

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,

MINERA Y METALURGICA



**"COMERCIALIZACION DE MINERALES
Y CONCENTRADOS"**

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

CARLOS JAVIER CENZANO FLORES

PROMOCION : 1985-2

LIMA-PERU

1992

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

INFORME PRESENTADO POR EL BACHILLER

**JAVIER CENZANO FLORES, PARA OPTAR
EL TITULO DE INGENIERO DE MINAS.**

Lima, Noviembre de 1992

I N D I C E

PRESENTACION

CAPITULO I : GENERALIDADES

1. OBJETO DEL INFORME
2. BREVE HISTORIA DE LA COMERCIALIZACION MINERA

CAPITULO II : EL PROCESO DE LA COMERCIALIZACION MINERA

1. INTRODUCCION
2. PRACTICAS COMERCIALES EN UNA OPERACION DE COMPRA-VENTA
3. TIPOS DE OPERACION DE COMPRA-VENTA
MODALIDADES DE COMPRA
MODALIDADES DE VENTA
4. ASPECTOS FINANCIEROS EN UN PROCESO COMERCIAL
5. ASPECTOS LOGISTICOS EN UN PROCESO COMERCIAL

CAPITULO III: CLAUSULAS USUALES DE UN CONTRATO DE COMPRA-VENTA

CAPITULO IV : OPERACIONES COLATERALES DE COMERCIALIZACION

1. OPERACIONES DE CONVERSION (TOLL)
2. OPERACIONES SWAP
3. COBERTURA DE PRECIOS

CAPITULO V : MEZCLA DE CONCENTRADOS

1. METODOS PARA DETERMINAR UNA MEZCLA REQUERIDA
METODO DE TAÑTEO
METODO DE OPTIMIZACION VIA PROGRAMACION LINEAL

CONCLUSIONES

ANEXOS

PRESENTACION

El presente informe contiene un resumen de mi experiencia profesional en la especialidad de COMERCIALIZACION DE MINERALES Y CONCENTRADOS, desarrollados en la empresa estatal MINPECO S.A. desde setiembre de 1988 hasta abril de 1992.

La falta de especialistas en este campo y la gran incidencia de los gastos de venta en los costos de producción, me motivaron para especializarme en la comercialización minera dentro de una empresa de mucha presencia y escuela en nuestro país.

Sabemos que para el Perú, el sector minero es fuente importante de divisas por concepto de sus exportaciones, a pesar de la continua crisis de los últimos tiempos en la minería, por factores como la baja cotización de los metales, el terrorismo, tipo de cambio, etc. lo cual obliga a los productores a optimizar sus ventas.

Siendo muy amplio el campo de la comercialización de productos minero metalúrgicos y tomando en cuenta que el procedimiento comercial es similar para ellos, creo por conveniente centrarme en los productos de Plomo, plata y Oro por razones de espacio y finalidad del presente trabajo.

Finalmente, quiero agradecer a mi Alma Mater y en particular a mis profesores de la facultad, por haberme brindado la formación profesional, sin la cual hubiera sido imposible adquirir ésta experiencia.

CARLOS JAVIER CENZANO FLORES

NOVIEMBRE DE 1992

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

1. OBJETO

El presente informe de mi experiencia profesional, lo he elaborado a fin de cumplir con uno de los requisitos para poder obtener el título profesional de INGENIERO DE MINAS, acogiéndome a la nueva Ley Universitaria, relacionada a la titulación extraordinaria y reglamento de la Facultad de Minas recientemente aprobado.

2. BREVE HISTORIA DE LA COMERCIALIZACION MINERA

En el Perú, la comercialización de la producción minera-metalúrgica, era realizada hasta principios de la década del 70 principalmente por empresas privadas relacionadas a compañías multinacionales extranjeras, quienes no mostraban fácilmente su KNOW HOW a los productores.

Las empresas de la gran minería hasta ese entonces (Cerro de Pasco Corporation, Southern Perú y Marcona Mining) realizaban su comercialización por medio de compañías filiales ad-hoc (Cerro Sales, Asarco y Marcona International respectivamente) por lo que las estrategias comerciales no se fijaban en el país.

La separación entre filiales encargadas de la producción y de la comercialización originaba que no se conociese exactamente a que mercados (clientes) se enviaban nuestras exportaciones mineras y cuales eran los valores finales de la venta. Los volúmenes de producción y exportación eran decididos por las matrices en función de una estrategia global y óptima para sus intereses, la misma que no era coincidente con los intereses del país.

Las empresas de la mediana y pequeña minería realizaban su comercialización fundamentalmente por intermedio de "TRADERS" (Philip Brothers, Hochschild, Minarco, Tennant, Grace, Nachman, etc.) y el Banco Minero. Este proceso de comercialización, implicaba muchas veces la intervención de un segundo intermediario, de tal manera que era difícil también conocer el precio real y destino final de los embarques.

