

MABEL VEGA Y CLAUDIO ZAROR, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN / *DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING, UNIVERSITY OF CONCEPCIÓN*

# Cómo medir el impacto ambiental de la producción de cobre

*How to measure the environmental impact of copper production*

FOTOGRAFÍAS \_PHOTOS: ARCHIVO PROCOBRE, CODELCO

A TRAVÉS DE DOS PROYECTOS FONDEF, UN EQUIPO DE INVESTIGADORES DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN EVALUÓ EL CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE COBRE Y PLANTEÓ CÓMO DESARROLLAR UNA DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTOS CERTIFICADA. EL OBJETIVO ES QUE ESTE METAL, TAN VALIOSO PARA LA ECONOMÍA NACIONAL, PUEDA COMPETIR EN MERCADOS CADA VEZ MÁS EXIGENTES EN TÉRMINOS DEL IMPACTO QUE LA FABRICACIÓN DE UN BIEN GENERA EN EL MEDIO AMBIENTE.

*THROUGH TWO FONDEF PROJECTS, A TEAM OF RESEARCHERS FROM THE UNIVERSITY OF CONCEPCIÓN ASSESSED THE LIFE CYCLE OF THE PRIMARY PRODUCTION OF COPPER AND RAISED HOW TO DEVELOP A CERTIFIED ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION FOR COPPER AND COPPER PRODUCTS. THE GOAL IS THAT COPPER, A PRODUCT SO VALUABLE TO THE CHILEAN ECONOMY, MAY BE ABLE TO COMPETE IN INCREASINGLY DEMANDING MARKETS IN TERMS OF THE IMPACT THAT THE PRODUCTION OF A GOOD HAS ON THE ENVIRONMENT.*





Desde tiempos prehistóricos el hombre ha buscado mejorar su rendimiento en funciones propias de la supervivencia a través de la creación de herramientas y armas. En pos de este propósito trató de usar diversos materiales como los huesos, madera y piedra, hasta llegar a los metales, que poseen propiedades físicas que destacan por su resistencia y conductividad térmica. Estos últimos implicaron un cambio radical en la tecnología asociada, pues para su obtención era necesario pasar por un proceso metalúrgico.

Uno de los primeros metales usados para fines funcionales y no suntuarios fue el cobre. Con él se hicieron diversos artículos como cántaros, copas, monedas y algunas armas. Sin embargo, para ese uso surgió una desventaja, pues posee características de maleabilidad y ductilidad a temperaturas ambiente, por lo que se hizo necesario mejorar su dureza. Con el tiempo y el manejo de las técnicas de aleación, el hombre pudo mejorar las

características del cobre a través de su mezcla con estaño, para así dar paso al bronce.

Actualmente el cobre se sigue utilizando y —gracias a sus múltiples propiedades conocidas— tiene un amplio campo de aplicaciones, destacando, entre las tradicionales, la industria eléctrica y térmica y, por otra parte, las más innovadoras, como agente bactericida en ropa<sup>1</sup> y en tableros de aglomerados<sup>2</sup>.

#### EL MERCADO DEL METAL ROJO

La participación del cobre en el mercado mundial de metales alcanza la tercera posición en cuanto a la producción, después del hierro y el aluminio. Durante el año 2014, la producción mundial de cobre refinado alcanzó un total de 23.009 kilotoneladas. El mercado está compuesto por oferta de cobre primario y secundario. El primario es el metal que se extrae directamente desde la mina, mientras que el secundario es el que proviene del proceso de reciclaje. La producción primaria de

*Since prehistoric times man has tried to improve his performance in activities that allow him to survive by creating tools and weapons. With this purpose, he tried to use various materials such as bone, wood and stone, until he discovered metals, whose physical properties stand out for their resistance and thermal conductivity. Metals brought about a radical change in the associated technology because it was necessary to go through a metallurgical process to get them.*

*One of the first metals used for functional and not luxury purposes was copper. It was used to make different items such as pitchers, cups, coins and some*

