

Quality assessment in the supply chain of copper mining in Chile

Orlando Gahona-Flores

Facultad de Ingeniería, Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile. orlando.gahona@uantof.cl

Received: June 28th, 2020. Received in revised form: July 23th, 2020. Accepted: July 25th, 2020.

Abstract

The objective of this research is to generate new knowledge on the assessment of quality in the supply chain of copper mining located in the Antofagasta region in Chile, through the information obtained in the application of a survey to managers of the mining companies in 2018 and deliver recommendations that allow obtaining higher levels of productivity and efficiency in said industry. The results of the investigation show a high assessment of quality by mining companies. Notwithstanding the foregoing, there is also evidence of a lower assessment of the certification of quality standards, such as ISO 9001 and 14001, which generates a discussion on the contribution and validity of quality standards in the development and growth of the mining business.

Keywords: supply chain; quality; ISO standards; copper; Chile.

Valoración de la calidad en la cadena de suministro de la minería del cobre en Chile

Resumen

El objetivo de esta investigación es generar nuevo conocimiento sobre la valoración de la calidad en la cadena de suministro de la minería del Cobre localizada en la región de Antofagasta en Chile, a través de la información obtenida en la aplicación de una encuesta a directivos de las compañías mineras en el año 2018 y entregar recomendaciones que permitan obtener mayores niveles de productividad y eficiencia en dicha industria. Los resultados de la investigación evidencian una alta valoración de la calidad por parte de las compañías mineras. No obstante lo anterior, también se evidencia una menor valoración a la certificación de normas de calidad, tales como la ISO 9001 y 14001, lo cual genera una discusión sobre el aporte y validez de las normas de calidad en el desarrollo y crecimiento del negocio minero.

Palabras clave: cadena de suministros; calidad; normas ISO; cobre; Chile.

1. Introduction

La minería del cobre, es la actividad económica más relevante para Chile. De manera directa, representa más del 10% del PIB, más del 50% de las exportaciones, y es el principal receptor de inversión extranjera directa, representando uno de cada tres dólares que entran al país [8]. La presencia de nuevos capitales foráneos ha impulsado fuertemente el desarrollo de la industria minera, transformando a la región de Antofagasta en la capital mundial de la minería del Cobre [2]. Por ello, no es de

extrañar la incidencia que esta actividad tiene en todo el quehacer de esta zona. Según cifras de COCHILCO [7], en 2016 la región aportó cerca de 3,2 millones de toneladas de cobre a la producción nacional, es decir cerca del 57%. La cadena de suministro en la minería del Cobre en Chile, ha sido identificada como crítico debido a que afecta aproximadamente el 50% de los costos operacionales de las empresas mineras, siendo entonces de alta importancia su entendimiento y optimización [26]. La calidad ha evolucionado rápidamente desde un enfoque centrado en la empresa hasta sistemas complejos de cadenas de suministro.

How to cite: Gahona-Flores, O. Quality assessment in the supply chain of copper mining in Chile. Revista Boletín de Ciencias de la Tierra, 48, pp. 5-11, Febrero-Julio, 2020.

