

# Factibilidad del proyecto de explotación aurífera en el distrito El Bagre

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 5. p. 157-174. Medellín, marzo 2010

Bibiana Correa Suárez\*, Nicolás López Villegas\*\* y Santiago Cardona Múnera\*\*\*

\* Administradora de Negocios y Especialista en Finanzas, Universidad EAFIT; Especialista en Gerencia de Proyectos, EIA. Analista Financiera de Proyectos, Mineros S. A. bibiana.correa@mineros.com.co

\*\* Geólogo y Minas, Universidad de Caldas. Especialista en Gerencia de Proyectos, EIA. Director de Exploración, Mineros S. A. nicolas.lopez@mineros.com.co

\*\*\* Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Especialista en Gerencia de Proyectos, EIA. Director Técnico Proyectos. Mineros S. A. santiago.cardona@mineros.com.co

## FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN AURÍFERA EN EL DISTRITO EL BAGRE

Bibiana Correa Suárez, Nicolás López Villegas y Santiago Cardona Múnera

### **Resumen**

Alineada a la visión corporativa de alcanzar en el 2020 una producción de 500.000 onzas de oro, Mineros S.A decidió intensificar sus inversiones en exploración en Colombia y Latinoamérica, con el fin de concretar nuevas operaciones.

El Proyecto de explotación aurífera del Distrito El Bagre constituye hoy el primer distrito minero factible para Mineros; surge con trabajos de exploración realizados en el municipio de Zaragoza que permitieron determinar un potencial inicial aproximado de 600.000 onzas de oro. En la etapa de ejecución del proyecto se realizará el desarrollo y preparación de las minas, construcción de infraestructura y una planta de beneficio con tecnología moderna que procesará inicialmente 500 toneladas por día con proyección de 1.000 toneladas por día con la cual se espera mantener una producción anual inicial de 35.000 onzas y máxima de 75.000 onzas. Con base en estas proyecciones se obtiene un VPN de COP 122.723'712.068, una TIR de 46% y un periodo de recuperación de inversión de 5 años.

La operación del distrito El Bagre cumplirá con la reglamentación legal y ambiental, buscando una producción limpia y amigable, y con una consciencia de responsabilidad empresarial que buscará beneficiar a la comunidad y el país.

**Palabras clave:** Oro, tenor, explotación subterránea, minería de veta, planta de beneficio.

### **Abstract**

Aligned to the corporate vision of reaching in the year 2020 a production of 500,000 ounces of gold, Mineros S.A. decided to intensify its exploration investments in Colombia and Latin America, in order to set new operations

The El Bagre District gold exploitation project constitutes today the first feasible mining district for Mineros S.A. It arises with exploration works carried out in the municipality of Zaragoza that permitted to determine an initial potential of approximately 600.000 ounces of gold. In the execution phase of the project, the development and preparation of the mines will be carried out, as well as the infrastructure and benefit plant constructions, with modern technology, that will process initially 500 tons per day, with a projection of 1.000 ton/day; and expecting with it to maintain an initial annual production of 35.000 ounces and a maximum of 75.000 ounces. Based on these projections, we expect for the project a VPN of COP 122.733'712.068 a TIR of 46% and a period of recovery of the investment of 5 years.

The operation at El Bagre District will comply with the legal and environmental regulation, seeking for a friendly and clean production with the environment, and with an awareness of business responsibility that will seek to benefit the community and the country.

**Keywords:** Gold, grade, underground exploitation, hard rock mining, benefit plant.

# Factibilidad del proyecto de explotación aurífera en el distrito El Bagre

Bibiana Correa Suárez, Nicolás López Villegas y Santiago Cardona Múnera

Revista Soluciones de Postgrados EIA, Número 5. p. 157-174. Medellín, marzo 2010

## 1. Introducción

Mineros S.A. es una empresa colombiana dedicada a la exploración y explotación de oro aluvial en el Río Nechí y sus planicies de inundación desde 1974, localizada en el nordeste del departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de El Bagre, Zaragoza, Caucasia y Nechí. Opera con 5 unidades de producción compuesta por una draga de cangilones y una draga de succión. La producción de oro anual alcanza 100.000 onzas por año y aumentará en el 2010 a 135.000 onzas, previéndose unas ventas del metal por encima de USD 128 millones por año.

Con el fin de atender el plan estratégico de la compañía y cumplir con la MEGA (meta grande y ambiciosa), cuyo objetivo principal es ser en el 2020 una de las primeras 15 empresas en el merca-

do de valores colombiano, con un valor de mercado superior a 2.500 MM USD y con unidades de explotación que producirán 500.000 onzas troy de oro anuales, se requiere el desarrollo, montaje y puesta en operación de nuevos frentes, que permitan alcanzar niveles de producción esperados y generar mayor rentabilidad.

Es así como dentro de su plan de expansión y considerando la legislación ambiental que cada año se torna más exigente para la operación aluvial, la empresa decide desarrollar nuevas alternativas de negocio e incursionar en el campo de la minería subterránea, esto con el fin de garantizar la permanencia en el negocio y el crecimiento esperado.

