

*Cruzando Fronteras:  
Tendencias de Contabilidad Directiva para el Siglo XXI*



**CONCEPTOS GENERALES, DETERMINACIÓN DE COSTOS Y CONTROL DE GESTIÓN EN UN MODELO DE EXPLOTACIÓN MINERA**

**Buscetto, Enrique José**

Universidad Nacional de Tucumán – Facultad de Ciencias Económicas

Manuel Alberti 738

4000 – San Miguel de Tucumán

Rep. Argentina

e-mail: [buscetto@cgcet.org.ar](mailto:buscetto@cgcet.org.ar)

**Resumen**

El objetivo del presente trabajo es proporcionar al lector no experto en la actividad minera la siguiente información sobre un tipo de actividad productiva:

Una explicación sobre la terminología económica utilizada en minería

Consideración de los principales elementos a tener en cuenta en la evaluación económica de un proyecto minero

Se describe y analiza un caso real de explotación minera de tipo diseminado (a cielo abierto), considerando los siguientes elementos: principales características del proyecto, una breve descripción del proceso productivo, en forma analítica y gráfica, información sobre la estructura de costos, incluyendo un cuadro con un ejemplo de determinación de costos, el detalle de los principales centros de costos, de los informes más importantes utilizados para el control de gestión y, finalmente, se presenta un modelo específico de Tablero de Comando Estratégico para la actividad en particular.

**Palabras clave:** Actividad minera, generalidades, explotación a cielo abierto, descripción, costos, control de gestión, tablero de comando.



**VII Congreso del  
Instituto Internacional  
de Costos**



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**



**II Congreso de la  
Asociación Española de  
Contabilidad Directiva**

**Agradecimiento:** al Licenciado Mario César Alderete por su muy valiosa colaboración, que permitió la realización de este trabajo.

## **1. Conceptos Generales de Geología Económica**

**Negocio minero:** Conjunto de actividades civiles, comerciales o de otra naturaleza que se relacionan directamente, con la adquisición, investigación, prospección, exploración y explotación de yacimientos o de concesiones y derechos mineros en general; con el beneficio de minerales y obtención, a partir de ellos, de productos y subproductos mediante su fundición, refinación u otros procesos y con el transporte y comercialización de los mismos.

**Reservas mineras:** Cantidad de mineral útil cuya extracción está en función del tiempo y de la demanda. Pueden ser:

A: Reservas Probadas: o explotables son aquellas donde la composición del yacimiento es perfectamente conocida por las labores de preparación y exploración.-

B: Reservas probables: son aquellas para las cuales existe una prueba del que el yacimiento se prolonga sin una completa seguridad de su composición exacta.-

C: Reservas posibles: son aquellas en las cuales la prolongación de la mineralización es lógicamente posible, pero no hay seguridad de ello

**Potencial minero:** Es la totalidad de los recursos mineros de una nación, provincia o región, susceptible de explotarse o no ,según la economía del momento

**Vida probable de la mina:** La misma está en función de las reservas de mineral y de la rapidez con que éstas van a ser extraídas

**Evaluación de un yacimiento:** Es la apreciación económica resultante de una serie de factores cualitativos e informaciones adquiridas en base a las diferentes técnicas geológicas mineras. En la evaluación intervienen tres factores:

a- La suma que la mina ganaría cada año

b- El numero de años que continuará produciendo

c- El valor presente de esas ganancias futuras

**Cubicación de yacimientos:** Cálculo de cantidad de mineral útil medido en la mina, por técnicas geométricas y geostadísticas utilizando medios de investigación subterráneos como labores y/o perforaciones. En la cubicación de un yacimiento se consideran tres conceptos:

a. mineral probado, o sea aquel que su masa sea mensurable desde tres lados.

b .mineral probable:,cuando se puede considerar dos lados

c. mineral posible: si se observa de un solo lado

**Ley de corte o cut-off:** Es el criterio empleado normalmente en minería para discriminar entre mineral y estériles.

**Ley o grado:** De un yacimiento, es a su vez un factor que influye sobre el coeficiente económico de destape pues resulta fácil advertir que, cuando mayor sea la ley, menor será el valor por tonelada de mineral. La ley de un yacimiento se puede expresar como la relación en % de contenido fino si se trata de minerales metalíferos, y en gramos por toneladas, cuando se trata de metales preciosos.

**Bullión o doré:** Aleación de oro, plata y otros metales que es la resultante de la primera fusión luego de la concentración y de la cual se separan los metales preciosos por fusión y electrólisis.