Este cambio de enfoque ha provocado un giro en las prioridades competitivas de muchas empresas, desde sólo la calidad del producto hasta la calidad global de la cadena de suministro [24]. Por otro lado, la investigación en Gestión de Cadenas de Suministro se ha transformado desde un nivel operativo y táctico enfocado en el costo, la entrega y los riesgos, hasta un nivel estratégico más complejo y demandante [27]. El estudio de la teoría y las prácticas de calidad en empresas individuales es usual, pero hay pocas investigaciones sobre cómo incorporar los requerimientos de calidad en el diseño y planeación de cadenas de suministro globales [6,11,31] y cómo vincular estas prácticas y sistemas de gestión con todos los socios de la cadena [4,18,39]. Otros autores como [5] consideran que la calidad es un aspecto poco abordado de la gestión de cadenas de suministro. El objetivo de esta investigación fue generar nuevo conocimiento sobre la valoración de la calidad en la cadena de suministro de la minería del Cobre localizada en la región de Antofagasta en Chile, a través de la información obtenida en la aplicación de una encuesta a directivos de las compañías mineras en el año 2018 y entregar recomendaciones que permitan obtener mayores niveles de productividad y eficiencia en dicha industria. Los resultados de la investigación evidencian una alta valoración de la calidad por parte de las compañías mineras. No obstante lo anterior, también se evidencia una menor valoración a la certificación de normas de calidad, tales como la ISO 9001 y 14001, lo cual genera una discusión sobre el aporte y validez de las normas de calidad en el desarrollo y crecimiento del negocio minero. En la actualidad, en general no hay estudios o investigaciones científicas sobre la valoración de la calidad en las cadenas de suministros, y muy especialmente en la industria minera del cobre. El estudio se divide en cuatro partes: en la primera se presenta la importancia de esta investigación en el contexto de la literatura existente; en segundo lugar, se presenta la metodología que se sustenta como un caso de estudio; en el tercer apartado se muestran los resultados obtenidos y su discusión; y finalmente se presentan las conclusiones que incluyen las recomendaciones, limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación.

2. Revisión de la literatura

Según [9] “el concepto de cadena de suministro ha adquirido importancia en el medio empresarial, ya que permite desarrollar un enfoque que incluye a los proveedores, productores y distribuidores que conforman la cadena, permitiendo la satisfacción de las necesidades del cliente a través de la transformación de la materia prima en productos terminados, los cuales son distribuidos a los mismos”. [3], respalda dicha definición, describiendo que la cadena de suministro es “un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor”. El concepto de cadena de suministro ha adquirido importancia en los últimos

Tabla 1.
Definiciones de cadena de suministro

Autor	Definición
Ganeshan y Harrinson (1995)	“La cadena de suministros es una red de instalaciones y redes de distribución que permiten el aprovisionamiento de materiales, su transformación en productos semiterminados y/o finales que son distribuidos para satisfacer las necesidades de los clientes”.
Ballou (2004)	“Un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor”.
Mentzer (2004)	“Un conjunto de tres o más empresas conectadas o relacionadas con flujos de productos, servicios, finanzas e/o información desde el suministro hasta el cliente final”.
Correa y Gómez (2009a)	“La cadena de suministros busca añadir valor al cliente, mejorar las relaciones con proveedores, fabricantes, clientes y aumentar las ganancias a los accionistas”.

Fuente: Correa y Gómez (2009)

tiempos como medio para que las empresas aumenten su productividad y competitividad en diversos sectores, dentro del cual se encuentra el minero (ver Tabla 1).

El concepto de cadena de suministro es aplicable a la minería debido a que ésta se compone de un conjunto de empresas las cuales poseen instalaciones, actividades funcionales y sistemas de distribución que buscan entregar minerales a diferentes clientes. Adicionalmente, se debe indicar que en el caso chileno, las cadenas productivas, se asemejan al concepto de cadena de suministro debido a que éstas se conforman por empresas de suministros, exploración, explotación, beneficio, comercialización y consumidores, los cuales generan diferentes relaciones entre ellos, tales como: encadenamientos productivos o aglomeraciones de empresas entre otros, los cuales se enfocan en aumentar la productividad y el aprovechamiento de los recursos minerales [2].

La minería del Cobre, es la actividad económica más relevante para Chile ya que representa más del 10% del PIB, más del 50% de las exportaciones, es el principal receptor de inversión extranjera directa, con un 30% del total de la producción y mantiene un tercio de las reservas conocidas, la mayor a nivel global [8]. En el caso de la minería chilena la importancia de la cadena de suministros es fundamental, pues las empresas mineras han externalizado gran cantidad de funciones a sus proveedores, concentrando sus esfuerzos en el núcleo del negocio, es decir; la propiedad, la operación y gestión de los yacimientos. Por tanto, parte importante del éxito pasado y futuro de la minería chilena depende directamente de la productividad y competitividad de los proveedores [22]. La región de Antofagasta está estrechamente vinculada a la historia y desarrollo de la minería del cobre de Chile. Por ello, no es de extrañar la incidencia que esta actividad tiene en todo el quehacer de esta zona. Según cifras de COCHILCO [7], en 2016 esta región

