplearse atomizadores en espacios confinados como son los frontones y piques, debe contarse con inyector de aire comprimido, los que servirán para remover el polvo y gases del disparo y forzarlos a pasar a través de la cortina de agua atomizada.

6. Impedir el ingreso del personal a los lugares del disparo hasta que las concentraciones de polvo y gases se hayan disipado por debajo de las Concentraciones Máximas Permisibles. Este tiempo es de 3 horas en las minas de nuestra Corporación.

#### RESULTADOS

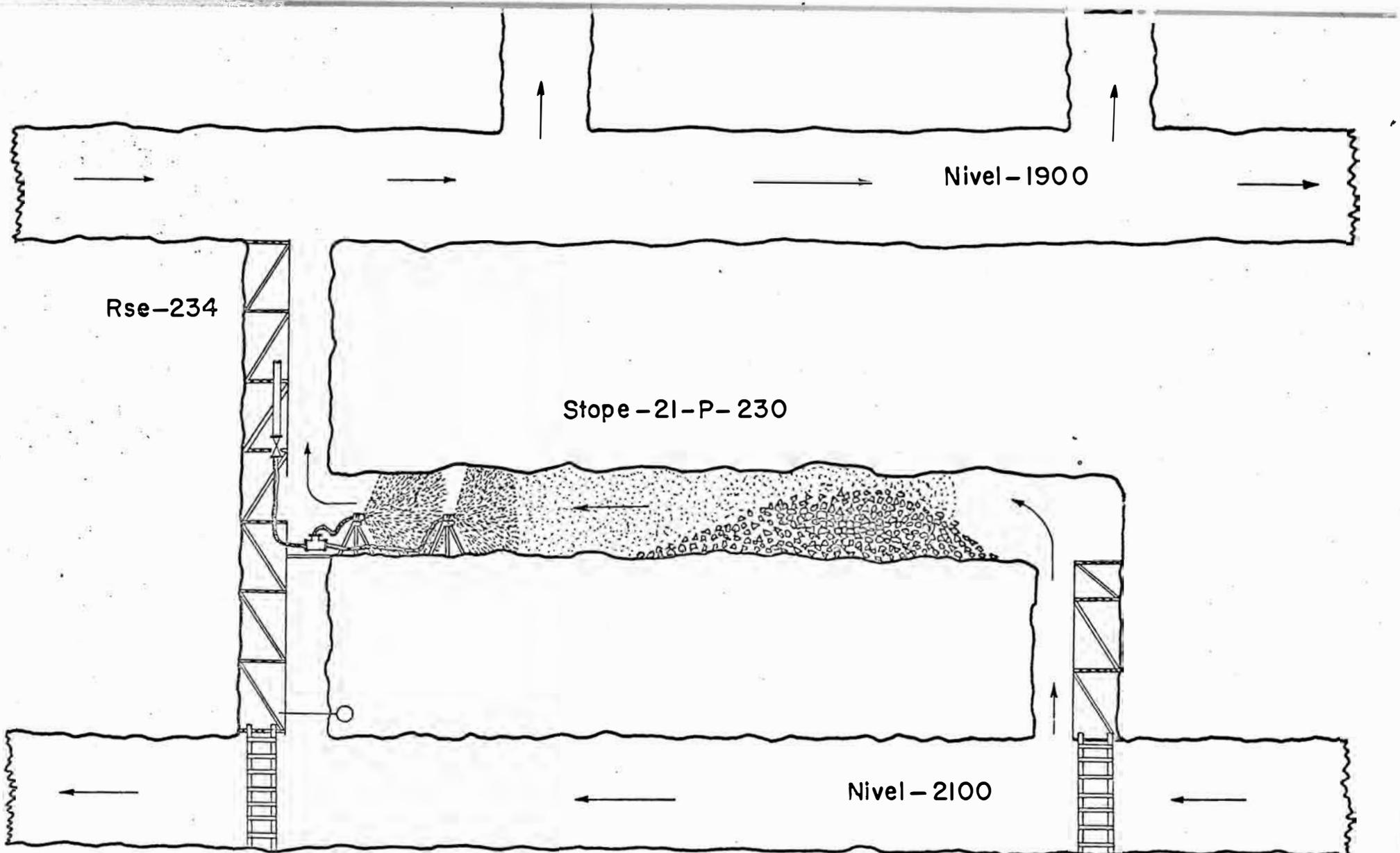
Durante la prueba de la eficiencia de los atomizadores de agua en el control del polvo y algunos gases provenientes de los disparos, se colectaron muestras de polvo tanto con el Midget Impinger Manual como el automático, cuyos resultados se anotan en los cuadros adjuntos.

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	CONCENTRACIONES DE POLVO DESPUES DEL DISPARO EN FRONTONES USANDO ATOMIZADORES HIDRAULICOS*			
	Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
A los 15'	50.7	53.1	51.3	10.3
A los 30'	22.3	35.9	29.3	10.3
A las 2 hrs.	4.3	6.7	5.4	10.3



USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EN VOLADURAS DE FRONTONES  
 fig.B... ubicación aproximada de tres atomizadores fulljet N° 1/8 GG 4.3 W de la spraying systems  
 Co. despues del disparo.

Fig. 18



USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EN VOLADURAS DE TAJEOS

fig.19 .- ubicacion aproximada de dos atomizadores fulljet N° 1/8 GG 4.3 W dela Spraying Sistems Co. despues del disparo

\*Las concentraciones de partículas de polvo están dadas en mppca = millones de partículas de polvo por pie cúbico de aire muestreado.

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	CONCENTRACIONES DE POLVO DESPUES DEL DISPARO EN TAJEOS USANDO ATONIZADORES HIDRAULICOS			
	Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
A los 15'	247.3	254.1	250.3	14.3
A los 30'	13.5	15.2	13.8	14.3
A las 2 hrs.	2.6	4.2	3.7	14.3

Asimismo, se determinaron las concentraciones de los gases generados después de los disparos, mediante el uso de detectores colorimétricos MSA y Fyrites para O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Los resultados los anota-mos a continuación:

INTERVALOS DE TIEMPO DE MUESTREO	GASES DETECTADOS DESPUES DEL DISPARO			Porcentaje de Oxígeno
	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	
A los 15'	5.0*	750	0.5	19.7
A los 30'	1.0	20	0.3	20.3
A las 2 Hrs.	0.0	0.0	0.0	20.5
C. M.P.	5 PPM	50 PPM	0.5%	

\*PPM = Partes por millón por volumen

La observación de estos cuadros, nos indica que con el

uso de atomizadores de agua antes, durante y 45 minutos después de los disparos, se logra disminuir a límites inferiores a los máximos permitidos las concentraciones de polvo y gases producidos por la voladura.

En los tajeos sí existe una velocidad de aire mínima de 80 f.p.m. (pies por minuto) y un área promedio de sección de 3' x 7' = 21 pies cuadrados. Por lo tanto, con el empleo de atomizadores de agua, el ambiente quedará exento de gases y polvo nocivos en aproximadamente 50 minutos después del disparo. Asimismo todo el aire contaminado con polvo y gases del disparo, se limpiará al atravesar la cortina de agua atomizada, precipitando el polvo y parte de los gases. Por consiguiente, el resto de las labores mineras no sufrirán contaminación posterior.

#### CONTROL DEL POLVO EN LA REMOCION DEL MATERIAL DERRIBADO POR LOS DISPAROS

Esta operación es la que también origina una fuerte contaminación por polvo. El origen de estas concentraciones de polvo se debe a que durante la remoción mecánica o manual del mineral el que por hallarse seco, se desprende gran cantidad de polvo que sobrepasan considerablemente las Concentraciones Máximas Permisibles.

Asimismo, el control de polvo de esta operación se consigue humedeciendo con el mismo atomizador hidráulico el material derribado por los disparos. El que es complementado con ventilación adecuada en base a las siguientes recomendaciones:

Los mineros, al llegar al frente de trabajo (frontones,

tajeos y piques), la primera tarea que deben cumplir es humedecer mediante un atomizador hidráulico el material derribado y toda la superficie de su labor, con el fin de prevenir la dispersión del polvo en las operaciones sub-siguientes. Mediante esta misma atomización de agua se reduce la concentración de los gases en especial ( $\text{NO}_2$ ) atrapados en el mineral derribado y que son solubles en agua.

Durante la remoción del mineral o desmonte, ya sea manual (lampeo) o mecánicamente (pala mecánica) el material debe mantenerse húmedo. En el caso que la ventilación sea deficiente, se debe suministrar ventilación mecánica auxiliar, ya sea por inyección, aspiración o una combinación de ambos. Ver Figs. 20 y 21.

## RESULTADOS

A continuación se indican los resultados obtenidos:

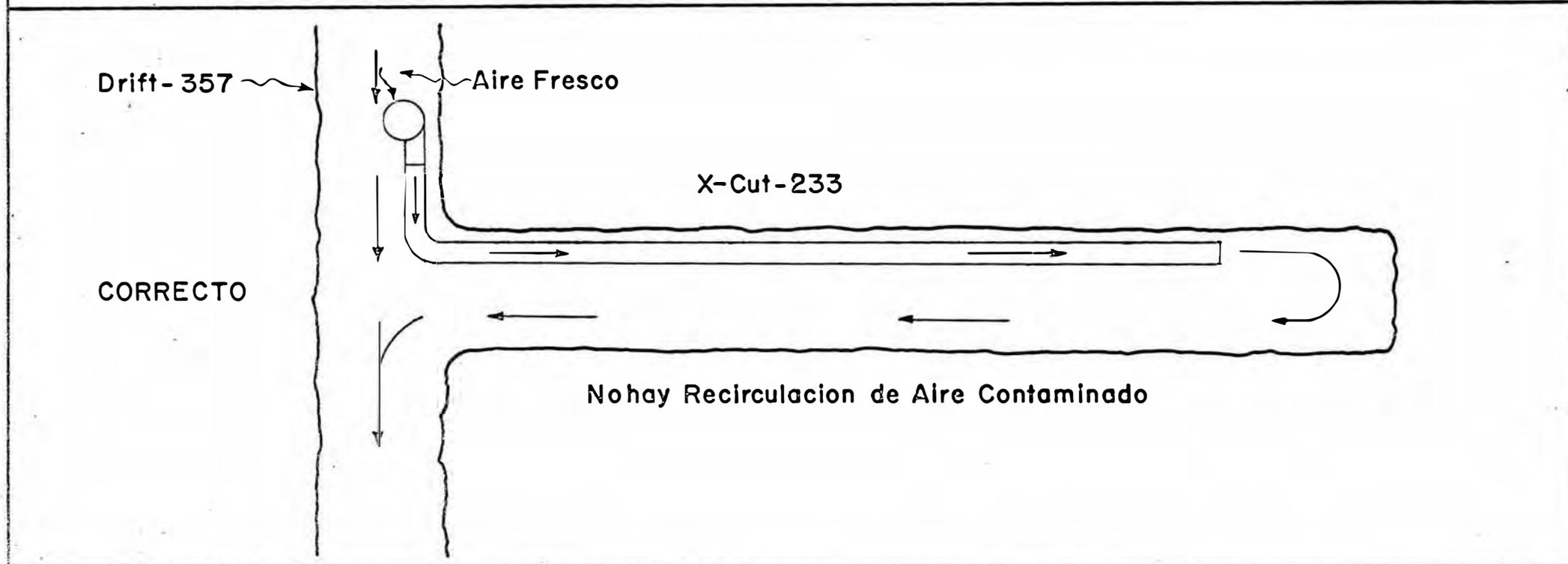
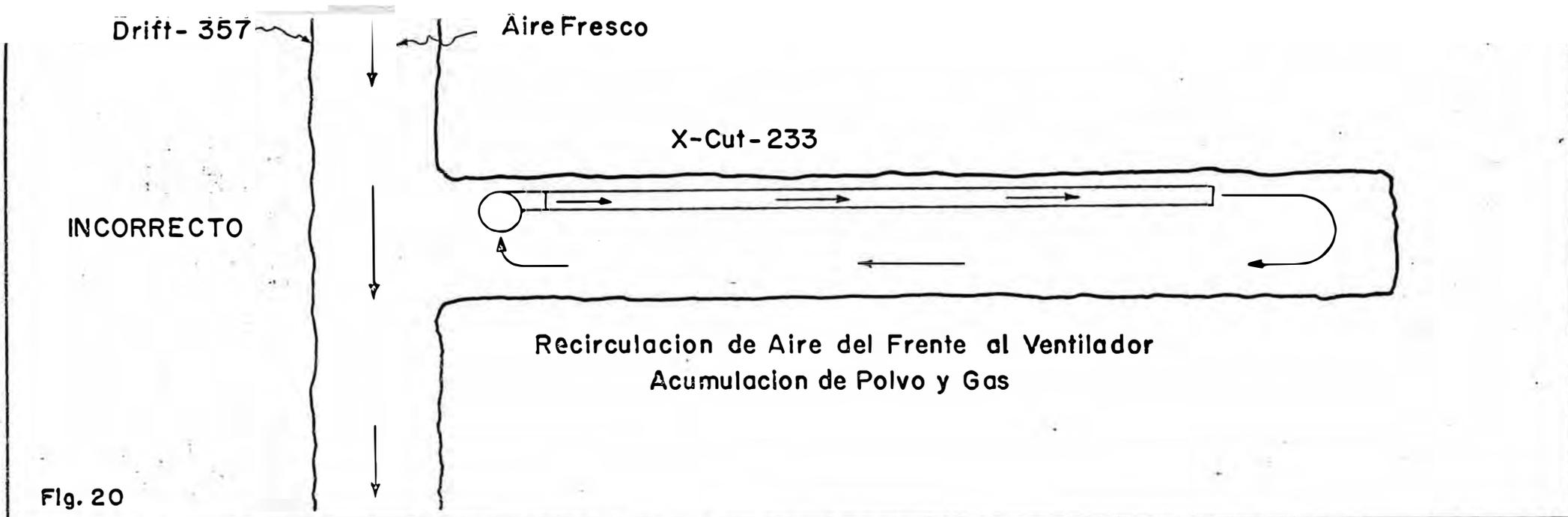
### Paleo Mecánico

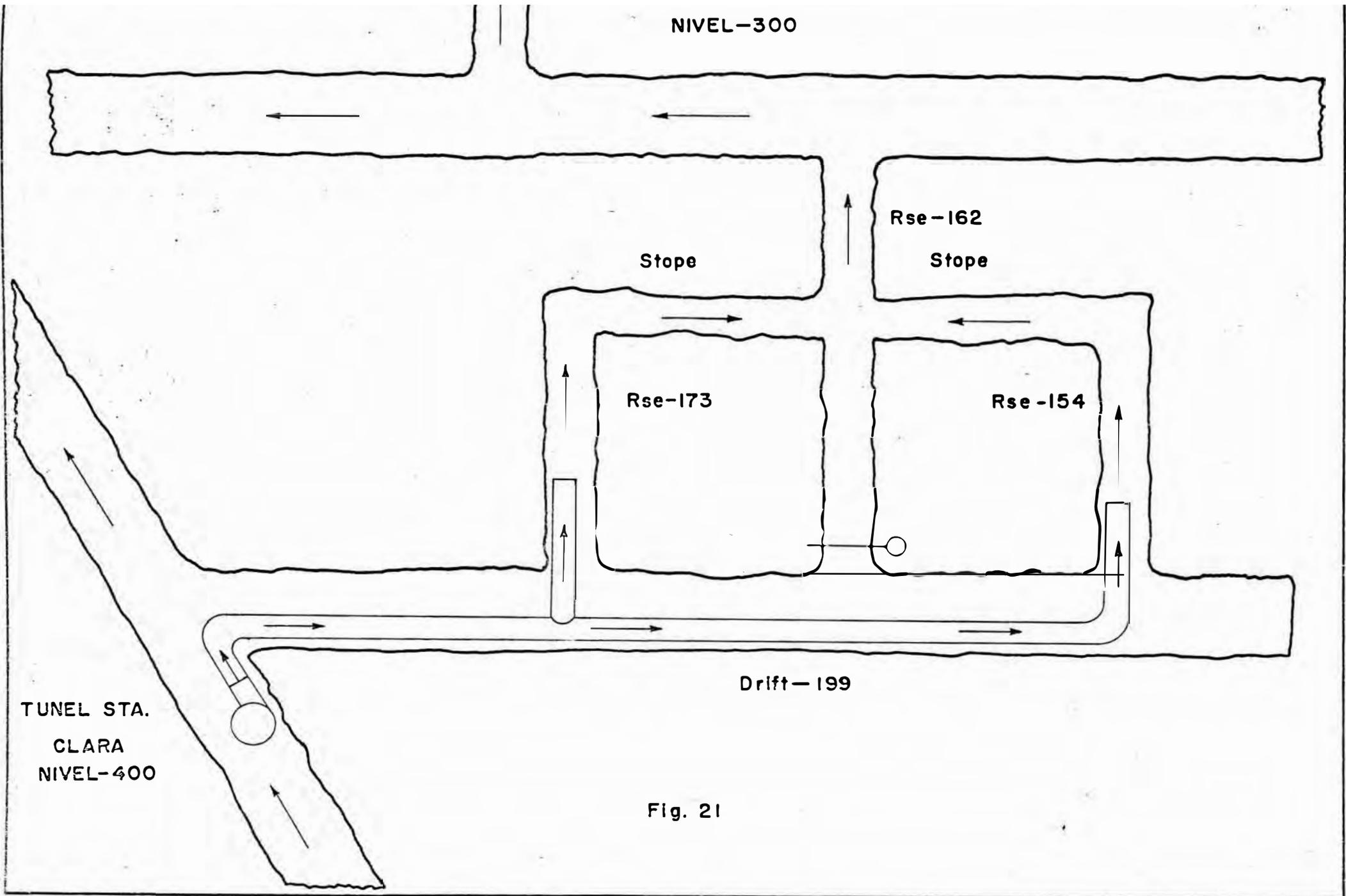
Concentración Promedio	=	5.7	mpppca
Concentración Mínima	=	4.1	"
Concentración Máxima	=	8.4	"
C.M.P. (Promedio)	=	8.6	"

Por lo expuesto observando en el cuadro se recomienda el humedecimiento del mineral o desmonte durante su manipuleo.

