



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“LOS ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN PARA LA EXPLORACIÓN MINERA”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en **Ingeniería de Minas**

Autor:

Víctor Portilla Yépez

Asesor:

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mi esposa e hijos por permitirme ser alguien en la vida. A mis compañeros de estudios, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todos mis compañeros de trabajo.

Víctor Portilla Yépez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Alma Mater, Universidad Privada del Norte, Filial Cajamarca, en especial a la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, a mis docentes por todas sus enseñanzas y por el apoyo brindado para abrirme hacia el desarrollo profesional.

Quiero dar mis agradecimientos profundos a Dios por la oportunidad de realizar esta tesis, y a todos los que me han dado su apoyo desinteresadamente.

Víctor Portilla Yépez.

Tabla de contenido

	Pág.
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	5
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	9
CAPÍTULO III. RESULTADOS	11
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	17
REFERENCIAS.....	18

RESUMEN

Esta revisión sistemática se titulada “los estudios de prospección para la exploración minera”, y tiene por objetivo determinar la importancia de los estudios de prospección para la exploración minera. Del análisis teórico se conoció que la prospección es la etapa donde se buscan minerales aprovechables en una zona determinada. Las técnicas que se usan para la prospección están basadas en estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos, etc. Además, en la prospección se determinan anomalías del terreno que justifiquen estudios posteriores de mayor precisión. Estos estudios tienen un carácter interpretativo del yacimiento mineral, y permiten la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, para alcanzar un diseño a grandes rasgos del proyecto minero, las etapas consisten en: mapeo geológico, recolección de muestras y finalmente se elaboran los planos. Con el estudio de prospección se determina si la exploración minera es viable técnicamente, o no, es decir se define si el potencial mineralógico es alto en el proyecto minero.

PALABRAS CLAVES: Estudio de prospección, exploración minera, geoquímica, control de calidad (QA/QC).

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La minería constituye una gran oportunidad, tal como lo confirma la cantidad de denuncios y concesiones, la inversión en exploraciones y el interés de grandes empresas mineras (Cubas, 2016).

La prospección es la investigación que conduce a determinar áreas de posible mineralización, por medio de indicaciones físicas y químicas, medidas con instrumentos y técnicas de precisión (Aguilar e Izquierdo, 2016).

En nuestro país esta etapa al igual que el cateo son libres en todo el territorio nacional; pero están prohibidas en zonas urbanas o de expansión; zonas reservadas para la defensa nacional; zonas arqueológicas y sobre bienes de uso público; salvo autorización previa de la entidad competente (Art.2. D.S.Nº 014-92-EM) (Cubas, 2016).

La Prospección es la etapa en la que se buscan minerales aprovechables en una zona determinada. Las técnicas que se usan están basadas en estudios geológicos, o técnicas basadas en geofísica, geoquímica, etc (Flores, 2012).

La Exploración será aquella etapa en la que se realice un dimensionamiento del depósito mineral de modo que se definan tanto la forma y contenido de mineral como el valor de dicho depósito (Leiva, 2015).

La exploración y la prospección son fases estrechamente ligadas y suelen combinarse entre sí, en estas fases tendrían un mayor peso las técnicas geológicas (Cubas, 2016).

La ejecución de las tareas de prospección (trabajos de campo y de laboratorios) está en manos de geólogos especialistas, que cuentan con la ayuda de la tecnología apropiada para cada caso, vehículos, equipos, instrumentos, laboratorios, etc (Chui, 2016).

En la prospección básica se efectúa un reconocimiento general de un área extensa (decenas a cientos de kilómetros) con el fin de identificar algunas características favorables que puedan indicar la presencia de un yacimiento (Morales y Abanto, 2016).

En la prospección preliminar el minero estudia diferentes antecedentes y aplica técnicas específicas (mapas geológicos, imágenes de satélite, geofísica, etc.) para seleccionar las áreas donde desarrollar la exploración básica (Cubas, 2016).

En la prospección expeditiva de semimetales los mineros se dirigen al terreno para registrar las características de las rocas (color, textura, estructura, presencia de minerales indicativos) y su ubicación, y para recoger muestras que permitirán determinar el contenido de los elementos interesantes en una rión, tales como cobre, oro, hierro, molibdeno, etc. Esta información es relevante para tomar la decisión de seguir adelante con la exploración o descartar el área y comenzar en otra (Rojas, 2014).

En la etapa de prospección intermedia o detallada, se realiza con mayor detalle trabajos geofísicos tales como magnetometría, gravimetría, resistividad, etc. y trabajos geoquímicos como la obtención y análisis químicos de muestras de superficie (Ruiz, 2015).

La prospección avanzada determina con mayor precisión la forma y extensión del yacimiento y la calidad del mineral encontrado, es decir, la ley de mineral que corresponde al contenido del o de los elementos de interés. Las determinaciones de forma y ley de mineral se realizan mediante la perforación de más sondajes, distribuidos en una malla regular (cada 200 o 400 m, por ejemplo), los que atraviesan el mineral (zonas de óxidos y de sulfuro (Cubas, 2016).