Tabla 2.
Definiciones de calidad

Autor	Definición
Crosby (1979)	“Ajustarse a las especificaciones o conformidad de unos requisitos”
Deming (1982)	“El grado perceptible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y de acuerdo a las necesidades del cliente”
Feigenbaum (1990)	“Todas las características del producto y servicio provenientes de mercadeo, ingeniería, manufactura y mantenimiento que estén relacionadas directamente con las necesidades del cliente, son consideradas calidad”
Jurán (1993)	“Adecuado para el uso, satisfaciendo las necesidades del cliente”
Real Academia Española (1993)	“Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, peor o mejor que las restantes de su especie”
Sociedad Americana para el Control de Calidad (1997)	“Conjunto de características de un producto, servicio o proceso que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del usuario o cliente”

Fuente: El Autor

aportó 3,2 millones de toneladas de cobre a la producción nacional, es decir cerca del 57%.

La calidad se concibe como un atributo, una característica o una propiedad que constituye el distintivo de una persona, un bien o un servicio, lo que refleja un acercamiento al concepto de calidad usado por las organizaciones (ver Tabla 2).

Según lo define la norma ISO 9000 versión 2000 la calidad es “el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con ciertos requisitos”. Por “conjunto de características inherentes” se entiende todos aquellos rasgos que son propios de un producto o servicio y que lo diferencian del resto, tales como: tamaño, color, peso, material de fabricación, duración, forma, etc. El segundo término de la definición es la expresión “requisitos”, que según la misma norma se define como “la necesidad o expectativa establecida generalmente implícita u obligatoria”. Estos requisitos a diferencia de las características inherentes del producto o servicio, dependen principalmente del cliente o el consumidor final, el cual desea la satisfacción de sus necesidades o expectativas a través del consumo del producto o servicio.

Por lo que respecta a los atributos más evaluados en los proveedores, [21] reportan que la calidad es una de las propiedades más buscadas en los productos que éstos ofertan y es citada en 68 artículos, entre los que se encuentran los trabajos de [25,33,35,36,40,41,1,13,14,20,29,28,32,38]. [19] señala que tanto la calidad y la capacidad técnica y tecnológica usada son los atributos más evaluados, seguidos de la situación financiera y la capacidad de producción que tiene en sus instalaciones.

Las empresas están hoy más conscientes de que la calidad no es un gasto sino más bien una inversión que ciertamente traerá múltiples beneficios, se esfuerzan por obtener altos niveles de calidad para situarse por sobre sus competidores que no lo hacen [23].

3. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la región de Antofagasta en Chile, donde se localizan los principales distritos mineros que concentran cerca del 57% de la producción de Cobre en Chile [7]. El enfoque se sustenta como un caso de estudio, el cual se enmarca como una investigación descriptiva, basada en la búsqueda de información, con el propósito de obtener un diagnóstico sobre la valoración de la calidad en la cadena de suministros de la minería del Cobre en Chile y fue realizada durante el año 2018. Para tal efecto se elaboró una encuesta que fue aplicada a 41 directivos de las empresas mineras productoras de Cobre de la región de Antofagasta, según la base de datos suministrada por Corporación Chilena del Cobre (COCHILCO). Se elaboró un cuestionario basado en investigaciones anteriores, en especial en el realizado por [33], con el objetivo de determinar la valoración de la calidad en la cadena de suministro de las empresas mineras a través de preguntas semiestructuradas. El cuestionario está dividido en cuatro secciones: la primera sección es sobre la localización de las compañías mineras y el objetivo es conocer su distribución espacial en la región de Antofagasta. La segunda sección es sobre la caracterización de los directivos que respondieron la encuesta con el objetivo de conocer a que área organizacional pertenecen, antigüedad en la empresa y en el cargo. La tercera sección es sobre la valoración de la calidad y tiene como objetivo conocer la opinión de los directivos sobre la importancia de la calidad en su empresa con respecto a la sustentabilidad, competitividad, productividad, eficiencia, valores y cultura organizacional; y por último si la calidad es considerada en la evaluación y selección de proveedores. La cuarta y última sección es la valoración de las normas de calidad cuyo objetivo es conocer la opinión de los directivos sobre la importancia de las normas de calidad en su empresa con respecto a la sustentabilidad, competitividad, productividad y eficiencia en un primer aspecto. En un segundo aspecto, conocer si las empresas están certificadas en normas de calidad, y si es así en cuales normas, fechas de certificación y el motivo que los llevó a certificarse.