En junio de 1971 se promulga la Ley General de Minería (DL 18880) y la situación cambia radicalmente al establecerse el Monopolio Estatal en la refinación y Comercialización de los productos mineros, creandose para tales efectos la Empresa Minera del Perú-Minero Perú.

En noviembre de 1974, a raíz de la creación del Ministerio de Comercio (DL 21784), se fundó Minero Perú Comercial (Minpeco) como empresa pública de dicho sector, para ejercer en forma exclusiva la comercialización interna y externa de los productos provenientes de la actividad minera y otros afines.

En febrero de 1981, se elimina el Monopolio Estatal en la comercialización ejercida por Minpeco, a quien solo se encarga las producciones íntegramente estatales (Centromin Perú, Minero Perú, Hierro Perú, Condestable y Tintaya), quedando las empresas del sector privado en libertad de comercializar directamente o a través de terceros sus producciones respectivas.

En mayo de 1987, el estado expidió una norma transitoria mediante el cual se autorizaba a Minpeco a ejercer el "derecho de sustitución" en los contratos que los productores o comercializadores privados celebren con compradores del exterior, con la finalidad de asegurar la optimización del ingreso de divisas al país. Posteriormente, en agosto del 87 dicha norma fue modificada eliminando el derecho de sustitución por parte de Minpeco, quien sólo sería invitado en los " TENDERS " que los productores privados realicen para comprometer su producción en el exterior, hasta el 31.12.88.

Finalmente, con respecto a la comercialización de la producción estatal, se dictan algunas normas redefiniendo el rol de la comercializadora estatal Minpeco S.A., una de ellas (D.S. No.011-91-EM/VMM) del 14.06.91, precisa que las exportaciones de productos de empresas mineras cuyo capital corresponde íntegramente al estado, se continuarán efectuando por Minpeco. Otro de los dispositivos (D.S. No.023-91-EM-SG) dispone la transferencia de acciones representativas de Minpeco S.A., a favor de las empresas CENTROMIN PERU y de MINERO PERU S.A. >

Cabe señalar, que paralelamente a dichos cambios en los 2 últimos años, a raíz de la política del gobierno de privatización de las empresas estatales, se ha generado en cierta manera una liberalización de la comercialización minera en el Perú, lo cual esperamos sea favorable para el resurgimiento de la actividad minera nacional.

C A P I T U L O I I

EL PROCESO DE COMERCIALIZACION

EL PROCESO DE COMERCIALIZACION

1. INTRODUCCION

Para explicar el proceso de comercialización minera es necesario primero conocer la institucionalidad del mercado: es decir, la existencia de un conjunto de entidades, normas, usos, costumbres y en general prácticas que definen la naturaleza de las transacciones comerciales. Dentro de ésta institucionalidad, es muy importante el papel que desempeñan las BOLSAS DE LOS METALES. Las principales son el Commodity Exchange (COMEX) de Nueva York y la Bolsa de Metales de Londres o London metal Exchange (LME).

En éstas entidades se definen las cotizaciones internacionales, que son aceptadas universalmente y que sirven de referencia para las transacciones que se realizan con cada uno de los productos, sean concentrados o metales. También constituyen fuentes inmediatas de abastecimiento al realizarse en ellas transacciones en físico. Asimismo, permiten que los productores, consumidores y otros se protejan de las fluctuaciones de precios mediante las operaciones de cobertura que se realizan en los mercados de futuros y por último constituyen una especie de termómetros internacionales, ya que las variaciones que experimentan los stocks de la Bolsa, permiten apreciar el comportamiento de la oferta y la demanda.

Existe aparte de las Bolsas de metales, otro indicador de precios importante que rige las transacciones comerciales de productos mineros y lo constituyen los denominados PRECIOS DE PRODUCTORES; el cual es un sistema de precios que se utiliza en aquellos países donde la producción local de refinado representa un elevado porcentaje del consumo, como son los casos de Estados Unidos, Japón y Europa; donde un volumen significativo de las transacciones comerciales se realizan en base a un precio fijado por los grandes productores (refinerías) para el mercado interno.

Algunos de éstos precios tienen validez internacional, como el precio de Productores Europeos (GOB), que es utilizado actualmente como cotización base de referencia en la comercialización del Zinc en sus diversas formas. Otros precios como el Us Producer Price (Precio de productores de los EEUU) sólo tienen vigencia relativa en la comercialización de algunos metales para el mercado americano.

Las cotizaciones de Bolsa y de productores antes mencionados se publican en revistas especializadas, tales como el metal Bulletin de Londres y el Metals Week de Nueva York, para efectos de los contratos de Compra-Venta.

2. PRACTICAS COMERCIALES EN UNA OPERACION DE COMPRA-VENTA

Como toda actividad comercial, la comercialización minera comprende la operación básica de COMPRA y VENTA, las que a su vez contienen una serie de etapas y procedimientos para su realización.

