

## LA HUELLA DEL CARBONO EN LA CLASIFICACIÓN AMBIENTAL DE LOS PROYECTOS MINEROS: COBRE LAS CRUCES. (ESPAÑA)

José Antonio Espí Rodríguez y J. Luis Sanz Contreras

Universidad Politécnica de Madrid  
[Joseantonio.espi@upm.es](mailto:Joseantonio.espi@upm.es) [joseluis.sanz@upm.es](mailto:joseluis.sanz@upm.es)

### LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL APLICADAS A LOS PROCESOS INDUSTRIALES

En los últimos tiempos existe una batería de herramientas y metodología de gestión ambiental desarrolladas por la comunidad científica dedicada a la investigación de los valores ambientales y su mejor gestión. Derivada del concepto de ACV, también existe la GER o energía primaria consumida en todas las etapas de ciclo de vida y que es un excelente indicador de la sostenibilidad del proceso. Además, del inventario obligado en las categorías de impacto ambiental incluido en el ACV, se derivan los resultados o efectos acumulados del proceso en estudio, categorizados como consecuencias ambientales. Del análisis de Ciclo de Vida se deriva, de manera natural, la Huella del Carbono que no viene a ser nada más que la contabilidad de efectos ambientales derivados del consumo de energía e emisiones de gases invernadero medidos en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes. Estas últimas herramientas constituyen todas juntas una manera relativamente fácil de proceder para efectuar una clasificación de la condición de sostenibilidad de un proyecto minero.

### LA HUELLA DE CARBONO (“CARBON FOOTPRINT”)

Esta herramienta mide la cantidad de emisiones de GEI o “Gases Invernadero” que genera una entidad a través de sus actividades. Se determina mediante un inventario de emisiones de GEI directas e indirectas, medidas en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). Su conocimiento constituye el primer paso para definir una Estrategia de Cambio Climático.

### COMO ABORDAR LA DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA INDUSTRIA DEL COBRE

T. Adachi y G. Mog utilizan la herramienta de gestión Análisis de Ciclo de Vida, ACV, para determinar los efectos globales de los metales básicos que Japón consume procedentes de todos los continentes productores de cobre y zinc. Los autores encuentran fuertes diferencias entre los metales de varios orígenes, alcanzando, incluso el 50% de variación. Su explicación se refiere, en algunos casos, al factor de escala, como es el ejemplo de la mina Escondida. Por ello y salvando interesantes consideraciones de los autores, transcribimos los siguientes resultados:

Emisiones de CO <sub>2</sub> procedentes de diversos yacimientos de cobre en el mundo	
Explotación	Emisión de CO <sub>2</sub> /kg Cu
Escondida	1,5 kg
Grasberg	2,1 kg
Collahuasi	1,8 kg
Antamina	2,3 kg
Batu Hijau	2,8 kg

La media de las explotaciones consideradas es de 2,2kg CO<sub>2</sub>/kg Cu metal producido.

Además, T. E. Norgate and W. J. Rankin (2000) en su trabajo “Life Cycle assessment of copper and nickel production” abordan los efectos de la metalurgia del níquel y del cobre desde la realización de un Análisis de Ciclo de Vida simplificado. El estudio obtiene consecuencias sobre los gases emitidos y formula

comparaciones entre los procesos. Para ello, establecen los criterios generales de los que se entresacan los siguientes:

- Los efectos evaluados

Las rutas del procesamiento seleccionadas incluyen un proceso pirometalúrgico y hidrometalúrgico para cada metal. Todas las rutas también incluyen una etapa de minería (subterránea para todos los casos) y la fase de preparación del mineral.

A partir de una serie de asunciones que recogen todo tipo de condiciones generales, los autores elaboran los resultados de, entre otras condiciones, las emisiones de gases de invernadero:

<b>Efectos ambientales en dos rutas de producción de cobre</b>				
Ruta	Descripción	Energía Total MJ/kgCu	GWP kgCO <sub>2</sub> e/Kg Cu	AP kgSO <sub>2</sub> e/kgCu
1	Fundición Flash-Refino Sherrit Gordon	33	3,3	0,04
2	Lixiviación ácida. en pilas y SX/EW	64	3,2	0,05

Además, los autores precisan los consumos eléctricos en cada una de las rutas elegidas.