## CONTROL DE POLVO EN LA CARGA Y DESCARGA DE LOS CARROS METALEROS

Si se emplearan métodos húmedos para el control de polvo, en las operaciones de disparo y remoción del material roto, la producción del contaminante polvo es mínima, en el carguío y descarga de carros metaleros.





NIVEL-300

Stope

Rse-162

Stope

Rse-173

Rse-154

Drift-199

TUNEL STA.  
CLARA  
NIVEL-400

Fig. 21

Cuando el carguío de los carros se realiza mediante un chute (buzón) y el material es seco, debe procederse al control de polvo mediante atomizadores hidráulicos.

Es necesario confinar el polvo mediante puertas de control y atomizadores hidráulicos durante la descarga de los carros metaleros a los echaderos para mineral o desmonte; para así evitar que el resto de labores se contaminen con el polvo generado en esta operación.

### RESULTADOS

Los siguientes resultados de estas muestras colectadas solamente son aquéllas obtenidas en el carguío de carbón en la Mina Goyllarisquizga donde con anterioridad se instalaron atomizadores hidráulicos.

Concentración Promedio	=	2.3	mpppca
Concentración Mínima	=	2.0	"
Concentración Máxima	=	5.9	"
C.M.P. (Promedio)	=	20.8	"

### CONTROL DE POLVO EN EL DESATADO DE MINERAL O DE ROCAS SUELTAS

En el desatado o desquinche de mineral o de rocas sueltas en los frentes de trabajo después de los disparos, el control de polvo requiere del humedecimiento del área por desatar y mantener siempre una ventilación buena.

El minero debe llevar a cabo esta operación del desatado, dando siempre la espalda a la corriente de aire.

## CONTROL DE POLVO EN LAS FAJAS TRANSPORTADORAS DE CARBÓN

Con el fin de controlar el polvo en las fajas transportadoras en la Mina Goyllarisquizga, se han instalado atomizadores de agua en los lugares de transferencia del carbón: de la canoa a la faja, de una faja a otra faja y de la faja a la tolva de carbón. De esta manera, se logró reducir la concentración de polvo de carbón hasta por debajo de los Límites Máximos Permisibles.

### RESULTADOS

Para evaluar el ambiente de trabajo en las áreas de transporte con fajas se colectaron muestras de polvo de carbón en los puntos de transferencia y en todo el área de transporte. Los resultados los anotamos a continuación:

Concentración Promedio	=	2.5	mppcca
Concentración Mínima	=	2.4	"
Concentración Máxima	=	2.6	"
C.M.P. (Promedio)	=	20.8	"

Ver Figs. Nos. 22 y 23.

### USO DE LOS ATOMIZADORES HIDRAULICOS EN EL FRENTE Y CAJAS, ANTES DE LOS DISPAROS

Antes de efectuar los disparos, es necesario humedecer el frente, techo, piso y cajas, con la finalidad que las partículas de polvo fino se adhieran a estas superficies, previamente humedecidas. Todavía no se han realizado los estudios evaluativos correspondientes a esta operación.

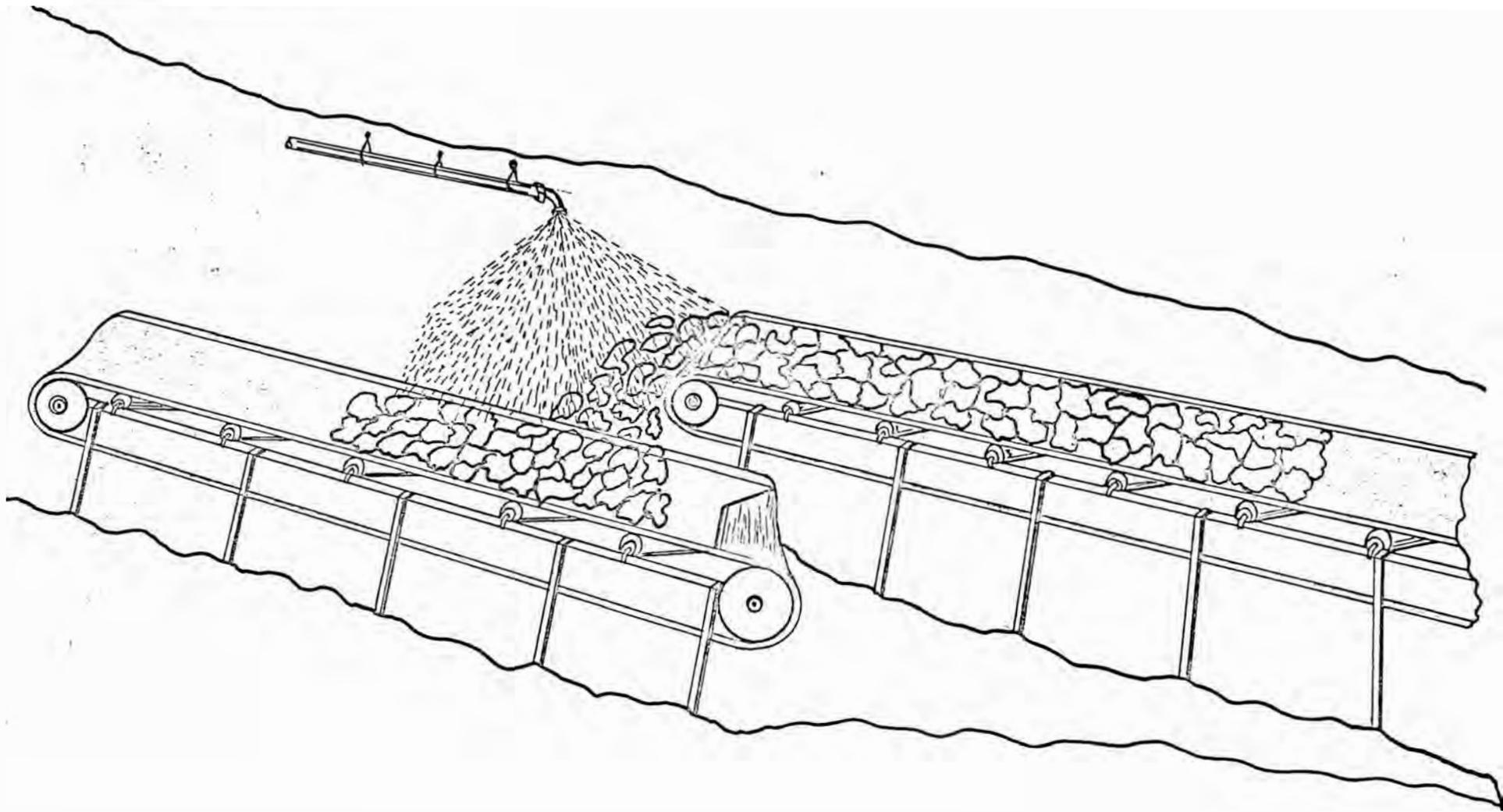
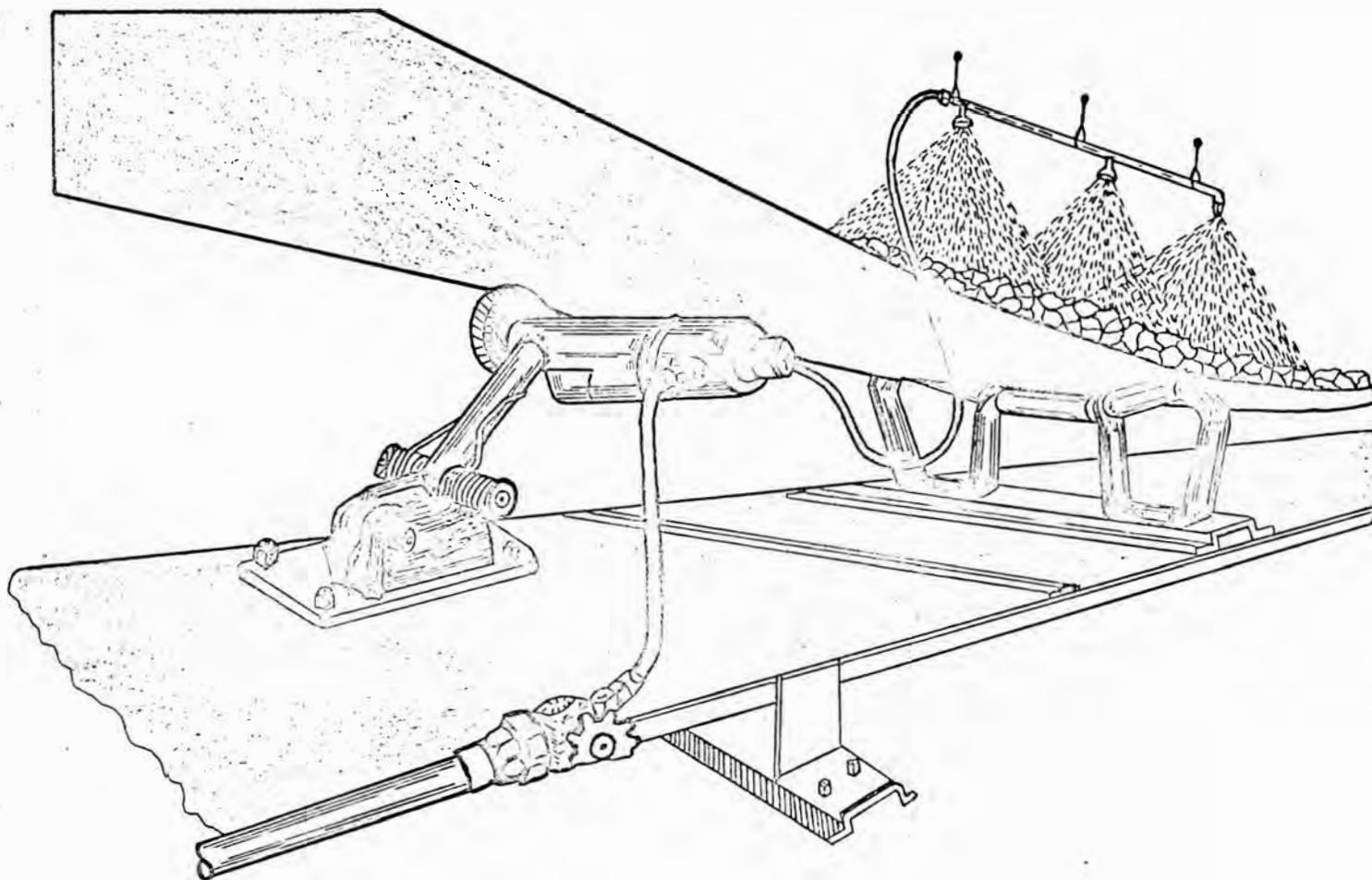


fig-22 - Control de polvo en las fajas transportadoras de carbón.

MINA GOYLLARISQUÍZGA



CONTROL DE POLVO CON DISPOSITIVO AUTOMATICO DE ATOMIZACION DE AGUA PARA  
FAJAS TRANSPORTADORAS

Fig. -23

## CAPITULO VII

### FUENTES DE POLVO EN LAS PLANTAS DE CONCENTRACION DE MINERALES

#### GENERALIDADES

Las principales fuentes generativas de polvo en las plantas de concentración son las siguientes: Trituración primaria y secundaria, clasificación del mineral en las vibradoras y descarga del mineral de las fajas transportadoras a las tolvas de finos.

El mineral, antes de ingresar a las chancadoras primarias y secundarias, pasa por un sistema de clasificación de tamaños, por un cedazo vibrador, a fin de separar todos aquellos trozos que tengan un tamaño igual o menor al producto que se va a obtener en las chancadoras. Entre la abertura de descarga de la chancadora y la faja transportadora se genera bastante polvo cuando el mineral es seco. Estas concentraciones pueden afectar al obrero que labora en estas operaciones.

El mineral depositado en la tolva de finos pasa al molino de bolas para su molienda fina o pulverización. Por efectuarse esta tercera etapa de reducción de tamaños, por lo general en húmedo, no constituye una fuente de producción de polvo.

#### RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE POLVO COLECTADAS EN ESTOS LUGARES

Concentración Promedio	31.8 mpppca
Concentración Mínima	= 27.7 "

Concentración Máxima	39.7 mppca
C.M.P. (Promedio)	= 10.1 "

Como se puede ver las concentraciones halladas estaban sobre la C.M.P. promedio, lo que se traducía en un ambiente contaminado, potencialmente silicógeno.

#### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EXPOSICION AL POLVO POR LOS TRABAJADORES

En las Concentradoras, son muchos los factores que influyen en la exposición de los trabajadores al contaminante polvo. Entre éstos merece especial atención, las características del edificio, la maquinaria empleada, las propiedades físicas y mineralógicas del mineral a tratarse y el orden y limpieza del lugar de trabajo.

El edificio generalmente es diseñado y construido de acuerdo con las principales operaciones de la planta y a la topografía del terreno. Sin embargo, siempre se descuida las instalaciones de ventilación necesarias y los sistemas de control de polvo; razón por la cual cuando la planta está en funcionamiento y a raíz del diagnóstico de casos de Silicosis, recién se recurre a modificaciones estructurales que en el mejor de los casos, si no interrumpen su funcionamiento, originan gastos considerables. Situación que se hubiera evitado tomando en cuenta estas consideraciones durante su fase inicial de diseño y construcción. Las chancadoras primarias y secundarias se encuentran a veces en un mismo lugar del edificio. Por lo tanto, el polvo producido en la trituración primaria contamina el ambiente de trabajo de la

**Chancadora Secundaria.** Si estas secciones de Chancado primario y secundario estuvieran separadas, la exposición al polvo generado de los trabajadores es menor, y más fácil es la aplicación de los métodos de control de polvo.

Las propiedades físicas y mineralógicas del mineral a tratarse, se relacionan principalmente con el grado de humedad del mineral, su resistencia al quebrantamiento y el contenido de sílice libre. El grado de humedad del mineral, como se ha dicho anteriormente, influye en la producción de polvo en tales operaciones como: el almacenamiento, alimentación y transporte; pero, no en la trituración donde es mínima la influencia de la humedad.

El contenido de sílice libre, agente etiológico de la Silicosis, indica tanto el grado de peligrosidad del polvo como el control requerido. Ya que, si tenemos mineral con alto contenido de sílice libre en una proporción mayor al 50%, es necesario un control más estricto que cuando se trata de aquéllos que tienen porcentajes inferiores de sílice libre.

Nosotros hemos colectado muestras de polvo en todos los lugares de producción ya descritos, cuyos resultados exceden en muchos casos a las Concentraciones Máximas Permisibles.

## CAPITULO VIII

### CONTROL DE POLVO EN LAS PLANTAS DE CONCENTRACION DE MINERALES

#### POR ENCERRAMIENTO

Si bien el encerramiento de ciertas operaciones polvorientas en estas plantas es un método bastante efectivo, no es del todo eficiente por sí sólo, sino que requiere la aplicación de otros métodos, tales como el de los atomizadores hidráulicos y la ventilación exhaustiva local. Las operaciones de trituración, clasificación por vibradoras, fajas transportadoras de mineral pueden ser encerradas, impidiendo, en esta forma, la dispersión de las partículas de polvo.

