

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

PRODUCCIÓN EN PLANTAS CONCENTRADORAS
DE MINERALES: Una revisión sistemática.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autores:

Dilmer Rodríguez Medina

Asesor:

MBA Ing. Mylena Karen Vílchez Torres

Cajamarca - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor MBA Ing. Mylena Karen Vílchez Torres, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del (los) estudiante(s):

- Rodríguez Medina, Dilmer

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: “PRODUCCIÓN DE PLANTAS CONCENTRADORAS DE MINERALES: Una revisión sistemática” para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

MBA. Mylena Karen Vílchez Torres

Asesor

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) *Grado Académico y el nombres y apellidos del director o coordinador de carrera,* ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Dilmer Rodríguez Medina*, para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: “PRODUCCIÓN EN PLANTAS CONCENTRADORAS DE MINERALES: Una revisión sistemática”.

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado

Calificativo: Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Evaluador

DEDICATORIA

El presente trabajo de
investigación se lo dedico
a mi familia y demás
seres queridos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a
Dios, luego a mis docentes y amigos
que me permitieron seguir
superándome y alcanzar una nueva
meta en mi vida profesional.

Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	17
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Búsqueda de información.	14
Tabla 2: Descripción y resultados de los artículos revisados sistemáticamente.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Clasificación de artículos seleccionados.....	18
--	-----------

RESUMEN

La presente revisión sistemática trata acerca de los procesos de las plantas concentradoras de minerales y las variables que influyen directamente en su producción debido a la gran relevancia que tiene su rendimiento para optimizar las ganancias de las empresas del sector minero. El objetivo de esta investigación es mostrar el estado de arte de los procesos que influyen directamente en la producción de las plantas concentradoras de minerales, para lo cual se ha realizado la búsqueda de información fuentes como Scielo, Redalyc, Google Académico y biblioteca virtual de la UPN; seleccionando un total de 10 artículos publicados entre los años 2014 al 2018; cabe mencionar que se tuvo como limitante el acceso a estudios experimentales ya que no se han realizado estudios de ese tipo. Posteriormente se procedió a analizar la literatura seleccionada aplicando la metodología de una revisión sistemática obteniendo como resultados que actualmente los procesos de operación y control se han venido sistematizando mediante el uso de software y las variables que influyen en la producción de las plantas concentradoras de minerales son el control en el proceso de chancado y molienda, y el control las características físico - químicas del material entrante a la planta concentradora de mineral.

PALABRAS CLAVES: Plantas concentradoras de minerales, plantas de minerales, y producción de minerales.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La actividad minera consiste en la obtención de minerales y otros materiales a partir de la explotación de la corteza terrestre, actualmente en el mundo nuevo debido al alto retorno de inversión del sector minero dado el dimensionamiento de las explotaciones mineras, siendo el cobre el segundo mayor productor de exportaciones,

Por otro lado, es conocido también que la caída de la cotización del mineral afecta directamente a la economía de los países productores de cobre, motivo por el cual se ha generado una disminución en la producción de dicho mineral hasta en 12.24 % en promedio anual desde el 2014.

Por lo antes mencionado, la actividad minera requiere optimizar su estrategia para reducir costos y así cambiar los efectos negativos en la rentabilidad en las empresas de este sector económico.

También es indispensable mencionar que es de suma importancia hoy en día en el proceso de producción de las plantas concentradoras de mineral la estandarización y llevar a cabo una adecuada supervisión y control de las actividades, y para que se mejore un proceso se tiene que aplicar el ciclo PDCA (Planificar, Ejecutar, Verificar, Actuar) o conocido también como círculo de Deming. Heizer, J; Barry, R. (2009).

Cabe mencionar que los instrumentos y procedimientos deben seguir normas y cumplir los estándares internacionales y nacionales impuestos por el estado para la gran minería, para de esta manera medir el proceso que cuenta con dos métodos, método de toma de datos y métodos para análisis de proceso y en estos métodos se emplea los diagrama Sipoc, diagrama de Ishikawa también llamado diagrama de causa y efecto o espina de pescado.

Entonces, la pregunta principal de la presente revisión sistemática es la siguiente:
¿Qué innovaciones y/o actualizaciones se han dado para realizar el análisis y mejora de producción en los procesos de las plantas concentradoras de mineral y la utilización de la tecnología (software) para ello?

