
**FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS
MINEROS FUERA DE USO MEDIANTE OZONO**

**CRISTIAN ANTONIO VILLAGRA SAN MARTÍN
INGENIERO CIVIL EN MINAS**

RESUMEN

En la siguiente memoria se aborda una problemática que actualmente tiene soluciones parciales, el reciclaje de neumáticos fuera de uso de manera rentable y sostenible es un inconveniente que condiciona el trabajo de la minería dentro del país. De acuerdo con lo anterior, en el año 2016 entra en vigor la Ley de Fomento al Reciclaje, la cual busca que los fabricantes e importadores de determinados productos se hagan cargo de los residuos que estos producen. De acuerdo a un estudio generado por CINC en el año 2019, se estima que la industria minera, junto a la industria de la construcción generan alrededor de 50.000 neumáticos fuera de uso por año, siendo las principales marcas importadas Bridgestone y Michelin. La industria minera por su parte, concentra la mayor generación de neumáticos fuera de uso en la región de Antofagasta, debido a la gran concentración de grandes faenas mineras en la zona. En consecuencia de lo anterior, el proyecto presentado en este informe busca dar una solución a esta problemática basando el reciclaje de neumáticos fuera de uso en el ozono, gas altamente oxidante que puede degradar el neumático en una forma sustentable y de bajo costo. El objetivo principal de este trabajo es analizar la viabilidad que presenta esta solución, de forma técnica mediante ensayos de laboratorio con condiciones controladas. Adicionalmente, se establece un estudio económico de pre-factibilidad respecto a una planta de reciclaje basada en ozono para generar una disminución de tamaño del neumático, para posteriormente ser pasado a un reactor de pirólisis con el fin de obtener productos comercializables. Este proyecto muestra la eficiencia del ozono como degradante del neumático comprobándolo mediante un diseño factorial, en el cual se evalúan dos factores principales, la concentración de ozono y la tensión a la cual necesariamente debe ser sometido para la formación de grietas. Con respecto a la factibilidad económica, se establece un flujo de caja con el fin de obtener indicadores económicos como el

VAN y el TIR, para luego ser analizados mediante un análisis de riesgos simulando escenarios probables para los precios de venta de los productos obtenidos en el reciclaje. Los resultados dan a conocer que el ozono efectivamente es un agente oxidante altamente capaz de degradar el neumático en un periodo de tres horas a una concentración de 11,5 ppm y una tensión de 20 kN, además de ser económicamente rentable generando un Valor Actual Neto para un proyecto de 10 años cercano a los 5 millones de dolares, con una probabilidad de éxito del 97 %. En conclusión, es posible determinar que el ozono puede ser una alternativa frente a situaciones actuales, sin embargo, es necesario una continuación de estudios a nivel industrial para demostrar su utilización en la degradación de neumáticos fuera de uso de forma entera y no parcial, con el fin de optimizar el proceso y generar un reciclaje aún más rentable sumado a los productos obtenidos en la pirólisis, entre los cuales se encuentra el aceite pirolítico, el carbón black y el acero.

ABSTRACT

The following report addresses a problem that currently has partial solutions, the recycling of end-of-life tires in a profitable and sustainable manner is a drawback that conditions the work of mining within the country. In accordance with the above, in 2016 the Law for the Promotion of Recycling came into force, which seeks to make manufacturers and importers of certain products take charge of the waste they produce. According to a study generated by CINC in 2019, it is estimated that the mining industry, together with the construction industry, generates around 50,000 end-of-life tires per year, the main imported brands being Bridgestone and Michelin. The mining industry, on the other hand, concentrates the largest generation of used tires in the Antofagasta region, due to the high concentration of large mining operations in the area. As a consequence of the above, the project presented in this report seeks to provide a solution to this problem by basing the recycling of end-of-life tires on ozone, a highly oxidizing gas that can degrade the tire in a sustainable and low-cost way. The main objective of this work is to analyze the feasibility of this solution, in a technical way through laboratory tests under controlled conditions. Additionally, a pre-feasibility economic study is established regarding a recycling plant based on ozone to generate a decrease in tire size, to be subsequently passed to a pyrolysis reactor in order to obtain marketable products. This project shows the efficiency of ozone as a tire degradant by means of a factorial design, in which two main factors are evaluated, the ozone concentration and the stress to which it must necessarily be subjected for the formation of cracks. With respect to the economic feasibility, a cash flow is established in order to obtain economic indicators such as NPV and IRR, which are then analyzed by means of a risk analysis simulating probable scenarios for the sale prices of the products obtained in the recycling process. The results show that ozone is indeed an oxidizing agent highly capable of degrading the tire in a period of three hours at a concentration of 11.5 ppm and a tension of 20 kN, besides being economically profitable, generating a Net Present Value for a 10-year project close to 5 million dollars, with a probability of success of 97 %. In conclusion, it is

possible to determine that ozone can be an alternative to current situations, however, it is necessary to continue studies at industrial level to demonstrate its use in the degradation of end-of-life tires in a complete and not partial way, in order to optimize the process and generate an even more profitable recycling added to the products obtained in the pyrolysis, among which are pyrolytic oil, black carbon and steel.