



As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022



As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0141-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.414222104>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHZ

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Vinícius Nunes de Queiroz

Marcos Lucena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221041>

CAPÍTULO 2..... 14

A NORMATIZAÇÃO COMO MEIO DE INCENTIVO A DISSEMINAÇÃO DAS MICRORREDES ATRAVÉS DE POLÍTICA DE IMPOSTO E TARIFAÇÃO

Kelda Aparecida Godói dos Santos

Pedro André Zago Nunes de Souza

André Nunes de Souza

Haroldo Luiz Moretti do Amaral

Fábio de Oliveira Carvalho

Pedro da Costa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221042>

CAPÍTULO 3..... 27

ESTUDO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA VIA IOT EM RESERVATÓRIO COM CONTROLE DE NÍVEL AUTOMATIZADO

Eduardo Manprin Silva

Luís Miguel Amâncio Ribeiro

Selton de Jesus Silva da Hora

Rogério Luis Spagnolo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221043>

CAPÍTULO 4..... 34

SISTEMA SUPERVISÓRIO E CONTROLE MIMO ATRAVÉS DE LÓGICA

Márcio Mendonça

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Carlos Alberto Paschoalino

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Francisco de Assis Scannavino Junior

José Augusto Fabri

Edson Hideki Koroishi

André Luís Shiguemoto

Celso Alves Corrêa

Kazuyochi Ota Junior

Odair Aquino Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221044>

CAPÍTULO 5..... 50

EMPILHADEIRA AUTOMÁTICA

Camila Baleiro Okado Tamashiro

Edison Hernandez Belon

Gabriel Pucharelli Molina

Filipe Cortez

Joao Victor de Elmos da Silva

Joao Vitor da Silva Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221045>

CAPÍTULO 6..... 53

INTENSIVE RAINFALLS AND IONIZING RADIATION MEASUREMENTS IN FEBRUARY 2020 IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS BRAZIL REGION

Inacio Malmonge Martin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221046>

CAPÍTULO 7..... 62

ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO

Cristofer Vila Nova Fontes

Marcelo Bergamini de Carvalho

João Mauricio Godoy

Sérgio Roberto Montoro

Amir Rivaroli Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221047>

CAPÍTULO 8..... 71

PULSE TRANSIT TIME DETECTS CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN RESPONSE TO GALVANIC VESTIBULAR STIMULATION AND POSTURE

Adriana Pliego Carrillo

Rosario Vega

Daniel Enrique Fernández García

Claudia Ivette Ledesma Ramírez

Enrique Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221048>

CAPÍTULO 9..... 78

EVIDENCIA INICIAL DE LAS ACCIONES DE ADAPTACIÓN DE EMPRESAS COLOMBIANAS A LA PANDEMIA CAUSADA POR EL SARS-COV2

Lucas Adolfo Giraldo-Ríos

Jenny Marcela Sanchez-Torres

Diana Marcela Cardona Román

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221049>

CAPÍTULO 10..... 85

AVALIAÇÃO DO CONFORTO HUMANO DE PISOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)

SUBMETIDOS A CARGAS DINÂMICAS RÍTMICAS

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Karina Macedo Carvalho

Miguel Henrique de Oliveira Costa

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210410>

CAPÍTULO 11..... 100

PANORAMA DAS POLÍTICAS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPP'S) EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Débora Comin Dal Pozzo

Caroline Miola

Humberto Anselmo da Silva Fayal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210411>

CAPÍTULO 12..... 112

ENCERRAMENTO DE ATIVIDADE INDUSTRIAL: DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE DESATIVAÇÃO

Loiva Zukovski

Marlene Guevara dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210412>

CAPÍTULO 13..... 125

USO DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO PÚBLICO NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL, PORTO SEGURO - BA

Bianca Rocha Martins

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva

Gabriela Narezi

Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210413>

CAPÍTULO 14..... 138

AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE CULTURA DE SEGURANÇA EM ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Rodrigo Ferreira de Azevedo

Gilson Brito Alves de Lima

Licínio Esmeraldo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210414>

CAPÍTULO 15..... 152

THE EVOLUTION OF REGULATION OF THE AIR NAVIGATION ACTIVITY IN BRAZIL

Marcus Vinicius do Amaral Gurgel

Jefferson Luis Ferreira Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210415>

CAPÍTULO 16..... 169

ESTUDO DE *BACKGROUND* GEOQUÍMICO ambiental em ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (aid) DA MINERAÇÃO

Flávio de Moraes Vasconcelos
Gabriel Melzer Aquino
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho
João Santiago Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210416>

CAPÍTULO 17..... 183

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DRENAGEM ÁCIDA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS EM PILHAS DE ESTÉRIL E BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho
Flávio de Moraes Vasconcelos
Hairton Costa Ferreira
Marcos Rogério Palma
Denner Dias Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210417>

CAPÍTULO 18..... 197

ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE

Flávio de Moraes Vasconcelos
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho
Igo de Souza Tavares
Ernesto Machado Coelho Filho
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210418>

CAPÍTULO 19..... 204

MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA: MÉTODO DO MOLINETE NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ (RONDÔNIA)

Renato Billia de Miranda
Frederico Fábio Mauad
Denise Parizotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210419>

CAPÍTULO 20..... 218

APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera* L.), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Carlos Christiano Lima dos Santos
Poliana Sousa Epaminondas Lima
João Jarllys Nóbrega de Souza
Tainá Souza Silva
Rodrigo Lira de Oliveira
Carlo Reillen Lima Martins

Ilauro de Souza Lima
Ana Sabrina Barbosa Machado
Maria Soraya Pereira Franco Adriano
Alexandre Almeida Júnior
Isabela Albuquerque Passos Farias
Fabio Correia Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210420>

CAPÍTULO 21.....233

RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA

Fredy Castillejo
Gloria Valdivia
María Atusparia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210421>

CAPÍTULO 22.....251

COBERTURA DE PILHA DE ESTÉRIL EM CLIMAS SEMI-ÁRIDOS

Flávio de Moraes Vasconcelos
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho
Michael Milczarek
Rodrigo Dhryell Santos
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210422>

CAPÍTULO 23.....258

SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO

Heithor Syro Anacleto de Almeida
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega
Diego Ângelo de Araújo Gomes
Rafael Stefano Costa Mallak,
Francisco Klebson Gomes dos Santos
Alyane Nataska Fontes Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210423>

CAPÍTULO 24.....268

DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÃO (O/A) DO PETRÓLEO BRUTO UTILIZANDO ÁLCOOL LAURÍLICO ETOXILADO ALIADO A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Rafael Stefano Costa Mallak
Heithor Syro Anacleto de Almeida,
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega
Francisco Klebson Gomes dos Santos
Alyane Nataska Fontes Viana
Diego Angelo de Araujo Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210424>