*weapons. However, for the latter use it was necessary to improve copper's hardness because of its malleability and ductility at ambient temperature. Over time and after experimenting with alloy techniques, man was able to improve the characteristics of copper by mixing it with tin, which led to the production bronze.*

*At present copper is still being used and—thanks to its multiple known properties—has a wide range of applications, among the traditional ones, in the electrical and thermal industries and, on the other hand, in the most innovative applications, as a bactericidal agent in clothing<sup>1</sup> and in plywood boards.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>[http://www.codelco.com/crean-ropa-con-cobre-antimicrobiano-para-ninos-piel-de-cristal/prontus\\_codelco/2013-08-09/154149.html](http://www.codelco.com/crean-ropa-con-cobre-antimicrobiano-para-ninos-piel-de-cristal/prontus_codelco/2013-08-09/154149.html)

<sup>2</sup>[http://www.codelco.com/codelco-y-araucocomplian-comercializacion-de-melamina-con-cobre-a-otros-mercados-de-la-region/prontus\\_codelco/2013-08-16/115856.html](http://www.codelco.com/codelco-y-araucocomplian-comercializacion-de-melamina-con-cobre-a-otros-mercados-de-la-region/prontus_codelco/2013-08-16/115856.html)

Chile es el principal productor de cobre a nivel mundial. Durante el año 2014 su contribución fue del 31,2% de cobre primario, seguido por China y Perú con un 9,6% y 7,5%, respectivamente.

*Chile is the leading producer of copper in the world. During 2014 it contributed with 31.2% of primary copper, followed by China and Peru with a 9.6% and 7.5% respectively.*

cobre tiene como principales productores a China, Chile y Perú, mientras que los principales compradores son China, Estados Unidos y Japón. China aflora como un actor relevante en este mercado, que pasó de concentrar en 2003 el 17% del total de importaciones, a un 40% durante 2013. Ante este incremento en la demanda, el precio de venta del cobre se ha mantenido al alza durante la última década (ver figura 1).

El cobre es un insumo clave para el proceso de desarrollo al cual se ha sometido China durante los últimos años, por lo que se espera siga siendo una poderosa fuerza motora que arrastre a la industria nacional del cobre.

Chile es el principal productor de cobre a nivel mundial. Durante el año 2014 su contribución fue del 31,2% de cobre primario<sup>3</sup>, seguido por China y Perú con un 9,6% y 7,5%, respectivamente. Como consecuencia de esta participación la actividad minera durante 2014 representó alrededor de un 10% del Producto Interno Bruto y fue el responsable de

la generación de 56 mil 630 puestos de trabajo<sup>4</sup>. Durante los últimos 15 años, la producción de cobre en Chile ha crecido cerca de un 25% y con esto también lo ha hecho la demanda de sus principales insumos, como lo son la electricidad, los combustibles y el ácido sulfúrico.

#### CÓMO MEDIR EL IMPACTO AMBIENTAL

Ante estos antecedentes, la relevancia de la minería del cobre en la economía chilena es evidente, arrastrando consecuencias positivas por la vía del desarrollo económico y también implicando impactos ambientales de los cuales hacerse cargo. Esta carga ambiental se ha convertido en un parámetro relevante al momento de evaluar el desempeño de los procesos productivos.

Los atributos ambientales de los productos están adquiriendo creciente importancia en las transacciones comerciales, particularmente en los países de la OCDE, donde

#### THE MARKET OF COPPER

*Copper is the third most widely produced metal in the world after iron and aluminum. During 2014, world production of refined copper totaled 23,009 kton/year. The market is made up of supply of primary and secondary copper. Primary copper is the metal that is extracted directly from the mine, whereas secondary copper is the metal obtained from the recycling process. The major producers of primary copper in the world are China, Chile and Peru, whereas the main buyers are China, United States and Japan. China has emerged as an important player in this market passing from accounting for 17% of total imports in 2003 to 40% in 2013. In the face of this increase in demand, the sale price of copper has grown steadily during the past decade (see fig. 1).*

*Copper is a key input in the development process that China has engaged in recent years and it is expected to continue being a powerful driving force of Chile's copper industry.*