Para llevar a cabo ésta operación, previamente debe existir una etapa de negociación entre las partes, es decir entre el VENDEDOR y COMPRADOR, donde se acuerda los términos bajo los cuales se efectuará la COMPRA-VENTA del producto. Una vez definido los términos, éstos formarán las cláusulas del documento denominado CONTRATO, el mismo que se suscribirá entre las partes.

En cuanto a la comercialización de concentrados y minerales, en los primeros es más compleja y lo que se negocia fundamentalmente son los siguientes factores:

- A. Las fórmulas para establecer las deducciones metalúrgicas y los pagos de contenidos recuperables.
- B. Los respectivos periodos de cotización (QP).
- C. Los costos de tratamiento y de refinación (T/C y R/C) que pueden incluir o no escaladores de ajuste.
- D. La aplicación de penalidades.

Los T/C y R/C, teóricamente dependen de la estructura de costos de las fundiciones y refinerías, de su diseño tecnológico y de las condiciones económicas imperantes en el país en que están ubicadas. En la práctica, éstos costos de tratamiento y refinación dependen más de la disponibilidad de concentrados, variando en razón directamente proporcional a la oferta.

3. TIPOS DE OPERACION DE COMPRA-VENTA

MODALIDADES DE COMPRA

- A. **COMPRA A FIRME** .- Por las que se adquiere la producción del vendedor, asumiendo el comprador los riesgos inherentes a la operación.
- B. **BACK TO BACK** .- Por la que se transfiere al productor minero los términos y condiciones de la venta, cobrándose por tal operación una comisión.

MODALIDADES DE VENTA

- A. **VENTA SPOT** .- Es una venta de entrega inmediata, que se realiza generalmente a un precio fijo.
- B. **VENTA PARA ENTREGAS PERIODICAS** .- En la que se define un periodo de cotizaciones y un programa de entregas.

4. ASPECTOS FINANCIEROS EN UN PROCESO COMERCIAL

En el caso de una COMPRA, existe algunas actividades ligadas a dicha operación como los pagos o liquidaciones provisionales al productor minero a cargo del comprador del producto. Estos generalmente se hacen a un porcentaje sobre el valor de la producción en cancha o entregada en depósito del comprador, según se especifique en el contrato. Los pagos finales se efectúan una vez conocida las leyes del material y los periodos de cotización establecidos.

En el caso de un VENTA, las actividades ligadas a ésta operación son las cobranzas provisionales y finales a cargo del vendedor, mediante la facturación. La cobranza provisional se ejecuta generalmente cuando el material es embarcado hacia el destino señalado por el comprador. La cobranza final se efectúa al arribo del material al destino y una vez conocido los pesos y leyes finales.

5. ASPECTOS LOGISTICOS EN UN PROCESO COMERCIAL

En todo proceso de comercialización, existen diversas operaciones inherentes, las mismas que generan actividades y documentos necesarios para llevarse a cabo una transacción comercial, de acuerdo a usos, costumbres y leyes internacionales. Entre dichas operaciones podemos mencionar Control de Calidad (Pesaje, muestreo y determinación de humedad), Supervisión, Fletamento, Embarque, Aduana y Seguro.

Cada una de ellas, son realizadas en base a instrucciones comerciales amparadas por el contrato de Compra-Venta y deben estar sujetas a un seguimiento, desde que el material es embarcado hasta que arrive a destino.

C A P I T U L O I I I

**CLAUSULAS USUALES DE UN CONTRATO
DE COMPRA VENTA**

CLAUSULAS USUALES DE UN CONTRATO DE COMPRA-VENTA

Después de consignarse las generales de ley, como la razón social de los contratantes, dirección, nombre de sus representantes (en algunos casos) y del agente de ventas si lo tuviera, a continuación se especifican las cláusulas propiamente dichas:

A. PRODUCTO Y CALIDAD

Se indica la procedencia del concentrado (unidad minera) y el ensaye químico típico (análisis aproximado).

B. CANTIDAD

Se detalla el número de toneladas materia de la compra-venta y el tipo de tonelada: cortas o metricas, secas • húmedas.

C. DURACION

Se señala con precisión la fecha de inicio y término del contrato, generalmente, en aquellos contratos que excedan el periodo de 2 años, se estipula la renegociación en los términos y condiciones para el siguiente periodo.

D. ENTREGA

Se estipula el lugar y las condiciones de entrega: FAS, FOB, C&F, CIF, etc. e igualmente las condiciones de fletamento: Liner terms, FIO, FIOT, FI, FO, etc. También se hace mención a los INCOTERMS en vigencia (1990).

E. EMBARQUE

Se consigna un programa de embarques en la que se indican las fechas y los tonelajes que serán embarcados.