CAPÍTULO 25.....	280
ESTUDIO PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MEDIO DELA COMBUSTIÓN DEL GAS METANOS IN REALIZAR UNA RECUPERACIÓN ENERGÉTICA	
Vilma Del Mar Amaya Gutiérrez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	285
ÍNDICE REMISSIVO.....	286

RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA

Data de aceite: 01/02/2022

Fredy Castillejo

Gloria Valdivia

María Atusparia

RESUMEN: El presente artículo tiene por objeto dar a conocer un nuevo modelo de distribución de productos químicos para flotación a través de las nuevas alternativas de manejo y aplicación de las experiencias del tratamiento industrial de los residuos de xantatos en las operaciones mineras con la intención de establecer el manejo responsable y el uso eficiente de los productos químicos, de tal manera que impacte positivamente en la seguridad y salud de los trabajadores, el medio ambiente y en la economía de las operaciones mineras. El nuevo modelo de distribución se centra en la descripción del aprovechamiento eficiente de los colectores a base de xantatos y reducir la generación de desperdicios de productos químicos tales como contenedores contaminados y los residuos de la preparación. El modelo propuesto enfoca la responsabilidad del tratamiento químico de los residuos de xantatos al fabricante, el mismo que ha desarrollado métodos especializados para el control de las moléculas de xantatos. Este esquema crea una situación beneficiosa para las industrias mineras debido a que sus preocupaciones se centrarían sólo en la aplicación de los xantatos en sus operaciones mineras y trasladando la responsabilidad o las alternativas de manejo seguro de los residuos al

fabricante, quien es el que está especializado en el control de este tipo de residuos generados por el uso de los xantatos. Se ha llegado a la conclusión que el manejo responsable de los residuos de xantatos no solo garantizará la sostenibilidad, sino que también a la continuidad de los negocios relacionados a la industria minera debido a que cada día existe mayor vigilancia ambiental en la disposición final de los residuos de las industrias mineras.

PALABRAS CLAVE: Xantatos, industrias mineras, manejo, colectores.

MANEJO RESPONSABLE DE LOS XANTATOS PARA ASEGURAR LA SOSTENIBILIDAD DE LAS INDUSTRIAS MINERAS EN LATINOAMÉRICA”

ABSTRACT: The purpose of this article is to present a new model for the distribution of chemical products for flotation through new alternatives for the management and application of experiences in the industrial treatment of xanthate residues in mining operations with the intention of establishing the responsible management and efficient use of chemical products, in such a way as to positively impact the safety and health of workers, the environment and the economy of mining operations. The new distribution model focuses on the description of the efficient use of xanthate-based collectors and reducing the generation of chemical product waste such as contaminated containers and preparation waste. The proposed model focuses the responsibility for the chemical treatment of xanthate residues on the manufacturer, who has developed specialized methods for the control of xanthate molecules.

This scheme creates a beneficial situation for the mining industries because their concerns would focus only on the application of xanthates in their mining operations and transferring the responsibility or the alternatives for safe waste management to the manufacturer, who is the one who is specialized. in the control of this type of waste generated using xanthates. It has been concluded that the responsible management of xanthate residues will not only guarantee sustainability, but also the continuity of businesses related to the mining industry because every day there is greater environmental vigilance in the final disposal of the waste from mining industries.

KEYWORD: Xanthates, mining industries, management, collectors.

1 | INTRODUCCIÓN

A casi 100 años de las primeras aplicaciones industriales de los xantatos, en el mercado de reactivos de flotación han surgido nuevos colectores de minerales que han intentado reemplazar a los xantatos y a la fecha sólo se ha logrado parcialmente y en aplicaciones muy específicas. De acuerdo con la tendencia mundial, como se observan en las figuras 2 y 3 es muy probable que los xantatos mantengan su aplicación por muchas décadas más, por lo que las industrias mineras deben dedicarse a desarrollar nuevos enfoques que orienten a un manejo adecuado de estos reactivos de flotación y que a su vez permitirá el mejor aprovechamiento de todos los beneficios que trae su aplicación.

Los reactivos de flotación y los contenedores que se usan para su distribución en las operaciones mineras de Latinoamérica son mayormente de origen asiático, cuya responsabilidad del fabricante en la disposición final termina una vez entregado el producto químico a la unidad minera. Después del uso del producto los contenedores, que se muestran en la figura 1, quedan con residuos que se convierten en importantes problemas ambientales; si bien estos residuos son enviados a rellenos industriales autorizados en las regiones donde se realizan las operaciones mineras, estos se convierten en un problema potencialmente serio para las futuras generaciones. Por ello es de importancia iniciar el entendimiento de las propiedades físicas y químicas de los xantatos, las actuales formas de distribución, las nuevas alternativas de distribución y las tecnologías de control ambiental, estos conceptos deberían ser comprendidos por los operadores de plantas de flotación y el conocimiento adquirido debe permitir ejecutar un adecuado manejo de químicos que confieran seguridad, que resulten amigables con el medio ambiente y rentables para las operaciones mineras. Comprendiendo y poniendo en práctica los conocimientos desarrollados hasta la fecha, ayudarán a lograr y garantizar la sostenibilidad y la continuidad de los negocios de las industrias mineras.

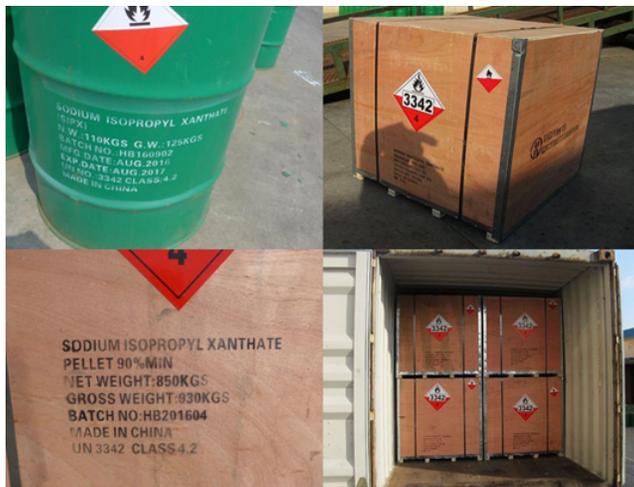


Fig. 1. Presentación de los xantatos envasados de origen chino.

Fuente: Hainan Zhongxin Chemical Co., Ltd. (ZXCHEM).

1.1 Manejo responsable de productos químicos

Un manejo responsable requiere de una evaluación estricta de todos los aspectos implícitos que trae el empleo de cualquier producto químico. En el mundo, la manipulación de sustancias químicas usadas en minería ha producido incidentes, averías, así como accidentes por su incorrecta manipulación, han traído diversas consecuencias por el uso inadecuado y que ha origina impactos económicos, ambientales y pérdida de vidas humanas. La industria minera está expuesta a estos riesgos de manipulación de sustancias altamente peligrosas como son el cianuro de sodio (NaCN), sulfhidrato de sodio (NaHS), entre otros y que requiere retomar especial atención.