De aquí que nace como objetivo de esta revisión sistemática es dar a conocer los últimos alcances o el estado de arte acerca de las innovaciones y/o actualizaciones como también el uso de software para la mejora de los procesos de plantas concentradoras de mineral.

Para lograr el objetivo de la investigación se realizara un análisis de la teoría necesaria para que se defina los conceptos de mejoras en los procesos, y así entender los procesos que contribuyen en cada uno de los circuitos de estudio, así también se realiza el análisis de dichos procesos, se determina el diagnostico de cada circuito, circuito de chancado, y circuito de molienda de minerales, para su factibilidad económica y la implementación de mejora, así como la manera en que dicho beneficio impactará en la empresa.

Adicionalmente a ello, también se analizará la influencia de los parámetros de operación, haciendo uso razonable de los recursos, así como el recurso energético, analizando sumatoriamente el mantenimiento correctivo de los equipos y evitar algunas paradas o detección de los equipos, y ser más eficientes y eficaces incrementando la productividad.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El presente estudio es del tipo revisión sistemática, que consiste en revisar estudios teóricos y empíricos, analizar papers referente a análisis y mejora de producción del proceso, en plantas concentradoras de empresas mineras de producción de cobre de los últimos años.

En cuanto al tema de estudio, se emplea los diferentes métodos para diagnosticar y analizar el mejoramiento de procesos, además se realiza los análisis y establecer controles en las actividades realizadas, motivo por el cual es necesario que se analice profundamente los procesos realizados en las empresas no solo para que se establezca controles sino para que se mejoren, y así mejorar el crecimiento de las empresas mineras de “Gestión y Mejora de Procesos”

Criterios de Selección

Tras una búsqueda exhaustiva realizada en motores de búsqueda de internet y bibliotecas virtuales de información relacionada al tema en estudio, procedemos a la selección de los principales artículos científicos existentes en la actualidad y tomando en cuenta que hayan sido publicados en los últimos años(es decir los más recientes), para ello los que más se relacionan son aquellos que se centran en el análisis y mejora de la producción en los procesos de plantas concentradoras de minerales en el circuito de chancado y molienda, para después mostrar los sistemas de recuperación de las fuentes de información, para ello partiendo de criterios de evaluación de fuentes de información de búsqueda.

Fuentes de Información

Las fuentes de información para la presente investigación han venido a ser los siguientes motores de búsqueda: Scielo, Redalyc, Google Académico y biblioteca virtual de la UPN.

Búsqueda

Los buscadores de internet y las bibliotecas antes mencionadas fueron exploradas con el uso de palabras clave como: plantas concentradoras de minerales, plantas de minerales, y producción de minerales para así encontrar la mayor cantidad de artículos posibles.

Cabe resaltar que se encontró una muy buena cantidad de información relacionada al tema, sin embargo, de carácter científico ha sido reducido, uno de los principales artículos son las revisiones empíricas realizadas en temas relacionados al estudiado; de todos estos se procedió a seleccionar los más relevantes y contemporáneos para realizar su revisión sistemática.

Selección de estudios

Una vez realizada la búsqueda antes mencionada se procedió a seleccionar los artículos mediante filtros que se detallan a continuación: primero se tomó en cuenta el idioma y la fecha de publicación, para ello se le dio preferencia al español por ser de dominio nato y al idioma Inglés ya que además de tener conocimiento del mismo los estudios realizados en este idioma son de suma relevancia; junto con ello se eligieron los estudios que más relación tienen con nuestro tema en estudio y los publicados recientemente, obteniendo un total de 18 investigaciones.

De estos preseleccionados se procedió a darle una breve lectura, centrándose en el resumen de los mismos y así se logró descartar 8 artículos que escapaban de nuestro tema

central o se alejaban del mismo; los estudios restantes fueron los utilizados para realizar la presente revisión sistemática.

Tabla 1: Búsqueda de información.

Qué tipo de idioma se utilizó	Tipos de recursos	Campos de búsqueda
Idioma español	Bases de datos electrónicos, base de datos (Biblioteca Virtual UPN, portales revistas electrónicas, recursos de información en internet)	Artículos Revistas científicas Revisiones Sistemáticas
Idioma ingles	INDEX, TRANSLATIONUM, GLOOGLE ACADEMICO, SCIELO.	Journal Reviews

Fuente: Elaboración propia.

Proceso de recopilación de datos

En la tabla siguiente se muestra la recopilación de datos de la presente investigación:

Tabla 2: Descripción y resultados de los artículos revisados sistemáticamente.