#### POR ATOMIZADORES DE AGUA

El uso de atomizadores de agua, para la supresión de polvo en las Concentradoras de la Cerro de Pasco Corp. ha sido iniciado en Morococha, Casapalca y Mahr Túnel; con posterioridad al éxito alcanzado en los trabajos de explotación subterránea, sobre todo como un sustituto de los sistemas de ventilación exhaustiva local cuyo alto costo de instalación, operación y mantenimiento constituyen su única desventaja en relación con los atomizadores hidráulicos.

#### RESULTADOS

El siguiente cuadro indica los resultados comparativos de la concentración de polvo con y sin atomizadores en la sección de Chancado primario y secundario:

METODO DE CONTROL DEL POLVO	CONCENTRACIONES DE POLVO OBTENIDAS EN LA SECCION CHANCADO PRIMARIO Y SECUNDARIO EN CONCENTRADORAS DE MINERAL			
	Mínima	Máxima	Promedio	C.M.P. (Promedio)
Con Atomizador	5.4	7.4	6.2	10.1
Sin Atomizador	27.7	39.7	31.8	10.1

Ver Fig. 24.

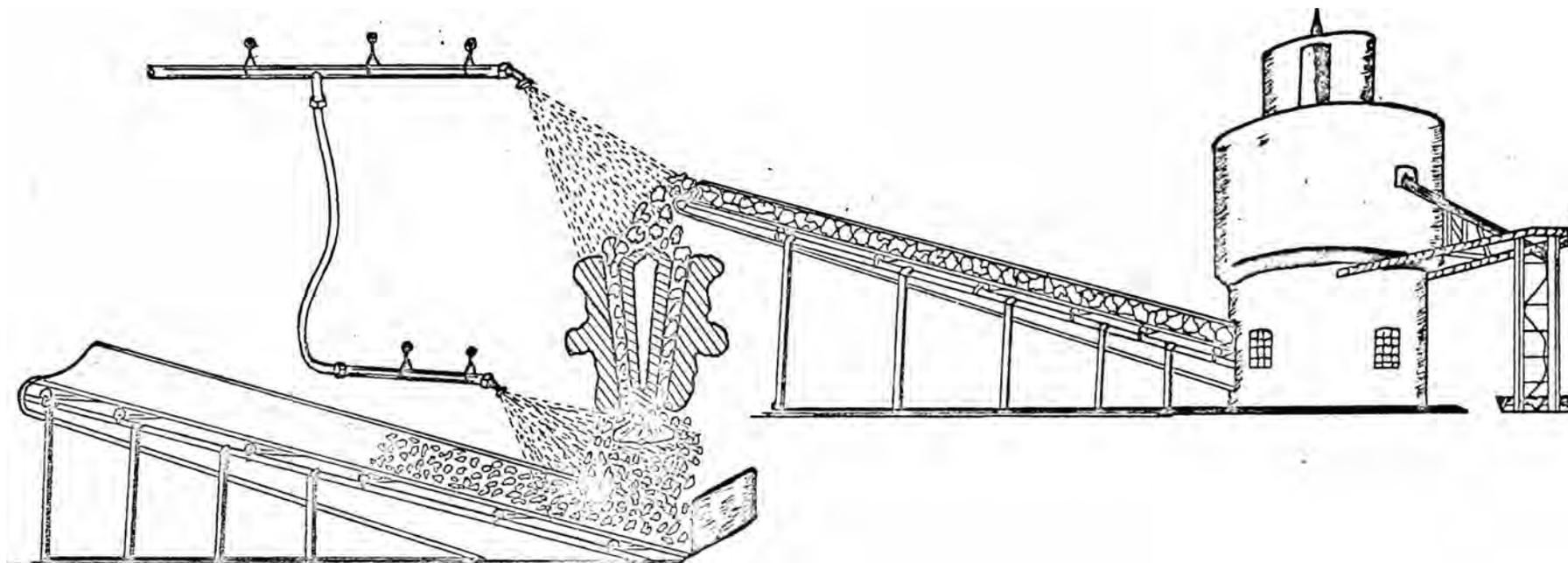
Como se observa en este cuadro, la eficiencia de los atomizadores fluctúa entre un mínimo de 80% y un máximo de 85%.

La posición del atomizador de agua debe instalarse cuidadosamente. Por lo general, a unos dos o tres pies de la fuente de contaminación, con el fin de que la neblina de agua pueda expandirse y cubrir completamente la fuente contaminante. El atomizador debe orientarse siempre en sentido contrario a la dirección del flujo del contaminante a fin de que la cortina de agua atomizada actúe sobre las partículas de polvo que se generan e impida su dispersión. El número de atomizadores a emplearse depende del área por controlar.

El empleo de atomizadores en los Cedazos Vibradores y puntos de transferencia de mineral en las fajas transportadoras, es necesario porque son fuentes de producción de polvo en concentraciones apreciables.

#### RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO DE LOS ATOMIZADORES HIDRAULICOS

Para lograr un trabajo eficiente de los atomizadores en



CONTROL DE POLVO CON ATOMIZADORES DE AGUA EN LAS  
CHANCADORAS

fig-24

las concentradoras se recomienda:

1. Seleccionar el tipo de atomizadores hidráulicos apropiados; es decir los de turbulencia, ya sean del tipo de ranura tangencial o de canal helicoidal y con una abertura de descarga comprendida entre 0.5 y 1.0 mm.
2. Mantener la presión del agua aproximadamente a 50 lbs/pulg.<sup>2</sup>, con un sistema de tuberías de agua sea exclusivamente para el uso de los atomizadores.
3. Para evitar que se atasquen los atomizadores deben tener filtros y hacer un buen mantenimiento.
4. La posición del atomizador deberá hacerse a unos dos o tres pies de la fuente de contaminación, con el fin de que la cortina de agua pueda expandirse y cubrir la zona del contaminante.
5. La cortina de agua del atomizador debe dirigirse siempre en sentido contrario al de la dirección del flujo del contaminante polvo, con el fin de evitar la dispersión de las partículas de agua.
6. El número de atomizadores a emplearse en cada fuente de producción de polvo depende del área por controlar.
7. Cada tres meses, se llevan a efecto muestreos de polvo, para evaluar si el ambiente de trabajo ha mejorado. Este trabajo de evaluación verifica la eficiencia de los atomizadores; y en caso que las concentraciones de partículas de polvo halladas superan el Límite Máximo Permisible, se procede a detectar cualquier falla en el sistema.

## POR VENTILACION EXHAUSTIVA LOCAL

Los procesos polvorientos como las operaciones de Trituración primaria y secundaria son fuentes considerables de contaminación del ambiente de trabajo. Uno de los métodos importantes por su efectividad es el de la "Prevención de la Dispersión del Contaminante Polvo por Medio de la Ventilación Exhaustiva Local".

Este método consiste en prevenir el escape de los contaminantes ambientales en su punto de origen, a un espacio circundante, mediante la formación de una barrera aerodinámica para estos agentes y obligándolos a fluir hacia una entrada que, cualquiera que sea su forma, recibe el nombre genérico de "Campanas" para pasar luego por un sistema de tuberías, un elemento de limpieza, el ventilador que crea una presión negativa, para finalmente terminar en un punto de drenaje fuera del ambiente de trabajo. Ver Fig. No. 25.

En resumen los elementos de todo sistema de ventilación exhaustiva son:

- La campana de succión.
- Sistemas de tuberías.
- El colector.
- El ventilador y su motor

## CALCULO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE VENTILACION

### Diseño de la Campana

Todo diseño de una campana comprende:

- Estudio del proceso u operación.

CONTROL DE POLVO POR VENTILACION EXHAUSTIVA LOCAL.

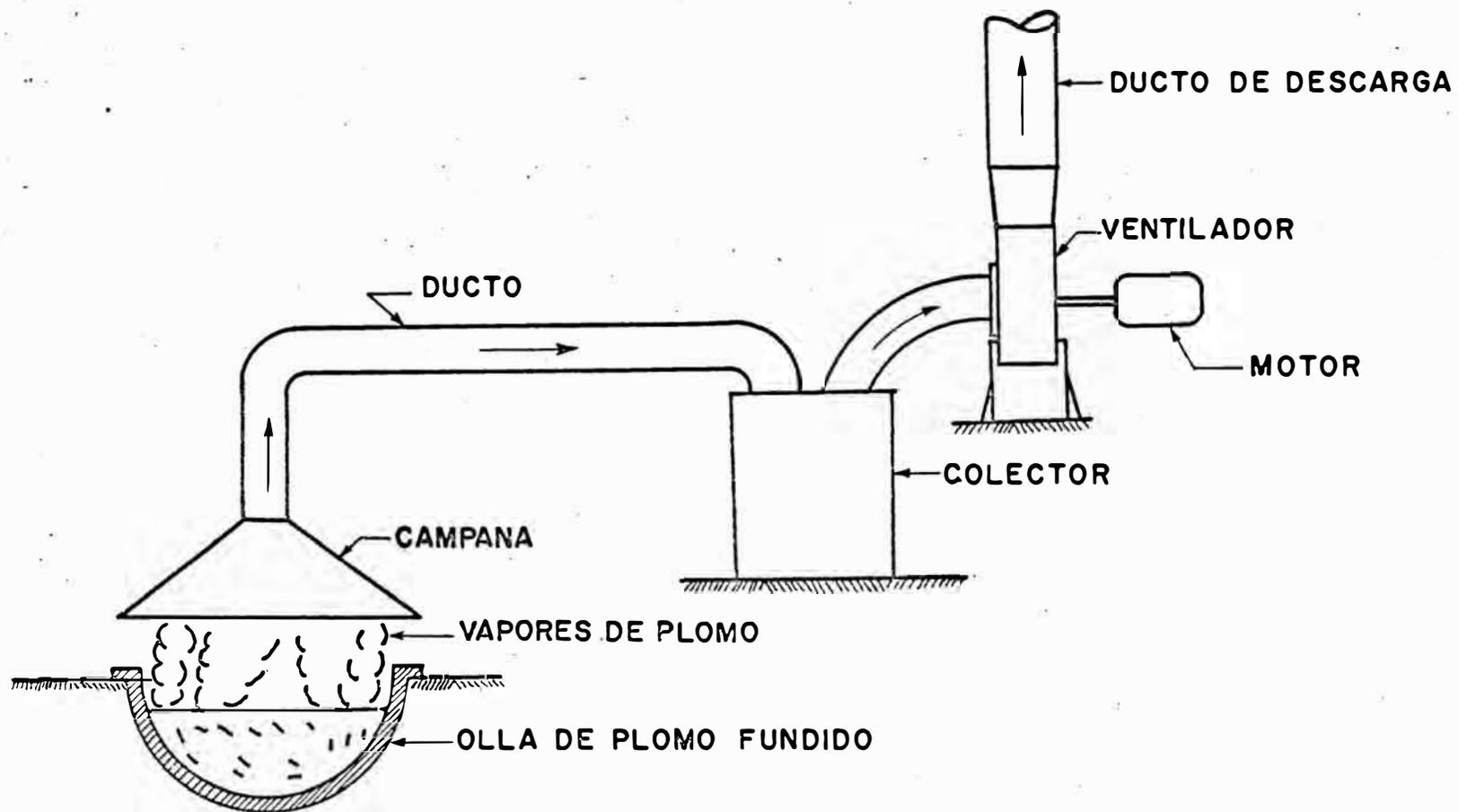


Fig.- 25

- Estudio del equipo y estructura alrededor de la operación.
- Selección del mejor tipo de campana.
- Desarrollo de la forma y tamaño de la campana.
- Selección de la Mínima velocidad de captura.
- Determinación del volumen de aire a aspirarse.

### VELOCIDAD DE CAPTURA

Es la velocidad que debe producirse a una distancia determinada frente a la campana de succión capaz de vencer las corrientes de aire que se oponen y provocar el flujo de aire contaminado hacia el sistema. Esta velocidad nos la da la propia experiencia. Sin embargo, hay algunos autores que han confeccionado tablas de velocidades de captura para diferentes condiciones de generación y dispersión del contaminante.

### VOLUMEN DE AIRE A ASPIRARSE

Existen diversas fórmulas de flujos de aire versus forma y tamaño de la campana y la velocidad de captura. Por ejemplo para una campana Canopy se tiene:

$$Q = 14 P.D.V.$$

Donde:

Q = Flujo de aire en pies cúbicos por minuto.

P = Perímetro de la campana en pies.

D = Altura de la fuente del contaminante a la campana en pies.

V = Velocidad de captura en pies por minuto.

## DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERIAS

El cálculo del sistema de tuberías comprende:

- a) Distribución de los ductos.
- b) Velocidad de transporte

Velocidad de transporte es la mínima velocidad requerida para que el polvo pueda moverse a través del ducto.

- c) Tamaño de las tuberías.

Teniendo el volumen de aire (Q) que atraviesa por una tubería y la velocidad de transporte (Vt) se puede calcular el área de la succión recta (A).

$$A = \frac{Q}{Vt}$$

- d) Pérdidas de presión

El aire que circula por una red de distribución experimenta dos clases de pérdidas de presión, las debidas al rozamiento contra las paredes de las tuberías y las originadas por los cambios de dirección y de sección transversal.

Las pérdidas por fricción en tuberías rectas se calculan usando abacos. Para entrar a este abaco es necesario conocer la Velocidad de Transporte y el tamaño de la tubería.

Las pérdidas por cambio de dirección y succión transversal se calculan en base a factores de conversión que puede sustituir

el accesorio de la tubería por una longitud equivalente de tramo recto.

### SELECCION DEL COLECTOR DE POLVOS

Casi un sinnúmero de sistemas de ventilación exhaustiva local requieren de colectores de polvo no solo para recuperar las sustancias valiosas sino con el fin de prevenir la circulación en las salas de trabajo o la contaminación de las áreas vecinas o el ambiente atmosférico de la comunidad.

También son necesarios estos dispositivos para proteger al ventilador contra las propiedades abrasivas del polvo.

Los tipos de colectores de polvo más conocidos son:

- a) Colectores de tela.
- b) Colectores húmedos.
- c) Colectores centrifugos.
- d) Colectores electrostáticos.

La elección del tipo de colector depende de:

- Cantidad de polvo que pasa por unidad de volumen de aire.
- Características del polvo.
- Eficiencia deseada.

### SELECCION DEL VENTILADOR

Los requisitos necesarios para la selección del ventilador son:

- a) Volumen requerido (C.F.M.).
- b) Presión estática (S.P. en pulgadas de agua).
- c) Tipo de material a manipularse.

- d) Tipo de transmisión.
- e) Temperatura de trabajo.
- f) Grado de corrosión del material manipulado.

La potencia del ventilador se puede calcular con la

fórmula:

$$HP = \frac{CFM \times SP}{6356 \times e}$$

Donde:

e = Eficiencia mecánica del ventilador

### RESULTADOS

En la Concentradora de Minerales de Mahr Túnel, en la Sección de Chancado primario y secundario, se ha instalado un sistema de ventilación exhaustiva local, cuya eficiencia en la captura de polvo suministra un ambiente de trabajo donde las concentraciones de las partículas de polvo son inferiores a la C.M.P. y cuyos resultados se dan a continuación:

Concentración Promedio	=	4.2 mpppca
Concentración Mínima	=	3.4 "
Concentración Máxima	=	5.0 "
C.M.P. (Promedio)	=	7.8 "

## CAPITULO IX

### ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE POLVO

#### MEDIDAS DE CARACTER GENERAL

Las siguientes medidas y facilidades para el control de polvo son las más efectivas a nuestro juicio y las que se necesitan para impulsar y asegurar un mantenimiento y operación adecuados del equipo de supresión de polvo, y evaluar los resultados del programa establecido:

a) Instalación de un laboratorio dotado de equipos de muestreo de aire y microscopio para determinar la concentración y tamaños de las partículas de polvo; para análisis de sílice libre y gases, con la finalidad de calcular la Concentración Máxima Permissible y evacuar de inmediato el reporte respectivo con los resultados hallados. La Cerro de Pasco Corporation ya cuenta con un laboratorio para este objetivo.

b) Confección de planos de Ventilación de las Minas los que deben indicar la dirección del aire, velocidades y volúmenes de aire, estaciones o puntos de control de ventilación y muestreo de polvo, puertas de ventilación, puertas con reguladores, tapones y ubicación de ventiladores principales y auxiliares, señalización de los caminos de evacuación en casos de emergencia y ubicación de refugios.

c) Informe de los resultados obtenidos de las muestras de polvo colectadas con recomendaciones para corregir las deficiencias que se hayan encontrado.