*Chile is the leading producer of copper in the world and during 2014 it contributed with 31.2% of primary copper<sup>3</sup>. This makes it the largest producer, followed by China and Peru with a 9.6% and 7.5% respectively. As a result of this share, mining activity during 2014 accounted for about 10% of the country's Gross Domestic Product and was responsible for the generation of 56,630 jobs<sup>4</sup>. During the past 15 years, copper production in Chile has grown by about 25% and along with this, the demand for its main inputs like electricity, fuels and sulfuric acid, has also risen.*

#### HOW TO MEASURE THE ENVIRONMENTAL IMPACT

*Based on this background information, the relevance of copper mining to the Chilean economy is evident. Its positive impact is the economic development it drives, but it also has environmental impacts that must be addressed. This environmental load has*

<sup>3</sup> Cochilco (2014). Producción mundial y chilena de cobre de mina anual, porcentaje y tonelaje.

<sup>4</sup> Cochilco (2014). Anuario Estadístico.

los etiquetados y declaraciones han ayudado a promover el suministro y consumo de productos amigables con el entorno. En años recientes, la International Organization for Standardization (ISO) ha publicado varias normas cuyo objetivo es promover la generación de información ambiental, en base a datos confiables y metodologías estandarizadas. Los estándares de gestión ambiental definidos en las normas ISO 14.040:2006 e ISO 14.044:2006, especifican las directrices

para abordar una evaluación de ciclo de vida (ECV) de un sistema productivo, producto o servicio.

La metodología de ciclo de vida se define como la inclusión sucesiva de todas las etapas del proceso productivo a la evaluación de las cargas ambientales asociadas; desde la extracción hasta la disposición final. Este alcance se conoce también como enfoque desde la cuna hasta la tumba. La metodología de ciclo de vida permite identificar y cuantificar

*become a relevant parameter at the time of assessing the performance of productive processes.*

*The environmental attributes of the products are gaining increasing importance in commercial transactions, particularly in OECD countries where product labelling and information have helped to promote the supply and consumption of environmental-friendly products. In recent years the International Organization for Standardization (ISO) has published several standards whose purpose is to promote the generation of environmental information*

*based on reliable data and standardized methodologies. The environmental management standards defined in ISO standards 14,040:2006 and ISO 14,044:2006 specify the guidelines to conduct a Life Cycle Assessment (LCA) of a productive system, product or service.*

*The life cycle methodology is defined as the successive inclusion of all the stages of the production process in the assessment of the associated environmental loads, from extraction to final disposal. This approach is also known as from the cradle to the*

Cátodos de cobre







➡  
Cátodos de cobre

los aspectos ambientales asociados a lo largo de toda la cadena de valor de la producción de un servicio o producto.

Bajo este enfoque también se puede comparar el desempeño ambiental de diferentes productos, entre ellos los metales de mayor producción mundial como el hierro, aluminio y cobre. La carga ambiental asociada a sus productos, será dependiente del desempeño ambiental de los procesos e insumos utilizados. De esta forma se puede hacer una

comparación con datos promedios europeos y resultados nacionales (ver figura 2).

El desempeño ambiental se puede medir a través de las diferentes categorías de impacto, las que han sido desarrolladas por científicos a partir de información estadística real. Una de las más conocidas es cambio climático, que se calcula en base a las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) asociadas a un producto o servicio. Existen otras

*grave. The life cycle methodology allows identifying and quantifying the associated environmental aspects throughout the production value chain of a service or product.*

*This approach also makes it possible to compare the environmental performance of different products, including the metals mostly produced globally such as iron, aluminum and copper. The environmental load associated with their products depends on the environmental performance of the processes and inputs used. It permits making a comparison using average European and Chilean data (see figure 2).*

*Environmental performance can be measured through different impact categories, which have been developed by scientists*