Fuente	Diseño Metodológico	País	Resultados
Berger, E.; Núñez, L.; Yarin, A. (2016)	Revisión	Perú	Proceso de molienda en la planta concentradora de minerales de una empresa minera, describiendo las configuraciones de sus subprocesos y realizando el cálculo de la confiabilidad del sistema de molienda basado en la criticidad.

Pino, J.; Félix, G.; Patini M. (2015)	Revisión	Colombia	La comunidad vinculada a esta disciplina ha expresado en la última década especial interés en la mejora de procesos software con el fin de aumentar la calidad y productividad del software. Sin embargo, hay una tendencia generalizada a resaltar que el éxito de los programas de mejora de procesos software sólo es posible para empresas grandes
Cortés Flores, C., & Rodríguez- Mendoza, M., & Benavides Mendoza, A., & García Cué, J., & Tornero Campante, M., & Sánchez García, P. (2016)	Revisión	Mexico	El yodo es un elemento no esencial para las plantas, pero induce respuestas positivas en el crecimiento y metabolismo. El objetivo de este estudio fue determinar la factibilidad de uso del yodo (como KI) por vía foliar para promover el crecimiento de las plántulas de pimiento morrón (<i>Capsicum annum</i>). La hipótesis fue que la aplicación de este elemento elevará la tasa de crecimiento y el contenido de antioxidantes en las plántulas.
Bustamante-Rúa, M., & Daza- Aragón, A., & Bustamante-Baena, P., & Barros-Daza, M. (2016)	Revisión	Colombia	Se presentan los resultados del estudio y análisis de dos escenarios particulares en la industria minera como lo son el caolín y el carbón, para determinar la utilidad del software MODSIM® en la simulación de plantas de procesamiento minero-metalúrgicas.
Ospina Alarcón, M., & Bustamante Rúa, M. (2015)	Revisión	Colombia	El artículo presenta un estudio teórico acerca del diseño de un sistema de control multivariable para un circuito de molienda en húmedo. Este diseño pretende aclarar algunos conceptos y suposiciones que se realizan cuando se opera con circuitos de molienda-clasificación y a su vez, es una aproximación al funcionamiento real de un circuito de molienda en la preparación de crudo en la industria cementera, teniendo en cuenta cuales son las variables más importantes del proceso.
Coello -Velázquez, A. (2015).	Revisión	Cuba	Con el propósito de disminuir los errores (residuos) que tienen lugar en la determinación de la carga circulante en los circuitos cerrados de molienda o trituración, aplicando los métodos de los mínimos cuadrados y de los multiplicadores de Lagrange a las ecuaciones de balance, se desarrolló un procedimiento que minimiza las desviaciones e incongruencias en el balance de distribución de las clases granulométricas de los productos del esquema

Cabrera, L., & Tironi, A., & Scian, A., & Irassar, E. (2016).	Revisión	Chile	El objetivo de este trabajo es analizar la influencia del grado de molienda en la actividad puzolánica de diferentes arcillas que contienen los minerales Caolinita y/o Halloysita. Se utilizaron 4 arcillas, cuantificando la fase amorfa formada durante la calcinación a 700 °C y realizando distintos procesos de molienda.
Cordero, D.; Chacón, E.; Sañay, I. y Criollo, D. (2016)	Revisión	Ecuador	El integrar sistemas en la industria cementera es un requerimiento inminente, para lograrlo es necesario disponer de las herramientas metodológicas idóneas. El objetivo del artículo se orienta a proponer un marco metodológico que involucre aspectos técnicos, modelado de procesos de producción e integración con el resto de procesos del negocio. Se hace uso del paradigma holónico para modelar los procesos de producción mediante sus actividades y un conjunto de herramientas para la generación del esquema de integración el mismo que está basado en el holón Unidad de Producción
Romero, A., & Flores, S., & Pacheco, W. (2011).	Revisión	Colombia	El micro-aerogenerador, denominado AR-SFWP-500, posee un dínamo que genera una potencia de 500 Watts, el cual se caracteriza por tener en su estructura interna, imanes permanentes (GIP) para trabajar con micro aerogeneradores, como para emplearlos en zonas rurales, donde hay carencia de energía eléctrica.
Matarrese, A.; & Poiré, D. (2009)	Revisión	Cuba	Los artefactos de molienda representan frecuentemente grandes volúmenes de roca transportados a los sitios arqueológicos del área Interserrana Bonaerense. En el contexto de los recientes estudios sistemáticos en relación a estos artefactos, en este trabajo se presentan los resultados de los análisis macroscópicos, de cortes delgados y de difracción de rayos X de una muestra de instrumentos confeccionados sobre materias primas sedimentarias y metamórficas. De manera complementaria, se consideran características de las formas-base y los pesos de parte de los artefactos estudiados. Los datos obtenidos se discuten respecto a la procedencia y estrategias de explotación de estos recursos líticos utilizados para los artefactos de molienda.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Selección del estudio