En tal sentido la búsqueda de nuevos yacimientos mineros, más propiamente dicho la búsqueda de mineral aurífero ha incrementado la demanda de realizar prospección y exploración geológica, debido al incremento del precio en el mercado internacional, hace

que las empresas mineras tomen la decisión de invertir en la prospección y exploración de nuevos yacimientos en todo el Perú (Chui, 2016).

Para lo cual es necesario realizar una “estudios de prospección geológica”, con la finalidad de que esta actividad geológica realizada pueda dar frutos y llegar a encontrar nuevas perspectivas para localizar un nuevo yacimiento (Flores, 2012).

La pregunta de investigación es ¿Cuál es la importancia de los estudios de prospección en la exploración minera de un yacimiento?, para ello se analizan estudios teóricos y empíricos sobre este tema.

El objetivo de esta revisión sistemática es definir la importancia de los estudios de prospección en la exploración minera de los yacimientos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Este documento es una revisión sistemática, que son el mejor esfuerzo por recopilar y sintetizar evidencia científica sobre un tema (Durach, Kembro, y Wieland, 2017).

La pregunta de investigación establecida para conducir el proceso metodológico fue la siguiente: ¿Cuál es la importancia de los estudios de prospección en la exploración minera?

Los criterios de selección abarcan los documentos publicados en idioma español para mayor comprensión, el lapso de tiempo abarcado es desde el año 2009 hasta el 2019. Sólo se eligieron artículos científicos publicados en las bases de datos Ebsco, Scielo, Redalyc y repositorios de Universidades Privadas del Norte, pero de ellos solo se eligieron los que se refieren a estudio de prospección para la exploración minera. De los documentos encontrados se rescató herramientas, técnicas y métodos que forman parte de un estudio de prospección.

Los criterios de exclusión son aquellos que fueron publicados con antigüedad superior a 10 años, cualquier otro documento que no sea artículo científico como ensayos y monografías y lo que no fueron publicados en una base de datos confiables.

Se eligió el tema mediante una lluvia de ideas, posteriormente se definieron las palabras claves que son estudio de prospección, exploración minera, geoquímica, control de calidad (QA/QC); y luego se realizó la búsqueda de artículos combinando las palabras claves, después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se depuraron los artículos. Una vez elegidos los documentos se leyó cada uno y se hizo un breve resumen, la

información relevante se clasificó en la tabla 1, mostrada en el Capítulo de resultados donde se detalla el resumen, año, fuente y autor.

Los 10 artículos seleccionados pertenecen al tema de estudio de prospección para la exploración minera.

Cada uno de los artículos seleccionados han sido analizados y resumidos mediante el parafraseo, primero se analizó los objetivos, luego los resultados y finalmente las conclusiones, con esos datos se ha elaborado un breve resumen a criterio propio.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentaron los 10 estudios resumidos referentes a estudios de prospección para la exploración minera, en ella también se detalla el autor, el título, el año y un breve resumen.

Tabla 1
Resultados de búsqueda sistemática.

Fuente	Título	Año	Breve Resumen
Chui	Prospección Geológica del Proyecto Cunuyo 2003, Sina – Puno	2016	La prospección geológica tiene un carácter interpretativo del yacimiento mineral, y que permite la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa. Asimismo, la codificación de muestras para su respectivo análisis en el laboratorio de Alex Stewart (Assayers) del Perú S.R.L. Lima. En base a las características litológicas estructurales, alteraciones, estudios mineralógicos, se llega a concluir que: La mineralización del área de estudio representa a un sistema hidrotermal de tipo mesotermal – orogénico de temperatura intermedia, con valores altos de Oro (Au) y también Plata (Ag), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu), desarrollando la geología estructural regional – régimen tectónico - podría estar relacionado a un yacimiento de oro orogénico.
Cubas	Análisis de Riesgos en Exploraciones Mineras para Implementar un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional en el Perú	2016	La prospección indirecta se realiza mediante el uso de SIG (Sistemas de Información Geográfica), estudio de documentación existente, Estudio preliminar de yacimientos posibles y determinación de yacimientos, y la prospección directa se realiza mediante la exploración de campo (in situ) y se registran resultados de ensayos y exploración mediante diferentes métodos existentes para tal fin.
Flores	Inclusiones Fluidas y Metalogenia del Depósito Epitermal Ag-Au del Distrito San Martín Mpio. Colón, QRO	2012	En la prospección realizada, la mineralización metálica primaria (hipogénica) consta de electrum, naumannita, tetraedrita, piritita y calcopiritita. La mineralización económica primaria se concentra exclusivamente en la segunda etapa de brechamiento. Las mayores concentraciones coinciden con la