1.2 Sostenibilidad

La sostenibilidad es una idea que pretende movilizar la responsabilidad colectiva para enfrentar los problemas y desafíos antropocénicos, término usado por Paul Crutzen. La sostenibilidad trata de garantizar las necesidades presentes sin comprometer las futuras, manteniendo un equilibrio entre los tres pilares esenciales: la protección medioambiental, desarrollo social y el crecimiento económico.

1.3 Compañías mineras en Latinoamérica, Problemática ambiental

Uno de los problemas que caracteriza a las industrias mineras es el impacto ambiental de las actividades mineras, y entre ellas se tiene las acumulaciones de desechos de los contenedores de los productos químicos peligrosos que se van acumulando lo largo de los rellenos sanitarios de los países de Sudamérica; lo cual representa una elevada condición de riesgo ambiental futura, por la peligrosidad de sus componentes químicos.

Solo las compañías mineras de clase mundial han alcanzado un manejo adecuado de sus residuos, sin embargo, la mediana y pequeña minería aún requiere mucha asistencia técnica para la disposición final de sus residuos.

1.4 Desarrollo sostenible en las industrias mineras

La sostenibilidad en las industrias mineras involucra conceptos de mucho mayor envergadura que la tradicional gestión empresarial, va mucho más que un plan de RSE (responsabilidad social empresarial) o una excelencia operacional; esta concibe un desarrollo desde tres puntos de vista que son: el de la viabilidad económica y financiera, el punto de vista social, desde el punto de vista ambiental (**Castañeda, 2016**). Desde el punto de vista medioambiental, las industrias mineras deben procurar el cuidado del medio ambiente siendo un tema álgido en las plantas de flotación, la contaminación de las aguas por diversos reactivos químicos y entre ellos tenemos a los colectores de flotación como, tionocarbamatos, tiofosfinatos, xantatos, ditiofosfatos entre otros.

1.5 Xantatos en minería

En el 2019 Chile y Perú lograron producir más de 8,000 toneladas métricas de cobre posicionándose, así como los principales productores a nivel mundial de cobre, gran parte de esta producción de cobre se emplea la concentración de minerales por flotación por espuma.

La flotación por espuma es el proceso industrial usado para la separación de minerales de cobre finamente liberados (**Bulatovic, 2007**). El proceso consiste en la dispersión de burbujas de aire en un medio fluido donde se encuentra el mineral y el agua en presencia de reactivos de flotación, denominados colectores, tales facilitan la adhesión de los minerales valiosos en las burbujas de aire que posteriormente serán recolectados de las celdas de flotación (**Azañero, 2015**). Dentro de los colectores más usados se encuentran los reactivos de flotación de la familia de los xantatos y se vienen usando desde los años 20 cuyo uso se ha masificado en las principales operaciones mineras de Latinoamérica y del mundo.

En el 2016 se han registrado cantidades importantes de consumo de xantatos llegando a 240,000 toneladas al año y las proyecciones de consumo para el 2025 sería 371,000 toneladas, lo que significa que las actividades mineras confían en este producto y continuarán usándolo en los procesos de flotación de los siguientes años, tal tendencia se observa en las figuras 2 y 3 (**Persistence market research, 2019**). Por consiguiente, se debe tener ahora un conocimiento pleno de las características de este tipo productos para una adecuada gestión del producto químico y sus residuos.

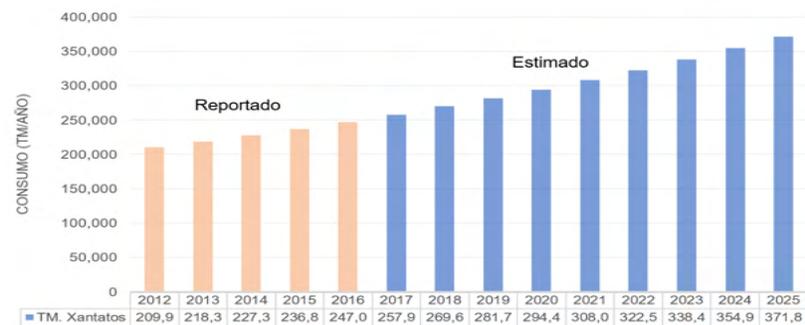


Fig. 2. Proyección del consumo mundial de xantatos para el periodo 2017-2025 (Persistence market research, 2019).

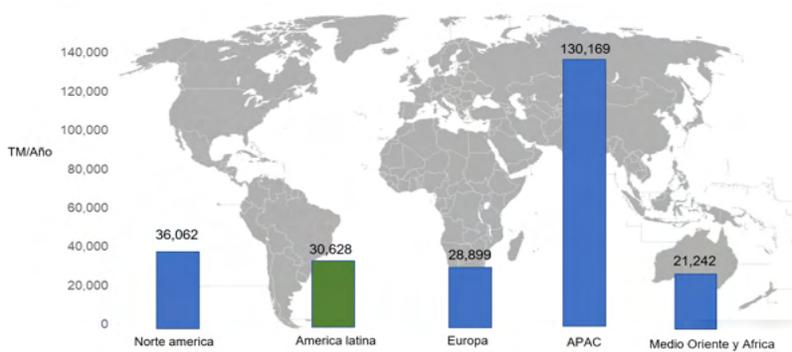


Fig. 3. Consumo anual de xantatos registrados en el 2016 (Persistence market research, 2019).

Los xantatos son un grupo de productos químicos de la familia de los ditiocarbonatos que se utilizan en la flotación de sulfuros en operaciones mineras (Wang, 2016). De la familia de los xantatos que han tenido aplicaciones industriales que se listan en la tabla 1 los reactivos más usados son:

- Xantato amílico de potasio y de otros pentanoles (PAX).
- Xantato isobutilico de Sodio (SIBX)
- Xantato isopropílico de sodio (SIPX).

Los xantatos son productos químicos derivados del disulfuro de carbono, un alcohol y un compuesto alcalino (NaOH o KOH). Las sales de xantatos son parcialmente solubles en agua y en las aplicaciones en minería se utiliza en concentraciones que van desde el 5% hasta el 35% (Crozier, 1992).