4. Resultados y discusión

4.1. Localización de las compañías mineras.

Las compañías mineras de la región de Antofagasta, se encuentran concentradas en las comunas de Calama, Antofagasta y Sierra Gorda con un 83% del total de la población (ver Tabla 3). Esto se debe a que en esos territorios se concentran los mayores yacimientos de mineral de cobre, y esas comunas son conocidas como distritos mineros.

4.2. Caracterización de los directivos de las empresas mineras que respondieron la encuesta

Esta información fue muy relevante, ya que permitió concluir qué quienes respondieron la encuesta conocen bien como funciona la organización interna de la compañía minera, poseen los conocimientos necesarios y tienen la

Tabla 3.

Localización de las compañías mineras

Comuna	Concentración
Antofagasta	24%
Mejillones	6%
Sierra Gorda	24%
Taltal	6%
Calama	35%
Tocopilla	6%

Fuente: El Autor

Tabla 4.

Caracterización de los directivos

¿Cuánto tiempo hace que trabaja en la Empresa?			
1 a 3 años	4 a 5 años	6 a 10 años	Más 10 años
7%	27%	27%	39%
¿A qué área organizacional pertenece su cargo?			
Abastecimiento y contratos	Recursos humanos	Seguridad y medio ambiente	Operaciones y mantenimiento
51%	3%	7%	39%
¿Cuál es su cargo?			
Superintendente	Jefe Departamento	Ingeniero y Analista	Otro
46%	27%	27%	0%
¿Cuánto tiempo hace que ocupa dicho cargo?			
1 a 3 años	4 a 5 años	6 a 10 años	Más 10 años
19%	54%	27%	0%

Fuente: El Autor

experiencia suficiente tanto en la empresa como en el cargo, para ser considerados como informantes válidos en calidad, pertinencia y relevancia (Tabla 4).

4.3. Valoración de la calidad

Las compañías mineras de la región de Antofagasta en Chile muestran una alta valoración por la calidad, lo cual queda evidenciado en sus respuesta en las preguntas sobre; la calidad como factor de sustentabilidad, la calidad como factor de competitividad y productividad, la calidad como garantía de eficiencia del negocio, la presencia de la calidad en los valores y cultura organizacional; y por último, la calidad como variable en la evaluación y selección de proveedores (ver Tabla 5). Estos resultados son concordantes con los obtenidos en las investigaciones de [21] donde reportan que la calidad es una de las propiedades más buscadas en los productos que éstos ofertan y es citada en 68 artículos, entre los que se encuentran los trabajos de [25,34,36,37,41,42,1,13,14,20,29,28,32,39].

4.4. Valoración de las normas de calidad

El 87% de los encuestados declaran estar “De acuerdo”, seguido por un 17% que responden estar “Totalmente de acuerdo” con la afirmación de que las normas de calidad son importantes para el negocio minero (ver Tabla 6). Estas respuestas corroboran la información obtenida en la sección de valoración de la calidad. Con respecto a la afirmación que las normas de calidad son un factor de competitividad y productividad en el negocio

Tabla 5.