<b>Consumo eléctrico en las dos rutas elegidas</b>			
<b>Ruta 1</b>		<b>Ruta 2</b>	
Minería	433 Kwh/tCu	Minería	650 Kwh/tCu
Concentración	1.233 Kwh/tCu	Trituración	100 Kwh/tCu
Fundición	430 Kwh/tCu	Lixiviación	2.500 Kwh/tCu
Refino	300 Kwh/tCu	EW	2.000 Kwh/tCu

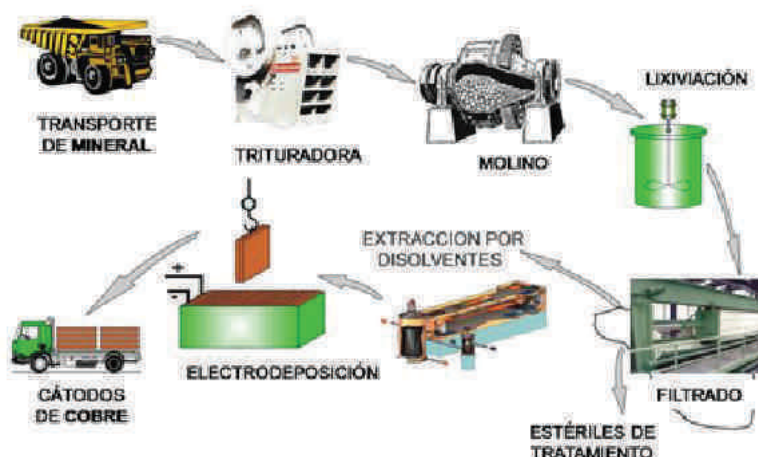
## **EL PROYECTO MINERO DE COBRE LAS CRUCES EN ESPAÑA**

La titularidad actual del complejo pertenece al accionista mayoritario, *Inmet Mining Corporation* desde su adquisición del 70% a MK Resources en el año 2005. El 30% restante continúa perteneciendo a *Leucadia National Corporation*. Las características generales del proyecto son las siguientes (tomadas de la empresa Cobre las Cruces SA):

<b>Mina en Producción</b>	
Reservas probadas y probables	17,6 Mt
Ley media en cobre	6,2 %Cu
Cobre contenido en el yacimiento	1,1 MtCu
Vida de la mina	15 años
Capacidad anual de proceso	1,3 Mt
Estéril removido anualmente	10 Mt
Ratio de desmonte (t/t)	12,7 : 1
<b>Recuperaciones</b>	
Media de la recuperación del yacimiento	97%
Media de la recuperación metalúrgica	91,4%
<b>Producción de cobre</b>	
Producción anual	72.000 t
Producción en la vida total de la mina	996.000 t

Se conseguirá la obtención directa del producto final, el cobre metal, en cátodos, en la planta hidrometalúrgica integrada en la explotación minera, lo que evita el transporte a fundiciones y otros

aspectos ambientales asociados a la producción de cobre por otras vías. Este tratamiento producirá directamente cobre metal de alta pureza (LME Grado "A": 99,9935% Cu).



*Esquema productivo de la Planta Hidrometalúrgica*

Las etapas de la planta hidrometalúrgica, son las siguientes:

- Trituración y molienda: El mineral procedente de la mina se tritura y se muele hasta un tamaño de partícula de  $< 105$  micras.
- Lixiviación: la pulpa circula al circuito de lixiviación, produciéndose la disolución del cobre contenido en el mineral, pasando el cobre a la solución acuosa.
- Extracción por disolventes orgánicos: la solución acuosa con cobre disuelto pasa al circuito de extracción con disolventes, donde, por medio de un agente de extracción selectivo para el cobre, se logra su purificación y concentración.
- Electro-deposición: la solución acuosa con cobre, concentrada y purificada, circula hacia las celdas de electrodeposición, en donde el cobre se deposita sobre los cátodos de acero inoxidable. Los cátodos de cobre de alta pureza resultantes se envían directamente a la industria de transformación.

## LA VALORACIÓN DEL PROYECTO EN UNIDADES DE CARBONO

El proyecto se encuentra en su segundo año de operación y todavía no se pueden extraer de él datos directos. Sin embargo, sobre el diseño se pueden adoptar las siguientes cifras.