Por tal motivo en 2004, Mineros S.A. inició un programa intensivo de exploración

tanto local en el Distrito El Bagre, como departamental y nacional. Como resultado de estas campañas de exploración se identificó un potencial geológico minero inicial en el sector de El Bagre, para el cual se concibe comprar equipo de minería para realizar el desarrollo y explotación de la mina y el montaje de una planta de beneficio para comenzar con una producción de cerca de 35.000 onzas de oro anuales para inicios del 2010. Igualmente los programas paralelos de exploración en otros sectores dentro del distrito han permitido cuantificar recursos adicionales que contribuirían al crecimiento paulatino hasta alcanzar una producción anual total superior a las 70.000 onzas de oro.

Promovidos por esta oportunidad de negocio identificada y la información geológica minera generada hasta la fecha, se va a realizar el estudio de factibilidad cuyo resultado se espera brinde las herramientas que permitan fortalecer el proyecto y sus resultados.

## 2. Metodología

El objetivo principal del desarrollo del estudio de factibilidad para el proyecto de explotación aurífera en el Distrito El Bagre es brindar información clara, oportuna y suficiente para soportar la decisión de inversión en el desarrollo de este proyecto minero. Para la realización del estudio se divide el proceso en varias actividades principales orientadas a generar un entregable y que se realizarán de manera progresiva estructuran-

dose con los criterios que se proponen en el proceso de evaluación de proyectos industriales según la ONUDI y enmarcado dentro de la Guía del PMBOK®, edición 4, la cual da las herramientas necesarias para iniciar, planear, ejecutar, controlar, seguir y cerrar el proyecto en cuestión, dentro de las nueve áreas del conocimiento (PMI, 2008). El desarrollo del estudio se divide en los siguientes grandes procesos con sus entregables:

- *Estudio del entorno.* Se busca lograr un nivel de comprensión y conocimiento del medio en el que se desarrollará el proyecto, identificando las variables que tengan alguna injerencia y que puedan representar oportunidades o amenazas para su desarrollo. Las variables para analizar son del ámbito económico, geográfico, cultural, social, político, legal, ambiental y tecnológico.
- *Estudio del mercado.* Se busca documentar información sobre el producto, conocer y entender el comportamiento histórico de su precio para proyectar cual será su posible comportamiento futuro, y el papel que representa en el mercado internacional de los *commodities*.
- *Estudio técnico geológico.* Definir los recursos minerales específicos del proyecto, los cuales brindarán el punto de partida para establecer cómo se va a realizar el desarrollo, preparación y posterior explotación del potencial definido. Definir

- y entregar información certificable de la geología del área y los recursos minerales que representan el potencial del proyecto. Se emplean datos de información interna de la empresa y análisis de laboratorios.
- *Estudio técnico minero.* Determinar el método y las herramientas de explotación por emplear para el desarrollo del proyecto respecto del proceso de explotación del mineral. Definir cómo se va a desarrollar el proceso de producción, el tamaño de la mina, tecnología para emplear, localización, obras físicas, estructura organizacional y la descripción del mineral para el proceso metalúrgico.
  - *Estudio técnico industrial.* Definir los procesos y las ingenierías por emplear para el beneficio del mineral para realizar la construcción y montaje de la planta de beneficio de oro. Plantear cómo se va a desarrollar el proceso de producción de acuerdo con la descripción y propiedades del mineral, el tamaño de la planta, tecnología que se emplea, localización, obras civiles y estructura organizacional.
  - *Estudio legal.* Definir requisitos e información y documentación necesaria para la ejecución del proyecto: Marco regulatorio, contratos de concesión, servidumbres, permisos ambientales, POT-PBOT-EOT, estudios, aspectos tributarios, nombres completos, financieros, laborales de seguridad y SISO.
  - *Estudio ambiental.* Con base en los requisitos legales que en materia de protección ambiental sean exigidos para el desarrollo de este proyecto minero aurífero, deben definirse y documentarse la identificación y valoración de los impactos ambientales, definir los criterios de evaluación, realizar las fichas técnicas de impactos y desarrollar para su presentación el plan de manejo ambiental PMA.
  - *Estudio financiero.* Desarrollar el análisis financiero del proyecto de acuerdo con los análisis descritos en los demás estudios y realizar la evaluación financiera que presente información sobre los resultados futuros del proyecto.

### 3. Estudios

#### 3.1 Estudio del entorno

La coyuntura económica actual en Colombia plantea un nuevo entorno y una nueva situación general que compromete directamente la viabilidad del desarrollo de proyectos de inversión, en especial aquellos que involucran alto riesgo e incertidumbre y comprometen significativos recursos financieros, como ocurre con los proyectos mineros (InfoMine, 2009).

Si los precios continúan con la tendencia alcista, fenómeno que se viene

fortaleciendo y en el que muchos expertos y los bancos centrales parecen estar de acuerdo, inversores de todo el mundo comenzarán a plantearse cómo protegerse en un ambiente inflacionario. La alternativa serán las materias primas; en especial el oro. El oro se mueve como el primer eslabón de una cadena de indicadores y reacciona de forma sensible como un indicador del desarrollo de la inflación (IMC, 2009).

El oro se está convirtiendo, entonces en un valor de refugio dentro de las economías mundiales debido a las variaciones y debilidades de las grandes potencias en temas financieros. Por tal motivo este "commodity" se está apreciando

cada vez más y lo hace fuerte dentro de las posibilidades del negocio y una gran alternativa para los inversores.