Valoración de la calidad

La Calidad es muy importante en la sustentabilidad de nuestra empresa				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	0%	0%	100%
La Calidad es un factor de competitividad y productividad en nuestra empresa				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	0%	0%	100%
La Calidad garantiza la eficiencia de nuestro negocio				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	0%	0%	100%
La Calidad es parte de los valores organizacionales de nuestra empresa				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	0%	0%	100%
La Calidad está presente en la cultura organizacional de nuestra empresa				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	0%	0%	100%
¿La Calidad es una variable considerada en la evaluación y selección de proveedores de su empresa?				
Sí			No	
100%			0%	

Fuente: El Autor

minero, el 58% de los encuestados declaran estar “De acuerdo”, seguido por 26% que responden estar “Completamente de acuerdo”. Hay un 16% de encuestados que declaran estar “Indiferente” con esta afirmación, lo cual se contrapone con las respuestas obtenidas anteriormente (ver Tabla 6). En la afirmación sobre que las normas de calidad garantizan la eficiencia del negocio minero, el 56% de los encuestados declaran estar “En desacuerdo”, seguido por un 24% que responden estar “De acuerdo”. Nuevamente, hay un 20% de encuestados que declaran estar “Indiferente”, lo cual también se contrapone con las respuestas obtenidas anteriormente (ver Tabla 6).

El 71% de las empresas mineras encuestadas tiene certificación de normas de calidad y el 29% no está certificada a la fecha (ver Tabla 6). Esta información es un hallazgo muy importante, ya que representa una oportunidad de abrir una discusión sobre la pertinencia y contribución de las normas de calidad en la cadena de suministros de la minería del Cobre en la región de Antofagasta de Chile. El 71% de las empresas mineras están certificadas en la ISO 9001 sobre sistemas de gestión de calidad, el 35% están certificadas en la ISO 14001 sobre sistemas de gestión medioambiental, el 18% están certificadas en las OHSAS 18001 sobre sistemas de salud y seguridad ocupacional, y sólo un 12% están certificadas en la ISO 17025 que fue diseñada para que la utilicen los laboratorios de ensayo y calibración (ver Tabla 6). Las normas ISO 9001 se certificaron a partir de Octubre del año 2000 hasta Julio del año 2015 y las normas ISO 14001 comenzaron a certificarse a partir de Noviembre del año 1999 hasta Marzo del año 2010.

Tabla 6.
Valoración de las normas de calidad

Las normas de calidad son importantes en la sustentabilidad del negocio minero				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	0%	83%	17%
Las normas de calidad son un factor de competitividad y productividad en el negocio minero				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	0%	16%	58%	26%
Las normas de calidad garantizan la eficiencia del negocio minero				
Completamente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Completamente de Acuerdo
0%	56%	20%	24%	0%
¿Su empresa está certificada en normas de calidad?				
Si		No		
71%		29%		
¿Cuáles normas de calidad tiene certificadas en su empresa?				
ISO 9001	ISO 14001	ISO 17025	OHSAS 18001	Otra
71%	35%	12%	18%	0%
Indicar mes y año de la primera certificación de las normas de calidad				
ISO 9001	ISO 14001	ISO 17025	OHSAS 18001	Otra
Desde (período inicial)				
Octubre 2000	Noviembre 1999	Junio 2007	Junio 1999	
Hasta (período final)				
Julio 2015	Marzo 2010	Noviembre 2007	Abril 2009	Julio 2015
¿Por qué motivo su empresa se certificó en normas de calidad?				
Mantener la ventaja competitiva de la empresa	Exigencia de la industria minera	Aseguramiento de la calidad de la gestión de la empresa	Aseguramiento de la calidad de los productos de la empresa	Evitar problemas judiciales con la legislación vigente
0%	42%	58%	0%	0%

Fuente: El Autor.