## CONTROL DE INGENIERIA

a) Es norma establecida que, cada tres meses, en cada mina se hacen mediciones de ventilación en puntos establecidos de antemano para determinar velocidades del aire, volúmenes, áreas, temperaturas, humedades relativas y resistencias.

b) Al mismo tiempo que se hacen los trabajos del párrafo anterior, se colectan muestras de polvo en estos puntos de control. Posteriormente se lleva a cabo la cuenta de las partículas de polvo en el microscopio para determinar su concentración, tamaño y análisis de sílice libre. Una vez obtenidos los resultados se comparan con los resultados anteriores, evaluando así la efectividad de las medidas de control adoptadas.

c) Es también norma establecida que, al mismo tiempo que se efectúan los trabajos de los párrafos (a) y (b), hacer mediciones de los sistemas de ventilación mecánica existentes, a fin de verificar su eficiencia operacional y evacuar las recomendaciones pertinentes.

d) Tenemos en mente recopilar y evaluar toda la información disponible de las Historias Médico-Ocupacionales de los hombres a quienes se diagnosticaron ó indemnizaron como silicosos, con el fin de correlacionar la enfermedad con el ambiente en que trabajó con las concentraciones posibles que existieron y el tiempo de evolución de la enfermedad hasta su diagnóstico positivo por nuestros médicos de la División de Higiene Industrial.

e) Cada mina de la Cerro de Pasco Corporation cuenta con un grupo de 5 hombres como mínimo y debidamente entrenados en los conceptos básicos de ventilación, peligros de las concentraciones de polvo y gases, que se dedican a los trabajos de encauzamiento del aire fresco hacia las labores en explotación y de éstas hacia el circuito de retorno. Los resultados obtenidos son óptimos y de mucho valor tanto técnico como económico.

f) Los muestreos y cuenta periódica de las partículas de polvo sirven para indicar el grado de mejora logrado con los atomizadores hidráulicos en el control de polvo de los disparos, la perforación con barrenos Coronant o brocas de cuatro huecos en vez de uno para la inyección de agua y el encauzamiento del aire está contribuyendo a resolver el problema del polvo.

g) Se tiene programado, en colaboración con los médicos de Higiene Industrial, estudiar en las biopsias o autopsias de los pulmones de personas fallecidas por silicosis, el tamaño de las partículas de polvo, el contenido de sílice libre y la concentración existente.

h) Los exámenes médicos preocupacionales descartan toda posibilidad de admitir hombres afectados de silicosis. En igual forma, los exámenes anuales de los mineros indican los lugares donde se debe mejorar las condiciones ambientales de trabajo.

i) Se ubican áreas en la mina con ambientes de trabajo casi similares al de las de la superficie, para que los hombres pre-

silicosos en vez de salir forzosamente a trabajar a la superficie puedan seguir laborando sin peligro de que la enfermedad evolucione para así no correr el riesgo de vernos algún día con muchos hombres en la superficie y pocos en la mina.

g) Por muy buenas que sean las intenciones de la Gerencia en promover y establecer programas de supresión de polvo bien planificados, los resultados serán desalentadores sino se aplican en forma apropiada y si no se hacen esfuerzos para orientar, entrenar y educar a los mineros que están expuestos al polvo; para que, por ende, colaboren consciente y responsablemente en su control. En esta cruzada, los Supervisores desempeñan un rol importante porque tienen el deber y responsabilidad ineludibles de lograr un lugar de trabajo limpio, higiénico para la salud y dotado de efectivos sistemas de ventilación acorde con los requerimientos mínimos para el bienestar del valioso capital humano.

## CAPITULO X

### COSTO DE LA ENFERMEDAD OCUPACIONAL DE LA SILICOSIS

#### CAMPAMENTOS MINEROS

Para establecer el costo originado por la silicosis, se ha considerado a seis Campamentos Mineros, que por <sup>el</sup> largo tiempo en las operaciones de explotación y permanencia del personal en trabajo, permiten obtener datos epidemiológicos importantes.

Estas minas son las ubicadas en:

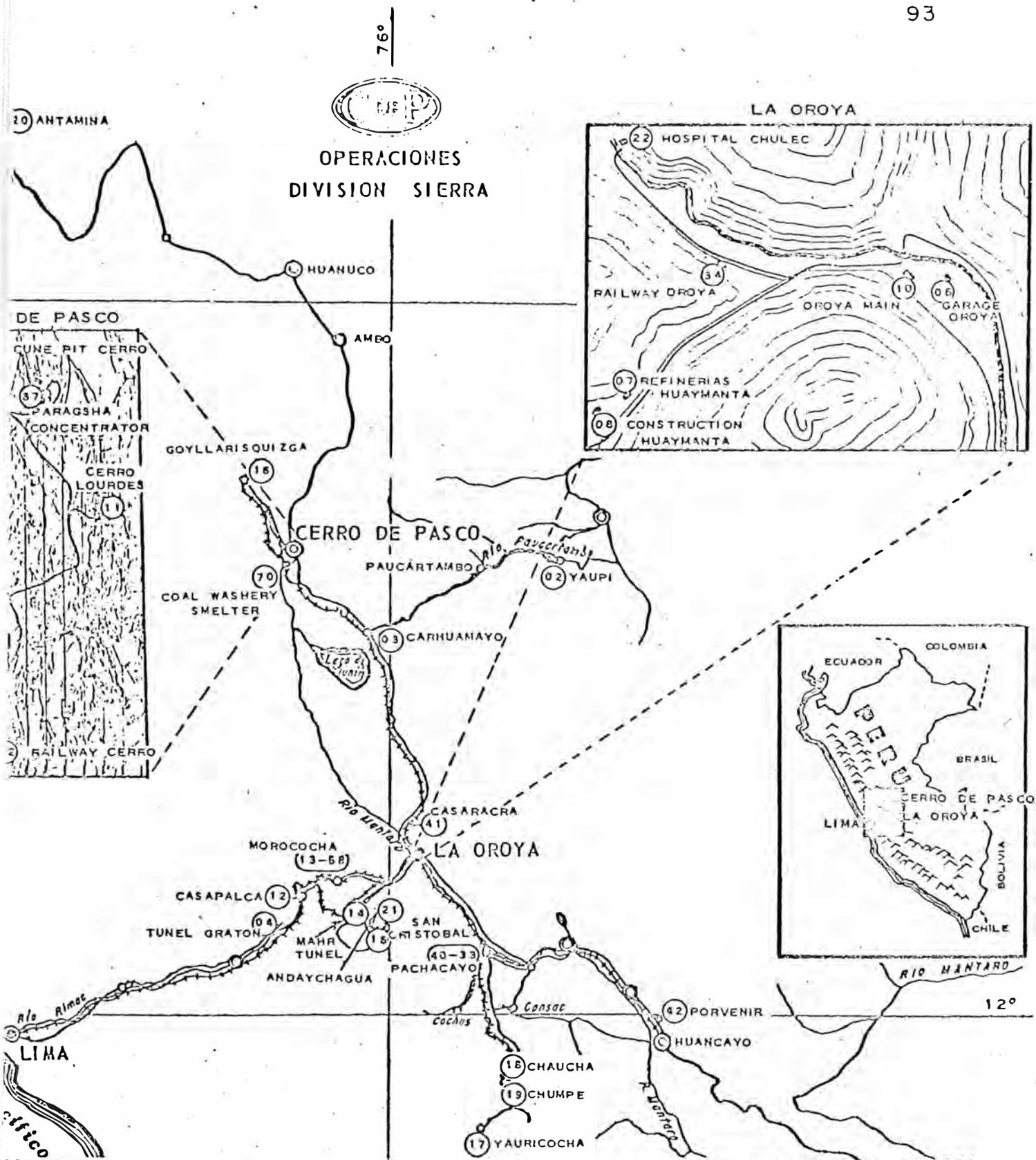
Casapalca	con	597	mineros
Morococha	"	1004	"
San Cristóbal	"	577	"
Yauricocha	"	595	"
Cerro de Pasco (mina)	"	907	"
Goyllarisquizga	"	595	"

Las cinco primeras minas son campamentos donde se explotan minerales metálicos y la última, Goyllarisquizga, es mina de carbón bituminoso.

Todos los Campamentos mineros descritos, se encuentran situados en la región Central de los Andes Peruanos y cuya situación geográfica exacta, se señala en la Fig. No. 26.

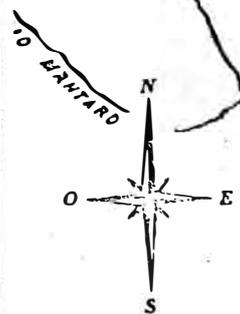
Las altitudes sobre el nivel del mar de nuestros yacimientos son:

Casapalca	4,191	metros
Morococha	4,526	"



LOCACIONES — DISTANCIAS

Des. LIMA	Des. OROYA	Des. LIMA	Des. OROYA	Des. LIMA	Des. OROYA
KMS.	KMS.	KMS.	KMS.	KMS.	KMS.
1	384	12 CASAPALCA	125	22 HOSPITAL CHULEC	190
YAUAYO	274	13 MOROCOCHA	150	32 RAILWAY-CERRO	323
DE TUNEL	103	14 MAHR TUNEL	162	33 RAILWAY-PACHACATO	229
IZA	571	15 SAN CRISTOBAL	182	34 RAILWAY-OROYA	189
DE OROYA	188.5	16 OYLLAR	354	40 EDA. PACHACATO	229
SMELTER	184	17 YAURICOCHA	330	41 EDA. CASARACRA	202
P. OROYA	183	18 CHAUCHA	310	42 EDA. PORVENIR	313
DE PIT	320	19 CHUMPE	323	67 PARAGSHA CONG.	321
LA MAIN	188	20 ANTAMINA	621	68 MOROCOCHA CONG.	148
	318	21 ANDAYCHAGUA	192	70 COAL WASHERY	306
					118



San Cristóbal	4,724 metros
Yauricocha	4,654 "
Cerro de Pasco	4,328 "
Goyllarisquiza	4,185 "

## CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE ESTOS CAMPAMENTOS

### Casapalca

La actual explotación se hace en rocas volcánicas (Pórfido Carlos Francisco) del tipo andesítico y, una pequeña parte de las vetas están en las capas rojas (Casapalca Red Beds) que son arenizas y lutitas, con un alto contenido de sílice. La mineralización se caracteriza por tener abundantes geodas con cuarzo bien cristalizado.

### Morococha

Este yacimiento tiene varias zonas. Algunas vetas (Sección Sulfurosa) están sobre formaciones volcánicas del tipo Catalina, con alto contenido de cuarzo. En la zona central, las vetas están en una monzonita cuarcífera. Una parte pequeña de la explotación se hace en mantos de caliza (Cmba).

### San Cristóbal

Actualmente se trabaja en vetas que están en roca volcánica, calizas y filitas. La ganga está compuesta de cuarzo, pirita, y carbonatos. Muchas de las labores están bajo un glaciar de donde se filtra gran cantidad de agua, por lo que son muy húmedas, disminuyendo la cantidad de partículas de polvo que se desprenden durante

la explotación.

### Yauricocha

El yacimiento está formado por sulfuros y algo de óxidos de cobre, que forman cuerpos de mineralización en caliza, con un porcentaje mínimo de sílice.

### Cerro de Pasco

Los cuerpos mineralizados se encuentran dentro de una masa de pirita y cuarzo, que obliga a atravesarlos para hacer la explotación de los minerales económicos.

### Goyllarisquiza

Los mantos de carbón se encuentran dentro de la formación geológica llamada Goyllarisquiza, que son areniscas con un porcentaje muy alto de sílice.

Los minerales habituales del cobre son: Chalcopirita, Chalcosita, Enargita, Covelita, Tetraedrita, etc. Del Plomo: Galena. Del Zinc: Esfalerita y Marmatita. De Plata: Polibasita, Prustita, Argentita y Plata nativa. Del Hierro: Pirita, Pirotitita, Arsenopirita, etc. Hay también mineral de Tungsteno como la Hubnerita y la Schelita. También hay Bismuto nativo y Bismutinita.

La ganga está compuesta de sílice amorfa y cuarzos, calcita, siderita, arcillas, etc.

Los tipos de explotación subterránea son: shrinkage, cut & fill, square set y en Goyllarisquiza el long-wall.

El total de trabajadores de la Cerro de Pasco Corp. que laboran en la División Sierra, directamente en Minería es de:

Obreros	13,545
Empleados	1,894
Supervisores	<u>515</u>
TOTAL	<u>15,954</u>

El porcentaje de trabajadores expuestos al polvo silicógeno es del 26 al 30%.

#### COSTO DIRECTO DE LA SILICOSIS

El costo directo de la Silicosis durante 1966 ha sido de:

US\$ 132,166.88 = S/ 3'544,715.00

a S/ 26.82/dólar

a) Gastos por indemnizaciones	US\$ 54,208.30
Gastos por pensiones	23,984.22
b) Gastos por sistemas y programas de control:	
50% del costo de la División de Higiene Industrial	26,850.00
25% del costo de la Sección Ventilación de Minas y Concentradoras	15,724.36
25% del Costo de Administración del Dpto. de Seguridad e Higiene Industrial	11,500.00

Como se sabe los costos indirectos son 4 veces el costo directo. Es pues evidente que la terrible enfermedad de la Silicosis

ocasiona un elevadísimo precio a la industria minera.

La incidencia de los casos de Silicosis en los diversos Campamentos fué la siguiente durante 1966:

*Casapalca	4.15%
*Morococha	3.21%
*San Cristóbal	1.06%
*Yauricocha	1.08%
*Cerro de Pasco	2.48%
Goyllarisquizga:	7.63%

\*Promedio para las minas metálicas: 2.34%

El tiempo de exposición para adquirir silicosis, ha sido en la Cerro de Pasco Corporation, siempre superior a los 10 años de trabajo continuo.

La magnitud del riesgo, como puede observarse, está en relación con las características geológicas de las minas, la forma de trabajo, de la eficiencia de los sistemas de ventilación y métodos de control de polvo.

#### INDEMNIZACION A LOS TRABAJADORES POR CONTRAER SILICOSIS

El pago de una indemnización por incapacidad permanente tiene como fin, reparar las consecuencias de los infortunios del trabajo y, especialmente, compensar la pérdida de la capacidad de ingreso económico familiar. También tiene por finalidad compensar el daño ocasionado al organismo del incapacitado. Es por esta razón, que las indemnizaciones deberían estar acorde a la capacidad de ganancia del minero, a fin de no dejar en desamparo a las víctimas o a los miembros

de su familia que dependen económicamente de él.

De acuerdo al Art. 10 de la Ley No. 7975, se consideran solamente dos grados de incapacidad. El de primer grado que produce incapacidad parcial y permanente, es aquel en el que el minero sin gozar de salud, puede trabajar en otras actividades; y el de segundo grado, que produce incapacidad absoluta y permanente, es aquel en que el enfermo, atacado de fibrosis pulmonar avanzada, está condenado a la inactividad.

De acuerdo a la legislación laboral, las incapacidades indemnizables por enfermedades ocupacionales, entre ellas la Silicosis, se equiparan a los accidentes de trabajo. Este tipo de incapacidad, lo determina el médico de parte de la Empresa y en caso de haber disputa, existe la Junta Pericial de Neumoconiosis, organismos cuyo fallo es final é inapelable. Queda a criterio del empleador responsable, redimir su deuda mediante un solo pago, equivalente a 600 salarios, con un máximo de 40,000 soles (US 1,491 a 26.82/dólar) o pagar una pensión mensual, cuyo monto determina el Juez. Monto que percibirá de por vida el incapacitado.

En caso que el incapacitado considere inconveniente para sus intereses lo indicado en la legislación laboral, puede acogerse al dispositivo No. 1136 del Código Civil e iniciar a su empleador un juicio ordinario, cuyo monto indemnizatorio o forma de pago, no están previamente establecidos y dependen de la acción judicial.

## CAPITULO XI

### RESPIRADORES PARA POLVO

Aunque no es precisamente la forma de control más efectiva en la lucha contra el polvo, al personal que labora en operaciones polvorientas, debe exigírsele el uso de respiradores contra el polvo del tipo aprobado por el "Buro de Minas de los Estados Unidos de Norteamérica", hasta que se introduzcan las medidas de control de polvo y las concentraciones sean reducidas dentro de los límites tolerables. No se debe confiar en la eficacia de estos aparatos de respiración, ya que, realmente son un obstáculo para un trabajo fuerte y eficiente particularmente a grandes alturas sobre el nivel del mar, debido a que la respiración del minero se torna más difícil con un esfuerzo físico intenso que origina una fuerte resistencia al respirar. De ahí que el minero prefiere no usarlo, teniéndolo casi siempre colgado como adorno en su pecho.