Nombre químico	Renasa	Cytec	Dow Chemical
Etil ditiocarbonato de potasio		Aero 303	Z-3
Etil ditiocarbonato de sodio	Xantato etílico de sodio	Aero 325	Z-4
Isopropil ditiocarbonato de potasio		Aero 322	Z-9
Isopropil ditiocarbonato de sodio	Xantato isopropílico de sodio	Aero 343	Z-11
Butil ditiocarbonato de potasio.			Z-7
Secbutil ditiocarbonato de potasio			Z-8
Secbutil ditiocarbonato de sodio		Aero 301	Z-12
Isobutil ditiocarbonato de sodio	Xantato isobutilico de sodio	Aero 317	Z-14
Amil ditiocarbonato de potasio	Xantato amílico de potasio	Aero 350	Z-6
Secamil ditiocarbonato de potasio			Z-5
Hexil ditiocarbonato de potasio			Z-10

Tabla 1. Nombres comerciales de los principales xantatos utilizados en minería (Sutulov, 1963).

La estabilidad de los xantatos en forma sólida y en soluciones acuosas es buena, depende en gran medida de las condiciones de almacenamiento en planta y la adecuada preparación de las soluciones acuosas.

De acuerdo con las numerosas investigaciones, los xantatos en forma sólida deben ser preparados con un contenido alcalino muy bajo menor a 0.1% y un contenido de humedad menor al 10%, de preferencia 5%. Por otra parte, los xantatos en forma de solución acuosa deben ser almacenados en tanques de almacenamiento compatibles con la sustancia y a temperaturas menores a 20°C de preferencia menor a 15°C y el agua de preparación utilizada debe tener contenidos mínimos de metales que eviten la descomposición (cobre, cinc) o generen precipitados (Calcio y Magnesio) (**American Cyanamid company; Cyanamid Canada Inc, 1984**).

En aplicaciones mineras, los xantatos actualmente se ofrecen en forma de pelets a fin de reducir la generación de polvo durante su manejo, ver figura 4. Los xantatos bajo esta presentación han llegado a ser almacenados por periodos hasta 5 años, en ambientes secos y frescos, sin que el producto químico pierda sus propiedades colectoras, sin embargo, la recomendación de diversos fabricantes es mantener un almacenamiento menor a un año.

Los xantatos para usos industriales, presenta un olor característico a su alcohol correspondiente y su color puede fluctuar desde blanquecino para el PAX y amarillo para el SIPX, estas variaciones en la coloración del producto no significan variaciones en su poder colector. Las coloraciones blanquecinas se originan por el contacto del producto con el oxígeno del aire que ocurre en los procesos de fabricación de estos productos. Los xantatos en forma pura son esencialmente de color amarillo.



Fig. 4. Xantato amílico de potasio.

Fuente: Y&X Beijing Technology Co (2014).

1.5.1 Identificación de peligros y evaluación de riesgos del producto

Los xantatos de acuerdo con los códigos internacionales están clasificados como susceptibles de combustión espontánea y poseen una serie de peligros y riesgos debido a su naturaleza química (**Naciones Unidas , 2013**), los volúmenes importantes de xantatos que se manejan en las plantas de flotación requieren un conocimiento minucioso del manejo seguro de estas sustancias químicas. Frente a los diversos reactivos de flotación que se usan en las unidades mineras, este producto presenta riesgos moderados, sin embargo, el desconocimiento del uso y manejo seguro y la desinformación de los fabricantes de colectores alternativos al xantatos lo hacen ver como un producto peligroso.

La experiencia en el adecuado manejo de estos productos lo tienen los fabricantes de xantato y muchos de ellos no difunden el conocimiento y sus experiencias en la gestión de este tipo de productos y en otras el operador minero no pone en práctica las recomendaciones del fabricante debido a que se enfocan más en el manejo y almacenamiento de otras sustancias químicas más peligrosas como lo son el cianuro de sodio, el sulfhidrato de sodio, nitrato de amonio, explosivos entre otros.

Los xantatos que no hayan sido preparados cumpliendo estrictamente los requisitos de calidad de los fabricantes especializados y así mismo no se transporten en las condiciones adecuadas, presentarán los siguientes peligros (**Queensland departament of natural resources, mines and energy, 2018**):

- Descomposición del xantato; en la descomposición se generan productos que son tóxicos e inflamables como el disulfuro de carbono y potencialmente vapores de alcohol.
- Combustión; en ello se generan productos de combustión tóxicos como el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono y dióxido de carbono.
- Liberación de vapores inflamables; Las sustancias orgánicas volátiles de la descomposición pueden generar explosiones de bajo orden por ignición de estos componentes.
- Absorción; si se ingieren o se absorben cantidades significativas a través de la piel

puede producir un daño o irritación aguda en la superficie de la piel del trabajador.

- Exposición; en exposiciones elevadas a largo plazo, los estudios en animales muestran que los xantatos dañan crónicamente el hígado y el sistema neurológico.

La estabilidad del xantato se ve afectada por:

- Largos períodos de almacenamiento a altas temperaturas
- Contenido de humedad (que acompaña al producto en pelet y la que es absorbida durante el almacenamiento)
- Duración del almacenamiento, y
- Contacto con soluciones acuosas con pH menores a 7

Los xantatos absorben fácilmente la humedad del aire, lo que puede acelerar la descomposición del mismo. La descomposición se puede acelerar cuando el producto entra en contacto con sustancias que tienen un pH menor que 7, generando productos de descomposición como el CS₂ que es el principal contaminante.

De acuerdo con lo mencionado los medios ácidos descomponen el xantato, pero también, los medios oxidantes y por hidrólisis en medios húmedos. La descomposición acelerada de los xantatos requiere además de temperaturas mayores a 25°C.

Para controlar y manejar el producto durante su transporte y almacenamiento el xantato sólido tiene una clasificación de clase 4.2 (combustión espontánea) según UN 3342 (**Naciones Unidas , 2013**) y para mezclas líquidas se clasifica como clase 8 (corrosivo) sub-riesgo 6.1 (tóxico) según UN 2922 (**Queensland departament of natural resources, mines and energy, 2018**).



Fig. 5. Clasificación de los xantatos en forma sólida (Naciones Unidas , 2013).



Fig. 6. Clasificación de los xantatos en forma líquida (Queensland departament of natural resources, mines and energy, 2018).

1.6 Problemática en el manejo de xantatos en las industrias mineras

En las convenciones internacionales de minería sobre flotación se abordan diferentes temas relacionados con las operaciones de flotación y un grupo de estos temas han estado relacionados con las experiencias en el manejo de los xantatos y otros colectores de flotación alternativos al xantato (**Valenzuela, 2016; Quintanar, 2018**).