*based on actual statistical information. One of the best known categories is climate change that is calculated on the basis of the emissions of greenhouse gases (GHG) associated with a product or service. There are a number of other categories that focus on different types of environmental impacts, such as: ecotoxicity in bodies of water and the sea; photo-oxidation; the reduction of abiotic resources; acidification; eutrophication; the reduction of the ozone layer; and human toxicity. Each impact category is associated with a pool of pollutants that are produced in the different stages of the productive life cycle. In the case of the climate change impact category, all emissions of greenhouse gases linked to the life cycle of a product are quantified. The best known*

que se enfocan en diferentes tipos de impactos ambientales, como: ecotoxicidad en cuerpos de agua y el mar; oxidación fotoquímica; reducción de recursos abióticos; acidificación; eutrofización; reducción de la capa de ozono; y toxicidad humana. Cada categoría de impacto está asociada a un pool de contaminantes que se producen dentro de las etapas de ciclo de vida productivo. En el caso de la categoría de impacto de cambio climático, se incorporan en la cuantificación todas las emisiones de gases con efecto invernadero asociadas al ciclo de vida del producto. Los gases con efecto invernadero más conocidos son el dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, refrigerantes órgano-halogenados, etcétera.

Con el propósito de permitir la toma de decisión informada por parte de los consumidores, los resultados obtenidos de la cuantificación de los impactos ambientales asociados en cada categoría se deben gestionar y comunicar. De la necesidad de una comunicación transparente del desempeño ambiental, surge un formato de reporte que cumple con este requisito. En particular, la norma ISO 14.025:2006 entrega los principios y procedimientos para elaborar Declaraciones Ambientales de Productos (Tipo III), con vistas a presentar los aspectos e impactos ambientales asociados a su ciclo de vida y facilitar la comunicación entre los proveedores, sus clientes y consumidores. Las Declaraciones Ambientales de Productos (DAP, también conocidas como EPD, por su sigla en inglés), se basan en un conjunto de requisitos y guías específicas establecidas en las Reglas por Categoría de Producto (RCP, conocidos como PCR, por su sigla en inglés). De acuerdo a ISO 14.025:2006, una RPC debe entregar claras orientaciones para definir los objetivos y alcances de la DAP, incluyendo la unidad funcional, las etapas del ciclo de vida que se deben considerar en la evaluación y otra información relevante para realizar la ECV.

Se espera que las DAP se transformen en requisitos obligatorios para el ingreso de productos a los mercados de mayor exigencia ambiental, como Francia y Japón. En la actualidad,

solo se requiere la declaración de la Huella de Carbono, mientras que el resto de los países de la Unión Europea y Estados Unidos están dando señales de que seguirán pronto esta misma tendencia. Por otra parte, la Política Integral de Productos de Europa (IPP) promueve, desde 2005, el uso de metodologías con enfoque de ciclo de vida para el desarrollo de productos y para fomentar la competitividad orientada hacia la mejora ambiental continua de productos, servicios y sistemas productivos. Los requerimientos crecientes por DAP en el mundo impactarán fuertemente a la cadena productiva, desde los fabricantes de productos finales hacia atrás en la cadena de valor.

#### LOS RESULTADOS DEL COBRE

Dado que el cobre representa el principal producto de exportación de nuestro país, se consideró necesario desarrollar capacidades locales para realizar Declaraciones Ambientales de Producto para dicho rubro. Es por ello que el Centro de Investigaciones Minera y Metalúrgica (CIMM) junto con la Universidad de Concepción concursaron un segundo proyecto Fondef denominado “Declaraciones Ambientales de Producto certificadas, ISO 14.025, para el cobre y productos del cobre”, el cual fue adjudicado en el año 2010 (código del proyecto Fondef D09i1188). Hasta antes del comienzo de este proyecto no existían Reglas por Categoría de Productos para el cobre ni herramientas de apoyo para la elaboración de las correspondientes Declaraciones Ambientales de Productos. Ello constituyó uno de los principales objetivos de esta iniciativa.