F. EMPAQUE

Se establece el tipo de embalaje que se empleará cuando no sea a granel: sacos, cilindros, container, etc. de acuerdo al valor del producto.

G. PRECIO

Se especifica la suma de los pagos por diferentes contenidos metálicos y la suma de las deducciones por concepto de maquila, costos de refinación y penalidades.

H. PERIODO DE COTIZACIONES

Se especifica el lapso de tiempo en que se aplicarán las cotizaciones de referencia para la valorización de los contenidos metálicos pagables. Puede utilizarse un solo periodo de cotizaciones para todos los metales o establecerse diferentes periodos para cada uno de ellos.

I. CONVERSION

Se indica la tasa de cambio que se utilizará para convertir las cotizaciones internacionales a la moneda en que se valorizarán y pagarán los embarques, haciéndose referencia a la revista que publica la tasa de cambio y el periodo de tiempo a utilizar en la conversión. Esto último, coincide generalmente con el periodo de cotizaciones.

J. PAGOS

Se estipula la moneda, el lugar y la forma en que se realizarán los pagos, estableciéndose la realización de un pago provisional y un pago final.

El pago provisional es por el 80% a 90% del valor CIF estimado del embarque y generalmente se efectúa al contado contra primera presentación de documentos de embarque o a través de cartas de crédito:

El pago final se efectúa tan pronto se conozcan los pesos, ensayes y cotizaciones finales, pero generalmente se establece un plazo máximo de 120 a 150 días de la fecha del Bill of Lading.

K. PESAJE, MUESTREO Y DETERMINACION DE HUMEDAD FINAL

Se indica el lugar, fecha y forma en que se realizarán tales operaciones, así como el tonelaje de los lotes que serán materia de muestreo. En estas operaciones, el vendedor tiene derecho a estar representado directamente o contratando un supervisor internacional y se establece la distribución de las muestras para el vendedor, comprador y para dirimencia.

L. ENSAYES

Se consigna la forma en que se analizarán las muestras y la fecha en que se realizará el intercambio simultáneo de los resultados de los análisis (Canje de leyes) que cada parte contractual deberá efectuar en forma independiente.

Se establecen igualmente las diferencias máximas tolerables en los contenidos de los metales pagables (Splitting Limits) que deben tener los análisis de cada parte.

M. SEGURO

Se establecen las condiciones en que se deben asegurar los embarques y la mecánica de valorización en caso de pérdida parcial o total de la carga. Usualmente el seguro se contrata contra todo riesgo: Guerra, motines, huelga, contaminación, etc. y por el 110% del valor CIF provisional, sujeto a ajuste cuando el valor final sea conocido.

N. DERECHOS E IMPUESTOS

Se indica por cuenta de quien correrán los gravámenes creados o por crearse que afecten al producto.

O. ARBITRAJE

Se consigna bajo las leyes de que país se someterán las partes contratantes, en caso de producirse una disputa o controversia de materia comercial.

P. FUERZA MAYOR

Se indica taxativamente todas aquellas posibilidades de incumplimiento del contrato: Incendio, actos de la naturaleza, guerra, bloqueo, prohibición de exportaciones o importaciones, etc. y se especifica como se procederá en caso de que alguna de las partes quede imposibilitada, temporal o definitivamente, de cumplir el contrato.

Q. DEFINICIONES

Se especifican los significados de las unidades monetarias y de peso que se consignan en el contrato, así como sus abreviaturas y equivalencias exactas.

C A P I T U L O I V

OPERACIONES COLATERALES DE COMERCIALIZACION

OPERACIONES COLATERALES DE COMERCIALIZACION

Son operaciones complementarias de los sistemas normales de venta de los diferentes productos mineros, las que se realizan con la finalidad de mejorar la rentabilidad o retorno de la gestión comercial. En la práctica se pueden realizar múltiples operaciones de éste tipo; pero me referiré a las más usuales, como las Operaciones de Conversión (Toll), Swap y Cobertura.

1. OPERACIONES DE CONVERSION

A. TOLL TRADICIONAL

Es una operación que consiste en alquilar interna o externamente los servicios de una planta de fundición o refinación con capacidad ociosa, a fin de obtener productos con mayor valor agregado.

Cuando se contratan los servicios de Toll o conversión para tratar minerales y/o concentrados, lo que las plantas devuelven son el producto principal y los demás elementos recuperables (Plata y Oro), cuya propiedad y venta posterior en el mercado corresponde a la compañía que contrata el servicio.

Sin embargo, en algunos casos, las plantas sólo devuelven como metal el producto principal y compran los otros elementos que se recuperan como subproductos, lo que es deducido del costo del servicio que cobra la planta.

B. TOLL FLOTING

Es una operación comercial a través de la cual se obtiene, vía WARRANTS, la devolución inmediata de los metales preciosos contenidos en el concentrado. El costo de tratamiento y otros descuentos que se negocian con el comprador son pagados con el valor del contenido del producto principal.