Los principales inconvenientes que le atribuyen a los xantatos son:

1. Contaminación en la zona de preparación de reactivos por la generación de polvos en la preparación de los colectores que van a dosificarse en las celdas de flotación.
2. Tiempo de disolución del xantato en pelet el cual es relativamente largo.
3. Inconvenientes para la eliminación de envases (sacos, palets y cajas de madera) contaminados con xantatos.
4. Riesgos a la salud y seguridad en la limpieza de estanques y sumideros.
5. Riesgos de combustión espontánea en el almacenamiento de xantatos.
6. Riesgo de incendio por la descomposición de los xantatos generando alcoholes y bisulfuro de carbono.
7. Problemas de aglomeración o apelmazamiento de los productos sólidos.
8. Descomposición de los xantatos en solución acuosa (xantato líquido) y los problemas metalúrgicos asociadas al cambio de concentración.

2 | PROPUESTA DE MEJORA Y MODELO DE DISTRIBUCIÓN

Dentro de la logística de productos químicos peligrosos se pueden definir de forma muy general los siguientes actores: Fabricante, Operador Logístico, Usuario Intermedio y Usuario Final.

La propuesta de mejora está enfocada al usuario intermedio y usuario final donde se han logrado identificar las deficiencias en el uso y manejo adecuado de los xantatos.

La propuesta de mejora puede ser aplicada en diferentes regiones de Sudamérica para abastecer el colector xantato a las principales operaciones mineras en su forma más adecuada y más segura para las operaciones.

2.1 Programa de manejo seguro de xantatos (PMS-XANTATOS)

El programa PMS-Xantatos para el manejo seguro de sustancias peligrosas consiste en un plan de actuación que se debe cumplir en un tiempo predeterminado, que contiene medidas para el uso, la manipulación, el almacenamiento, el transporte y la disposición de desechos, además de la comunicación de los riesgos que representan los Xantatos.

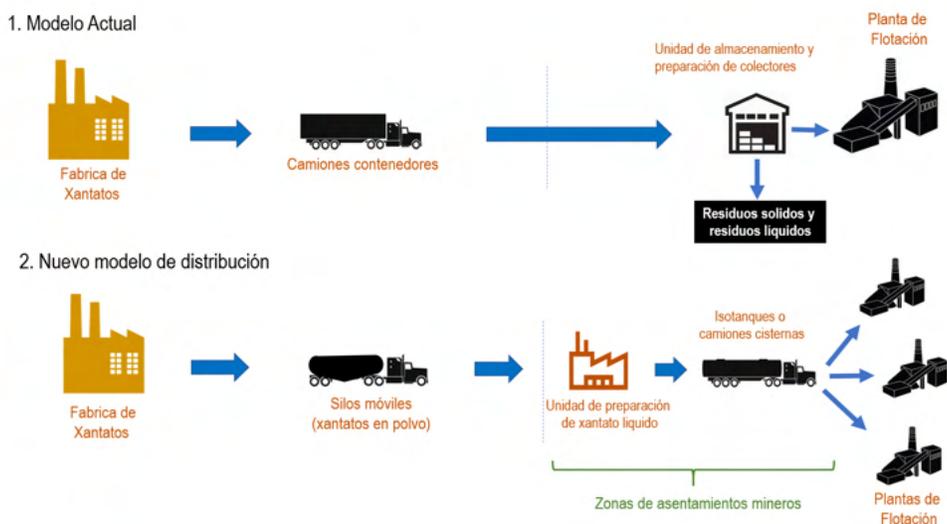


Fig. 7. Modelos de distribución de xantato a las unidades mineras.

Los lineamientos principales de este programa son:

- Planificar el transporte y recepción de los xantatos teniendo a la mano los certificados de análisis, fechas de fabricación, las hojas de seguridad y una lista de verificación que indique que los contenedores tienen todas las señalizaciones de seguridad para el transporte.
- Designar responsables técnicos para el manejo de los diferentes reactivos para la flotación y entre ellos a uno especializado en el manejo de xantatos.
- Capacitar anualmente al equipo logístico para el adecuado manejo de los contenedores o de los xantatos envasados, y también debe incluir las capacitaciones por el mismo fabricante.
- Capacitar a los trabajadores de las unidades de preparación del colector (incluidos los contratistas pertinentes) para identificar los peligros asociados con los xantatos, incluidos los desechos del producto.

- Rotar el stock correctamente (el stock antiguo se utiliza primero), mantener la adecuada señalización y monitoreos. Debido a la naturaleza química del xantato pueden presentarse problemas de apelmazamiento o aglomeraciones en los contenedores a causa de un prolongado almacenamiento.
- Asegurar que las áreas de almacenamiento estén adecuadamente segregadas de los materiales incompatibles, tales como el metabisulfito de sodio, sulfato de cinc o sulfato de cobre.
- Almacenar las cajas de xantato de tal manera que se permita la ventilación suficiente para que se dispersen los vapores y eviten la acumulación de humedad.
- Los xantatos en contenedores flexibles (big bag) deben almacenarse en lugares secos, frescos y bajo techo, alejados de una fuente de calor y ambientes ácidos, de preferencia alejado de las zonas húmedas de preparación.
- Monitorear las condiciones de almacenamiento con una lista de verificación, esta verificación es muy recomendable para aquellas localidades donde el producto se encuentra almacenado a temperaturas superiores a 30°C.
- Incluir los equipos de protección personal como respiradores apropiados o máscaras de suministro de aire fresco, protectores para los ojos, como gafas protectoras, y ropa protectora, como los overoles, guantes y botas con la calificación adecuada para el uso, cuando sea necesario.
- Verificar los datos del producto antes de su uso, como la fecha de fabricación, de haber contenedores manchados o húmedos se debe medir la presencia de disulfuro de carbono (CS₂) en sus alrededores.
- Seleccionar los equipos de protección respiratoria para vapores de CS₂ y SO₂, los cuales puedan requerir de protección respiratoria con filtros o respiradores con suministro de aire.
- Monitorear los niveles de CS₂ en las zonas de almacenamiento del colector líquido (tanques stock) donde los niveles de exposición ocupacional son los más altos.
- Durante la recepción del producto sólido en los contenedores de transporte, medir la presencia de CS₂ y asegurar una ventilación adecuada antes de ingresar.
- Implementar el monitoreo estático continuo de CS₂ en áreas de mezcla y almacenamiento. Si se detecta CS₂ en el almacenamiento, utilice imágenes térmicas para identificar contenedores / cajas sospechosas.
- Exigir al fabricante la identificación tanto de los envases externos como internos, debido a que los distribuidores usualmente retiran el envase externo dejando al producto con una identificación de riesgo deficiente y genera un desconocimiento del manejo seguro del producto.
- Evitar los impactos directos al contenedor, ya que pueden dañar los envases. De ocurrir el daño, trasvasar o usar inmediatamente el producto.
- Conservar el producto en su envase y cerrado para evitar el ingreso de aire y agua

y de esa manera mantener sus propiedades colectoras.