En cambio las OHSAS 18001, se certificaron a contar de Junio del año 1999 hasta Abril del año 2009. En lo que respecta a las ISO 17025 se han certificado en dos empresas mineras en Junio y Noviembre del año 2007 (ver Tabla 6). Al respecto, es importante señalar que las empresas mineras productoras de cobre en la Región de Antofagasta y la industria minera mundial en general, privilegia y fomenta la certificación de las ISO 14001 y OHSAS 18001, ya que estas normas están asociadas a dos factores claves de éxito que son la gestión medioambiental y la gestión en salud y seguridad ocupacional.

El 58% de las compañías mineras declaran haberse certificado para asegurar la calidad de la gestión de la empresa y, el 42% por ser una exigencia de la industria minera (ver Tabla 6). Es importante señalar que la legislación minera en Chile, no obliga a las compañías mineras a certificarse en las normas ISO u OHSAS. No obstante lo anterior, la industria minera mundial se autoimpone altos

estándares de desempeño en materia de gestión de la calidad, gestión medioambiental, gestión de salud y seguridad ocupacional, y últimamente en gestión de comunidades; todo esto con la finalidad de mantener la licencia social para operar en los territorios y distritos mineros de Chile y el mundo. Además de lo anterior, es importante señalar que el cobre es un recurso natural no renovable el cual participa en una industria con baja diferenciación y una alta incidencia en la gestión de costos, ya que tiene poca o nula capacidad de influenciar en el precio de venta. Debido a lo anterior, las empresas mineras recurren a los sistemas de gestión de calidad para asegurar la productividad en sus procesos industriales y mantener su posición competitiva en el mercado mundial.

5. Conclusiones

Los resultados de la investigación evidencian una alta valoración de la calidad por parte de la cadena de suministro de las compañías mineras productoras de Cobre en la región de Antofagasta. No obstante lo anterior, también se evidencia una menor valoración a las normas de calidad, tales como la ISO 9001 y 14001, lo cual genera una discusión sobre el aporte y validez de las normas de calidad en el desarrollo y crecimiento del negocio minero. La recomendación desde el punto de vista de la sustentabilidad del negocio minero es que las empresas certifiquen la norma de gestión de calidad ISO 9001. También, dadas las características de alto impacto en el medioambiente y alto riesgo de accidentabilidad de la operación minera, también se hace imprescindible certificar la norma ISO 14001 y la norma OHSAS 18001. El aumento del grado de certificación de las normas de gestión en las empresas mineras, será una señal positiva para los inversionistas, accionistas, comunidad y gobierno porque demuestra una gestión empresarial de clase mundial garantizando la entrega a tiempo de productos de calidad a precios competitivos, en forma sustentable cuidando el medioambiente y protegiendo la integridad y salud de sus trabajadores. En definitiva, las normas de gestión permiten mantener la licencia social para operar en los territorios y distritos mineros a través de una minería virtuosa, inclusiva y sustentable. Las limitaciones enfrentadas fueron en el ámbito metodológico, donde cabe destacar la utilización de una única fuente de información basada en la opinión de los directivos encuestados de las empresas mineras productoras de cobre de la región de Antofagasta en Chile. Y por último, las dificultades para obtener información estadística de fuentes secundarias y, sobre todo, una base de datos con la población en estudio, la cual fue muy laboriosa de construir debido a las deficiencias que presenta el sistema estadístico chileno, tanto a nivel nacional como regional.

Referencias

- [1] Amid, A., Ghodsypour, S. and O'Brien, C., Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 14(2), pp. 394-407, 2006. DOI: 10.1016/j.ijpe.2005.04.012