Por tanto, mediante ésta modalidad se genera un ahorro de tiempo sustancial respecto a un Toll tradicional, lográndose mayores ventajas financieras, menos riesgos por variaciones de precios, evitar la salida de metales preciosos que constituyen parte de la reserva del país y suplir en gran medida la falta de capacidad de fundición y/o refinación interna.

2. OPERACIONES SWAP

Es una operación de intercambio físico de lugares de entrega, ejecutada entre dos empresas exportadoras para reducir los costos de transporte (diferenciales de flete), sin afectar los periodos de entrega, cantidad, calidad y/o precio del producto.

3. COBERTURA DE PRECIOS

Son operaciones que se practican con algunos metales en la Bolsa de metales (COMEX-LME) y que permiten a productores, comerciantes y fabricantes, cubrirse y/o minimizar los riesgos de pérdida derivados de variaciones de precios durante el periodo comprendido entre la compra efectiva del metal y la realización de la venta.

El mecanismo de cobertura de precios se realiza a través del accionamiento de dos mercados en forma paralela: el MERCADO FISICO (real • de contado) donde se efectúa un contrato de compra-venta y el MERCADO BURSATIL (documentario • de papel) en el que se efectúa una operación de carácter contrario a la realizada en el mercado físico.

En éstas Bolsas cualquier compañía puede realizar operaciones de compra-venta a través de agentes corredores (Brokers), quienes son los únicos autorizados a accionar en el comercio bursátil-diario.

C A P I T U L O V

MEZCLA DE CONCENTRADOS

MEZCLA DE CONCENTRADOS

Es un proceso fundamental en la comercialización, que se lleva a cabo con concentrados de diferente calidad, para obtener un material compósito que cumpla con las características de calidad y volúmen, requeridos en determinado contrato de venta, maximizando las utilidades con respecto a la compra de cada material a mezclarse.

Todo ente comercializador, como el caso de Minpeco S.A., teniendo como base sus fuentes de abastecimiento de concentrados (principalmente productores), establece "contratos de venta" con sus clientes nacionales o del exterior. Dicho compromiso de venta, determina los volúmenes periódicos, la calidad y valor de venta por cada tonelada métrica seca vendida.

Teniendo como BACKING o respaldo el contrato de venta, el comercializador realiza una labor de acopio o compra de productos, ofreciendo términos y condiciones a los diferentes productores mineros. Cada uno de éstos, producen concentrados con características parecidas o muy diferentes a las requeridas en el contrato de venta y por tanto sus valores de compra difieren en el mismo grado.

1. METODOS PARA DETERMINAR LA MEZCLA REQUERIDA

En una operación de mezcla, existen 2 etapas de desarrollo; una teórica y otra práctica. En la etapa teórica, primeramente se determina y verifica las disponibilidades (Stocks) de material que intervendrán en la selección, a fin de obtener el concentrado requerido (en volumen y calidad), para determinado contrato de venta. En segundo lugar, se realizan los diferentes cálculos de valor de compra (valorización) para las disponibilidades y se efectúan los análisis de los mismos, así como simulaciones.

En la etapa práctica, se efectúa la mezcla física de los materiales (concentrados) seleccionados, en base a los cálculos teóricos, con el empleo de una logística que comprende personal especializado y equipos de carga y transporte (Payloaders, camiones, etc).

Se pueden establecer 2 métodos para determinar la mezcla óptima: A) Por tanteo o aproximación, B) Optimización vía programación lineal.

A. METODO DE TANTEO

Es un método de aproximación, donde no interviene toda la disponibilidad y sólo se elige volúmenes de materiales bajo el criterio de obtener una mezcla satisfactoria, logrando los máximos pagos por los contenidos pagables y las mínimas deducciones (en maquila y castigos por contenidos penalizables) de acuerdo a los términos del contrato de venta.

En éste método, la mezcla satisfactoria significa aquella cuyas características (leyes) cumple con los límites mínimos de leyes pagables y límites máximos de las penalidades, sin ser necesariamente la más óptima.

Determinada la posible mezcla por reiteradas simulaciones, se valoriza unitariamente cada calidad según sus condiciones de compra y a unas cotizaciones determinadas. Luego se calcula el "valor promedio pesado" de compra (US\$/TM), se valoriza cada calidad según los términos de venta y se halla la diferencia respecto a la compra, unitaria y cuantitativamente. Las diferencias resultantes serán positivas y negativas, es decir que en algunas calidades se gana y en otras se pierde por diferenciales de términos; pero la sumatoria total debe ser positiva para que sea rentable económicamente la operación.