- Almacenar el producto en lugares techados y cubiertos con el objeto de evitar el deterioro de los envases por exposición a los rayos solares.
- Usar las guías de almacenamiento y manejo de líquidos inflamables y combustibles para responder apropiadamente ante la posibilidad de liberación de vapores inflamables generados por la descomposición del xantato.
- El tanque stock del colector debe ser instalado fuera de toda actividad o fuente de ignición, el contacto con los vapores de solventes generaría explosiones e incendios, estos tanques de stock deben ser ventilados para prevenir la acumulación de CS₂. Los controles de manejo requieren de una ingeniería que permita ventilar e inertizar los tanques de almacenamiento y reducir de esa manera los riesgos de exposición debajo de los límites permisibles
- El manejo de los xantatos envasados en la unidad de preparación del producto presenta pocos riesgos, sin embargo, es necesario tener en cuenta:
 - El vaciado del producto en los tanques de preparación el cual debe realizarse lentamente para evitar la generación de polvos en suspensión y,
 - Para la preparación el personal debe estar equipado con anteojos anti- salpicaduras, respiradores y guantes de goma.
- El programa debe tener Procedimientos tales como:
 - Procedimiento de análisis de metales cobre, cinc, plomo, calcio y magnesio en aguas de preparación.
 - Procedimientos estándar para el transporte interno manual y mecánico de xantatos envasados.
 - Procedimiento para la determinación del contenido de xantatos en solución acuosa.
 - Procedimientos estándar para la manipulación de sustancias peligrosas.
 - Procedimientos estándar para el trasvase de sustancias peligrosas.
 - Procedimientos estándar para el almacenamiento de xantatos.
 - Procedimientos estándar para la disposición de desechos relacionados con el xantato.

Los programas de manejo seguro de xantatos deben ser implementados con el acompañamiento del fabricante el cual debe certificar que las instalaciones cuentan con las medidas de seguridad necesarias para el manejo de xantatos.

2.2 Especialización en el manejo de xantatos en las unidades mineras

Los diseñadores de plantas de flotación suelen omitir consultar a los fabricantes de los reactivos de flotación las características técnicas de las unidades de preparación

de reactivos, tal es así, que se generan incidentes que pudieron prevenirse desde la construcción.

Los problemas técnicos de diseño son atribuidos al producto, tal es así, que optan por la búsqueda de reemplazos para los reactivos usados antes que una mejora de las instalaciones de las zonas de preparación; a la fecha se busca reemplazos para el cianuro de sodio, sulfhidrato de sodio y de otros reactivos por desconocimiento de su adecuado manejo sacrificando eficiencias en las recuperaciones de los minerales valiosos.

En ese sentido en las construcciones de las unidades de preparación se debe tener en cuenta:

- Solicitar e incluir las recomendaciones técnicas de los fabricantes.
- Seguir la jerarquía de controles para que el riesgo sea tan bajo como sea razonablemente alcanzable y en un nivel aceptable. Con respecto a la seguridad del proceso, también se deben realizar evaluaciones de riesgo apropiadas, como un HAZOP, para identificar otras medidas preventivas y mitigantes.
- Utilizar las campanas de extracción con depuradores para eliminar el polvo de xantato de la mezcla.
- Asegurar que el equipo eléctrico en las áreas de mezcla, almacenamiento y limpieza de xantato cumpla con la serie AS / NZS 60079 Atmósferas explosivas, y que las áreas de almacenamiento y mezcla de xantato se evalúen adecuadamente según esta norma.
- Instalar camisas de enfriamiento en cualquier tanque stock de almacenamiento de xantato líquido.

2.2.1 Uso de xantatos de los procesos de fabricación con solventes

Los xantatos producidos a partir de procesos de fabricación con solventes alifáticos contienen muy bajos niveles de álcalis libres inclusive menores a 0.1%, los solventes utilizados en el proceso permiten obtener alta conversión química y una cinética de conversión mucho más rápida que los procesos convencionales de fabricación sin solvente.

El contenido de álcali libre (hidróxidos de sodio o potasio) que no ha logrado reaccionar le confieren propiedades de inestabilidad al xantato, debido a que al entrar en contacto con la humedad se inicia el proceso de descomposición lenta y a su vez le confiere al xantato un grado de peligrosidad; y si se suma un ambiente caliente con valores mayor a 40°C puede incrementar el riesgo de combustión espontánea, en américa se tienen plantas de fabricación con este tipo de tecnologías como los de Alkemin y Reactivos Nacionales S.A. Los operadores mineros deben poner especial atención a los niveles de álcalis de los xantatos terminados y adquiridos para sus actividades de flotación y preferentemente deben ser obtenidos de procesos de fabricación con solventes.

2.2.2 Uso de xantatos en polvo de alta pureza

Los xantatos fabricados con procesos de fabricación con solvente entregan productos en polvo de alta pureza y bajos niveles de humedad, tal como se puede ver en la tabla 2, estas características de humedad le infieren propiedades estables al xantato y reducen los riesgos de descomposición y conservan su pureza por tiempos prolongados mayores a un año, es notable el nivel de calidad del PAX en polvo con un contenido de materia activa (MA) alrededor de 98.5% y valores de humedad menores a 1%.

Xantato	Xantato en Pelet	Xantato en Polvo
PAX	91% MA y 7 %Humedad	98.5 % MA y 0.5%Humedad
SIPX	86%MA y 12 %Humedad	91.7 % MA y 7.3 %Humedad
SIBX	86.5% MA y 10.5 %Humedad	93.8 % MA y 5.2 %Humedad

Tabla 2. Composición de los xantatos para las aplicaciones industriales.

Fuente: Reactivos Nacionales S.A.

En esta propuesta es recomendable el uso de productos en polvo y para ello el operador minero debe instalar una infraestructura necesaria para la manipulación de xantatos en polvo. Es fundamental que las unidades de preparación de soluciones de xantatos con productos en polvo estén provistas de campanas extractoras de polvo o medios herméticos de manipulación normalmente no se toman en cuenta estos equipamientos en el diseño inicial de las plantas de flotación.

2.3 Transporte de xantato en polvo y preparación de xantatos en solución acuosa en las unidades mineras

A menudo la sustitución parcial o total de los xantatos por colectores de otra familia química menos peligrosa no es factible debido a las características metalúrgicas del mineral. Sin embargo, se puede sustituir el xantato sólido por xantato en solución acuosa (xantato líquido) esto eliminaría los pasos de preparación (dilución) y la necesidad de almacenar y manipular el producto químico en sólido. Este modelo de distribución elimina los principales inconvenientes relacionados con los contenedores de los xantatos (cajas de madera y contenedores flexibles contaminados), debido a que el transporte se realizaría con silos móviles los cuales movilizarán el producto en grandes cantidades, tal como lo hacen para la distribución de óxido de calcio (Ca).

El rendimiento de la preparación de xantatos líquidos a partir del producto en polvo reduciría la generación de sedimentos que cuando se prepara a partir de xantato en pelet.