Los primeros resultados formales de la aplicación de esta metodología a nivel nacional enfocada a la producción del cobre, se desarrollaron en el marco del proyecto Fondef D06I1060 denominado “Sistema de evaluación de Ciclo de Vida de la producción primaria de cobre: bases de datos para inventarios de ciclo de vida de referencia y modelos parametrizables”, llevado a cabo por este mismo equipo de trabajo

*greenhouse gases are carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and organohalogenated coolants, among others.*

*In order to allow consumers to make informed decisions, the results obtained from the quantification of the environmental impacts associated with each category must be managed and communicated. A reporting format was devised to meet the need for transparent communication of environmental performance. In particular, the ISO 14,025 :2006 standard delivers the principles and procedures for preparing Environmental Product Declarations (Type III) in order to present the environmental aspects and impacts associated with their life cycle and facilitate communication between suppliers, customers and consumers. The Environmental Product Declarations (EPD) are based on a set of specific requirements and guides for each product established in the Product Category Rules (PCR). According to ISO 14,025 :2006, a PCR must deliver clear guidelines to define the objectives and scope of the EPD, including the functional unit, the stages of the life cycle that should be included in the assessment and other relevant information to perform the LCA.*

*It is expected that the EPD will become mandatory requirements for the entry of products to the markets with greater environmental requirements such as France and Japan, which at present, only require the carbon footprint statement. However, the rest of the countries of the European Union and the USA are giving signals that they will soon follow the same trend. On the other hand, the Integrated Product Policy of Europe (IPP) has promoted the use of methodologies with a life-cycle approach in the development of products and to encourage competitiveness focused on continuously reducing the environmental impacts of products, services and productive systems. The increasing requirements of EPD in the world will have a significant impact on the production chain, from manufacturers of final products backwards in the value chain.*

#### THE RESULTS OF THE COPPER

*Given that copper is Chile's main export product, it was considered necessary to develop local capacities to perform Environmental Product Declarations (EPDs) for the copper industry. This is the*

en conjunto con el entonces CIMM. De este trabajo, el resultado más relevante fue la certificación según estándar ISO 14.044:2006 del Inventario de Ciclo de Vida de la Producción y Transmisión Eléctrica en Chile (Registro N° 241.457, 2014, Universidad de Concepción)<sup>5</sup>. Esta investigación, certificada por pares internacionales, fue la primera en su tipo desarrollada a nivel nacional.

El objetivo de este proyecto fue generar un sistema informático para apoyar la elaboración de Declaraciones Ambientales de Productos (DAP) para los principales productos de la minería del cobre chilena: concentrado, cátodos y alambón de cobre. Para ello, fue necesario desarrollar previamente las Reglas por Categoría de Productos (RCP) específicas para dichos ítems.

La preparación de las RCP se realizó de acuerdo con lo estipulado en la norma ISO 14.025:2006, incluyendo su validación a través de consulta pública. Dicho proceso fue liderado por el International EPD® System<sup>6</sup>. Las categorías de impacto que se consideran en la DAP de los productos de cobre incluyen: cambio climático, potencial de acidificación, potencial de eutrofización, potencial de agotamiento de la capa de ozono y potencial de oxidación fotoquímica.

El sistema informático que sirve como soporte se basa en las guías metodológicas establecidas en la RPC y en modelos parametrizados. Se incluyen dos módulos de cálculo: uno corresponde a los procesos de elaboración de materias primas (concentrado y cátodos de cobre); y el otro aborda los

procesos de manufactura del alambón de cobre. Este sistema es necesario mantenerlo actualizado, al igual que las bases de datos que lo respaldan, para que sea consistente con las variaciones propias de los sistemas productivos nacionales. Por ejemplo, el caso de la generación de electricidad en el norte y en la zona central es un parámetro que varía año a año impredeciblemente. Su variación es tanto en cantidad de energía producida como en proporción de cada tipo de tecnología operativa. Al variar esta última se modifica la carga ambiental asociada a la generación eléctrica que, por consecuencia, hace variar la de la matriz en su totalidad. Lo anterior repercute en todos los procesos que utilicen electricidad para funcionar. De este modo, la carga ambiental asociada a la producción de cobre varía, haciéndose necesaria la actualización ex - post de los procesos operativos durante el año de referencia utilizado. Lo mismo puede ocurrir con otros procesos que vean dramáticas variaciones por implementación de medidas de gestión interna o recambio tecnológico.