**Lingote:** Barras de metales refinados a los tamaños que el mercadeo exige para su venta

**Recuperación de los metales:** Porcentajes de metales comerciales que se obtienen del volumen total de toneladas procesadas.

**Valuación y tasación del proyecto minero:** Cuidadoso estudio de costos y mercados. Análisis de la capacidad rentable del yacimiento y en función de ello, control del monto de las inversiones

**Rentabilidad de minas:** Depende en general de los siguientes factores:

a-Cubicación del mineral

b-Costos de extracción

c-Capital a invertir

d-Tasa de interés con que se ha de remunerar el capital

e-Precio de costo (incluidas las cargas del capital)

**Concentrado:** Producto originado en la planta procesadora de los metales y se expresa en un tanto por ciento de los elementos útiles luego del proceso.

**Castigo:** Tasa de descuento en la cotización del mineral que se aplica cuando el porcentaje de impurezas del concentrado supera el límite de tolerancia.

**Ley de cabeza:** Contenido de finos en el mineral que entra al proceso de concentración.

**Prospección:** Conjunto de acciones y trabajos que permiten identificar, mediante la aplicación de una o más técnicas de reconocimiento geológicos, zonas de características favorables para la presencia de acumulaciones de minerales y yacimientos.

**Exploración:** Conjunto de acciones y trabajos que permiten identificar, mediante la aplicación de una o más técnicas de reconocimiento

geológico, zonas de características favorables para la presencia de acumulaciones de minerales y yacimientos.

**Explotación:** Extracción de sustancias minerales para su aprovechamiento económico.

**Beneficio:** Proceso de fusión de minerales, concentrados o precipitados de éstos, con el objeto de separar el producto metálico que se desea obtener, de otros minerales que los acompañan.

**Fundición:** Proceso de fusión de minerales, concentrados o precipitados de éstos, con el objeto de separar el producto metálico que se desea obtener, de otros minerales que los acompañan.

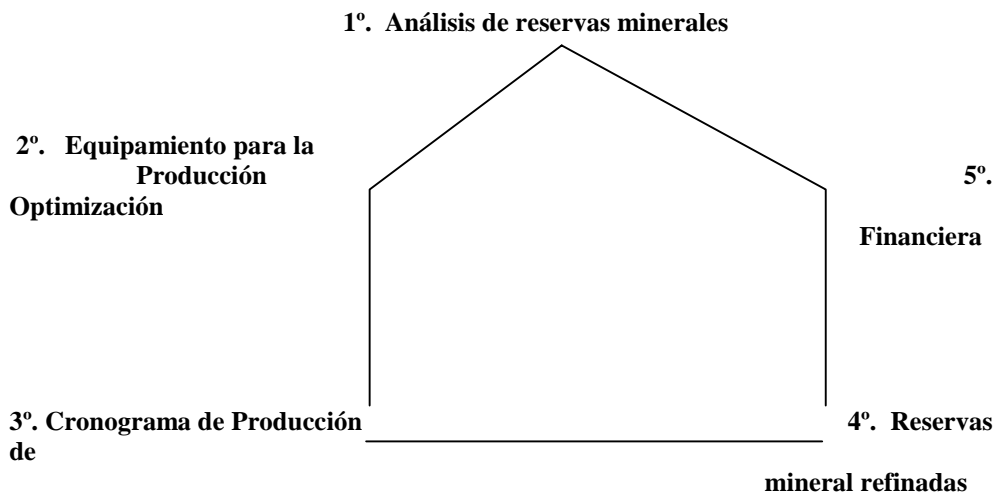
**Refinación:** Proceso destinado a separar las sustancias consideradas impurezas, de un producto metálico obtenido por fundición o lixiviación, de la sustancia o metal que se desea obtener, ya sea mediante fundición o por un proceso electroquímico.

**Maquila o Transformación por Terceros:** Actividad por la cual un producto minero es procesado en plantas de tratamiento pertenecientes a personas naturales o físicas jurídicas distintas del propietario de dicho producto minero el que paga con una porción de la producción o en dinero.

<b>Unidades de medida:</b>	Cobre	Libra	453 gramos
	Oro	Onza Troy	31,10 gramos

## 2. Análisis de un Proyecto Minero

Se trata de los principales conceptos a tener en cuenta durante la evaluación económica financiera del proyecto y que, por supuesto, están totalmente interrelacionados entre sí. Exponemos el mismo gráficamente y luego lo explicamos brevemente.