- [2] Arias, M., Atienza, M. and Cademartori, J., Large mining enterprises and regional development in Chile: between the enclave and cluster. *Journal of Economic Geography*, 14(1), pp. 73-95, 2014. DOI: 10.1093/jeg/lbt007
- [3] Ballou, R., *Business logistics management*. Prentice Hall, USA, 2004, 252 P.
- [4] Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A. and Merino-Díaz-de-Cerio, J., Quality assurance practices in the global supply chain: the effect of supplier localisation. *International Journal of Production Research*, 49(1), pp. 255-268, 2011. DOI: 10.1080/00207543.2010.508953
- [5] Batson, R.G. and Megough, K.D., New direction in quality engineering: supply chain quality modelling. *International Journal of Production Research*, 45(23), pp. 5455-5464, 2007. DOI: 10.1080/00207540701325140
- [6] Carmignani, G., Supply chain and quality management: the definition of a standard to implement a process management system in a supply chain. *Business Process Management Journal*, 15(3), pp. 395-407, 2009. DOI: 10.1108/09574090910954864
- [7] COCHILCO. Caracterización de los costos de la gran minería del Cobre, COCHILCO, Chile, 2017
- [8] Comisión Nacional de Productividad de Chile. Informe de productividad de la gran minería del cobre. Comisión Nacional de Productividad, Editorial Universitaria. [en línea]. 2017. Disponible en: <https://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2020/02/Productividad-en-la-gran-mineria-del-cobre-resumen-ejecutivo.pdf>
- [9] Correa, A. y Gómez, R., Tecnologías de información en la cadena de suministro. *Revista DYNA*, 76(157), pp. 37-48, 2009.
- [10] Crosby P.B., *Quality is free: the art of making quality certain*. New American Library, Google Scholar, New York, USA, 1979.
- [11] Dellana, S. and Kros, J., An exploration of quality management practices, perceptions and program maturity in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(6), pp. 786-806, 2014. DOI: 10.1108/09574090910954864
- [12] Deming, W.E., *Quality, productivity, and competitive position*. Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Business & Economics, USA, 1982, 373, P.
- [13] Demirtas, E.A. and Üstün, O., An integrated multi-objective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega International Journal of Management Science*, 36(1), pp. 76-90, 2008. DOI: 10.1016/j.omega.2006.12.004
- [14] Demirtas, E.A. and Üstün, O., Analytic network process and multi-period goal programming integration in purchasing decision. *Computer and Industrial Engineering*, 56(2), pp. 677-690, 2009. DOI: 10.1016/j.cie.2006.12.006
- [15] Feigenbaum, A.V., *Control total de la calidad*. CECSA, Mexico, 1990.
- [16] Jurán, J.M., *Manual de control de calidad*. Mc Graw-Hill, Madrid, 1993.
- [17] Ganeshan, R. and Harrinson, T., *Introduction to supply chain management*. Penn State University, USA, 1995, 130 P.
- [18] Gylling, M., Heikkilä, J., Jussila, K. and Saarinen, M., Making decisions on offshore outsourcing and backshoring: a case study in the bicycle industry. *International Journal of Production Economics*, 162, pp. 92-100, 2015. DOI: 10.1016/j.ijpe.2015.01.006
- [19] Güneri, A.F., Ertay, T. and Yücel, A., An approach based on ANFIS input selection and modeling for supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(12), pp. 14907-14917, 2011. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.05.056
- [20] Ha, S.H. and Krishnan, R., A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications*, 34(2), pp. 1303-1311, 2008. DOI: 10.1016/j.eswa.2006.12.008
- [21] Ho, W., Xu, X. and Dey, P.K., Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), pp. 16-24, 2010. DOI: 10.1016/j.ejor.2009.05.009
- [22] Korinek, J., Mineral resource trade in Chile: contribution to development and policy implications. *OECD Trade Policy Papers*, 145, OECD Publishing, Paris, 2013. DOI: 10.1787/18166873
- [23] Kuei, C., Winch, J.K.J. and Madu, C.C.N., Supply chain quality management: a simulation study. *Information and Management Sciences*, 19(1), pp. 131-151, 2008.
- [24] Kuei, C.-H. and Madu, C.N., Identifying critical success factors for supply chain quality management (SCQM). *Asia Pacific Management Review*, 6(4), pp. 409-423, 2001, DOI: 10.4018/jsds.20100701004