La comunicación de los resultados que derivan de una Declaración Ambiental de Producto sirve para proveer de información validada, vigente, oportuna y con base científica para la toma de decisión tanto en organismos públicos como privados. Las limitaciones de esta comunicación están dadas por los aspectos que allí se definen y que por requerimiento metodológico deben quedar expresadas.

El conocimiento generado en torno a la creación de esta herramienta constituye la base de un prototipo, con la capacidad

*reason why the Center for Mining and Metallurgical Research (CIMM for its acronym in Spanish) together with the University of Concepción presented a second Fondef project called "Certified Product Environmental Declarations, ISO 14,025 for Copper and Copper Products", which was awarded in 2010 (project code FondefD09i1188). Until before the beginning of this project, there were no Rules by Product Category for copper, or support tools for the development of the corresponding Environmental Product Declarations. This was one of the main objectives of this project.*

*The first formal results of the implementation of this methodology at the national level with a focus on the production of copper were developed in the framework of the FondefD06R1060 project called "Life Cycle Assessment System of the primary production of copper: databases for inventories of reference life cycle and parametrizable models," carried out by the same project team in conjunction with the then existing CIMM. The most relevant result of this project was certification according to ISO 14,044 standard: 2006 of the Life Cycle Inventory of Electricity Generation and Transmission in Chile (Registration No. 241,457, 2014, University of Concepcion)<sup>5</sup>. This research, certified by international peers, was the first of its kind developed in Chile.*

*The objective of this project was to develop a computer system to support the development of Environmental Product Declarations (EPD) for the main products of Chilean copper mining: copper*

*concentrate, cathodes and rods. To do this, it was necessary to previously develop the specific Product Category Rules (PCR) for those items.*

*The preparation of the PCR was performed in accordance with the provisions in ISO 14,025:2006, including its validation through public consultation. This process was led by the International EPD® System<sup>6</sup>. The impact categories that are considered in the EPD of copper products include: climate change, acidification potential, eutrophication potential, ozone-depletion potential and photo-oxidation potential.*

*The computer system that serves as support is based on the methodological guidelines established in the PRC and in parameterized models. There are two calculation modules: one corresponds to the processes for the preparation of raw materials (concentrate and copper cathodes); and the other deals with the copper rod manufacturing processes. This system as well as the support databases must be maintained updated so that it is consistent with the typical variations of the domestic productive systems. For example, electricity generation in the north and the central zones of Chile is a parameter that varies every year unpredictably. It varies both in the amount of energy produced and in the proportion of each type of operational technology. The variation of the latter modifies the environmental load associated with electric power generation that, consequently, varies the load of*

<sup>5</sup> Life Cycle Inventory of Electricity generation and Transmission in Chile (2011). Zaror, C. & Vega, M.

<sup>6</sup> Swedish Environmental Council [www.environdec.com](http://www.environdec.com)

**Esquema del encadenamiento de las etapas productivas y sus implicancias ambientales.**  
 Diagram of the chain network of the production stages and its environmental implications.



Figura 1: Evolución del precio del cobre medido como cobre refinado BML, equivalente a cobre grado A en la Bolsa de Metales de Londres. Elaboración propia. Datos: Cochilco, 2015.

Figure 1: Evolution of the copper price measured as refined copper LME, equivalent to grade A copper on the London Metal Exchange. Author's compilation based on Cochilco, 2015 data.