Se analizan brevemente cada uno de estos cinco componentes:

### 2.1 Análisis de reservas minerales

- ❖ Evaluación de las perforaciones realizadas
- ❖ Análisis de corte
- ❖ Diseño de la mina
- ❖ Análisis marginal

## **2.2 Equipamientos y medios para la producción**

- ❖ Selección del equipamiento
- ❖ Selección del tipo de minería
- ❖ Capital intensivo
- ❖ Costo de operaciones
- ❖ Depreciación del capital

## **2.3 Cronograma de producción**

- ❖ Costos de preproducción
- ❖ Cronograma de operación
- ❖ Relación de destape
- ❖ Secuencia de producción
- ❖ Aspectos financieros
- ❖ Adecuado laboreo
- ❖ Costo de cierre de mina
- ❖ Necesidades

## **2.4 Reservas de mineral refinadas:** En este punto hacemos referencia a:

- ❖ Valor de corte del mineral a planta
- ❖ Un análisis de los valores marginales
- ❖ Se estudian diseños de alternativas

## **2.5 Optimización financiera**

- ❖ Capital y costo de operaciones
- ❖ Ingresos
- ❖ Estado de flujo de caja
- ❖ Utilización de mineral marginal
- ❖ Tasa de retorno

# **3. Un Modelo de Explotación Minera**

## **3.1 Características generales**

Se trata de uno de los proyectos mineros más grandes de Sudamérica. Está ubicado en el Norte Argentino y consiste en una explotación de tipo diseminado – a cielo abierto -, constituidos por sistemas pórfidos de cobre que contienen, además, oro, plata y molibdeno. Este yacimiento contiene, en forma preponderante, cobre (65% de los ingresos) y oro (35%).

La inversión necesaria para llevar a cabo este emprendimiento superó los mil millones de dólares estadounidenses. La financiación se obtuvo de un mix de: capital propio, préstamos de un consorcio multinacional de bancos y préstamos de los socios.

La vida útil estimada del proyecto es de 20 años. Sin embargo esto está aún sujeto a posibles modificaciones en función de nuevas exploraciones que se están realizando y/o cambios en las reservas mineral, las que pueden prolongar o reducir dicha vida.

### **3.2 Principales parámetros del proyecto.**

Las cifras más importantes se dan como indicativos. Aclaramos que las mismas no son totalmente reales, en razón de la necesidad de mantener la confidencialidad.

Reservas de mineral	780.000.000 Tn
Ley promedio de cobre	0,50 %
Ley promedio de oro	0,67 g/Tn
Procesamiento de mineral años 1° al 4°	85.0000 Tn/día
Procesamiento de mineral años 5° al 20°	115.000 Tn/día
Producciones anuales de concentrado (promedios)	700.000 Tn
Cobre recuperado	200.000 Tn/año
Oro recuperado	23.000 Kg/año

### **3.3 El proceso de producción**

Se muestra, adjunto, un croquis del mismo – **FIGURA 1 (Esquema del Proceso)** – y se explica seguidamente en forma breve.

El proyecto se lleva a cabo mediante una gigantesca excavación en plena montaña cuyas medidas aproximadas son: 1.800 por 2.000 metros de lado. En cuanto a la profundidad, se prevé un máximo de 500 m.

La explotación que se realiza es mediante el sistema denominado cantera a cielo abierto, que significa realizar gigantescas perforaciones de unos 19 m de longitud, donde se colocan explosivos para tener frentes de extracción de 17 mts. de profundidad, denominados bancos. Para ello se utilizan perforadoras rotativas de 30 cm. de diámetro. Luego de hacer las voladuras en la zona, gigantescas palas sobre ruedas o a cable cargan el material volado en camiones mineros con una capacidad de carga de más de 200 tn. cada uno. La pala a cable tiene una capacidad de 70 tn. en cada movimiento.

El promedio de mineral movido es de aproximadamente 100 millones de toneladas por año ó 275.000 tn. diarias.

Para ello, se utiliza una flota de camiones mineros del tamaño ya indicado. Del total de material movido, el 30 % aproximadamente es enviado a una trituradora primaria que lo reduce de tamaño hasta bloques de 30 cm. que luego envía, por una cinta transportadora, hasta una pila de almacenamiento que alimenta a la Planta Concentradora. La trituradora funciona a un régimen de aproximadamente 3.500 tn. /hora las 24 horas. La pila puede contener hasta medio millón de toneladas lo que significaría aproximadamente cinco días de funcionamiento de la Planta Concentradora.