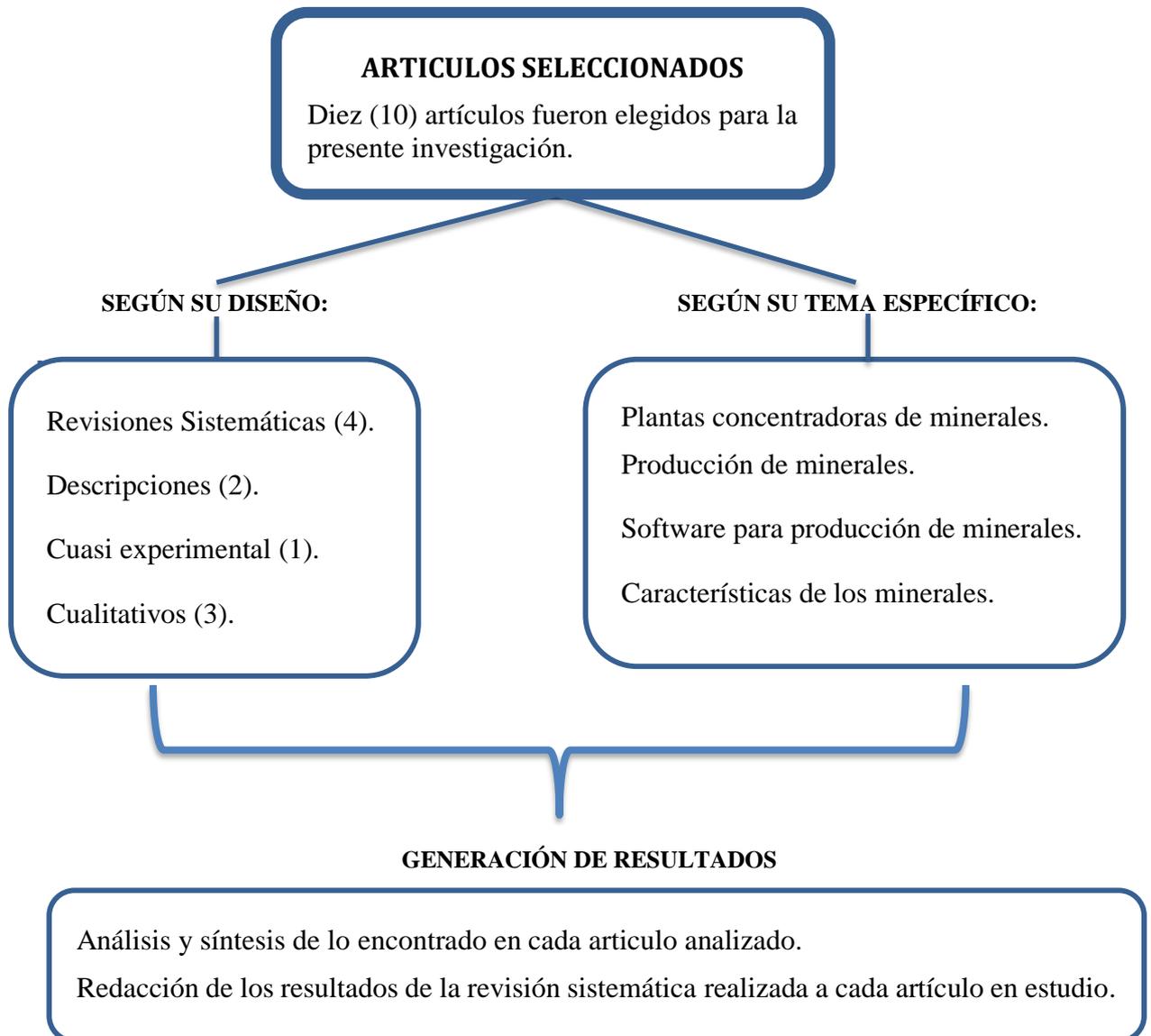
Después de aplicar los criterios de selección y realizar un análisis exhaustivo de las revisiones sistemáticas y artículos descargados se encontraron 10 que encajaban en los criterios de inclusión buscados en los motores de búsqueda anteriormente mencionados, los cuales han sido publicados entre los años del 2014 al 2018 y muestran el verdadero estado de arte del tema en estudio.