Finalmente, se valoriza la mezcla satisfactoria con los términos de venta, con cotizaciones de la misma fecha utilizadas para valorizar la compra. Luego se halla la diferencia entre el valor de venta y el valor promedio de compra, debiendo ser el resultado positivo, para que la evaluación sea económica. Como ejemplo se muestra el cuadro I que contiene un resumen de los cálculos mencionados, empleando 8 calidades (productores), versus el contrato de venta ASARCO.

B. METODO DE OPTIMIZACION VIA PROGRAMACION LINEAL

Este método determina la proporción o cantidades óptimas en que deben ser mezclados los concentrados, a fin de obtener uno que satisfaga los requerimientos del contrato de venta (para nuestro ejemplo será ASARCO), incurriéndose para ello en el mínimo costo por concepto del pago mismo de los concentrados, o en otras palabras "maximizando" la utilidad bruta a obtenerse por su sola venta, resultado de la diferencia entre el costo de compra de los concentrados empleados en la mezcla y el precio de venta ASARCO.

La optimización de la mezcla de los concentrados se efectuará haciendo uso del Método Simplex, el cual requiere que primero se formule la función objetivo a optimizarse, que en nuestro caso es la maximización de la utilidad bruta producto de la venta del concentrado a ASARCO y está dada por la ecuación (1) del cuadro IV, seguida luego de las ecuaciones de restricción a las cuales está sujeta la solución del problema y que para este caso son dadas por las ecuaciones (2)-(22) del mismo cuadro, las cuales corresponden a los contenidos metálicos y volúmenes exigidos para el concentrado a venderse a ASARCO.

Las ecuaciones restrictivas (2)-(11) de la calidad exigida para cada uno de los componentes pagables (Pb, Ag, Au) y penalizables (As, Sb, Bi, S, Zn, Cu), se formulan considerando el contenido metálico requerido por la mezcla o compuesto de concentrado y se obtiene multiplicando el tonelaje de cada uno de los concentrados a mezclarse por sus respectivos ensayos de ese elemento y cuya sumatoria deberá ser igualada (igualdad o inecuación) al contenido metálico permisible en el concentrado mezcla para ese elemento (tonelaje por ensayo requerido en el contrato de venta).

Con relación a las ecuaciones (12)-(22), éstas se sujetan a los requerimientos y disponibilidades de concentrados a mezclarse considerándose la restricción de que todos deben ser usados en cantidades mayores o iguales a cero.

Mediante el uso de un paquete computacional de programación lineal (Lindo, LP88, Feed Master) se puede calcular como prueba, la solución del ejemplo propuesto empleando los datos de los cuadros indicados, los resultados se muestran en el cuadro V.

Este cuadro indica el valor en dólares, de la función objetivo, como máximo a obtenerse (\$99,393) y las cantidades de concentrados de X1, X2, etc. que deben tomarse de cada uno de los 10 concentrados para obtener la mezcla compuesto que optimice la función objetivo planteada (Ec. 1 del cuadro IV) y por tanto da la solución al problema de mezcla establecido. En efecto, los resultados indican que se deben tomar los 99.281 TMS disponibles del concentrado X1, sólo 195 TMS (de las 500 TMS disponibles) del concentrado X2 y así sucesivamente.

Asimismo, se observa que la solución óptima no incluye cantidad alguna del concentrado X5 (Calidad 5), a pesar de que su inclusión podría incrementar la utilidad total (valor de la función objetivo). Esto es debido al alto contenido de Mercurio (Hg) en éste concentrado, lo cual lo excluye de la mezcla compuesto.

CONCLUSIONES

- Los antecedentes históricos, nos muestran que el KNOW HOW propiamente nacional en la comercialización minera, es relativamente joven con comparación a otros países, por lo que requiere mayor desarrollo desde la formación profesional.
- El campo de la comercialización minera en el Perú, es muy amplio debido a la gran variedad de su producción metálica y no metálica; pero la mayoría de productos tienen un procedimiento general en su comercialización, es decir, bajo el mismo patrón del contrato de COMPRAVENTA.
- Actualmente, no existe una orientación comercial adecuada de nuestra producción minera hacia el mercado consumidor, es decir conocer las necesidades de dicho mercado, por nuevos productos que estén comprendidos dentro del potencial de recursos mineros nacional, reemplazando a las producciones tradicionales que cada vez tienen menor demanda mundial.
- El impacto del medio ambiente, por la mayoría de los elementos penalizables, que emanan durante la fundición de los concentrados, es un factor que toman en cuenta los consumidores para determinar la calidad del material y está influyendo en la disminución de su comercialización; pero una alternativa para mejorarlo, sería con la optimización de la mezcla.