De acuerdo con las tendencias de la economía, con el comportamiento de los ciclos económicos y con proyecciones realizadas por entidades como el Banco de la República, ANIF y otras entidades bancarias, se realizan unas estimaciones del comportamiento de los diferentes indicadores económicos para los próximos 10 años, con el fin de crear un escenario económico que refleje las posibles fluctuaciones del mercado, como la tasa representativa del mercado; su proyección se relaciona en la tabla 1 (Banco de la República, 2009).

**Tabla 1.** Proyecciones TRM para los próximos 10 años

AÑO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>FORWARD</b>	2030	2126	2229	2351	2450	2553	2661	2773	2889	3011	3138
<b>MAX</b>	2310	2185	2220	2312,5	2496	2600	2730	2665	2730	2665	2600
<b>PROM</b>	<b>2100</b>	<b>1900</b>	<b>1850</b>	<b>1850</b>	<b>1920</b>	<b>2000</b>	<b>2100</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>	<b>2050</b>	<b>2000</b>
<b>MIN</b>	1890	1615	1480	1387,5	1344	1400	1470	1435	1470	1435	1400

**Fuente:** Proyecciones 2009-2020 – Actualización Proyecciones Macroeconómicas Mineros S.A. octubre de 2009

La mayoría de egresos se trabajan en COP, por lo tanto, el valor de todos los ingresos percibidos como venta de oro y plata en el exterior en USD se convierten en COP con la tasa proyectada.

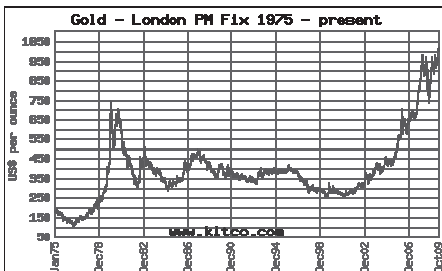
### 3.2 Estudio de mercado

El oro es un valor seguro con más de 5.000 años de antigüedad que hoy se destaca como una opción de inversión muy atractiva, tiene gran valor como

refugio y las previsiones inflacionistas también lo hacen atractivo. En efecto, en medio de la crisis económica que enfrenta el mundo, se ha acentuado un gran impulso en la demanda del mineral; todo esto sin olvidar su importancia como bien de consumo y producto industrial, ya que sus características lo hacen muy apreciado para joyería, tecnología, medicina y otras industrias.

El precio del oro cotiza en los mercados internacionales en onzas troy. Una onza troy equivale a 31,1g. En estos momentos de incertidumbre financiera, la subida del valor del metal anuncia que la liquidez mundial está creciendo de manera descomunal. El papel del dólar como divisa de reserva está en grave riesgo y la crisis financiera mundial es mucho más grave de lo que parece.

En el año 2001, luego del atentado de la Torres Gemelas, en los Estados Unidos, el precio del oro inició un incremento importante. La crisis económica y financiera que empezó a mediados de 2007 ha llevado al precio del metal precioso por encima de los 1000 USD/onza troy en varias oportunidades en el 2008 y con mayor fortaleza en el 2009. Los fundamentales, el asentamiento de la crisis económica y el debilitamiento del dólar llevan a los expertos y a los mercados a esperar mayores incrementos en los precios del oro para la próxima década. El comportamiento histórico del precio del oro se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Comportamiento del oro 1975-2009

Las cotizaciones de los mercados de futuros del *commodity*, cuyo máximo plazo con mercado en este momento es a junio de 2014, se muestran en la tabla 2. Tales cotizaciones serán el criterio para definir las ventas anuales.

**Tabla 2.** Proyecciones del precio del oro con base en los futuros del commodity

FUTUROS DEL COMMODITY					
AÑO	2010	2011	2012	2013	2014
US/Onza troy	1.044	1.058	1.085	1.122	1.166
Vencimiento	jun-10	jun-11	jun-12	jun-13	jun-14

AÑO	2015	2016	2017	2018	2019
US/Onza troy	1.215	1.268	1.326	1.389	1.456
Proyección					

### 3.3 Estudio técnico

**Geológico.** De acuerdo con el estudio geológico se tienen 596.616 onzas de oro con un tenor promedio de 8,08 gramos por tonelada que permite definir un horizonte de vida de la mina de 10 años iniciales. Los primeros 5 años a 500 ton/día y los restantes cuando se incrementa a 1.000 ton/día. La campaña exploratoria debe continuar para garantizar más años de vida. Los gastos generados por esta exploración son de 19.713'451.780 COP que serán amortizados en los primeros 5 años.

**Minero.** Para realizar los procesos de explotación dentro de la mina y el almacenamiento de mineral en tránsito se pueden emplear diferentes técnicas y métodos convencionales en la minería subterránea como son: almacenamiento dinámico, corte descendente con sostenimiento de techos, corte y relleno

ascendente, relleno mecánico, método alternativo, cámaras y pilares con posterior recuperación de pilares (Bustillo y López, 1997). Debido a la baja mecanización de las operaciones mineras, la mano de obra es un factor determinante, el conocimiento, la experiencia, destrezas y grados de formación en labores mineras del personal por contratar, por tal motivo se requiere un amplio programa de capacitación de personal de la región y vinculación de personal calificado de otras zonas del país con experiencia en labores subterráneas.