Desde la pila de alimentación, ingresa a la Planta Concentradora según dos circuitos, cada uno de los cuales comienza con un gigantesco molino semiautógeno de 11 m. de diámetro, donde las rocas se muelen entre sí al girar, y son ayudados por cuerpos molidores esféricos de aproximadamente 12 cm. de diámetro cada uno. Allí reciben agua y comienza la etapa de la liberación de los metales a medida que el tamaño es reducido. Cada molino de los descritos puede moler 1.700 toneladas por hora utilizando motores eléctricos de 16.000 caballos de fuerza de potencia cada uno. Hacemos notar que la potencia de los mismos es equivalente a la energía necesaria para una ciudad mediana y el emprendimiento cuenta con dos molinos de estas características. La electricidad que necesita la Planta Concentradora está en el orden de los 90 megavatios de potencia.

El proceso de concentración continúa en una segunda molienda en cuatro molinos giratorios de bolas hasta lograr el tamaño de liberación requeridos, que está en el orden de los pocos micrones. Cada uno de los motores de estos molinos necesita 8.000 caballos de fuerza para su funcionamiento. El material así finamente molido es trasladado a una batería de equipos gravitatorios para la extracción del oro más grueso. El oro que se logra concentrar en esta sección se termina de separar y se realiza su fundición lográndose el doré de oro ó primera fundición de oro, que es el primer producto comercial que se extrae. En un año se obtiene alrededor de 3.000 kilogramos por este sistema.

El resto de la roca mineralizada molida pasa a un sistema de concentración denominado Flotación, que consiste en una agitación de la roca mezclada con gran cantidad de agua y reactivos específicos que permite obtener una espuma donde flotan los minerales quedando la roca en el fondo y se denomina Colas de Flotación. Este sistema permite obtener un polvo de mineral concentrado que contiene aproximadamente 28 % de cobre y entre 26 y 29 gramos de oro por tonelada. El concentrado obtenido es aproximadamente de

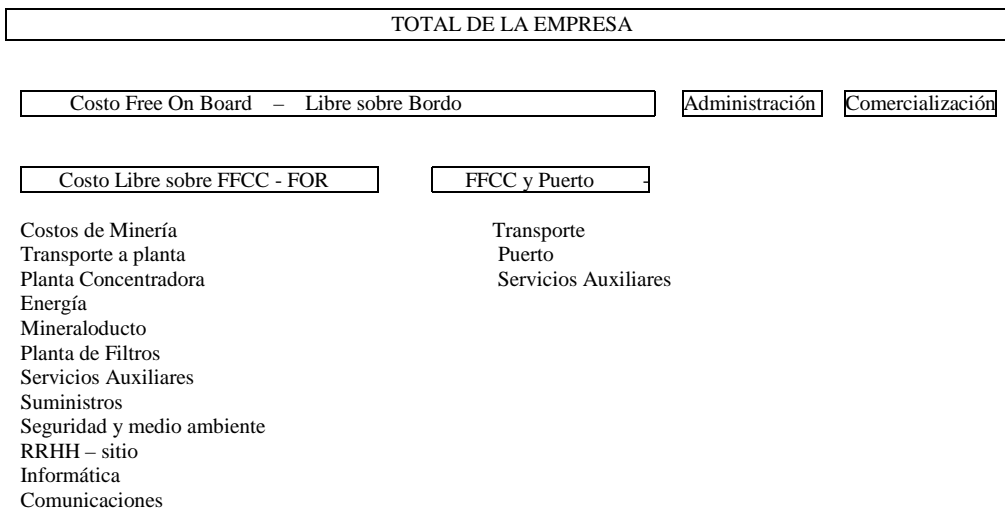


2.000 toneladas diarias y de 700.000 toneladas anuales. Este material es el producto comercial que se despacha desde la Planta Concentradora hasta la Planta de Filtros, a través de un mineraloducto de 17 cm. de diámetro y de casi 400 km. de longitud. Este mineraloducto recorre una vasta y compleja geografía orográfica y de llanura, moviendo el material con varias estaciones de bombeo y estaciones de válvulas. La pulpa transportada se compone de 65 % de sólidos y el líquido, agua, para facilitar su movimiento, es de 35 %.