#### COSTO POR EL USO DE RESPIRADORES

El costo inicial de los respiradores y su mantenimiento adecuado es elevado y su eficacia en el control del polvo, a veces es nulo porque no lo usan. A esto debe añadirse que hay operaciones en la mina (perforación) donde las condiciones ambientales del trabajo no permiten usar el respirador porque se moja y la resistencia al respirar aumenta con el esfuerzo físico del hombre.

Por lo expuesto, creemos sinceramente es mejor resolver el problema desde su raíz dotando al ambiente de trabajo de un buen sistema de ventilación y de control del polvo, en vez de suministrar indiscriminadamente tales implementos que solamente contribuyen a dilatar la solución del problema y a incrementar la lesión de mineros, ya numerosa, atacada por la silicosis, terrible producto de los esfuerzos del hombre por desenterrar las riquezas del subsuelo en beneficio de la industria y la sociedad.

## CAPITULO XII

### CONCLUSIONES

1. Es de innegable importancia la perforación neumática con agua, en todas sus etapas, empleando barrenos y brocas con cuatro orificios, en vez de uno, para lograr reducir la concentración de polvo por debajo de los límites máximos permitidos.

2. Generalizar el empleo de atomizadores hidráulicos para evitar la contaminación por dispersión del polvo tanto en operaciones de voladura, en frontones, tajeos y piques, como en el resto de las labores en explotación de la mina.

3. Iniciar el uso de dispositivos de atomización de agua automáticos en la descarga del mineral de los carros metálicos a los buzones o echaderos para, igualmente, disminuir la concentración de polvo generado en esta operación.

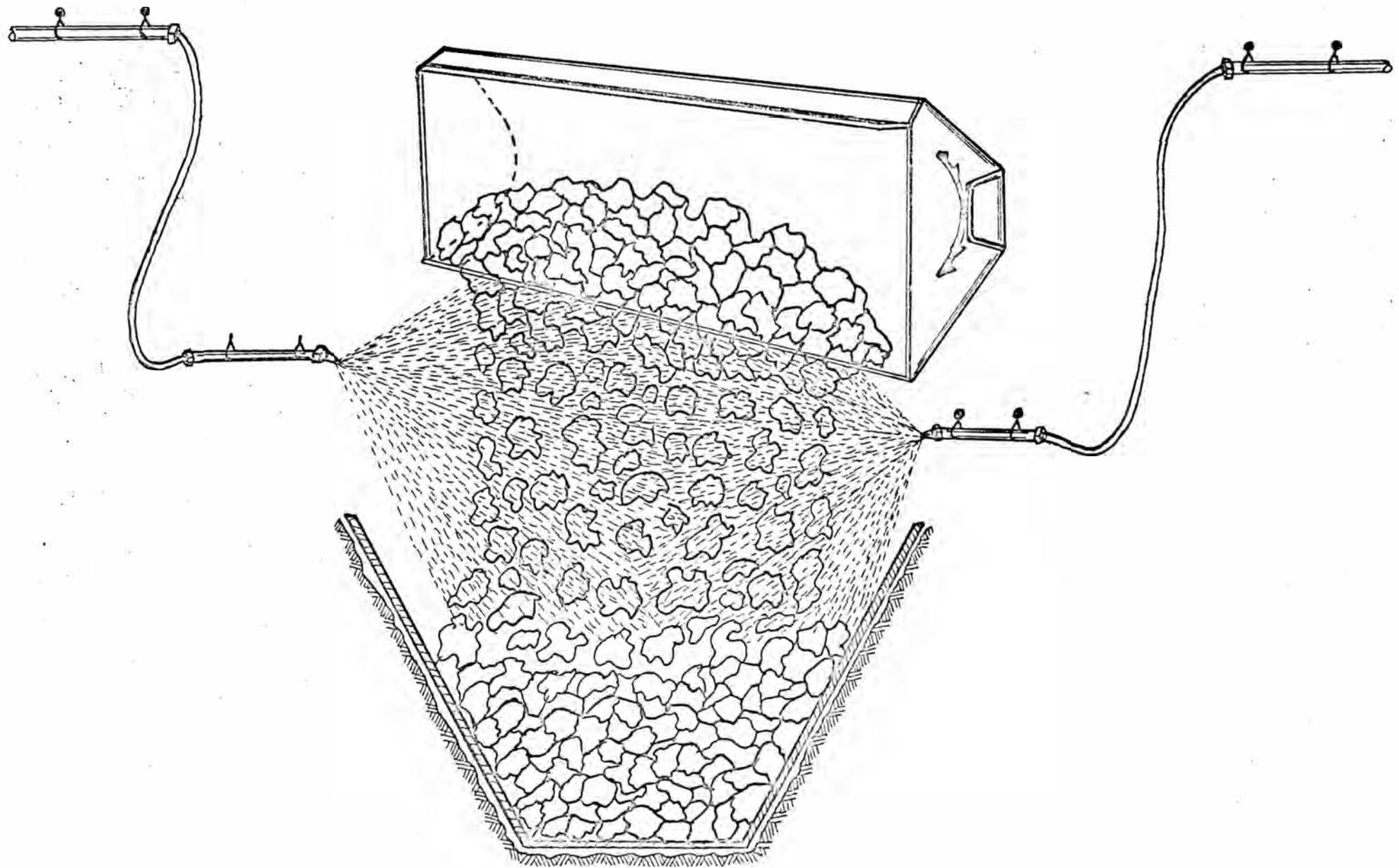
4. Incrementar el empleo de atomizadores hidráulicos para el control de polvo en las fajas transportadoras de mineral y puntos de transferencia entre fajas en las plantas de concentración de minerales.

5. Encauzar la dirección de los circuitos de aire fresco de cada uno de los sistemas de ventilación de la mina hacia las zonas en trabajo con la finalidad de suministrar el volumen de

aire requerido en cumplimiento de los reglamentos legales vigentes que exigen aire fresco para la respiración, aire para diluir gases, aire para regular la temperatura, aire para exhastar polvo proveniente de las diferentes operaciones, para no citar algunas más.

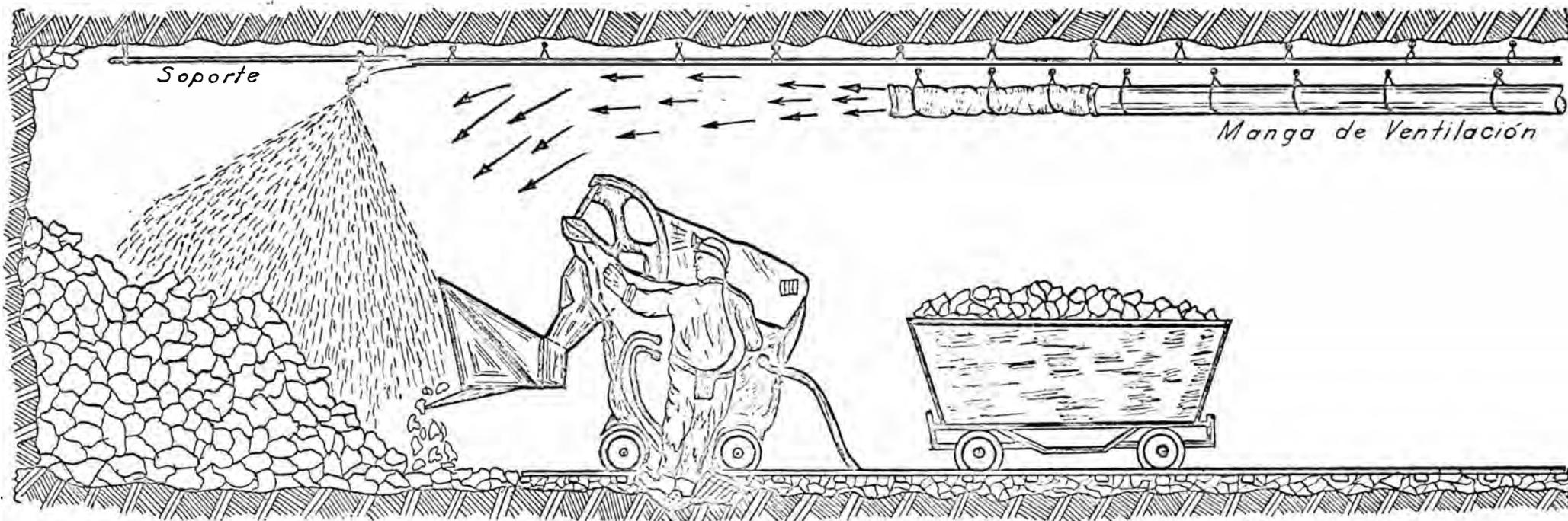
6. Emplear ventilación auxiliar en frontones de longitud superior a los 100 metros para forzar a pasar a los polvos y gases provenientes del disparo a través de la cortina de agua atomizada para su consiguiente asentamiento y dilución.

---



CONTROL DE POLVO CON ATOMIZADORES HIDRAULICOS EN LA DESCARGA DE CARROS

Fig.- 27



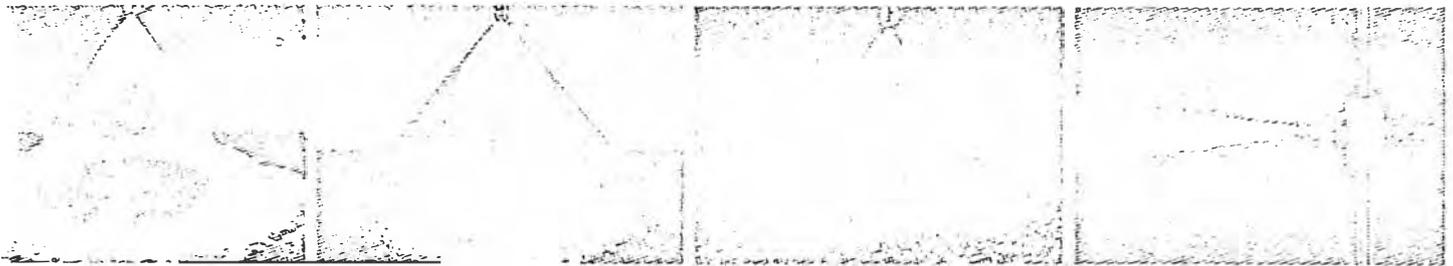
USO DE ATOMIZADORES PARA EL CONTROL DE POLVO EN EL PALEO MECANICO

Fig. 28

# TABLE OF CONTENTS

## RAY NOZZLES and EQUIPMENT

Classified by type of spray pattern  
 Illustrations below show spray pattern image on water surface



HOLLOW CONE SPRAY PATTERN		FULL CONE SPRAY PATTERN		FLAT SPRAY PATTERN		PNEUMATIC ATOMIZING NOZZLES	
Nozzle Type	Page Number	Nozzle Type	Page Number	Nozzle Type	Page Number	Nozzle Type	Page Number
FlowJet	16	DistriboJet	14	Drying and Blow-off Nozzles--for air	23	1/4 J series	43 through 47
WideJet	2 through 11	FullJet	12, 13, 15 through 22	Flat Atomizing Nozzles, Hydraulic	24, 25 and 26	1/2 J series	48
WideJet	55	FogJet	28 and 39	Flat Spray Nozzles--1/4 T	27	1/4 JR (hard rubber)	49
Atomizing Nozzles, hydraulic	34 and 35	SQUARE SPRAY PATTERN		FloodJet	26	1/2 J-LUC (Lucite)	49
SprayDry Nozzles	35 and 37	Nozzle Type	Page Number	FlatJet	29	Humidifying	52
FoamJet	55	FullJet	20 and 21	VeelJet	30, 31, 32 and 33	General Information	42
						Body Design Variations	50 and 51

## NOZZLES FOR SPECIAL APPLICATIONS, EQUIPMENT and ACCESSORIES

Special Purpose Nozzles	40 and 41	Nozzles for Cooling Towers	56	Split-Eyelet Connectors	60
Humidifying Systems and Automatic Units	52 and 53	Nozzles for Spray Ponds	56	Adjustable Joints	61
Mass Paint Spraying and Coating Spray	54	Nozzles for metal cleaning and coating	57	Line Strainers	62 and 63
WideJet Nozzles for Roof Cooling	55	Valves	58	Spray Coverage and Pipe Friction Information	64
Nozzles for Air and Gas washing and cooling	55	Hand Guns	59	List of Other Catalogs and Data	Inside Back Cover

## ENGINEERING REFERENCE

### SPRAY CHARACTERISTICS

**CAPACITY**— All liquid capacity tabulations in this catalog are based on water. Since the weight per gallon or specific gravity of a liquid is a determinant of nozzle capacity, the capacities listed in the tables should be multiplied by a proper conversion factor such as listed below, when a liquid other than water is sprayed.

Weight of Solution	Specific Gravity	Conversion Factors
7.6 lbs. per gallon	.84	1.09
8.0 lbs. per gallon	.96	1.02
8.34 lbs. per gallon--WATER	1.00	1.00
9.0 lbs. per gallon	1.08	.96
10.0 lbs. per gallon	1.20	.91
11.0 lbs. per gallon	1.32	.87
12.0 lbs. per gallon	1.44	.83

**SPRAY ANGLE**— All spray angle tabulations in this catalog are based on water, with the effective spray angle measured at a distance of one foot from the nozzle orifice, unless otherwise specified. Liquids more viscous than water will have narrower spray angles than those tabulated for water.

**ATOMIZATION**— For hydraulic spray nozzles, the factors providing finer spray particles include smaller capacities, higher spraying pressures and hollow cone spray patterns. Coarser spray particles are produced by larger capacities, lower spraying pressures and full cone spray patterns. The very finest particles are produced by Pneumatic Atomizing Nozzles, where compressed air provides spray particle break-up.

### ORIFICE DIMENSIONS

While orifices are machined to exact decimal-place dimensions, orifice diameters are usually listed in this catalog to nearest fractional sizes. If exact dimensions are required, these will be supplied upon request.

### NOZZLE NOMENCLATURE

Unless otherwise specified, spray nozzle numbers listed in this catalog are for nozzles made of brass. Where materials other than brass are employed, the material is usually indicated as a part of the overall nozzle number by the following code letters: SS for stainless steel, I for iron or steel, R for rubber and TC for tungsten carbide. Where a material other than standard brass is wanted, your order must specify this material, either by code letter, or preferably by writing the material name in full. The prefix fractions or whole numbers used with overall nozzle numbers refer to the NPT pipe connection size of the nozzle. For example, the 1/2 GSS2 FullJet is made of stainless steel and has a 1/2" NPT inlet connection.

### ADDITIONAL NOZZLES AVAILABLE

This catalog is a condensation presenting the most widely used standard nozzles, nozzle capacities and accessories manufactured by Spraying Systems Co. Should you require a capacity not listed on the following pages, please ask for it, since it probably is also a part of our standard line. In addition, hundreds of "special" nozzles have already been designed and manufactured in order to meet a wide range of special needs. It is a fact that the application is rare today, when a standard or special Spraying Systems Co. nozzle is not already available to meet the most unusual requirement. Therefore, we urge your inquiry on any nozzle or application not covered in this catalog.

# NOZZLES wide angle square spray

**Spray Characteristics**—Full square spray pattern combined with an unusually wide spray angle to provide maximum surface area coverage per nozzle. Distribution is uniform throughout the pattern cross section. Impact is low due to wide angle of spray.

**Construction**—Offered in a complete range of pipe sizes. Internal vanes are removable.

**Materials**—Standard in brass, iron or steel, and stainless steel. Other special materials can be supplied to order.

**Recommended For**—Multi-nozzle installations such as air and gas washers and scrubbers, liquor washers and web sprayers. Square spray patterns permit use of fewer nozzles per header to provide complete and uniform coverage of area sprayed.