Posteriormente se procedió a clasificar los artículos seleccionados según su diseño, logrando diferenciarlos de la siguiente manera: cuatro de los estudios analizados en el presente trabajo fueron identificados como revisiones; dos, como descripciones; uno como cuasi experimental y tres son cualitativos. La gran parte de artículos empíricos recogidos utilizaron organizaciones ya establecidas, otros estudios fueron realizados basándose en la experiencia del autor.

Adicionalmente a lo antes mencionado se procedió a separar los artículos encontrados según el tema en específico que desarrollan, siempre teniendo en cuenta el tema central de esta investigación y su relación con el mismo para así no salirse del tema en estudio.

Una vez clasificados se procedió a su análisis, para ello se aplicó la metodología de revisión sistemática y se extrajo lo más importante de cada uno de ellos, sintetizando y enfocándonos en nuestro tema de estudio. Para lograr un mejor entendimiento y facilidad al momento de analizar cada artículo en estudio se procedió a clasificarlos según su tipo de estudio y el tema en específico al que se encuentra destinada su investigación tal como se resume en la siguiente figura:

FIGURA 1: Clasificación de artículos seleccionados



Fuente: Elaboración propia.

Características de los estudios

Se encontró tres artículos centrados en las mejoras de procesos de molienda, aportando explicaciones conceptuales y metodológicas sobre los diferentes componentes para una óptima gestión de inventario. En el artículo publicado por Berger E., Núñez L., Yarin A. (2016) abordaron el proceso de molienda en la planta concentradora de minerales de una empresa minera, describiendo las configuraciones de sus subprocesos y realizando el cálculo de la confiabilidad del sistema de molienda basado en la criticidad.

Asimismo, se calculan los principales indicadores de mantenimiento por cada equipo del área de molienda, los resultados obtenidos en esta investigación facilitan a la empresa tomar decisiones de mantenimiento aplicando el monitoreo permanente de sus equipos de molienda, que son de uso cotidiano de los operarios, estableciendo la criticidad de cualquier equipo en general respecto a la ocurrencia de falla.

Según Matarrese, A.; & Poiré, D. (2009) “Los artefactos de molienda representan frecuentemente grandes volúmenes de roca transportados a los sitios arqueológicos del área Interserrana Bonaerense”. En el contexto de los recientes estudios sistemáticos en relación a estos artefactos, en este trabajo se presentan los resultados de los análisis macroscópicos, de cortes delgados y de difracción de rayos X de una muestra de instrumentos confeccionados sobre materias primas sedimentarias y metamórficas. De manera complementaria, se consideran características de las formas-base y los pesos de parte de los artefactos estudiados.

Los datos obtenidos se discuten respecto a la procedencia y estrategias de explotación de estos recursos líticos utilizados para los artefactos de molienda. Se identificó en los conjuntos estudiados el uso de rocas disponibles en afloramientos de los sistemas serranos pampeanos de Tandilia y Ventania e interserranos. El trasladado de estas materias primas

líticas a los contextos bajo estudio implicaron diferentes esfuerzos de aprovisionamiento (locales, de media y de larga distancia).

Las características petrográficas de las rocas seleccionadas para la producción de los artefactos de molienda se relacionan principalmente con una alta capacidad abrasiva. En algunos casos, se habrían aprovechado formas-base naturales aptas para ser usadas sin modificaciones previas.

Por otro lado, Pino J., Félix G., Patini M. (2015) comentaron la industria del software en la mayoría de los países está formada por tejido industrial compuesto en gran parte por Pymes desarrolladoras de software. Para fortalecer este tipo de organizaciones se necesitan prácticas eficientes de Ingeniería del Software adaptadas a su tamaño y tipo de negocio. La comunidad vinculada a esta disciplina ha expresado en la última década especial interés en la mejora de procesos software con el fin de aumentar la calidad y productividad del software. Sin embargo, hay una tendencia generalizada a resaltar que el éxito de los programas de mejora de procesos software sólo es posible para empresas grandes.