CUADRO I

RESULTADOS

COMPRA

PRODUCTOR	TMNS	VALOR TMNS US\$	TOTAL	US\$/TMNS CON TER. ASARCO	DIFERENCIA TERMINOS	DIFERENCIA US\$/VOLUMEN
CALIDAD 1	339.480	280.28	95,149.45	303.58	23.30	7,909.88
CALIDAD 2	242.000	215.32	52,107.44	197.43	(17.89)	(4,329.38)
CALIDAD 3	110.400	786.48	86,827.39	675.14	(111.34)	(12,291.94)
CALIDAD 4	207.000	334.54	69,249.78	258.70	(75.84)	(15,698.66)
CALIDAD 5	942.000	257.24	242,320.08	347.73	90.49	85,241.58
CALIDAD 6	266.000	462.69	123,445.69	422.29	(40.40)	(10,778.72)
CALIDAD 7	153.640	81.19	12,474.03	197.49	116.30	17,868.33
CALIDAD 8	240.500	160.53	38,607.47	188.59	28.06	6,748.43
TOTAL	2,501.820	287.86	720,181.33			74,669.30

VENTA

CLIENTE	TMNS	VALOR/TMNS US\$	TOTAL
ASARCO	2,501.820	320.67	802,258.62

DIFERENCIA

VALOR/TMNS US\$	TOTAL
32.81	82,077.29

CUADRO II**COSTOS Y CARACTERISTICAS DEL CONCENTRADO DE PLOMO A VENDERSE A ASARCO S.A.**

COMPONENTE	CONTENIDO
Plomo (Pb)	≥ 51 %
Plata (Ag)	≥ 33 OZ/TM
Oro (Au)	≥ 0.22 OZ/TM
Cobre (Cu)	≤ 1.3 %
Zinc (Zn)	≤ 6 %
Arsenico (As)	≤ 0.5 %
Antimonio (Sb)	≤ 0.5%
Bismuto (Bi)	≤ 0.02 %
Azufre (S)	≤ 18 %
Mercurio (Hg)	≤ 70 ppm
CANTIDAD	2,500 TMS
Gastos de tratamiento (FOB)	US\$ 95.00 P/C TMS
NIVELES Y COSTOS DE PENALIZACION	
As	Libre 0.3 %, exceso US\$ 1.50/0.10%
Sb	Libre 0.3 %, exceso US\$ 1.50/0.10%
Bi	Libre 0.01 %, exceso US\$ 1.50/0.01%
S	Libre 18 %, exceso US\$ 2.00/1%
Zn	Libre 6 %, exceso US\$ 2.00/1%
Cu	Libre 1.3 %, exceso US\$ 2.00/0.1%

CUADRO III

COSTOS DE COMPRA Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS DIEZ CONCENTRADOS DE PLOMO COMPRADOS POR MINPECO PARA EL CONTRATO DE VENTA "ASARCO"

CONCENTRADO	PRODUCTOR	CANTIDAD TMS	C O M P O N E N T E S										COSTO US\$/TM
			Pb %	Cu %	Zn %	As %	Sb %	Bi %	S %	Ag OZ/TM	Au OZ/TM	Hg PPM	
X1	CALIDAD "A"	99.281	0.21	0.26	0.17	0.17	0.06	0.025	2.07	1.13	2.45	9	170
X2	CALIDAD "B"	509	8.7	0.5	4.79	2.82	0.19	0.012	12.84	21.00	0.800	250	100
X3	CALIDAD "C"	288	62.00	1.12	3.50	0.75	0.40	0.010	17.80	49.70	0.013	2	250
X4	CALIDAD "D"	74	56.08	0.40	4.00	0.30	0.78	0.006	19.50	71.78	0.015	275	270
X5	CALIDAD "E"	320	28.50	1.50	19.00	1.82	0.91	0.020	18.00	60.00	0.130	320	200
X6	CALIDAD "F"	185	43.20	1.50	5.50	0.32	0.52	0.002	19.00	64.30	0.059	30	260
X7	CALIDAD "G"	350	58.58	3.50	7.00	0.81	1.21	0.028	18.00	73.16	1.410	250	220
X8	CALIDAD "H"	300	13.00	0.90	7.00	0.40	0.30	0.010	18.00	250.00	1.100	30	220
X9	CALIDAD "I"	325	38.00	1.00	6.00	0.10	0.15	0.017	18.00	30.00	0.146	10	255
X10	CALIDAD "J"	2,000	72.00	0.01	1.34	0.02	0.01	0.002	14.20	0.50	0.002	6	135