Definidos estos métodos de explotación alternativos y los equipos e infraestructuras necesarios para la actividad extractiva se calcularon unas inversiones iniciales de 17.015´416.000 COP para la compra de equipos, preparación y adecuación de la mina, montajes e infraestructuras civiles, mecánicas y eléctricas. De igual manera para el incremento de la producción en el 2014 se requieren otras inversiones, en estos mismos ítems, de 9.703´711.000 COP, las cuales se detallan en el flujo de inversiones de la evaluación financiera.

**Industrial.** De acuerdo con el desarrollo de los diferentes frentes posibles de explotación de mineral, se plantea el diseño y construcción de una planta de beneficio de oro y plata situada en un sitio estratégico como acopio del mineral resultante de las diferentes minas y que servirá para procesar el material y obtener lingotes de oro y plata (AIME, 1982).

## Proceso de producción

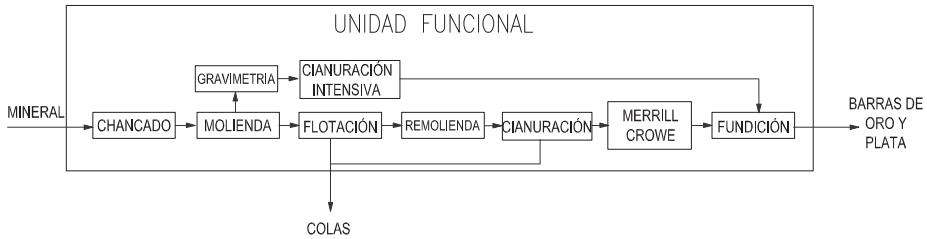
El proceso desde el punto de vista industrial se describe como la transformación de los elementos de entrada o producto entregado por las minas, fragmentos de roca y mineral rico de 8", en un producto final: barras de oro y plata.

La construcción de una planta para lograr el producto final consta de una etapa de trituración primaria y secundaria con una capacidad de 1.000 tpd y el procesamiento físico químico a razón de 500 tpd.

El proceso, que se ilustra en la figura 2, incluye:

- Trituración o chancado primaria y secundaria.
- Molienda, clasificación y concentración gravimétrica
- Cianuración intensiva de concentrados de gravimetría
- Acondicionamiento: Flotación, espesamiento y clarificación
- Remolienda, y cianuración convencional
- Proceso de *Merrill Crowe*: clarificación, desoxigenación y precipitación.
- Fundición
- Preparación y dosificación de reactivos
- Disposición de relaves o colas del proceso





**Figura 2.** Flujo del proceso visto como una unidad funcional, planta beneficio Distrito El Bagre

Este sistema de beneficio definido requiere unas inversiones iniciales de COP 24.783'199.000 y una inversión para ampliar la planta en el 2014 de COP 3.840'000.000, las que también se detallan en la evaluación financiera.

**Costos de producción.** Dados los estudios minero e industrial, la mano de obra requerida, energía, combustible, insumos, repuestos, reparaciones y mantenimiento se proyectan unos costos totales operativos de producción de 170.120 COP/ton, cuando la planta esté en total producción (1.000 ton/día), detallados en la tabla 3.

### 3.4 Estudio legal

La actividad minera en Colombia y en el resto del mundo está reglamentada por leyes o decretos que tienen claras restricciones para el negocio. En Colombia ha habido varios cambios en la ley minera, hasta el 2001 rigió el Decreto 2655 de 1988 que reglamentó la actividad, a partir del 2001 la normatividad minera se basa en la Ley 685 de 2001, actual código de minas y en este momento hay en curso en el Congreso un proyecto de

ley que se ha sometido a varios debates y que puede poner en riesgo la continuidad de la minería como actividad industrial. Estas frecuentes y drásticas variaciones pueden afectar ostensiblemente la continuidad de la actividad minera cuando se presentan restricciones o limitaciones que hagan inviable el negocio (Triana, 2001).

Para iniciar las labores de exploración en cualquier parte del territorio colombiano se requiere firmar un contrato de concesión con el Estado por el derecho a explorar y explotar los minerales del subsuelo, especificando cuáles son el objeto de dicho contrato. La solicitud de contratos de concesión se hace por medio de Ingeominas o a las Secretarías de Minas Delegadas, en Colombia solo existen tres delegaciones: Antioquia, Bolívar y Caldas (Ingeominas, 2009). Si se está interesado en otras áreas del país, estos se tramitan directamente con Ingeominas y en caso que el área solicitada esté en dos o más departamentos es competencia directa de Ingeominas.

El contrato de concesión minera es el que se celebra entre el Estado y un

particular para efectuar, por cuenta y riesgo de este, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en el Código. Este contrato es distinto al de obra pública y al de concesión de servicio público. El contrato de concesión comprende dentro de su objeto las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales por cuenta y riesgo del concesionario y el cierre o abandono de los trabajos y obras correspondientes (Ingeominas, 2009).

El Distrito El Bagre cuenta con 9 títulos mineros debidamente registrados que le otorgan los derechos de exploración y explotación y de igual manera confiere una serie de obligaciones que se manifiestan económicamente con el pago de canon superficiario, en la etapa de exploración, y el pago de regalías en la etapa de explotación.

Mineros S.A. tiene 10.017 ha en títulos mineros debidamente registrados ante el Ministerio de Minas y Energía, dentro de ellos tiene uno, Licencia de Explotación, a nombre de un tercero, pero con el cual posee una propuesta de opción de cesión de derechos mineros vigente. Dentro del análisis de aspectos tributarios y pagos al Estado vale resaltar el impuesto de renta, las regalías y el canon superficial.