Al arribar a la Planta de Filtro se realiza la extracción del agua hasta dejar el producto comercial con un 8% de humedad. Este material es embarcado en convoyes ferroviarios, propiedad de la empresa, que lo transporta hasta el puerto, para su posterior embarque en barcos mineraleros que lo llevarán a los compradores ubicados en diferentes lugares del mundo. El tratamiento y refinación del concentrado, que permite separar el cobre y el oro, se efectúa en plantas ubicadas en Brasil, Japón, Canadá, Alemania, Finlandia, Corea, Turquía, etc.

El total de cobre contenido en el producto comercial es de aproximadamente 200.000 toneladas anuales, que significaría más de cinco veces la necesidad de este metal en la República Argentina, y más de 20.000 kilogramos de oro, también por año. Para comparación, se indica que nuestro país consume alrededor de 10.000 kilogramos anuales de oro, el que procede en su mayor parte del metal reciclado.

### 3.4 Estructura de Costos



### 3.5 Centros de Costos

La envergadura de este tipo de proyectos exige un alto grado de desagregación, tanto en la cantidad de centros de costos a considerar como en el número de cuentas necesarias para las registraciones, a fin de efectuar una correcta determinación de los costos de producción del concentrado y la provisión de la información necesaria para el control de gestión.

Como el objetivo de nuestro trabajo es ilustrar sobre los aspectos principales o, tal vez, los más novedosos para quienes no conocen este tipo de explotaciones, procuraremos hacer un resumen que abarque lo mejor posible los conceptos mencionados. Indicamos seguidamente los centros de costos y las etapas o conceptos que se desarrollan en cada uno de ellos, aclarando que, por supuesto, la Mano de Obra y sus respectivas Cargas Sociales, están presentes en todos los Centros.

### **3.5.1 Mina**

- ❖ Gerencia de mina
- ❖ Perforaciones
- ❖ Voladuras
- ❖ Carga de mineral
- ❖ Equipos varios
- ❖ Vehículos livianos
- ❖ Planeamiento de mina
- ❖ Exploraciones
- ❖ Geología de mina
- ❖ Muestras para control
- ❖ Geotécnica e hidrología
- ❖ Capacitación
- ❖ Mantenimiento

### **3.5.2 Transporte** (a la trituradora, en camiones, y de ésta a la pila, por medio de cinta)

- ❖ Depreciación equipos pesados
- ❖ Sistemas informáticos satelitales (para localización, control, guía y organización de la flota de camiones)
- ❖ Combustibles
- ❖ Lubricantes
- ❖ Mantenimiento
- ❖ Insumos

### **3.5.3 Planta Concentradora**

- ❖ Gerencia de planta
- ❖ Administración de operaciones
- ❖ Molino SAG (1ª molienda)
- ❖ Molino de Bolas (2ª molienda)

- ❖ Flotación
- ❖ Remolienda
- ❖ Espesamiento
- ❖ Colas (residuos)
- ❖ Sistemas de aire y agua
- ❖ Circuito gravitacional
- ❖ Sala de oro
- ❖ Laboratorio metalúrgico
- ❖ Laboratorio químico

#### **3.5.4 Mineraloducto**

- ❖ Administración mineraloducto
- ❖ Estación de bombeo nº 1
- ❖ Estación de bombeo nº 2
- ❖ Estación de bombeo nº 3
- ❖ Estación de bombeo nº 4
- ❖ Estaciones de válvulas
- ❖ Sistemas informáticos (para control de funcionamiento de la tubería, bombas, válvulas, etc. y detección de fallas)
- ❖ Mantenimiento

#### **3.5.5 Planta de filtros**

- ❖ Administración de planta
- ❖ Sistema de alimentación
- ❖ Filtros
- ❖ Sistema de agua
- ❖ Stocks de concentrado
- ❖ Carga en FFCC
- ❖ Tratamiento de efluentes

El proceso termina con el transporte por FFCC hasta el puesto y el posterior embarque del concentrado para ser tratado y refinado en diferentes plantas del mundo.

Esperamos que la brevedad y el resumen no hayan hecho mella en la claridad de lo que se procura mostrar en este trabajo.

Otros conceptos que pueden resultar interesantes son los siguientes:

- a. Marketing: dentro de estos costos – además de los de embarque y flete marítimo – se deben considerar los de tratamiento y refinación de los metales.