- [25] Liao, Z. and Rittscher, J., A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions. *International Journal of Production Economics*, 97(3), pp. 308-317, 2005. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.03.001
- [26] Lima, M. y Meller, P., *Análisis y evaluación de un clúster minero en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2003, 156 P.
- [27] Melnyk, S., Lummus, R.R., Vokurka, R.J., Burns, L.J. and Sandor, J., Mapping the future of supply chain management: a Delphi study. *International Journal of Production Research*, 47(16), pp. 4629-4653, 2009. DOI: 10.1080/00207540802014700
- [28] Mendoza, A., Santiago, E. and Ravindram, A.R., A three-phase multi-criteria method to the supplier selection problem. *International Journal of Industrial Engineering*, 15(2), pp. 195-210, 2008a.
- [29] Mendoza, A. and Ventura, J.A., An effective method to supplier selection and order quantity allocation. *International Journal of Business and Systems Research*, 2(1), pp. 1-15, 2008b. DOI: 10.1504/IJBSR.2008.018117
- [30] Mentzer, J., *Fundamentals of supply chain management: twelve drivers of competitive advantage*. SAGE, USA, 2004, 235 P.
- [31] Mota, B., Gomes, M.I., Carvalho, A. and Barbosa-Povoa, A.P., Towards supply chain sustainability: economic, environmental and social design and planning. *Journal of Cleaner Production*, 105, pp. 14-27, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.07.052
- [32] Ng, W.L., An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 186(3), pp. 1059-1067, 2008. DOI: 10.1016/j.ejor.2007.01.018
- [33] Pezoa, C., *Elementos competitivos en base a la eficiencia colectiva de las empresas pertenecientes a un clúster emergente: el clúster minero de Antofagasta*. Tesis Dr., Universitat Rovira i Virgil, Cataluña, España, [en línea]. 2010. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/8823>
- [34] Ramanathan, R., Supplier selection problema: integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP. *Supply Chain Management*, 12(4), pp. 258-261, 2007. DOI: 10.1108/13598540710759772
- [35] Real Academia Española, [en línea]. 1993. Disponible en: <https://dle.rae.es/calidad#6nVpk8P>
- [36] Saen, R.F., Supplier selection in the presence of both cardinal and ordinal data. *European Journal of Operational Research*, 183(2), pp. 741-747, 2007a. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.10.022
- [37] Sevkli, M., Koh, S.C.L., Zaim, S., Demirbag, M. and Tatoglu, E., An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: a case study of BEKO in Turkey. *International Journal of Production Research*, 45(9), pp. 1973-2003, 2007. DOI: 10.1080/00207540600957399
- [38] Sociedad Americana para el Control de Calidad, ISO 9000-3:1997, *Gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad*. [en línea]. 1997. Disponible en: <http://www.iso.ch>
- [39] Talluri, S., Vickery, S.K. and Narayanan, S., Optimization models for buyer-supplier negotiations. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(7), pp. 551-561, 2008. DOI: 10.1108/09600030810900950
- [40] Truong, H.Q., Sampaio, P., Sameiro, M. and Fernandez, A., An extensive structural model of supply chain quality management and firm performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(4), pp. 444-464, 2016. DOI: 10.1108/IJQR-11-2014-0188
- [41] Wadhwa, V. y Ravindran, A.R., Vendor selection in outsourcing. *Computer and Operations Research*, 34(12), pp. 3725-3737, 2007. DOI: 10.1016/j.cor.2006.01.009
- [42] Xia, W. and Wu, Z., Supplier selection with multiple criteria in volumen discount environments. *OMEGA. International Journal of Management Science*, 35(5), pp. 494-504, 2007. DOI: 10.1016/j.omega.2005.09.002

O. Gahona-Flores, es profesor adjunto en el Departamento de Ingeniería Comercial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antofagasta, Chile y profesor invitado en la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Obtuvo su título de Ingeniero Comercial (1995) en la Universidad Católica del Norte, Chile y los grados académicos de MSc. en Administración (2002) y MSc. en Finanzas (2007) en la Universidad de Chile. Posteriormente, obtuvo el MSc. en Dirección y Organización de Empresas (2009) en la Universitat de Lleida, España.
ORCID: 0000-0002-6749-4522