### **Impuesto de renta**

De acuerdo con las disposiciones establecidas en el estatuto tributario, el porcentaje por pagar por impuesto de renta será el 33%. Dicho valor permanecerá constante gracias a un contrato de estabilidad jurídica convenido con el Ministerio de Comercio Exterior.

### **Regalías**

De acuerdo con la Ley 685 de 2001, minerales como oro y plata pagan un 4% de regalías al Estado, por ser minería subterránea que se descuentan de las ventas brutas.

### **Canon superficiario**

De los 9 títulos que tiene Mineros 7 están en etapa de exploración y solo dos tienen aprobado PTO para iniciar explotación, 5766 y 5805. Los títulos que están en etapa de exploración deben pagar COP 114'702.400 cada año por concepto de canon superficiario, el cual se incrementa año a año con el IPC.

Otros temas importantes para tener en consideración y de igual manera reglamentadas son las servidumbres, la reglamentación laboral, ambiental, beneficios tributarios y salud ocupacional y seguridad industrial (DIAN, 2009).

## **3.5 Estudio ambiental**

La actividad minera y en especial este proyecto requieren, de acuerdo con el plan de manejo ambiental definido, una serie de actividades que permitan controlar, prevenir, mitigar o compensar los impactos generados, para lo cual se han

identificado y definido unas características específicas técnicas del proyecto y del entorno ambiental y social; eso, con el fin de poder llevar a cabo una confrontación adecuada de dichos aspectos, y así poder identificar el impacto causado en el entorno, evaluar y analizar los efectos ambientales y sociales, y emprender medidas de control, prevención, mitigación corrección y compensación. Para esto se realizan estudios que contemplan estos aspectos:

- Descripción del proyecto
  - Descripción técnica del proyecto
  - Cartografía
- Línea base-componente abiótico
  - Geología, geomorfología y geotecnia
  - Cartografía de geología y geotecnia

- Suelos
- Hidrología y climatología
- Hidráulica y sedimentología
- Calidad del agua
- Calidad del aire
- Línea base-componente biótico
- Línea base-componente socioeconómico y cultural
  - Sociología y arqueología
  - Economía
- Evaluación Ambiental
- Plan de Manejo Ambiental
  - Medidas de mitigación
  - Programa de monitoreo y seguimiento
  - Plan de gestión social
- Plan de contingencia
- Actas de concertación y registro histórico del proyecto

**Tabla 3.** Costos ambientales

Descripción	Mina La Ye	Otras áreas Distrito El Bagre	Generales	Planta de Beneficio	TOTAL
<b>Gastos administrativos</b>					\$ 135.838.103
Manejo de residuos			\$ 8.743.510		\$ 16.904.644
Abastecimiento agua potable				\$ 8.743.510	
Manejo de aguas residuales domésticas	\$ 1.846.000	\$ 622.000	\$ 1.176.000	\$ 556.000	\$ 4.200.000
Manejo de emisiones atmosféricas		\$ 770.000	\$ 1.906.000	\$ 1.100.000	\$ 3.776.000
Manejo de sustancias químicas	\$ 1.182.250	\$ 651.625	\$ 175.000	\$ 875.000	\$ 2.883.875
<b>Programas de recuperación ambiental</b>					
Área relavera				\$ 40.000.000	
Plan de abandono			\$ 1.666.500		
Compensación área relavera				\$ 25.000.000	
Plantas				\$ 16.660.000	
Transporte interno				\$ 6.120.000	
Trazado				\$ 10.400.000	
Ahoyado				\$ 10.400.000	
Siembra				\$ 10.400.000	
Maquinaria pesada				\$ 1.600.000	
Lorsvan	\$ 5.500	\$ 5.500	\$ 5.500	\$ 27.500	
Corrector de suelo enmienda			\$ 660.000		
Fertilizante foliar crecifol			\$ 47.000		
Gallinaza			\$ 480.000		
Paisajismo	\$ 120.000	\$ 240.000	\$ 240.000		
Subtotal Sujifjo	\$ 125.500	\$ 245.500	\$ 3.099.000	\$ 120.607.500	\$ 124.077.500
<b>Educación ambiental</b>					\$ 5.490.000
<b>Manejo de relaves</b>			\$ 5.490.000		
Monitoreo de aguas superficiales			\$ 1.200.000	\$ 2.400.000	
Maquinaria presa				\$ 6.400.000	
Monitoreo de piezómetros				\$ 1.800.000	
Recuperación de latitudes				\$ 15.400.000	
Subtotal Sujifjo			\$ 6.690.000	\$ 26.000.000	\$ 32.690.000
<b>Gastos legales</b>					
Tasas de uso		\$ 325.000	\$ 320.000	\$ 678.000	
Tasas retributivas	\$ 250.000	\$ 278.000		\$ 980.000	
Visitas legales		\$ 280.000	\$ 280.000	\$ 280.000	
Subtotal Sujifjo	\$ 250.000	\$ 883.000	\$ 600.000	\$ 1.938.000	\$ 3.671.000
<b>TOTAL ANO</b>					\$ 338.274.631

Para ello se hace necesaria unas inversiones anuales para controlar y monitorear estos impactos, que se desglosan en la tabla 4. Estos costos son considerados dentro de otros costos y gastos de producción en el análisis financiero.