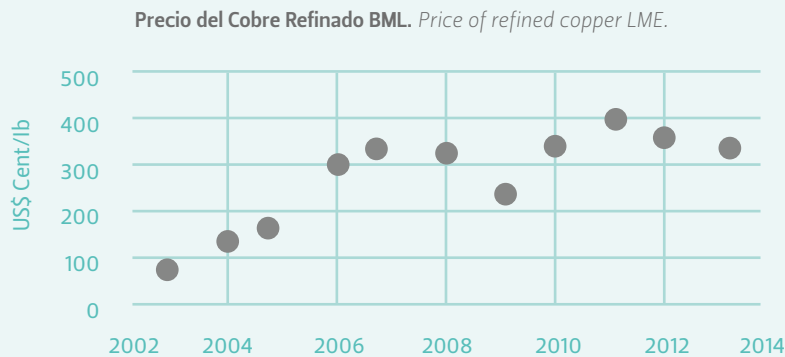
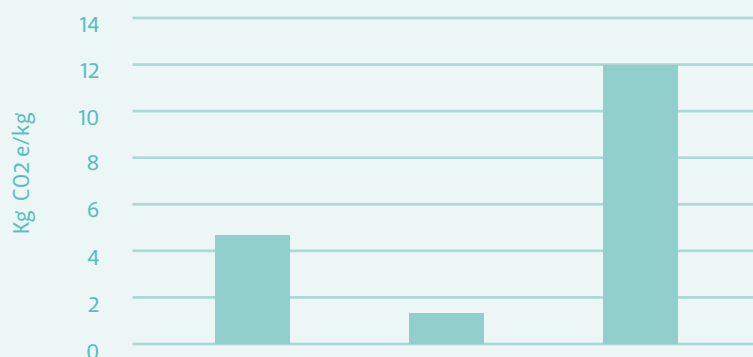


Figura 2: Comparación de la carga ambiental, medida como emisión de gases con efecto invernadero, de la producción primaria de metales. Promedios europeos y resultado nacional. Fuente: Ecoinvent ver. 2.2 y resultados proyecto Fondef D091188.

Figure 2: Comparison of the environmental load, measured as the emission of greenhouse gases of the primary production of metals. European averages and Chile's result. Source: Ecoinvent ver. 2.2 and results of Fondef D091188 project. London Metal Exchange. Author's compilation based on Cochilco, 2015 data.

**Emisiones de gases con efecto invernadero asociadas a la producción de metales. Enfoque de Ciclo de Vida.**  
 Greenhouse gas emissions associated with the production of metals. Life-cycle approach.



**Cátodos EW de cobre, en hierro primario, en la planta de aluminio, primario, en la planta Chilena.**  
 Copper Cathode EW, at Primary Iron, at plant Aluminium, primary, at Chile plant.



de expandirse a otros productos de interés nacional. Asimismo, la capacidad de generar información válida y transparente es un objetivo indirecto, que el equipo de trabajo de la Universidad de Concepción ha comenzado a consolidar a través de publicaciones científicas, participación en congresos nacionales e internacionales, soporte al sector público y privado y foros de discusión de alto nivel internacional. De igual forma, la experticia desarrollada durante estos dos proyectos es consistente con las intenciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción de fortalecer capacidades en torno a la sustentabilidad minera y de procesos productivos. Prueba de lo anterior es la creación del Centro de Excelencia en Minería que se encuentra en desarrollo entre la Facultad de Ingeniería con el Instituto de Minería Sustentable de la Universidad de Queensland, Australia. Este Centro es financiado con fondos Corfo y busca la promoción y desarrollo de la investigación aplicada a la minería y metalurgia extractiva.

*the entire electric power generation matrix. This has an impact on all processes that use electricity to operate. Therefore, the environmental load associated with the production of copper varies, making it necessary to update ex-post the operating processes during the reference year used. The same can happen with other processes that suffer dramatic variations due to the implementation of internal management measures or technology replacement.*

*The communication of the results that derive from an Environmental Product Declaration serves to provide validated, current, timely information with a scientific basis for decision-making in both private and public organizations. The limitations of this communication are determined by the aspects defined in the EPD and that due to methodological requirements must be expressed.*

*The knowledge generated as a result of the creation of this tool is the basis of a prototype, with the ability to expand to other products of national interest. Also, the ability to generate valid, transparent information is an indirect target, which the project team of the University of Concepción has started to consolidate through scientific publications, participation in national and international conferences, support to the public and private sectors and high-level international discussion forums. Similarly, the expertise developed during these two projects is consistent*

Este tipo de resultados, que tienen directa pertinencia con el quehacer nacional, con alto impacto en sus proyecciones internacionales y con carácter de aporte académico al sector privado y público, son los que la Facultad de Ingeniería busca fortalecer y propender, de modo tal que contribuyan al origen de grandes soluciones.