Los xantatos en polvo se pueden transportar directamente desde los fabricantes teniendo en cuenta que su logística debe permitir el manejo bajo esta presentación, seguido de la ubicación de plantas de preparación para posteriormente atención a las unidades

mineras con las soluciones acuosas de xantato. Para lograr este objetivo se debe cambiar la forma de transporte adecuado para este tipo de producto (xantato en polvo), lo óptimo son en silos móviles cuyas capacidades estarían entre 20,000kg a 25,000kg.



Figura 7. Silos móviles para productos en polvo.

Fuente: Leiths, <https://www.leiths-group.co.uk/>.

El xantato líquido se puede preparar directamente con el contenedor conectado a un circuito de preparación (**American Cyanamid company; Cyanamid Canada Inc, 1984**). Los productos pueden ser almacenados y conservados en stock en los silos móviles por largos periodos de tiempo manteniendo la fluidez del polvo.

El uso de xantatos bajo esta forma de distribución reduce a cero el uso de contenedores flexibles, palets de manipulación y cajas de madera y, por consiguiente, la generación de residuos contaminados disminuye a cero.

2.3.1 Uso de xantatos en solución acuosa en las plantas de preparación de xantatos líquidos

En temas de flotación es necesario que las soluciones acuosas de xantatos sean preparadas y dosificadas en la concentración correcta y considerando todos los controles para medir la concentración del contenido de materia activa (MA).

Se ha encontrado que en las operaciones mineras la preparación del colector no se realiza adecuadamente, el agua utilizada tiene un sin número de impurezas, entre ellas se tiene los iones metálicos y el oxígeno disuelto que al reaccionar con las moléculas de xantatos forman precipitados u otras sustancias causantes de una descomposición gradual del xantato, además de las desviaciones en los balances de materia no entregan una concentración correcta para la dosificación del colector.

En este punto la estrategia del nuevo modelo consiste en instalar unidades de preparación de xantatos en solución acuosa (xantatos líquidos) en regiones de alta concentración de plantas de flotación y desde allí establecer las conexiones con las unidades

mineras, abasteciendo un colector en solución acuosa, fresca, con la concentración adecuada y libre de sedimentos.

Las unidades de preparación de xantatos líquidos están conformados principalmente de equipos de desionización del agua, cuya razón de su aplicación es remover los iones metálicos que reaccionan con el xantato, tanques de mezcla, instrumentos para determinar la concentración de xantatos en las soluciones (equipos de UV-visible) y sistemas de filtrados que garantizan un producto adecuado y limpio para la flotación. Para los asentamientos mineros donde la temperatura ambiental supera los 35°C es necesario distribuir el xantato líquido con tanques de enfriamiento a 20°C para evitar la descomposición excesiva de las soluciones de xantato.

Es factible realizar la distribución de los xantatos en solución acuosa en isotanques o camiones tanques hasta los asentamientos mineros, tener en cuenta que los contenedores deben estar previstos de aislamiento térmico para prevenir: el calentamiento del colector y por consiguiente la descomposición por altas temperaturas o la precipitación del xantato por enfriamiento excesivo y posterior precipitación de los cristales.

Bajo este esquema el operador minero reduce enormemente parte de sus actividades de preparación del colector y les confía la preparación a empresas especializadas o de preferencia a los fabricantes de xantatos los cuales controlan adecuadamente la química del proceso, la seguridad en la preparación y los cuidados ambientales.

2.4 Proceso de tratamiento de residuos industriales líquidos con contenidos de xantatos

Los residuos líquidos derivados de las actividades de preparación de los xantatos deben ser tratados para eliminar las moléculas residuales. Cabe mencionar que las moléculas de xantato en contacto con el oxígeno y los rayos ultravioletas sufren una lenta descomposición natural, sin embargo, para acelerar el proceso de remoción se requiere del uso de mecanismos de tratamiento físico químicos más especializados, los cuales facilitan la limpieza y remoción de las aguas de procesos. En la actualidad existen dos alternativas bien desarrolladas las cuales son:

2.4.1 Tratamiento con Cloruro férrico

El cloruro férrico y el cloruro ferroso, reaccionan con los iones de xantatos para dar xantogenatos de baja solubilidad, estas moléculas se coagulan y floculan para dar sedimentos que posteriormente se puedan remover mecánicamente y logren limpiar las aguas residuales que van de 400 mg/l hasta valores menores a 5 mg/l, tienen una alta eficiencia de remoción e inclusive es factible para elevadas concentraciones de aguas con altos contenidos de xantatos superiores a 4000 mg/l. Esta tecnología requiere de condiciones de operación de pH 9, el uso de tanques de mezclado y sedimentadores rápidos, los floculantes adecuados son del tipo no iónico. Este método de tratamiento ha

resultado eficiente para remover iones de los xantatos de alcoholes isobutílico, isopropílico y amílico.

Los iones férricos usados para el tratamiento pueden ser provistos por fabricantes locales en la presentación de soluciones de cloruro férrico al 40% o pueden ser generados en planta por electrocoagulación.

2.4.2 *Proceso de tratamiento con oxidación avanzada*

Para efluentes con contaminantes diversos y de entre ellos los xantatos, los procesos de oxidación avanzados han resultado eficaces para la destrucción no solo de los iones de xantatos sino de diversas moléculas orgánicas. Este método de tratamiento requiere del uso de oxidantes como el peróxido de hidrógeno, catalizadores como iones férricos o ferrosos, rayos UV y reguladores de pH. El resultado del tratamiento químico son aguas con concentraciones de iones xánticos con valores inferiores a 10 mg/l (**Cifuentes, Herrera, Siqueira, & Moura, 2013**). A diferencia del proceso de tratamiento con el cloruro férrico, que es específico solo para iones xánticos, el método de tratamiento por oxidación avanzada destruye todo tipos de colectores orgánicos por ejemplo ditiofosfatos, tionocarbamatos y otras sustancias orgánicas.