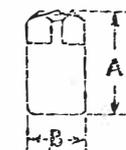
Wide Angle Square Spray Pattern

Nozzle No.		Pipe Conn. Size NPT	Orifice Diam.	Maximum Free Passage Diam.*	CAPACITY GPM (gallons per minute) at p.s.i. (pounds per square inch)						SPRAY ANGLE			
male pipe conn.	Male Pipe Conn.				5 p.s.i.	10 p.s.i.	20 p.s.i.	40 p.s.i.	60 p.s.i.	80 p.s.i.	5 p.s.i.	10 p.s.i.	20 p.s.i.	
	¼HH14WSQ	¼"	¼"	¼"	1.0	1.4	1.9	2.6	3.1	3.5	99°	100°	93°	
	¾HH20WSQ	¾"	¼"	¼"	1.5	2.0	2.7	3.6	4.4	5.0	104°	110°	94°	
	½HH35WSQ	½"	¼"	¼"	2.6	3.5	4.9	6.7	8.2	9.3	104°	110°	102°	
	1WSQ	¾HH71WSQ	¾"	¼"	¼"	5.1	7.1	10	13.9	16.9	19.4	105°	110°	102°
	10WSQ	1HH130WSQ	1"	¼"	¼"	8.8	13	18	25	31	35	107°	110°	107°
	1190WSQ		1¼"	¼"	¼"	13.6	19	27	37	45	52	108°	111°	108°
	1290WSQ		1½"	¼"	¼"	20	29	40	55	66	76	109°	114°	109°
	50WSQ		2"	¼"	¼"	40	56	75	110	135	154	110°	114°	109°
	H830WSQ		2½"	¼"	¼"	59	83	117	164	200	230	110°	115°	109°
	070WSQ		3"	¼"	¼"	81	107	149	203	250	290	110°	115°	109°

\* Foreign matter with maximum diameter as listed can pass through nozzle without clogging.

Patent No. 2,305,210  
and Patents Pending

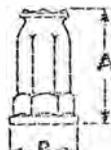
### DIMENSIONS AND WEIGHTS



Type H female conn. (bar stock) nozzle numbers ¼H and 1H.



Type HH male conn. (bar stock) nozzle numbers ¼HH through 1HH



Type H female conn. (casting) nozzle numbers 1¼H through 3H

Nozzle No.	A (length)	B (diameter)	Net Weight
¼HH	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	½ oz.
¾HH	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	1 oz.
½HH	1 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	1½ oz.
¾HH	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	3 oz.
1HH	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	7 oz.
¾H	2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> "	7 oz.
1H	2 <sup>2</sup> / <sub>32</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	11 oz.
1¼H	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	1¼ lbs.
1½H	4 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	2 lbs.
2H	5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	3"	3½ lbs.
2½H	6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	4½ lbs.
3H	7 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> "	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> "	6½ lbs.



Type III male connection



Type H (bar stock) female connection ¼H and 1H

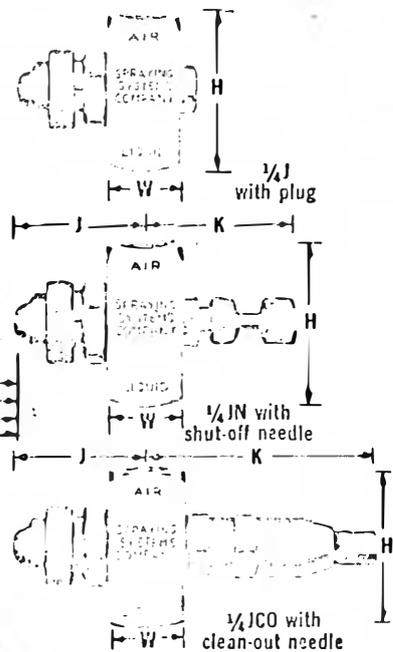
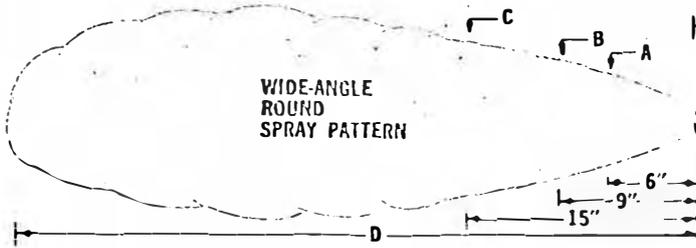
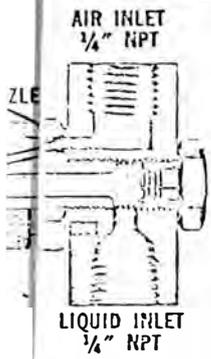


Type H cast type female connection 1¼H through 3H

See page 64 for spray coverage and pipe friction information.

# Pressure Spray Set-Up

... wide-angle round spray



General shape and pattern of the wide-angle round spray is shown above. Pattern is maintained until section "C". Beyond "C", projected atomized spray becomes turbulent in form. Sections "A", "B" and "C" are diameters of pattern at distances from nozzle as indicated. Dimension "D" is total distance of spray projection from nozzle to maximum dispersal point.

### DIMENSIONS AND WEIGHTS

Type Nozzle	J	K	H	W	Net Weight
1/4 J	1 13/32"	—	1 1/4"	1 3/16" square	6 oz.
1/4 JN		1 1/8" open			7 oz.
1/4 JCO		2 1/16"			8 oz.

Supplied standard in three basic assemblies... 1/4 J with plug, 1/4 JN with shut-off needle and 1/4 JCO with clean-out needle. Also available in wide variety of different body designs as shown on pages 50 and 51.

\*Except 1 1/8" for Spray Set-up No. 46.

Applied to nozzle  
Liquid and  
air gas or steam  
to produce  
atomized spray.

### WIDE-ANGLE ROUND SPRAY AIR NOZZLE

This nozzle employed in the Spray Set-ups produces a hollow cone wide-angle round spray.

is a pneumatic Atomizing Nozzle

### LIQUID CAPACITY in GPH (gallons per hour) and AIR CAPACITY in SCFM (standard cubic feet per minute)

#### WATER PRESSURE in p.s.i. (pounds per square inch)

#### SPRAY DIMENSIONS

Nozzle Type	WATER PRESSURE in p.s.i. (pounds per square inch)															SPRAY DIMENSIONS					
	10 p.s.i.			20 p.s.i.			30 p.s.i.			40 p.s.i.			60 p.s.i.			Air p.s.i.	Water p.s.i.	A Inches	B Inches	C Inches	D Feet
	Air Press. in p.s.i.	GPH	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPH	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPH	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPH	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPH	SCFM						
1/4 J Nozzle 60-70°	8	1.41	.36	14	2.10	.42	22	2.36	.56	30	2.53	.68	44	2.95	.81	10	10	5 1/2"	7"	9"	5'
	10	1.14	.43	16	1.90	.50	26	2.02	.69	34	2.23	.81	48	2.72	.91	20	20	6"	7 1/2"	9 1/2"	6'
	12	.79	.50	18	1.68	.56	30	1.61	.83	38	1.90	.94	55	2.30	1.20	34	30	6 1/2"	8"	10"	7'
	14	.45	.60	20	1.44	.64	34	1.15	1.00	42	1.50	1.1	60	1.92	1.40	42	40	6 1/2"	8"	10 1/2"	9'
1/4 JN Nozzle 60-70°	22	1.17	.71	36	.91	1.07	46	1.10	1.26	65	1.50	1.60	75	1.50	1.60	60	60	7 1/2"	9"	12"	13'
	24	.91	.80	38	.68	1.16	48	.90	1.35	70	1.07	1.80									
	26	.55	.90	40	.43	1.25	50	.69	1.45												
	12	1.85	1.78	22	3.30	2.30	30	5.10	2.54	38	6.40	2.84	54	8.76	3.44	12	10	7"	9 1/2"	12 1/2"	6'
1/4 JCO Nozzle 40	14	.55	2.20	24	2.20	2.67	32	4.25	2.85	42	4.70	3.42	56	8.10	3.74	24	20	7 1/2"	10"	13"	8'
				34	3.35	3.18	44	3.90	3.72	58	7.44	4.03	34	30	7 1/2"	10"	13"	10 1/2'			
				36	2.50	3.50	46	3.06	4.05	60	6.76	4.32	46	40	8"	10 1/2"	13 1/2"	13 1/2'			
				38	1.60	3.85	48	2.25	4.42	65	5.10	5.10	60	60	8 1/2"	11"	14 1/2"	19 1/2'			
1/4 JCO Nozzle 70-70°	40	.70	4.30	50	1.40	4.84	70	3.50	6.00	75	1.85	6.95									
	10	6.3	1.14	20	9.0	1.60	30	11.2	2.04	40	12.4	2.54	56	16.2	2.75	12	10	7 1/2"	10"	14"	7'
	12	3.6	1.54	22	6.9	2.00	32	9.3	2.44	42	10.6	2.92	58	14.8	3.11	22	20	8"	10 1/2"	14 1/2"	10 1/2'
	14	2.0	2.00	24	5.1	2.40	34	7.4	2.80	44	8.8	3.33	60	13.3	3.50	34	30	8"	10 1/2"	14 1/2"	13 1/2'
1/4 JCO Nozzle 0-70°	26	3.3	2.80	36	5.4	3.20	46	7.1	3.72	65	9.8	4.42	46	40	8"	11"	15"	16 1/2'			
	38	3.6	3.60	48	5.4	4.14	70	6.5	5.36	70	6.5	5.36	65	60	8"	11"	15 1/2"	22 1/2'			
	40	2.3	3.98	50	3.6	4.51	75	4.0	6.31	80	2.4	6.51									
	52	2.2	4.91	80	2.2	4.91															
1/4 JCO Nozzle 100	18	9.4	3.0	30	13.4	4.15	44	15.3	5.45	60	15.6	7.05	80	21.4	8.55	28	10	8"	10"	13"	18'
	22	7.7	3.6	34	11.9	4.65	48	13.8	5.9	70	12.5	8.25	85	19.5	9.15	42	20	8"	10 1/2"	13 1/2"	21'
	26	6.0	4.13	38	10.3	5.1	55	11.3	6.75	80	9.3	9.45	90	17.9	9.75	65	30	8 1/2"	11"	14 1/2"	27'
	28	5.2	4.4	42	8.9	5.6	65	7.8	8.0	85	7.8	10.05	95	16.5	10.35	85	40	9"	11 1/2"	15"	30'
1/4 JCO Nozzle 150	30	4.4	4.7	46	7.3	6.1	70	6.1	8.6	90	6.2	10.7	109	15.1	10.95	90	60	9 1/2"	12 1/2"	16"	34'
	32	3.7	5.0	50	5.8	6.65	75	4.5	9.25	95	4.8	11.3									
	34	3.0	5.25	60	2.4	7.95	80	3.3	9.85	100	3.7	11.9									
	16	3.24	1.43	28	4.60	1.96	42	5.27	2.67	55	5.69	3.30	80	7.10	4.50	22	10	6"	7 1/2"	9"	9'
1/4 JCO Nozzle 200	18	2.61	1.59	32	3.37	2.27	46	4.0	2.96	60	4.24	3.68	85	5.80	4.88	40	20	6 1/2"	8"	9 1/2"	15'
	20	2.08	1.75	36	2.45	2.55	48	3.45	3.11	65	3.15	4.06	90	4.65	5.27	50	30	6 1/2"	8"	9 1/2"	18'
	22	1.62	1.90	40	1.75	2.85	50	3.03	3.26	70	2.31	4.44	95	3.75	5.65	70	40	7"	8 1/2"	10"	24'
	24	1.30	2.06	42	1.45	3.00	55	2.11	3.63	75	1.72	4.82	100	3.00	6.03	90	60	7 1/2"	9 1/2"	11"	31'
1/4 JCO Nozzle 350	26	1.04	2.20	44	1.21	3.14	60	1.47	3.98	80	1.32	5.20									
	28	.82	2.35	46	1.0	3.28	65	1.03	4.36	85	1.05	5.58									
	24	6.7	5.5	38	10.7	7.4	48	16.5	8.8	60	18.6	10.4	85	29.2	13.7	28	10	9 1/2"	13"	18"	18'
	26	5.2	5.9	42	7.6	8.3	52	12.5	9.6	65	13.7	11.4	90	24.6	14.7	46	20	10"	13 1/2"	18 1/2"	21'
1/4 JCO Nozzle 500	28	4.0	6.3	44	6.2	8.7	56	9.2	10.4	70	10.0	12.4	95	20.7	15.8	60	30	11"	14 1/2"	20"	24'
	30	3.0	6.8	46	5.0	9.1	60	6.6	11.3	75	7.4	13.5	100	17.5	16.9	75	40	11 1/2"	15"	21"	26'
	32	2.0	7.2	48	4.0	9.5	62	5.6	11.7	80	5.5	14.5				90	60	13"	16 1/2"	23"	32'
	50	3.0	3.9	65	4.4	12.3	85	4.0	15.5												
52	2.4	10.3	70	2.8	13.3	90	2.5	16.6													

# NOZZLES wide spray

**Spray Characteristics** — Full cone spray pattern, projected at widest possible spray angle. Completely uniform distribution throughout spray pattern because of Spraying Systems internal vane design. Good atomization throughout pressure range.

**Construction** — Made with internal offset, removable vanes. Precision machined, formed orifice.

**Materials** — Bar stock sizes (Types G, GG, H and HH) in choice of brass, steel and type 303 stainless steel. Cast Type H nozzles made in brass, iron and type 316 stainless steel. Supplied in other materials on special order.

**Recommended For** — Rinsing, cooling, fire protection, foam breaking, dust control, air and gas washing, drenching and chemical processing.



Type GG male connection removable cap



Type G female connection removable cap



Type HH male connection one-piece nozzle

Wide Spray Fulljet Nozzles made with internal vanes as shown in cut-away view below.



Type H female connection cast one-piece nozzle

Nozzle No.		Pipe Conn. NPT	Orifice Diam.	Maximum Free Passage Diam.*	CAPACITY										SPRAY ANGLE			
Female Pipe Conn.	Male Pipe Conn.				GPM (gallons per minute) at p.s.i. (pounds per square inch)										5	10	40	80
						5	7	10	15	20	30	40	60	80	5	10	40	80
						p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.									
1/4 G4.3W	1/4 GG4.3W	1/2"	3/16"	.040"	...	...	.43	.51	.58	.71	.82	.99	1.13	...	120°	120°	102°	
1/4 G8W	1/4 GG8W	1/2"	1/8"	.050"	...	...	.68	.80	.98	1.12	1.35	1.55	1.90	2.15	...	120°	120°	103°
1/4 G14W	1/4 GG14W 1/4 HH14W	1/2"	3/16"	1/16"	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	3.1	3.5	114°	120°	120°	103°	
1/4 G20W	1/4 GG20W 1/4 HH20W	1/2"	1/4"	3/32"	1.5	1.7	2.0	2.4	2.7	3.2	3.6	4.4	5.0	114°	120°	121°	104°	
1/4 G35W	1/4 GG35W 1/4 HH35W	1/2"	1/4"	1/8"	2.6	3.0	3.5	4.3	4.9	5.9	6.7	8.2	9.3	114°	120°	121°	108°	
1/4 H6W	1/4 HH6W	1/2"	3/16"	1/16"	5.1	6.0	7.1	8.7	10.0	12.0	13.9	16.9	19.4	115°	120°	121°	112°	
1H11W	1HH11W	1"	3/8"	3/16"	8.2	11.0	13.0	15.6	18.1	22	25	31	35	117°	120°	123°	117°	
1 1/4 H15W	...	1 1/4"	3/8"	1/4"	13.6	16.0	19.0	23	27	32	37	45	52	118°	121°	124°	119°	
1 1/2 H24W	...	1 1/2"	3/8"	1/2"	20	24	29	34	40	48	55	66	76	119°	124°	125°	119°	
2H47W	...	2"	3/4"	1/2"	40	47	56	69	79	96	110	135	154	120°	124°	125°	119°	
2 1/2 H70W	...	2 1/2"	1 1/4"	3/4"	59	70	83	102	117	143	164	200	239	120°	125°	125°	119°	
3H95W	...	3"	1 1/2"	1 1/4"	81	95	107	130	149	180	208	250	290	120°	125°	125°	119°	

\* Foreign matter with maximum diameter as listed can pass through nozzle without clogging.