### 1. Emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en mina.

Tomadas del informe o Memoria Ambiental 2009, en el año 2008 se movieron 9,327 Mt de diversos materiales, sobre todo de margas que recubrían el yacimiento, tomando 1,6 la densidad media del movimiento en material húmedo y esponjado. En ese periodo se gastaron 21,6 Ml de gasoil. Es decir, 2,31 gasoil/t movida. Por otra parte, tomado de diversos autores, 1l de gasoil trabajando en máquina emite, como media, 2,3 KgCO<sub>2</sub>, luego, cada tonelada movida y empleada, bien en la escombrera o en el acopio de entrada a la planta de procesado, supone 6,44 Kg CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera.

Además, 1t de mineral contiene, como media, 6%Cu (algo más según la última valoración), es decir, 60 KgCu y de ellos se recuperan 54KgCu (recuperación media del 90%). Para conseguirlos, además, se deben mover 12,6 toneladas de margas inservibles del recubrimiento. Es decir, se deben mover 13,6 t. Por ello,  $13,6 \times 6,44\text{kgCO}_2 / 54\text{KgCu}$ , producirían  $1,62\text{KgCO}_2/\text{KgCu}$ , que sería la cifra de las emisiones de la minería.

## 2. El consumo eléctrico y sus emisiones equivalentes

Fundamentalmente, el consumo eléctrico se genera en la planta de tratamiento y en el bombeo externo del agua. Como aproximación, partimos de la potencia instalada, 48MW, de un coeficiente de utilización del 0,8, que nos daría 4,22 kWh/kg Cu producido. Además, como contraste, sobre el proyecto 2005 y para 73.000 t Cu de producción el consumo medio del proyecto (sobre 304,13M kWh/año), la cifra obtenida fue de 4,22kWh/Kg Cu.

Por otra parte, el mix eléctrico español, en los últimos años ha mejorado en lo que corresponde a las emisiones de CO<sub>2</sub>, merced al protagonismo de las energías renovables. De esta manera y tomando como referencia el año 2009, 1kWh medio español emitiría 0,300 KgCO<sub>2</sub>. En definitiva, tomando 3,66kWh/kgCu (un valor intermedio) y 0,300Kg CO<sub>2</sub>/kWh nacional, la aportación del consumo eléctrico a las emisiones CO<sub>2</sub>, sería de 1,1 Kg CO<sub>2</sub>/Kg Cu producido

El consumo de combustible en planta dirigido principalmente al calentamiento de la pulpa que ha de ser lixiviada, en términos de gas natural quemado en la caldera, resulta poco apreciable por el carácter exotérmico de la reacción de lixiviación.

### **OTRAS CONCLUSIONES**

El tratamiento anterior se ha realizado sobre consumos y emisiones directas, es decir, realizadas en la propia ubicación del proyecto y no cuenta, por lo tanto, con las emisiones producidas por los consumos externos, es decir aquellos generados a lo largo de la vida de cada producto consumido hasta llegar a la ubicación del proyecto. Es decir, un ACV. Sin embargo, esta posición presenta la ventaja de su simplificación e inmediatez de los resultados, siempre a costa de perder algo de su alcance. Tomando la tabla anteriormente mostrada y añadiendo los resultados anteriores:

<b>Grandes Proyectos de Cobre</b>	<b>Cobre Las Cruces</b>
1,5-2,8 Kg CO <sub>2</sub> /Kg Cu	2,6 Kg CO <sub>2</sub> /Kg Cu

Las peculiaridades del proyecto de Las Cruces se traducen en:

- La extraordinaria ley o riqueza en cobre (cinco veces la media chilena o 14 veces la de un nuevo proyecto de pórfidos), va a compensar la elevada razón de desmonte: 12,6, superior en casi la misma proporción al de un gran proyecto de cobre porfídico.
- El consumo eléctrico que, en principio es importante, queda atenuado por las características propias del mineral (sulfuros de cementación) que facilita su lixiviación a presión atmosférica y en suave calentamiento (80°C). Con ello se consigue moderar muchos de los factores que inciden en el coste de la operación. Afortunadamente, el perfil de emisiones de carbono del kWh ha mejorado en los últimos años, permitiendo una sustanciosa rebaja en el balance final de CO<sub>2</sub> emitido.

La realización del Balance del Carbono, juntamente con su valoración energética (GER) y movimiento másico (AFM), ambas relacionadas con el balance de carbono, definen con relativa facilidad las condiciones básicas de una calificación ambiental de un proyecto minero.