3 | CONCLUSIÓN

- ✓ El modelo propuesto permite hacer un adecuado manejo de los residuos generados por la manipulación y manejo de los xantatos, en este punto el fabricante es el más recomendado para acompañar al operador minero en la correcta disposición final de los residuos y sobre todo en el tratamiento de las aguas residuales.
- ✓ Actualmente se estaría manejando a nivel mundial 294,000 toneladas de xantato en las unidades mineras lo que representaría la eliminación de 1,099 toneladas de contenedores flexibles y alrededor de 27,670 toneladas de madera contaminados con xantatos, el cual causa preocupación para las compañía mineras que tienen que sustentar el cumplimiento de sus objetivos de sostenibilidad, sin embargo los desechos de los contenedores flexibles están siendo dispuestos rellenos sanitarios que en el futuro puede presentar problemas ambientales, por ello es necesario adoptar medidas que acompañen la sostenibilidad de la as actuales operación mineras.
- ✓ Se presenta un nuevo modelo de distribución enfocado a la minimización y eliminación de residuos en comparación del actual modelo de distribución (distribución por cajas y contenedores flexibles), a esto se suma las ventajas de ofrecer colectores de flotación de alto valor (xantato líquido) en concentraciones controladas y libres de materiales ajenos al reactivo de flotación.
- ✓ El programa de manejo seguro de xantatos (PMS-XANTATOS) contribuye al manejo seguro en la preparación y manipulación de los xantatos, es necesario que las compañías mineras adopten estas medidas para garantizar la seguridad y salud de

los trabajadores de las unidades de preparación de xantatos, las recomendaciones que se describen en el PMS-XANTATOS son resultados de años de experiencia de los fabricantes de xantatos y pocas veces se ha puesto a disposición de los consumidores de xantatos.

✓ El xantato es el colector de flotación más usado y de mayor vigencia en las plantas de flotación, a pesar de que las mismas unidades mineras le hayan asociado ciertos riesgos ocasionados por la falta de controles adecuados en el manejo del producto, se espera que este colector permanezca en el mercado por varias décadas más, por lo que los operadores mineros deberían direccionar sus objetivos, aprendiendo a manejar los xantatos y así aprovechar los beneficios metalúrgicos que trae consigo la aplicación del xantato en la minería.

REFERENCIAS

American Cyanamid company; Cyanamid Canada Inc. (1984). *Aero Xanthate Handbook: Aero xanthate products*. New Jersey - USA: Mining Chemical departament Wayne.

Azañero, A. (2015). *Flotación y concentración de minerales*. PERÚ: Editorial Colecciones Jovic.
Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents: Chemistry, theory and practice* (Vol. volumen 1 Flotation of sulfide ores). USA: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53029-5.X5009-6>

Castañeda, M. (7 de Noviembre de 2016). *Los objetivos de desarrollo sostenible y la sostenibilidad corporativa del sector minero*. Obtenido de Gerens Escuela de Posgrado: <https://gerens.pe/blog/objetivos-desarrollo-sostenibilidad-corporativa-sector-minero/>

Cifuentes, G., Herrera, C., Siqueira, M., & Moura, A. (2013). Sodium isopropyl xanthate degradation by advanced oxidation processes. *Minerals Engineering, volumen 45*, 88-93. doi:10.1016/j.mineng.2012.12.001

Crozier, R. (1992). *Flotation: Theory, reagents and Ore testing*. Great Britain: Pergamon Press.

Naciones Unidas . (2013). *Recomendaciones relativas al Transporte de mercancías peligrosas*. New York: Naciones Unidas.

Persistence market research. (Noviembre de 2019). *Xanthates Market*. Obtenido de Global Market Study on Xanthates: Increasing Mineral Extraction Activities to Benefit Growth: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/xanthates-market.asp>

Queensland departament of natural resources, mines and energy. (04 de Abril de 2018). *Mines Safety Bulletin n° 171*. (Q. m. inspectorate, Editor, D. Lee, & L. Rocchi, Productores) Obtenido de Xanthates in mining (update): <https://www.rshq.qld.gov.au/safety-notice/mines/xanthates-in-mining-update>

Quintanar, C. (2018). Reactivos XR una alternativa segura y selectiva al xantato. *III Congreso internacional de flotación de minerales*. Lima - PERÚ.

Sutulov, A. (1963). *Flotación de minerales*. Concepción - Chile: Instituto de investigaciones tecnológicas - Concepción.

Valenzuela, N. (2016). Avances en la química de flotación: productos alternativos al xantato. *II Congreso internacional de flotación de minerales*. Lima - PERÚ.

Wang, D. (2016). *Flotation Reagents: applied surface chemistry on minerals flotation and energy resources beneficiation* (Vol. volumen 2: Applications). China: Springer Nature. doi:<https://doi.org/10.1007/978-981-10-2027-8>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ações humanas rítmicas 85, 87, 98

Aeroporto 100, 103, 104, 106, 107, 108, 110

Água 15, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 103, 115, 122, 124, 169, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 184, 194, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 229, 230, 231, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279

Análise de conforto humano 85, 97

Análise de vibração 62, 63, 64, 65, 66, 98

Áreas contaminadas 112, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 170, 181

B

Background geoquímico 169, 170, 171, 172, 173, 176, 178, 180, 181, 182

Banho termostático 258, 259, 262, 269, 274

C

Cobertura de pilha de estéril 251

Comunicação sem fio 1

Concessões 100, 108, 109, 110, 135

Consumo de água 27, 28, 29, 30, 32, 220

Controle de nível 27, 28, 29, 30, 31

Controle Fuzzy-PID 35

Cultura 27, 61, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 151, 168, 232

Curva de koch 1

D

Desativação de atividades 112

Desativação De Atividades 112, 113, 119

Descarte emergencial 197, 198

Desemulsificação 258, 259, 266

Desestabilização da emulsão 269, 273

Desfluoretação 219

Drenagem ácida de mina 184, 252

E

Emulsão O/A 258, 259, 269

Energias renováveis 14, 15, 16, 17, 20, 232

F

Fermentação alcoólica 35, 36, 39, 41, 44, 48

Ferro fundido cinzento 62, 64

Fluorose 219, 220

I

IoT 2, 27, 28, 29, 33

L

Lixiviação de metais 183, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 252

M

Mancal 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Maturidade 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150

Medição de grandes rios 204

Método do molinete 204, 205, 215

Microrredes 14, 15, 21, 23, 24

Mineração de ouro 197, 251

N

Normas 13, 24, 79, 97, 98, 102, 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 122, 134, 139, 141, 142, 181, 195, 203, 281

Normatização 14, 15, 17, 18, 20, 24

O

Organização 15, 28, 128, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 220

P

Parcerias público-privadas 100, 102, 103, 104, 109, 110

Pisos mistos de edificações 85

Q

Qualidade da energia 14, 19, 20

Quebra da emulsão 258, 259, 261, 264, 265, 269, 273, 274

R

Recirculador 62, 63, 69, 70

Residencial 27, 29, 31

S

Segurança 18, 20, 21, 39, 43, 50, 106, 118, 120, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Separação O/A 269

Setor aeroportuário 100, 101, 109

Sistema multivariável 35

Sistemas supervisórios 35, 36

Sustentabilidade 17, 20, 102, 116, 123, 219

T

Tensoativos 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279

V

Vazão 27, 31, 172, 198, 204, 205, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216



As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

-  www.arenaeditora.com.br
-  contato@arenaeditora.com.br
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  www.facebook.com/arenaeditora.com.br



As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br