### 3.6 Estudio financiero

#### Consideraciones

- Horizonte de planeación. Se define un horizonte temporal de valoración a 13 años, distribuidos en inversiones preoperativas de 2 años, operación de 10 años y 1 año de liquidación.
- Indicadores económicos. Se tienen en cuenta las proyecciones de TRM descritas en el análisis del entorno, tabla 1. Los ingresos se calculan a partir del precio del oro definido en el estudio de mercados, tabla 2. También se tienen en cuenta los indicadores tributarios descritos en el estudio legal y el costo de capital (WACC) calculado para Mineros S.A.
- Indicadores de producción minera. Los principales indicadores pro-

prios del negocio minero se detallan en la tabla 5.

**Tabla 4.** Indicadores mineros

INDICADOR	VALOR
Factor conversión (g/onza)	31,104
Tenor oro g/ton	7
Tenor plata g/ton	28
Capacidad de utilización	90%
% Recuperación oro	95%
% Recuperación plata	90%
% Trabajo planta	96%

**Fuente:** Políticas y especificaciones de la empresa.

#### 3.6.1 Inversiones

Se tienen en cuenta las inversiones en el 2008 y 2009 para preparación y desarrollo de mina, montaje de planta industrial e inversiones preoperativas por concepto de exploración. Se consideran igualmente conceptos de reinversión en el 2010 para mina y en el 2013 para mina y aumento de capacidad de planta. En la tabla 6 se muestra el resumen de las inversiones.

**Tabla 5.** Flujo de inversiones (cifras en miles de millones COP)

FLUJO 1: INVERSIONES	PREOPERACIÓN		OPERACIÓN			
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Activos Fijos</b>						
<b>Inversiones mina</b>						
Equipos de mina	5.327.355		3.374.453			6.329.258
Construcciones y Edificaciones mina	2.607.495					
<b>Inversiones planta</b>						
Equipos de planta	5.293.792	8.473.221				4.200.000
Construcciones y Edificaciones planta		1.068.329				
Subtotal Activos Fijos	13.228.642	9.541.549	3.374.453			10.529.258
<b>Gastos Preoperativos (gastos diferidos)</b>						
Diferidos exploración	19.713.452					
Diferidos mina	9.080.566					
Diferidos planta	1.741.387	8.206.470				
Subtotal Activos Diferidos	30.535.404	8.206.470				
<b>Subtotal Activos no corrientes</b>	43.764.046	17.748.019	3.374.453	-	-	10.529.258
<b>Acum Activos no corrientes</b>	43.764.046	61.512.066	64.886.519	64.886.519	64.886.519	75.415.777
<b>Capital de trabajo inicial</b>		570.216				
<b>Inversión Total</b>	<b>43.764.046</b>	<b>18.318.235</b>	<b>3.374.453</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10.529.258</b>

### 3.6.2 Costos y gastos de operación

Para la estimación del flujo de costos y gastos se realizó un análisis detallado de la mano de obra operativa e insumos necesarios para los procesos de mina y planta, en especial la mano de obra de mina que constituye un proceso muy manual y su costo estimado corresponde alrededor del 36% del costo total anual de operación.

El costo estimado de extracción y beneficio por cada tonelada de mineral se estiman en COP 173.273 (pesos del 2010) a una producción de 500 toneladas/día y de COP 170.120 (pesos del 2013) a una producción de 1.000 toneladas/día.

Los costos ambientales se tienen en cuenta en los gastos generales de producción y los costos por coberturas, pólizas y cubrimiento del plan de gestión de riesgos sugerido entre otros, se tienen en cuenta en otros costos y egresos. En la tabla 7 se muestra el resumen de los costos.

### 3.6.3 Resultados financieros

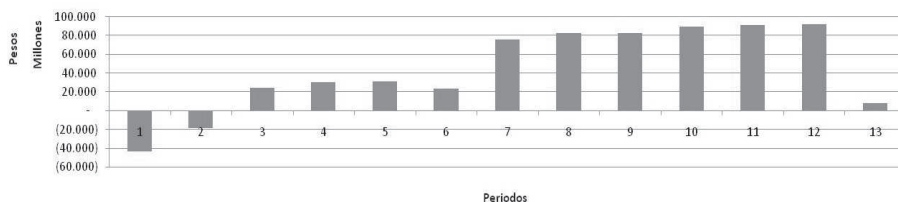
Por directriz de la empresa, el proyecto se haría con recursos propios. Para calcular el VPN se supone como tasa de oportunidad el WACC. Este cálculo arroja los resultados mostrados en la tabla 8. El tiempo de recuperación de la inversión o *pay back* es de 5 años para el tiempo total del proyecto o 3 años de operación.