#### AGRADECIMIENTOS

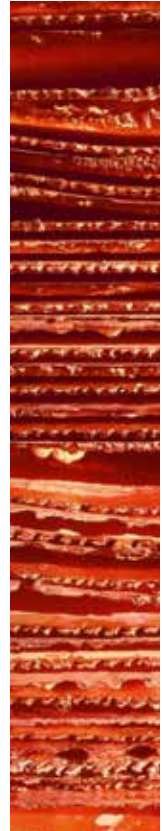
A los proyectos Fondef D06I1060 denominado “Sistema de evaluación de Ciclo de Vida de la producción primaria de cobre: bases de datos para inventarios de ciclo de vida de referencia y modelos parametrizables”, Fondef D09I1188 denominado “Declaración ambiental de productos certificada, ISO 14.025, para el cobre y productos del cobre” y a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Conicyt.

*with the intention of the Faculty of Engineering at the University of Concepción of strengthening capabilities related to the sustainability of mining and production processes. Proof of this is the creation of the Center of Excellence in Mining that is being developed by the Faculty of Engineering with the Institute of Sustainable Mining at the University of Queensland, Australia. This Center is financed with Corfo funds and seeks the promotion and development of research applied to extractive mining and metallurgy.*

*This type of results, which are directly related to the country's activities, have a great impact on its international projections, and constitute an academic contribution to the private and public sectors, are the ones that the Faculty of Engineering seeks to strengthen and promote to contribute to the origin of large solutions.*

#### ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank the Fondef D06R1060 project called “Life cycle assessment system of the primary production of copper: databases for inventories of reference life cycle and parametrizable models,” Fondef D09R1188 project called “Certified environmental product declarations, ISO 14,025, for copper and copper products” and the National Commission for Scientific and Technological research, CONICYT.





#### **CLAUDIO ZAROR**

Ingeniero civil químico de la Universidad de Concepción y PhD en Ingeniería Química en el Imperial College, de la Universidad de Londres. Representante científico en el Consejo Consultivo Nacional de la Comisión Nacional de Medio Ambiente y miembro del Comité Nucleoeléctrico de la Comisión Nacional de Energía. Premio Municipal en Investigación Aplicada, de la Municipalidad de Concepción, y Premio Ingeniero Destacado, del Colegio de Ingenieros de Chile, Zonal Bío-Bío. Profesor titular, Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción, y director ejecutivo del Consorcio de Facultades de Ingeniería de la Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de Santiago y Universidad de Concepción, para el proyecto Nueva Ingeniería para 2030.

*Civil Chemical Engineer from the University of Concepción and PhD in Chemical Engineering at Imperial College, University of London. Scientific Representative to the National Advisory Council of the National Commission on the Environment Committee and a member of the Nuclear Power of the National Energy Commission. Municipal Prize in Applied Research, from the Municipality of Concepción, and outstanding Engineer Award from the College of Engineers of Chile, Zonal Bío-Bío. Professor, Department of Chemical Engineering of the University of Concepción, and executive director of the Consortium of Engineering faculties at the Catholic University of Valparaíso, University of Santiago and University of Concepción, for the New Engineering Project for 2030.*

#### **MABEL VEGA**

Ingeniero civil químico, de la Universidad de Concepción, magíster en Gestión Integrada y estudiante del Programa de Doctorado en Energías. Investigador principal en la Universidad de Concepción en proyectos de evaluación ambiental aplicando la metodología de Evaluación de Ciclo de Vida (ECV).

*Civil Chemical Engineer from the University of Concepción, Master's Degree in Integrated Management and student of the Ph.D. Program in Energies. Principal Investigator at the University of Concepción in projects of environmental assessment applying the methodology of evaluation of Life Cycle Assessment (LCA).*