CUADRO IV

FORMULACION DEL PROBLEMA PARA APLICAR EL PAQUETE DE COMPUTACION

ECUACIONES

FUNCION OBJETIVO: (a)	RESTRICCIONES POR
1) $MAX\ 130\ X_1 + 200\ X_2 + 50\ X_3 + 30\ X_4 + 100\ X_5 + 40\ X_6 + 80\ X_7 + 80\ X_8 + 45\ X_9 - 35\ X_{10}$	
SUJETO A:	
2) $0.21\ X_1 + 0.7\ X_2 + 62\ X_3 + 56.08\ X_4 + 28.5\ X_5 + 43.2\ X_6 + 58.58\ X_7 + 13\ X_8 + 38\ X_9 + 72\ X_{10} \geq 127,500$	Pb
3) $0.26\ X_1 + 0.5\ X_2 + 1.12\ X_3 + 0.4\ X_4 + 1.5\ X_5 + 1.5\ X_6 + 3.5\ X_7 + 0.9\ X_8 + X_9 + 0.01\ X_{10} \leq 3,250$	Cu
4) $0.17\ X_1 + 4.79\ X_2 + 3.5\ X_3 + 4\ X_4 + 19\ X_5 + 5.5\ X_6 + 7\ X_7 + 7\ X_8 + 6\ X_9 + 1.34\ X_{10} \leq 15,000$	Zn
5) $0.17\ X_1 + 2.82\ X_2 + 0.75\ X_3 + 0.3\ X_4 + 1.82\ X_5 + 0.32\ X_6 + 0.81\ X_7 + 0.4\ X_8 + 0.1\ X_9 + 0.02\ X_{10} \leq 1250$	As
6) $0.06\ X_1 + 0.19\ X_2 + 0.4\ X_3 + 0.78\ X_4 + 0.91\ X_5 + 0.52\ X_6 + 1.21\ X_7 + 0.3\ X_8 + 0.15\ X_9 + 0.01\ X_{10} \leq 1,250$	Sb
7) $0.025\ X_1 + 0.012\ X_2 + 0.01\ X_3 + 0.006\ X_4 + 0.02\ X_5 + 0.02\ X_6 + 0.028\ X_7 + 0.01\ X_8 + 0.017\ X_9 + 0.002\ X_{10} \leq 50$	Bi
8) $2.07\ X_1 + 12.84\ X_2 + 17.8\ X_3 + 19.5\ X_4 + 18\ X_5 + 19\ X_6 + 18\ X_7 + 18\ X_8 + 18\ X_9 + 14.2\ X_{10} \leq 45,000$	S
9) $1.13\ X_1 + 21\ X_2 + 49.7\ X_3 + 71.78\ X_4 + 60\ X_5 + 64.3\ X_6 + 73.16\ X_7 + 250\ X_8 + 30\ X_9 + 0.5\ X_{10} \geq 75,000$	Ag
10) $2.45\ X_1 + 0.8\ X_2 + 0.013\ X_3 + 0.015\ X_4 + 0.13\ X_5 + 0.058\ X_6 + 1.41\ X_7 + 1.1\ X_8 + 0.146\ X_9 + 0.002\ X_{10} \geq 500$	Au
11) $8\ X_1 + 250\ X_2 + 2\ X_3 + 275\ X_4 + 520\ X_5 + 30\ X_6 + 250\ X_7 + 30\ X_8 + 10\ X_9 + 6\ X_{10} \leq 175,000$	Hg
12) $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 2,500$	Tonelaje Conc. Final
13) $X_1 = 99,281$	Tonelaje Conc. X1
14) $X_2 \leq 500$	Tonelaje Conc. X2
15) $X_3 = 288$	Tonelaje Conc. X3
16) $X_4 = 74$	Tonelaje Conc. X4
17) $X_5 \leq 320$	Tonelaje Conc. X5
18) $X_6 = 185$	Tonelaje Conc. X6
19) $X_7 \leq 350$	Tonelaje Conc. X7
20) $X_8 \leq 300$	Tonelaje Conc. X8
21) $X_9 \leq 325$	Tonelaje Conc. X9
22) $X_{10} \leq 2,000$	Tonelaje Conc. X10
END	

A) Para establecer esta funcion objetivo, se considera como Valor de Venta del Concentrado Composite \$300/TM. Los costos de compra estan dados en el Cuadro III.

CUADRO V

RESULTADOS DEL PROBLEMA DE MEZCLA PLANTEADO

1) CONCENTRADOS REQUERIDOS CON OPTIMIZACION DE MINIMO COSTO

CALIDAD	CANTIDAD (TMS)
X1 CALIDAD A	99.281
X2 CALIDAD B	194.951
X3 CALIDAD C	288.000
X4 CALIDAD D	70.672
X6 CALIDAD F	185.000
X7 CALIDAD G	350.000
X8 CALIDAD H	134.782
X9 CALIDAD I	325.000
X10 CALIDAD J	852.315
TOTALES	2,500.000

2) ANALISIS DE LA MEZCLA OPTIMIZADA

COMPONENTE	CONTENIDO
Pb	51.000 %
Cu	0.973 %
Zn	3.898 %
As	0.500 %
Sb	0.332 %
Bi	0.011 %
S	13.446 %
Ag	41.986 OZ/TCS
Au	0.442 OZ/TCS
Hg	70.000 P.P.M.

3) CONCENTRADOS INDICADOS PERO NO USADOS

X5 CALIDAD E