El trabajo de Bustamante-Rúa, M., & Daza-Aragón, A., & Bustamante-Baena, P., & Barros-Daza, M. (2016), presentan los resultados del estudio y análisis de dos escenarios particulares en la industria minera como lo son el caolín y el carbón, para determinar la utilidad del software MODSIM en la simulación de plantas de procesamiento minero-metalúrgicas. Para esto, se partió de datos obtenidos de información tanto bibliográfica como de la obtenida directamente en mediciones que se realizaron a estas minas. Se pudo analizar que el uso de este software aporta grandes ventajas a la hora de conocer la eficiencia en las plantas de beneficio de minerales.

En este mismo estudio se encontró que en las baterías de hidrociclones para la separación de caolín, se evidencian algunos problemas en la operación; mientras que, en el

proceso de lavado de carbón, se logra una buena separación. Esto es de vital importancia en las plantas, puesto que permite conocer la eficiencia de los equipos y, además, facilita la toma de medidas correctivas para mejorar el proceso.

Coello - Velázquez, A. (2015) nos dice que “Con el propósito de disminuir los errores (residuos) que tienen lugar en la determinación de la carga circulante en los circuitos cerrados de molienda o trituración, aplicando los métodos de los mínimos cuadrados y de los multiplicadores de Lagrange a las ecuaciones de balance, se desarrolló un procedimiento que minimiza las desviaciones e incongruencias en el balance de distribución de las clases granulométricas de los productos del esquema”.

Los resultados de la investigación antes mencionada muestran que el procedimiento aplicado permite el mejor ajuste de cálculo de la carga circulante y a partir de sus valores se recalculan los contenidos de las clases granulométricas de los productos del esquema que eliminan las incongruencias y errores de la distribución del contenido de las clases granulométricas generados en la toma y procesamiento general de las muestras.

Romero, A., & Flores, S., & Pacheco, W. (2011) en su revisión sistemática tiene el propósito de explicar el proceso del diseño y la construcción del Micro aerogenerador AR-SF-WP-500, cuyo principio de funcionamiento se basa en convertir la energía eólica en energía eléctrica, de tal manera que este tipo de energía se use para mover el molino de mineral de escala de laboratorio, el cual emplea un motor eléctrico de baja potencia.

Además, Ospina Alarcón, M., & Bustamante Rúa, M. (2015) concluyó que su artículo presenta un estudio teórico acerca del diseño de un sistema de control multivariable para un circuito de molienda en húmedo. Este diseño pretende aclarar algunos conceptos y suposiciones que se realizan cuando se opera con circuitos de molienda-clasificación y a su vez, es una aproximación al funcionamiento real de un circuito de molienda en la preparación

de crudo en la industria cementera, teniendo en cuenta cuales son las variables más importantes del proceso.

Cabrera, L., & Tironi, A., & Scian, A., & Irassar, E. (2016), en su estudio analiza la influencia del grado de molienda en la actividad puzolánica de diferentes arcillas que contienen los minerales Caolinita y/o Halloysita. Se utilizaron 4 arcillas, cuantificando la fase amorfa formada durante la calcinación a 700 °C y realizando distintos procesos de molienda, posteriormente se determinó que la actividad puzolánica de las arcillas calcinadas depende de la composición mineralógica y defectos superficiales, cantidad de fase amorfa y finura.

Cordero, D.; Chacón, E.; Sañay, I. y Criollo, D. (2016), indico también que el integrar sistemas en la industria cementera es un requerimiento inminente, para lograrlo es necesario disponer de las herramientas metodológicas idóneas. El objetivo del artículo se orienta a proponer un marco metodológico que involucre aspectos técnicos, modelado de procesos de producción e integración con el resto de procesos del negocio.

Los resultados antes mostrados son el estado de arte del tema en estudio, en ellos se plasma la actualidad del tema y los avances que se ha tenido en los últimos años tanto en el proceso de producción como en el uso de la tecnología y esencialmente el uso de software para mejorar el proceso de producción de las plantas concentradoras de mineral.