**Tabla 6.** Análisis de egresos

Análisis Egresos	Costos Totales	Costos por Tonelada	%costo	Costos Totales	Costos por Tonelada	%costo
	500 Toneladas (año 2011)			1000 Toneladas (año 2014)		
	<b>Materias primas e insumos</b>					
Total toneladas procesadas	172.800	172.800		345.600	345.600	
Insumos Mina	27.308	27.308		30.438	30.438	
Insumos Planta	14.794	14.794		16.490	16.490	
Insumos laboratorio	2.836	2.836		3.161	3.161	
Energía mina	11.092	11.092		12.363	12.363	
Energía planta	12.154	12.154		13.547	13.547	
<b>Total costo materias primas e insumos</b>	<b>11.782.173.375</b>	<b>68.184</b>	<b>39%</b>	<b>26.265.234.752</b>	<b>75.999</b>	<b>45%</b>
<b>Mano de obra producción</b>						
Mano de obra mina	9.309.817.063	53.876		18.678.394.094	54.046	
Mano de obra planta	1.560.043.351	9.028		1.912.736.890	5.535	
<b>Total mano de obra producción</b>	<b>10.869.860.414</b>	<b>62.904</b>	<b>36%</b>	<b>20.591.130.984</b>	<b>59.581</b>	<b>35%</b>
<b>Gastos generales de producción</b>						
Gastos de Mantenimiento	2.117.254.418	12.253		3.539.893.440	10.243	
<b>Total gastos generales producción</b>	<b>2.117.254.418</b>	<b>12.253</b>	<b>7%</b>	<b>3.539.893.440</b>	<b>10.243</b>	<b>6%</b>
<b>Análisis otros Egresos</b>						
Gastos Generales de Administración	1.790.128.515	10.360		2.593.901.288	7.506	
Gastos Generales de Distribución	834.263.547	4.828		1.394.827.202	4.036	
Otros gastos producción	1.213.593.300	7.023		2.029.038.610	5.871	
Otros costos y gastos fijos	1.334.220.920	7.721		2.379.433.713	6.885	
<b>Subtotal Otros Gastos</b>	<b>5.172.206.282</b>	<b>29.932</b>	<b>17%</b>	<b>8.397.200.813</b>	<b>24.297</b>	<b>14%</b>
<b>Total costos y gastos por tonelada</b>	<b>29.941.494.489</b>	<b>173.273</b>	<b>100%</b>	<b>58.793.459.989</b>	<b>170.120</b>	<b>100%</b>

**Tabla 7.** Indicadores financieros de la evaluación del proyecto

Costo del capital	17%
TIR	46%
VAN del Proyecto	122.723.712.068



**Figura 3.** Flujo de caja del proyecto

En la figura 3 se muestra gráficamente el flujo de efectivo del proyecto.

### 3.6.4 Análisis de sensibilidad

El análisis muestra la sensibilidad del valor presente neto y la TIR del proyecto ante cambios en el precio de la onza del oro (ver tabla 8).

Si el precio del oro cae por debajo de USD 627/onza Au, de acuerdo con la estructura de costos y gastos del proyecto y las inversiones estimadas, el proyecto deja de ser factible financieramente con un VPN inferior a 0 y una TIR menor que el WACC .

**Tabla 8.** Sensibilidad frente al precio del oro (precio del oro en USD/onza y VPN en COP)

PRECIO ONZA ORO	VPN	PRECIO ONZA ORO	TIR
300	-71.980.264.671	300	
500	-28.009.545.900	500	3%
600	-6.024.186.514	600	14%
700	15.961.172.872	700	23%
800	37.946.532.258	800	30%
900	59.931.891.644	900	36%
950	70.924.571.337	950	38%
1.000	81.917.251.030	1.000	41%
<b>1.186</b>	<b>122.723.712.068</b>	<b>1.100</b>	<b>46%</b>
1.400	169.858.688.573	1.400	59%
1.600	213.829.407.345	1.600	67%

TRM - DÓLAR	VPN	TRM - DÓLAR	TIR
1.200	3.967.822.070	1.200	
1.400	28.951.519.157	1.400	2%
1.600	53.935.216.243	1.600	14%
1.700	66.427.064.786	1.700	22%
1.800	78.918.913.329	1.800	29%
1.900	91.410.761.872	1.900	35%
2.000	103.902.610.416	2.000	41%
<b>2.151</b>	<b>122.723.712.058</b>	2.100	43%
2.200	128.886.307.502	<b>2.200</b>	<b>46%</b>
2.400	153.870.004.588	2.400	50%
2.600	178.853.701.674		

## 4. Conclusiones

De acuerdo con el estudio del entorno, se identificó que el proyecto de explotación aurífera se ubica en dos sectores: el proyecto minero propiamente dicho, en el sector primario o extractivo y el proceso de beneficio de mineral, en el sector secundario de actividades manufactureras e industriales.

Adicionalmente, el entorno general del proyecto permite definir un ambiente propicio de inversión por el concepto de valor refugio del producto para comercializar debido a las variaciones de las grandes economías mundiales.

A pesar de que en el estudio de mercado se concluyó que éste no es muy relevante para los resultados finales, ya que el producto, oro, es reconocido y la demanda supera la oferta, se analizaron las diferentes variables, dentro de las cuales se destaca el precio del oro. Esta variable es la que más impacta los resultados financieros del proyecto y de acuerdo con expertos la tendencia para los próximos años es un valor por onza superior a los USD 900.

El estudio geológico adelantado definió recursos minerales por 596,616 onzas de oro con un tenor promedio de 8,08 gpt (gramos por tonelada) que permite establecer un horizonte de vida de la mina de 10 años iniciales. Los primeros 3 años a 500 t/día y los restantes cuando se incrementa a 1.000 t/día. La campaña exploratoria debe continuar para garan-

tizar más años de vida. Los gastos generados por esta exploración son de COP 19.713'451.780 que serán amortizados en los primeros 5 años.