## DIMENSIONS AND WEIGHTS

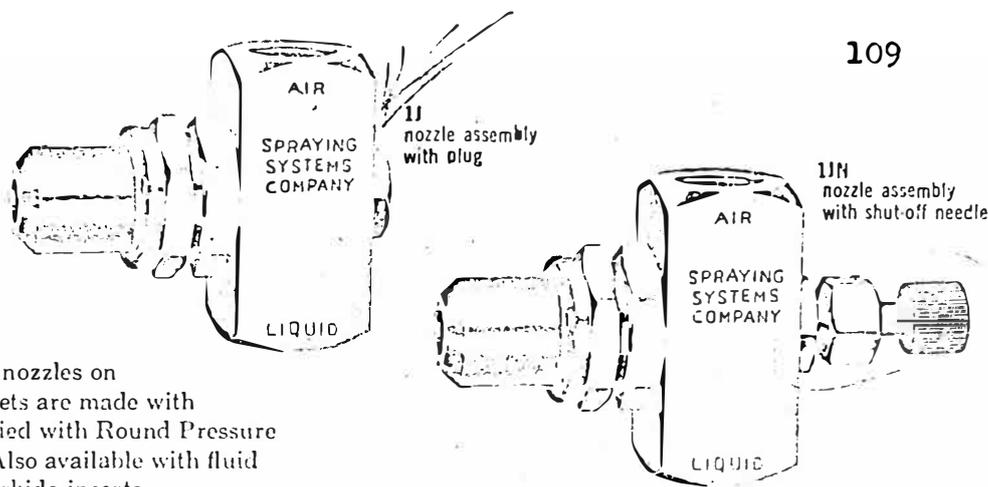
Nozzle No.	DIMENSIONS		Type	Net Weight
	A	B		
1/4 G4.3W	1 1/16"	3/16" Hex.	G	1 oz.
1/4 G8W	1 3/16"	3/16" Hex.	G	1.1 oz.
1/4 G14W	1 1/2"	1 1/16" Hex.	G	2 oz.
1/4 G20W	1 3/8"	1 3/16" Hex.	G	3 oz.
1/4 G35W	1 7/16"	1" Hex.	G	5 oz.
1/4 GG4.3W	1 3/8"	3/16" Hex.	GG	1 oz.
1/4 GG8W	1 1/4"	3/16" Hex.	GG	1.1 oz.
1/4 GG14W	1 7/16"	1 1/16" Hex.	GG	2 oz.
1/4 GG20W	1 1 1/8"	1 3/16" Hex.	GG	3 oz.
1/4 GG35W	1 7/16"	1" Hex.	GG	5 oz.
1/4 HH14W	2 3/16"	1 1/32" Diam.	HH	1/2 oz.
1/4 HH20W	1 1/4"	2 1/32" Diam.	HH	1 oz.
1/4 HH25W	1 7/16"	1 1/16" Diam.	HH	2 oz.
1/4 HH35W	1 9/16"	1 1/16" Diam.	HH	5 oz.
1HH11W	2 1/4"	1 3/8" Diam.	HH	8 oz.
1/4 H6W	2 1/4"	1 1/2" Diam.	H - Bar Stock	7 oz.
1H11W	2 3/4"	1 1/2" Diam.	H - Bar Stock	12 oz.
1 1/4 H16W	3 7/16"	2 1/16" Diam.	H - Cast Type	1 lb.
1 1/2 H24W	4 1/2"	2 3/16" Diam.	H - Cast Type	1 1/2 lb.
2H47W	5 1/8"	3" Diam.	H - Cast Type	2 1/2 lb.
2 1/2 H70W	6 1/2"	3 7/16" Diam.	H - Cast Type	4 1/2 lb.
3H95W	7 1/2"	4 1/8" Diam.	H - Cast Type	7 1/4 lb.

Patent No's. 2,305,210 and 3,072,346

See page 64 for spray coverage and pipe friction information

# PNEUMATIC ATOMIZING NOZZLES

1" NPT Connections

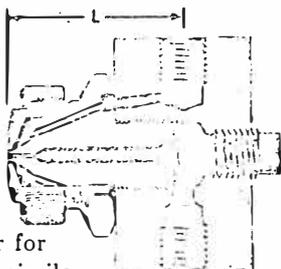


Similar in design to 1/4J and 1/4JN nozzles on preceding pages. Air and liquid inlets are made with female 1" NPT connections. Supplied with Round Pressure Spray Set-up 172 as listed below. Also available with fluid and air nozzles with Tungsten Carbide inserts.

Nozzle Assembly	DIMENSIONS AND WEIGHTS				
	J	K	H	W square	Net Weight
1J	4 1/2"	1 1/8"	4"	2"	4 1/2 lbs.
1JN	4 1/2"	3 1/16"	4"	2"	5 lbs.

Pneumatic Atomizing Nozzle With	Fluid and Air Nozzle Combination	LIQUID CAPACITY in GPM (gallons per minute) and AIR CAPACITY in SCFM (standard cubic feet per minute)															SPRAY DIMENSIONS				
		WATER PRESSURE in p.s.i. (pounds per square inch)															Air p.s.i.	Water p.s.i.	Spray Angle A Degs.	B Inches	D Feet
		10 p.s.i.			20 p.s.i.			30 p.s.i.			40 p.s.i.			60 p.s.i.							
Air Press. in p.s.i.	GPM	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPM	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPM	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPM	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPM	SCFM	Air Press. in p.s.i.	GPM	SCFM				
Spray Set-up No. 172	Fluid Nozzle 6251000	12	5.92	48.5	20	11.0	42.5	30	13.2	55	40	15.1	66	60	18.3	79	14	10	19°	38"	25'
		14	4.40	82.0	22	9.1	60	32	11.7	69	42	13.8	78	65	15.8	107	24	20	20°	42"	30'
		16	3.45	128	24	7.8	80	34	10.4	85	44	12.6	93	70	13.5	138	36	30	21°	45"	35'
	Air Nozzle 11251625	18	2.75	187	26	6.72	110	36	9.4	102	46	11.6	109				46	40	21°	43"	42'
					28	5.95	143	38	8.45	125	48	10.7	125				65	60	22°	52"	50'
					30	5.25	183	40	7.75	150	50	9.7	145								

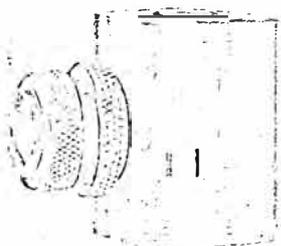
# 1/4JR PNEUMATIC ATOMIZING NOZZLES



Nozzles are made of hard rubber for corrosion resistance to acids and similar liquids. Available in siphon and pressure Spray Set-ups as listed. Made with 1/4" female air and liquid inlet connections. Overall height of nozzle is 2 1/2". Body is 1 1/2" square. Weight 5 ounces.

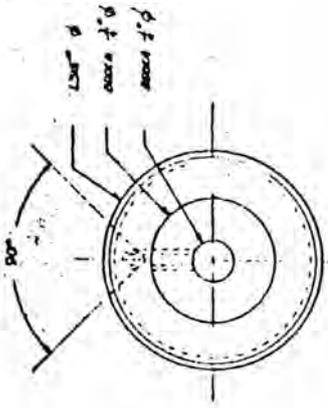
Type of Spray Set-up	L	Spray Set-up No.	Fluid Nozzle	Air Nozzle	Capacities and Spray Dimensions same as
Siphon Round Spray	1 1/16"	104	40100R	120R	Spray Set-up 4B Page 47
Pressure Round Spray	2 1/8"	122	40100R	140110R	Spray Set-up 22B Page 43
Pressure Flat Spray	2 1/16"	123	40100R	125328R	Spray Set-up 23B Page 45
Pressure Wide Angle Round Spray	2 1/8"	126	40100R	140-6-37-70°R	Spray Set-up 26B Page 44

# 9265-1/4J PNEUMATIC ATOMIZING NOZZLES

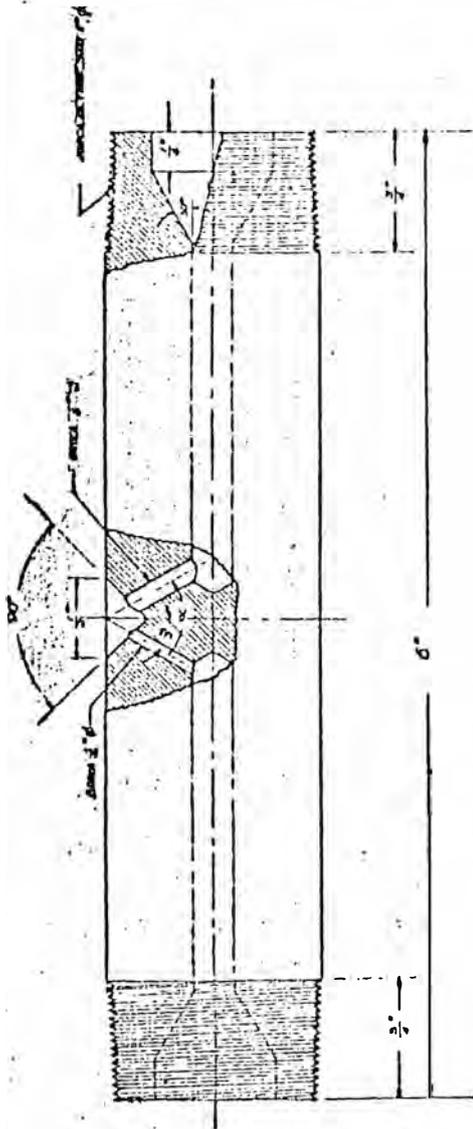


Nozzles are made throughout of Lucite for resistance to acids and other corrosive liquids. Available in siphon Spray Set-ups only as listed. Made with 1/4" female air and liquid inlet connections. Overall height is 1 1/16". Overall length of nozzle is 2". Net weight 2 ounces.

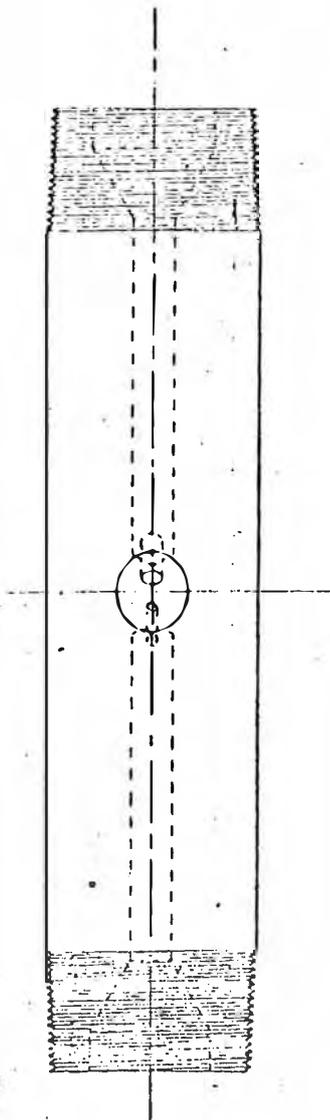
9265-1/4J Lucite Pneumatic Atomizing Nozzle with	Fluid Nozzle	Air Nozzle	Capacities and Spray Dimensions same as
Spray Set-up No. 1A	1650-LUC	64-LUC	Page 47. Spray Set-ups 1A, 1, 2A and 2 respectively
Spray Set-up No. 1	2050-LUC	64-LUC	
Spray Set-up No. 2A	2050-LUC	70-LUC	
Spray Set-up No. 2	2850-LUC	70-LUC	



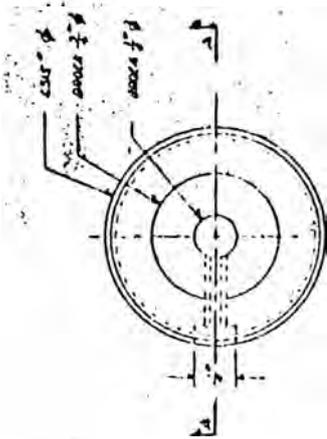
MK	DC
MK1	50°
MK2	70°
MK3	20°



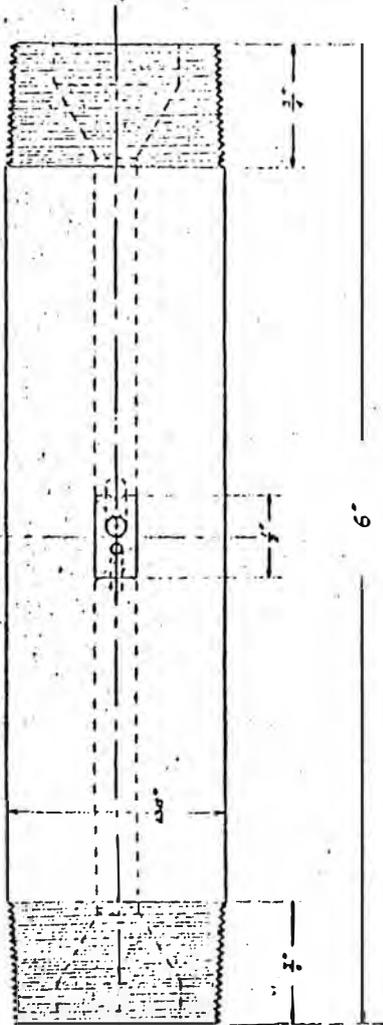
MK



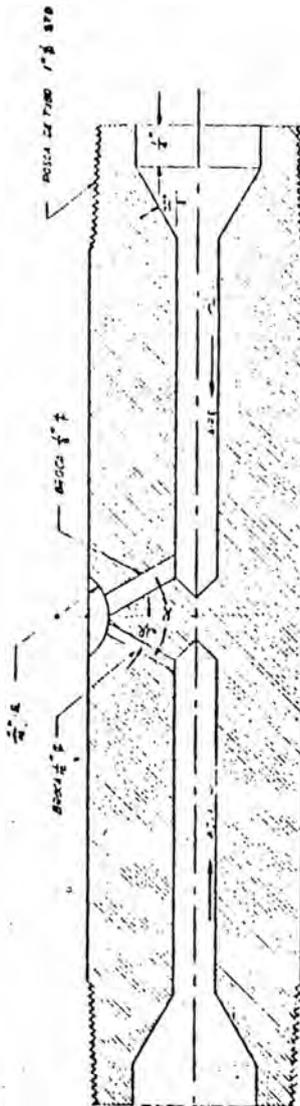
DPTO DE SEGURIDAD e HIGIENE IND	
VENTILACION DE F.T.R.	
ATOMIZADOR	
DIBUJADO	APROBADO
A. AGUIERO	J. S. S.
FECHA	12-2-67



HACER	
CANTOS	MP 2
1	MP 1.50
2	MP 2.30
3	MP 1.20



(MK)



SECC. A-A

DPTO DE SEGURIDAD Y HIGIENE IND.			
VENTILACION DE FIER			
ATOMIZADOR			
DIBUJOS	APROBADO	ESCALA	2" = 1"
A. ACUERO	V. D. S.	FECHA	15-7-81

CONTROL DE LA SILICOSIS EN LAS MINAS Y CONCENTRADORAS  
DE LA CERRO DE PASCO CORPORATION

CAPITULO XIII

ASPECTOS MEDICOS

La División de Higiene Industrial cuenta para tal fin, con un equipo de profesionales muy bien entrenados en medicina ocupacional, el cual está conformado por médicos, ingenieros químicos analistas, ingenieros de ventilación, técnicos laboratoristas, técnicos radiólogos y personal auxiliar.

La Silicosis es sin duda una de las enfermedades del hombre más antigua en el mundo causada por el ambiente de trabajo.

En el Perú hay referencias concretas sobre esta enfermedad desde el año 1900 y se sabía que ocasionaba afectos muy dañinos en los trabajadores mineros. Esto dio lugar a que se legislara en 1935 sobre la compensación por la incapacidad que producía; pero sólo desde 1940 que las previsiones legales inciden en la importancia que debe concederse a las actividades encaminadas a su prevención, como único medio de lograr su control.

La Silicosis representa uno de los riesgos más importantes en toda industria que emplea o moviliza materiales que contienen sílice libre ( $\text{SiO}_2$ ) y que generan ambientes polvorientos. Entre estas industrias que manejan o producen sílice cristalina libre, finamente dividida, se encuentra la manufactura del vidrio, talla en piedra, minería, horadación de túneles, pulimento con arena el uso y la manufactura de abrasivos, trabajo de fundición y la fabricación de cerámica.

La Silicosis es una enfermedad ocupacional en la cual la Empresa ha puesto especial atención, por lo que existen rigurosas medidas de control ambiental en todos los frentes de trabajo, control médico periódico y diagnóstico precoz ya que esta enfermedad tiene gran importancia, tanto desde el punto de vista socio-económico, como trascendencia médico-legal.

#### ASPECTO SOCIAL

La Silicosis es una enfermedad fibrosante, progresiva, irreversible e invalidante. La irreversibilidad desde las primeras etapas evolutivas, es el sello que imprime esta enfermedad, constituyendo por lo tanto un problema social, tanto en el Perú como en otros países, ya que deja al individuo imposibilitado a ganarse la vida, pasando a ser una verdadera carga familiar, siendo todavía relativamente joven. En el Perú se considera 38 años la edad promedio de los mineros afectados de silicosis, constituyendo esto un hecho de mucha trascendencia social y económica para el país, ya que se pierde a un hombre que costó trabajo y dinero entrenarlo y en la etapa más productiva de su vida.

Por otro lado, el diagnóstico de Silicosis en sus primeras fases, ha llevado a incapacitar obreros que tienen una plena capacidad física de trabajo y que podrían ser útiles por mucho tiempo más para la producción minera. Se trata de individuos jóvenes que son lanzados a la cesantía; estos obreros no son aceptados por la minería ni por la industria, estando de igual manera aquellos a quienes hemos calificado como sospechoso de Silicosis.