- b. Regalías provinciales: se pagan sobre el valor “boca mina”.
- c. Recuperación: es una provisión para realizar todos los trabajos necesarios para minimizar los impactos ambientales producidos por el proyecto, al cabo de la vida útil del mismo.
- d. También se le da una muy especial importancia a todos los conceptos relacionados con la seguridad y el cuidado del medio ambiente.
- e. Instrumentos Financieros Derivados: como ya supondrá el lector, la actividad se encuentra expuesta a cambios en los precios de los “commodities”, por lo que utiliza estos instrumentos para cubrir los riesgos de dicha exposición.
- f. En algunas explotaciones de este tipo, el concepto clásico de gastos de administración también se incluye como costo de producción.

### **3.6 Control de Gestión**

El principal elemento con estos fines es el control presupuestario. Por supuesto, los presupuestos son anuales y se van reformulando mensualmente en función de las modificaciones que la realidad va imponiendo. La determinación de costos estándares resulta muy dificultosa por las cambiantes características de la explotación (profundidad de la mina, efluentes de agua, leyes del mineral extraído, etc.), por lo que – en este caso – los mismos no son utilizados.

Desde el punto de vista de los costos, es fácil entender la casi imposibilidad de asignar los costos conjuntos a los dos productos principales (cobre y oro). Es por ello que los ingresos netos (de refinación) del oro se tratan como reducción de costos del cobre. **Ver CUADRO 1 adjunto: “Costo por Tn Cobre – Ejemplo”**. En este cuadro se observan las tn de cobre producidas, transportadas por FFCC y embarcadas. La penúltima se utiliza para calcular el costo unitario de transporte por FFCC y la última el del flete marítimo. En tanto la primera es utilizada para determinar el resto de los costos unitarios incluyendo la deducción por ingresos de oro y por cobertura. Pueden observarse el detalle de los costos de producción, comercialización, otros costos, depreciación – se muestra por separado por ser un costo no erogable – y financieros netos de cobertura. Finalmente se indica el ingreso generado por el oro como reducción del costo del cobre. Cabe aclarar que la llamada “Provisión para Rehabilitación” se constituye a efectos de efectuar los trabajos y tareas necesarios para minimizar el impacto ambiental al fin de la vida útil del proyecto.

Algunos de los principales informes utilizados son:

- A. Económicos – Financieros (mensuales, acumulados y comparativos con los presupuestados, incluyendo análisis de las variaciones)
  - Estados de Resultados Mensuales
  - Flujos de Fondos (*cash flow*)
  - Balances
  - Costos totales de producción por Tn de cobre
  - Costos de caja

B. Operativos

- Mineral extraído
- Mineral molido
- Ley de cabeza del cobre y del oro
- Recuperación de cobre y de oro (%)
- Tn de concentrado producido
- Cantidad de cobre contenido en concentrado, con valor comercial

C. Recursos Humanos (cantidad de personal, índice de lesiones sufridas, etc.)

D. Medio Ambiente

### **3.7 Tablero de Comando**

En **CUADRO 2 – “Tablero de Comando Estratégico”** - adjunto se muestra un modelo del mismo utilizado en la explotación el que muestra los principales indicadores económicos y financieros del proyecto – en forma mensual y acumulada del ejercicio anual, comparativo con el presupuesto anual y la determinación de las variaciones - . También los indicadores operativos, entre los que se destacan la cantidad de material minado (volado), mineral extraído de la mina (sin estériles) de mediana, baja y alta ley; también, la cantidad de mineral molido, las leyes de cabeza de ambos metales y los rendimientos, tanto en porcentajes como en cantidades.. Asimismo, contiene información relacionada con las ventas, los distintos costos unitarios (FOR, FOB, totales generales y de caja), problemas de medio ambiente y estadísticas sobre recursos humanos. Creemos que el mismo es suficientemente elocuente y nos exime de mayores comentarios. Reiteramos que las cifras y valores están modificados para mantener la confidencialidad y, con tal motivo, algunos pueden no guardar relación entre sí.

### **Bibliografía**

Licenciado Mario César Alderete: “Geología económica” (1996) Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán – República Argentina.

### **Conclusiones**

Se ha procurado mostrar, en estas pocas páginas, cómo es la actividad minera en general y sus características particulares, la terminología utilizada y qué elementos deben considerarse a la hora de evaluar un proyecto minero. Posteriormente se analizó el caso particular de un emprendimiento de gran envergadura que se halla en pleno desarrollo, describiendo en proceso del mismo, centros de costos, principales cuentas de costos y los

informes necesarios para el Control de Gestión, terminando con un modelo de Tablero de Comando.