Se concluye una factibilidad técnica en el ámbito minero. Debido a la baja mecanización de las operaciones mineras, la mano de obra es un factor determinante; para mejorar el conocimiento, la experiencia, destrezas y grados de formación en labores mineras del personal por contratar, se requiere un amplio programa de capacitación de personal de la región y vinculación de personal calificado de otras zonas del país con experiencia en labores subterráneas. Se calcularon unas inversiones iniciales de COP 17.015'416.000, de igual manera para el incremento de la producción en el 2014 se requieren otras inversiones, en estos mismos ítems, de COP 9.703'711.000.

Se concluye una factibilidad técnica en el ámbito industrial para el beneficio del mineral encontrado en la exploración y estudiado en el ámbito minero. El proceso desde el punto de vista industrial se describe como la transformación de los elementos de entrada o producto entregado por las minas, en un producto final: barras de oro y plata. La construcción de una planta para lograr el producto final consta de una etapa de trituración primaria y secundaria con una capacidad de 1.000 tpd y el procesamiento a razón de 500 tpd por medio de procesos físico y químicos.



El sistema de beneficio definido requiere unas inversiones iniciales de COP 24.783´199.000 y una inversión para ampliar la planta en el 2014 de COP 3.840´000.000 con costos totales operativos de producción de 170.120 COP/t.

La actividad minera en Colombia está regulada por la Ley 685 de 2001, actual Código de Minas. El Distrito El Bagre cuenta con 9 títulos mineros debidamente registrados que le otorgan los derechos de exploración y explotación. Los títulos que están en etapa de exploración deben pagar COP 114´702.400 cada año. Legalmente el proyecto es factible.

La minería y, en especial, este proyecto requieren, de acuerdo con el plan de manejo ambiental definido, una serie de actividades que permitan controlar, prevenir, mitigar o compensar los impactos generados, para lo cual se han identificado y definido unas características específicas técnicas del proyecto y del entorno ambiental y social y emprender medidas de control, prevención, mitigación corrección y compensación. Se definieron y calcularon los costos atribuibles a la gestión ambiental que ascienden a COP 338´274931. De acuerdo con la gestión realizada, los estudios y planes de impacto ambiental, el proyecto es factible ambientalmente.

El análisis financiero muestra como de acuerdo con la estructura planteada para los costos y gastos de la operación para el proyecto de explotación y bene-

ficio y los diferentes estudios de entorno, mercado, técnico, legal y ambiental, el potencial de los recursos existentes en el depósito, se generan unos resultados financieros altamente atractivos para cualquier inversionista. Un margen Ebitda alrededor del 60%, en buena parte consecuencia de los altos precios del *commodity* en el mercado internacional es uno de los primeros indicadores de la salud financiera que se reflejaría en el proyecto.

Con un costo del capital WACC del 17,01% como tasa de descuento, se proyecta un VPN de COP 122.723´712.068, lo que significa la generación del valor esperado por los inversionistas y una generación de valor adicional que refuerzan el alto atractivo del proyecto.

Igualmente con una TIR del 46%, muy superior a la tasa de rentabilidad esperada, se valida la factibilidad financiera del proyecto.

## Referencias

- Bustillo Revuelta, Manuel y López Jimeno, Carlos. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. 1ª ed. Madrid, 1997. 705 p. ISBN 84-921708-2-4.
- Banco de la República (disponible en: [www.banrep.gov.co](http://www.banrep.gov.co), consultado el 18 de julio 2009).
- DIAN. Disponible en [www.dian.gov.co](http://www.dian.gov.co) (consultado el 18 de julio de 2009).
- IMC (Información Minera Colombiana). Disponible en: [www.imcportal.com](http://www.imcportal.com) (consultado el 26 de julio de 2009).
- Ingeominas, (disponible en: [www.ingeominas.gov.co](http://www.ingeominas.gov.co), consultado el 25 de julio 2009).
- InfoMine (disponible en: [www.infomine.com](http://www.infomine.com), consultado el 26 de julio 2009).

PMI. A Guide to the project management body of knowledge. PMBOK Guide 2008. 4<sup>th</sup> ed.  
Triana Sandoval, Alonso. Código de Minas Anotado. Editorial Leyer. 14<sup>a</sup> ed. Bogotá, 2001. 334 p. ISBN 958-610-817-8.

## Otras bibliografía consultada

- AIME– Underground mining methods handbook. W.A Hustrulid (ed.). (The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc.). New York, 1982. 1754 p. ISBN 0-89520-049 X.
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Disponible en [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co) (consultado el 25 de julio de 2009).
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Medio Ambiente. Guía minera ambiental de exploración.
- DIAN. Estatuto Tributario. 2008 DIAN y demás leyes reformatórias.
- Edumine. disponible en [www.edumine.gov.co](http://www.edumine.gov.co) (consultado el 26 de julio 2009).
- Escobar Álvarez, Jesús y Echeverri Villa, Alberto. Notas sobre minería de veta y cianuración. Medellín, 1990. 335 p.
- Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Explotación subterránea: Métodos y casos prácticos. 1<sup>a</sup> ed. Lima, 1999. 253 p. ISBN 84-921708-2-4.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486 quinta actualización. Bogotá, Icontec, 2000.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión, Editorial ITGE. Madrid, 1991. 632 p. ISBN84-7840-077-X.