En el Perú, la Ley No. 7975 de Enero de 1935, declara la Neumoconiosis enfermedad profesional, sujeta a indemnización por el empresario, definiéndola como una fibrosis pulmonar producida por la inhalación de polvo en los ambientes industriales, de preferencia el polvo que contiene sílice, y a los trastornos vitales que esta enfermedad produce.

#### ASPECTO ECONOMICO

En realidad es muy difícil estimar la pérdida que significa para la productividad del país, la incapacidad o la muerte de los trabajadores afectados de Silicosis. La pérdida de los recursos humanos por concepto de Silicosis, incide directamente en la marcha económica del país, puesto que entre los incapacitados se encuentra un alto porcentaje de personal con experiencia valiosa, personal calificado y de aptitudes especiales que ha sido adquirido en muchos años de trabajo y adiestramiento adecuado.

En el período de 1948 - 1966 se han indemnizado en todo el país a 4,531 trabajadores por silicosis, habiendo pagado la industria minera por este concepto la cantidad de \$ 78'790,000.

El costo directo de la Silicosis en la Cerro de Pasco Corporation, ha sido en el año 1966 de \$ 3'544,715. Estas cifras sólo reflejan el costo directo de la Silicosis, ya que no se han tomado en cuenta los costos indirectos que ocasiona esta enfermedad como: Disminución de la producción por pérdida de personal calificado, escasez de mano de obra para trabajos mineros, pérdida de tiempo de los jefes y supervisores en la selección y entrenamiento del nuevo personal que reemplaza al indemnizado, costo de los trámites legales, etc. Estos hechos demuestran la gravedad del problema porque refleja las pérdidas sufridas por las empresas, tanto en hombres entrenados como en dinero.

La Cerro de Pasco Corporation cuenta en la actualidad con seis asientos mineros en producción, los que vienen operando hace aproximadamente medio siglo.

La distribución del personal que labora en el sub-suelo, así como la altitud sobre el nivel del mar en que se encuentran los diferentes centros mineros es el siguiente:

<u>Personal que Labora</u> <u>En el Subsuelo</u>	<u>Altitud en Metros Sobre</u> <u>El Nivel del Mar</u>
Casapalca                    597	4,191
Morococha                    1004	4,526
San Cristóbal                577	4,724
Yauricocha                    595	4,654
Cerro de Pasco                907	4,328
Goyllarisquízga            595	4,185

El total de trabajadores de la Empresa que laboran en la División de Operaciones directamente en minería, son alrededor de 16,000

personas, contando obreros, empleados y supervisores.

El porcentaje de trabajadores expuestos al polvo silicógeno es del 26 al 30%. El riesgo silicógeno de las personas expuestas se encuentra:

1. Entre el personal minero que trabaja en el subsuelo dedicados a las labores de extracción.
2. En las concentradoras, en el personal que se dedica a las operaciones de trituración y chancado del mineral.
3. En los obreros que trabajan en la Planta de Preparación, en la Fundición de minerales de La Oroya.

### CONTROL MEDICO DE LA SILICOSIS

El control médico de la Silicosis que realiza la División de Higiene Industrial, se pueden sintetizar en los siguientes:

1. Exámenes Pre-Ocupacionales
2. Exámenes Periódicos
3. Exámenes Evaluativos

La incapacidad física que produce la Silicosis es estudiada por medio del examen clínico, pruebas funcionales y el estudio radiológico. El estudio funcional completo, constituye la forma más justa, precisa y técnica de formular el diagnóstico de incapacidad física, pero conduce al igual que el método clínico a muchos errores. Es un método difícil de practicar y su interpretación está sometida a discusión permanente.

El diagnóstico de incapacidad física elaborado sobre la base de pruebas funcionales, viene a establecer la incapacidad en etapas muy tardías, cuando ya se ha provocado un daño anatómico irreversible. Este daño anatómico producido en los pulmones debe ser advertido y diagnosticado precozmente, para que la progresión de la enfermedad no sea tan rápida o para retener en cierta forma el proceso evolutivo mediante el tratamiento de la bronquitis crónica causante del enfisema, prevención del posible agregado de tuberculosis, medidas ambientales, cambio de faenas o retiro de trabajo.

No se puede establecer una correlación entre grado de incapacidad y grado de evolución de la enfermedad, debido a que las lesiones iniciales bien pueden no causar incapacidad, dado el gran margen de reserva de los pulmones para suplir a las áreas lesionadas.

#### ESTUDIO CLINICO

El estudio clínico de la Silicosis, practicados por médicos especialistas bien entrenados, y con la colaboración del personal técnico y auxiliar, nos permite tener una impresión orientadora en el diagnóstico de la enfermedad.

La importancia de la valoración de la sintomatología clínica en el diagnóstico es limitada; el significado de los signos y síntomas son relativamente escasos. Los síntomas que refiere el patient se puede prestar a equívocos, derivados a veces del justo anhelo de ingresar a trabajar a una mina o industria, en cuyo caso la sintomatología declarada es mínima. En otros casos, de obreros que se jubilan o que se retiran de la Compañía, en que declaran una sintomatología exagerada.

Por todos estos motivos, el médico especializado en Higiene Industrial debe ser muy acucioso y de experiencia, para que estos datos de la anamnesis sean los más fidedignos y puedan contribuir en el proceso evaluativo.

### ESTUDIO RADIOLOGICO

Consideramos que el examen radiográfico es indispensable para la identificación y diagnóstico de la Silicosis, y muy valioso para informarnos acerca de la magnitud del daño anatómico pulmonar. En la actualidad es el mejor método, pues nos permite hacer un chequeo masivo de nuestros obreros. Este diagnóstico debe realizarse en base a una radiografía no sólo buena, sino de óptima calidad.

Mediante el examen radiográfico es posible estudiar las diferentes fases de evolución de la enfermedad. Es conveniente hacer notar en esta parte, que la lectura de las radiografías deben ser hechas por médicos de experiencia en dicho campo, quienes deben conocer muy bien las variaciones normales de la imagen pulmonar, así como otras afecciones bronco-pulmonares con las que se puede confundir la Silicosis. La fluoroscopia se emplea cada vez menos por el riesgo de exposición a las radiaciones y porque tiene poca aplicación para los fines de diagnóstico; nosotros no la empleamos.

En el Perú, la Ley 7975 instituye que la radiografía constituye la prueba plena sobre el grado de evolución de la Silicosis, a la que se debe acompañar el examen clínico completo y la historia ocupacional, con el fin de rodearlos de las seguridades técnicas necesarias.

En la clasificación radiográfica de la Silicosis empleamos dos criterios: cualitativo y cuantitativo, es decir, el tamaño de las sombras nodulares y el grado de distribución de dichos nódulos en los campos pulmonares.

La clasificación radiográfica de Ginebra hecha en 1958, no permite definir la Silicosis como enfermedad ni establece la incapacidad de un trabajador, por cuanto esa clasificación fué hecha para Neumoconiosis en general, pero no para Silicosis en particular.

#### EXAMEN MEDICO PRE-OCUPACIONAL

Este tipo de examen se practica a todo trabajador, ya sea obrero o empleado que postula su ingreso a la Compañía. Se realizan en promedio unos 350 exámenes mensuales de este tipo el cual consta de:

1. Examen clínico general
2. Examen radiográfico de pulmones
3. Exámenes de sangre y orina
4. Confección de su Ficha Médica

En la Ficha Médica, que es un documento médico legal, se consignan los siguientes datos: FILIACION, ANTECEDENTES DE TRABAJO MINERO O METALURGICO, ANTECEDENTES PERSONALES Y LOS RESULTADOS DEL EXAMEN CLINICO, RADIOLOGICO Y DE LABORATORIO.

Las radiografías que se toman a todos los postulantes son del tamaño standard, es decir, placas radiográficas de 14" x 17" las cuales son examinadas en forma muy detenida por dos médicos y en forma independiente.

Aquellos postulantes diagnosticados en este examen como portadores de Silicosis, no pueden trabajar en la Empresa, siendo

rechazados. Se les dice con tino y en forma adecuada la causa del rechazo, y se investiga mejor sus antecedentes de trabajo, ya que de primera intención, ellos ocultan y niegan todo antecedente de trabajo minero. Generalmente se trata de sujetos que habiendo sido indemnizados por padecer de esta enfermedad ocupacional por la propia Compañía ú otras empresas mineras desean volver a trabajar. Otras veces se trata de mineros que ignoran ciertamente su actual condición de salud, porque habiendo trabajado en mina, en el momento de su retiro no fueron indemnizados por su antiguo patrón, debido quizás a la falta de un adecuado control médico ocupacional de sus trabajadores.

#### EXAMENES PERIODICOS

Estos exámenes se realizan periódicamente de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento del Código de Minería y su Modificatoria, y básicamente son de dos clases: Examen Pre-Vacacional y Control de Silicosis.

#### EXAMEN PRE-VACACIONAL

Estos exámenes son hechos a todo el personal, tanto obreros como empleados, antes de tomar sus vacaciones anuales. Este reconocimiento médico es obligatorio é indispensable para hacer el pago del salario de las vacaciones.

La finalidad de estos exámenes es el de conocer el estado de salud en que se encuentra el trabajador, diagnosticando enfermedades no ocupacionales que pudieran padecer, las que al ser descubiertas precozmente pueden ser tratadas con éxito.

## CONTROL ANUAL DE SILICOSIS

Nuestra División realiza un control radiográfico masivo de todos los servidores que trabajan en los diferentes Campamentos mineros de la Compañía. Este despistaje radiográfico se lleva a cabo en forma anual en todos y cada uno de ellos, gracias a un programa ya establecido.

En el Campamento de Goyllarisqui-ga, por ser una mina de carbón, este control se hace dos veces al año, de acuerdo a la Modificatoria del Código de Minería.

A este examen son sometidos los obreros y empleados que trabajan tanto en superficie como en subsuelo, y tiene como finalidad principal hacer un despistaje de Silicosis, y en forma secundaria descubrir los casos de tuberculosis pulmonar así como también otras alteraciones del aparato cardio-pulmonar.

## MATERIAL DE TRABAJO

Para realizar este estudio epidemiológico, la División de Higiene Industrial cuenta con un moderno Equipo de Rayos X portátil marca General Electric de 250 miliamperios y 225 kilovoltios, provisto de Cámara Odelca, considerado como uno de los mejores aparatos para realizar esta clase de trabajo. Este equipo toma radiografías de 70 mm así como también radiografías tamaño standard de 14" x 17" ambas de gran calidad. Se pueden tomar gran número de fotoradiografías en un corto período de tiempo, ya que está provisto de rollos para 500 exposiciones.

## FORMA DE TRABAJO

El equipo de Rayos X se traslada al Campamento respectivo donde se realiza el despistaje de todo el personal, tomándoles a cada uno fotoradiografías del tórax de 70 mm. Previamente se anota en forma sucinta los principales datos del trabajador en una tarjeta especial (sin la cual no funciona el equipo) como son: Nombre, edad, ficha de trabajo, tiempo de trabajo y el tipo de labor que desempeña.

## TECNICA RADIOLOGICA

Como ya hemos mencionado anteriormente, para hacer el diagnóstico de la Silicosis se necesita una radiografía no sólo buena, sino de óptima calidad y para ello se debe emplear una buena técnica radiológica: Equipo de 250 m.a., tubo de ánodo rotatorio de 0.3 x 1; de 40 hasta 125 K.V.; tiempo de exposición de 0.1 de segundo o menos, película Gevaert de 35 x 35 cm.; tomada a una distancia de 180 cms. en inspiración no exagerada; empleo de reveladores y fijadores de la misma marca usados a temperatura constante; photo timer y rejilla antidifusora oscilante. La radiografía debe ser revelada en forma adecuada, y para ello se necesita de un técnico con experiencia, pues la calidad y nitidez de la radiografía depende mucho de un buen trabajo en la cámara oscura. En general tratamos de obtener una radiografía en la cual se alcanzan a ver los cuerpos vertebrales a través de la sombra cardíaca, sin visualización de los discos intervertebrales.

## LECTURA DE LAS RADIOGRAFIAS

Las fotoradiografías de 70 mm. se colocan en un visor especial, donde son leídas por dos médicos y en forma independiente, anotando cada cual su diagnóstico. En los casos en que hay diferencias de opinión, o persistencia por uno de ellos en un diagnóstico diferente, se hace una reunión de tres médicos, quienes con su opinión en conjunto, dan el diagnóstico definitivo. Toda placa sospechosa después de la doble lectura, se repite con una radiografía del tamaño standard.

De esta forma se realiza un verdadero tamizado de los trabajadores, descubriendo así todos los casos de Silicosis, aún en sus primeros estadios de evolución.

## EXAMENES EVALUATIVOS

Estos exámenes sirven para determinar el grado de incapacidad que tiene un servidor afectado de Silicosis, para que se proceda al pago de la indemnización respectiva.

En nuestra División son atendidos los servidores que se jubilan o los que se retiran de la Empresa. Se tiene que determinar si el trabajador adolece o no de esta enfermedad, y si la padece, diagnosticar en que grado de incapacidad está afectado.

Antes de iniciar los exámenes y con el fin de evitar suplantaciones, se les exige la presentación de la Libreta Electoral, Libreta Militar, Ficha de Trabajo y la impresión de sus huellas digitales, para así poder identificar al examinado con su radiografía y su

correspondiente Ficha Médica. Los exámenes que se realizan en estas evaluaciones son:

1. Anamnesis dirigida de los síntomas.
2. Examen clínico del aparato respiratorio.
3. Examen clínico del aparato cardio-vascular.
4. Estudio y medición de la expansión torácica.
5. Estudio de la Capacidad Vital Cronometrada (Antes y después del ejercicio)
6. Evaluación de la Historia Ocupacional.
7. Estudio detenido de las radiografías.
8. Estudio del examen hematológico, poniendo especial interés en la cantidad de hemoglobina, hematocrito y número de hemáties.

El diagnóstico de incapacidad es de gran importancia, porque al ser establecido, se supone que debe existir una reparación del daño ocasionado, responsabilidad que las Leyes modernas hacen recaer sobre el patrón. La condición de no poder trabajar puede ser total o parcial, de tal manera que la reparación también será total o parcial.

De acuerdo al Art. 102 de la Ley 7975, se consideran sólo dos grados de incapacidad:

1. Incapacidad parcial y permanente, en el que el individuo sin gozar de salud, puede trabajar en otras actividades;
2. Incapacidad absoluta y permanente, es aquel en que el enfermo atacado de silicosis avanzada, está condenado a la inactividad.

Cuando una infección tuberculosa se agrega a una Silicosis que se encuentre en cualquier grado estadio, se diagnóstica el caso como

una Silico - Tuberculosis, la cual se considera siempre como causante de incapacidad total y permanente.

Para hacer el diagnóstico diferencial entre la Silicosis pura y la Silico-Tuberculosis no siempre es fácil y se debe recurrir a los siguientes exámenes auxiliares de laboratorio: Hemograma, velocidad de sedimentación, estudio bacteriológico del esputo, prueba de la tuberculina y como elementos radiológicos tenemos que tomar en cuenta las confluencias asimétricas, las imágenes de cavitación, las confluencias de crecimiento rápido, etc.

Consideramos que es muy importante para catalogar un caso como Silico-Tuberculosis el hallazgo del bacilo de Koch en la expectoración, pero muchas veces varias baciloscopías seguidas resultan negativas.

La negatividad de estas pruebas, no descarta la asociación tuberculosa si concurren los siguientes elementos clínicos: fiebre o febrículas, diaforesis nocturna, baja de peso y las imágenes radiológicas ya mencionadas.

Otro de los factores que muchas veces hacen difícil hacer un diagnóstico correcto, es el problema de la Eritremia o Policitemia de altura, ya que ella ocasiona imágenes anormales en la trama pulmonar. En nuestro Servicio muchas veces nos encontramos con esta interferencia, debido a que los centros mineros de la Compañía se encuentran sobre los 4,000 metros de altura sobre el nivel del mar.

Los trabajadores que han sido diagnosticados con Silicosis incipiente o en primer grado o aquéllos que tienen una incapacidad parcial

y permanente, no son indemnizados y despedidos del trabajo, sino que a indicación nuestra, ellos pueden seguir trabajando en superficie o en ambientes donde la Sílice se encuentre por debajo de los límites máximos permisibles.

Es en esta forma como la Cerro de Pasco Corporation controla la Silicosis entre sus servidores, ya que tiene para ello un Departamento de Seguridad é Higiene Industrial que cuenta con los medios necesarios para velar por la salud ocupacional, contribuyendo así al bienestar social de sus trabajadores.

---