Por otro lado, podemos afirmar que las características físico - químicas del mineral tienen gran influencia en la producción de las plantas concentradoras de mineral, por ello la tenencia actual en minería es un mayor control no solo en el proceso de producción (chancado y molienda) sino también de las condiciones del mineral entrante a las plantas concentradoras de minerales ya que tienen influencia directa en la producción y el rendimiento de las mismas.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los primeros trabajos centrados en la producción en plantas concentradoras de minerales datan desde el año 2004, por lo que es posible verificar que el tema tardó casi de dos décadas en captar la atención de los investigadores, sin embargo, es en los últimos años que se le ha otorgado vital importancia gracias a la imponente relevancia que ha ido tomando el sector minero en los últimos tiempos.

Varios indicadores permiten concluir que este tema en estudio aún se encuentra en un estado inicial de desarrollo, y que aún queda mucho campo por explorar, cabe resaltar que una limitante para ello es el costo que implica desarrollar una investigación experimental ya que es muy elevado y las empresas del rubro son muy cuidadosas en cuanto a su política de privacidad de datos y facilidades para la aplicación de nuevas teorías que aún no tienen resultados comprobados.

Después del análisis realizado a los artículos seleccionados para realizar esta revisión sistemática se obtuvieron los resultados plasmados anteriormente, de los cuales podemos afirmar que existen varias variables que influyen directamente en la producción de las plantas concentradoras de mineral, por ejemplo, el tipo y las condiciones del mineral entrante a mencionadas plantas, también su proceso logístico y operativo, y en los últimos años y gracias al avance tecnológico se han ido insertando softwares nuevos que buscan dar eficiencia al proceso de producción del tipo de plantas en estudio.

Finalmente, cabe mencionar la importancia del tema en estudio ya que a partir del año 2014 ha ido en incremento los estudios realizados en el tema, y además el crecimiento del sector minero, por otro lado, la inserción de las componentes tecnológicas para la optimización de procesos del sector minero es una de las principales novedades de la última década y es un campo aun poco explorado.

Conclusiones

Según las revisiones sistemáticas analizadas podemos concluir que para mejorar la producción de plantas concentradoras se debe tener en cuenta lo siguiente:

Los procesos a incluir en cada área, su control exhaustivo de los mismos y la mejora continua de estos.

El tipo de mineral a usar, así como también sus características físicas y mecánicas del material entrante a las plantas concentradoras de mineral ya que todo esto tiene una influencia directa en la producción y optimización de los procesos en mencionadas plantas.

Además, la implementación de un software para automatizar algunos procesos y llevar un control de la planta concentradora de mineral es la nueva tendencia para mejorar los procesos y optimizar tanto la producción como el control de operaciones de una planta concentradora de mineral.

REFERENCIAS

- Heizer, J; Barry, R. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México, Pearson.
- Berger, E.; Núñez, L.; Yarin, A. (2016). Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(1), 56-64.
- Matarrese, A.; & Poiré, D. (2009). *Rocas para moler: Análisis de procedencia de materias primas líticas para artefactos de molienda (área Interserrana Bonaerense)*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Pino, J.; Félix G.; Patini, M. (2015). Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, 2(1), 6-23.
- Bustamante-Rúa, M.; & Daza-Aragón, A.; & Bustamante-Baena, P.; & Barros-Daza, M. (2016). Simulación de plantas de procesamiento de minerales a través de MODSIM. *Revista Boletín Ciencias de la Tierra*, 1(39), 33-47.
- Coello - Velázquez, A. (2015). Procedimiento para la determinación de la carga circulante en circuitos cerrados de trituración y molienda. *Minería y Geología*, 31(2), 66-79.
- Romero, A.; & Flores, S.; & Pacheco, W. (2011). Diseño y construcción de micro aerogenerador “ar-sf-wp-500” para la molienda de mineral a escala de laboratorio. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 14(1), 62-68.
- Ospina Alarcón, M.; & Bustamante Rúa, M. (2015). Diseño de un sistema de control centralizado para un circuito de molienda en húmedo en la industria cementera colombiana. *Revista Prospectiva*, 13(2), 7-15.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rp.v13i2.482>

- Cabrera, L.; & Tironi, A.; & Scian, A.; & Irassar, E. (2016). Análisis comparativo de caolines de diferentes fuentes para la producción de metacaolín. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 31(1), 35-43.
- Cordero, D.; Chacón, E.; Sañay, I. y Criollo, D. (2016). Modelo de procesos para la automatización del área de producción en el sector de la industria cementera pública del Ecuador (MPIC). *Ingenius*. N.º 16, (Julio-Diciembre). pp. 51-63. ISSN: 1390-650X.