			<p>presencia de bandas con texturas originales coloformes y/o microcristalinas de cuarzo con alteración a hematita y partzita. Existe una fuerte reconcentración supergénica tardía, con oro libre filiforme, clorargirita y partzita, relleno de las últimas fracturas, como resultado de la alteración de minerales primarios como electrum, naumannita y tetraedrita.</p>
Garza	Prospección Metalogenética del Pórfido de Cobre de Tiámaro, Estado De Michoacán	2013	<p>Mediante la prospección se demuestra que la fertilidad metálica de las rocas intrusivas de Tiámaro es el resultado de la combinación entre altos grados de subducción, el engrosamiento rápido de una corteza máfica y la fusión de rocas de esta naturaleza. En Tiámaro se tienen suficientes evidencias para considerar el papel del magmatismo máfico como una fuente importante de cobre, azufre y volátiles, consecuencia de la edificación de un substrato de esta naturaleza durante el desarrollo del arco intra-oceánico. Se propone que la continuidad hacia el sur del arco magmático Jurásico-Cretácico representa una región de alto potencial Cu-Au; la intersección de este cinturón con la franja terciaria de pórfidos cupríferos.</p>
Leiva	Medición de las Propiedades Geoquímicas y Mecánicas del Pasivo Ambiental Relave Mina para su Propuesta de Utilización como Relleno en Pasta para Labores Mineras Subterráneas – El Teniente –2015	2015	<p>Los resultados obtenidos en el análisis geoquímico del relave minero realizado por SGS, indica que no contiene elementos re aprovechables con valor económico. La prueba de Slump con los que se trabaja actualmente está en el rango de 3 - 3.5 pulgadas, obteniendo una resistencia plástica que es el requerido para el relleno en pasta. El control de calidad de la mezcla (granulometría) y la prueba de Slump (consistencia) nos proporcionan una información adecuada para obtener una óptima resistencia a la compresión.</p>
Rojas	Prospección Geológica de la Formación Cajamarca con Fines Industriales, Cumbemayo – Cajamarca	2014	<p>Clasifica a la prospección como geofísica la que realiza mediante la aplicación de métodos magnetométricos, gravimétricos, eléctricos, electromagnéticos y sísmicos de refracción y reflexión. La prospección geoquímica es aquella que se realiza mediante la aplicación de métodos litogeoquímicos, sedimentos de corrientes, muestreos hidrogeoquímicos, biogeoquímicos, emanometría (radiactividad).</p>

Ruiz	Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales	2015	Aplican la prospección para diferentes tipos de minerales, para los minerales metalíferos realiza mediante la aplicación de métodos que engloba tanto la Geofísica como la Geoquímica. Para los minerales industriales, rocas de aplicación y ornamentales y para la prospección de aguas subterráneas que se realiza mediante el estudio de la relación con la abundancia, exigencias de calidad del recurso y caudales requeridos; mediante la aplicación de métodos geológicos; Métodos hidrológicos y Métodos geofísicos de superficie.
Abanto y Morales	Influencia de la Caracterización Mineralógica en la Posible Explotación de la Mina Cerro Negro 1, Distrito de Cáceres del Perú-Jimbe, Provincia del Santa, de la Región Ancash	2016	En la prospección determinó que los valores que presentan los puntos muestreados son índices claros de la presencia de mineral de interés económico (Au, Ag, Fe) en diferentes ubicaciones del proyecto y diferentes estructuras. Las leyes en este sistema mineralizado con respecto a la plata y oro son de mayor incidencia en la zona 6, en cuanto a oro se reporta 7.8 gr/tn y para plata 32.34 gr/tn; por lo que estos valores de presencia es un buen indicio para la prospección realizada en esta etapa.
Aguilar e Izquierdo	Caracterización de la Mineralogía en la Veta Murciélago para Determinar el Método de Explotación en la Mina Paredones, Provincia de San Pablo, Región Cajamarca	2016	La tendencia de la mineralización durante la prospección en la veta murciélago está definida por estructuras de rumbos NW - SE y ENE; con buzamientos son por encima de los 60°. El control litológico estructural es definido por soluciones hidrotermales mineralizantes producidas durante la etapa de las intrusiones y depositadas en fracturas tensionales pre-existentes, formaron las vetas de menas las que consisten de un relleno de cuarzo, piritas y rocas encajonantes piritizada, y cantidades variables y en menor proporción de esfalerita, galena y disseminaciones calcopirita constituyendo la mena de rendimientos económicos.
López	Técnicas de prospección minera	2014	La prospección y exploración de yacimientos minerales es una labor ardua y compleja, que analizaremos desde su base; es decir, desde la perspectiva geológica. La prospección es la investigación conducente a determinar áreas de posible mineralización, por medio de indicaciones físicas y químicas, medidas con instrumentos y técnicas de precisión.

Tomando en cuenta los estudios descritos en la tabla 1 se clasificó la información en las figuras siguientes:



Figura 1. Año de publicación de los documentos encontrados.

En la Figura 1, se muestra el número de documentos encontrados por año, en el 2016 se realizaron la mayor parte de estudios y en el 2017 y 2018 no se encontraron estudios referentes a prospección para la exploración minera.

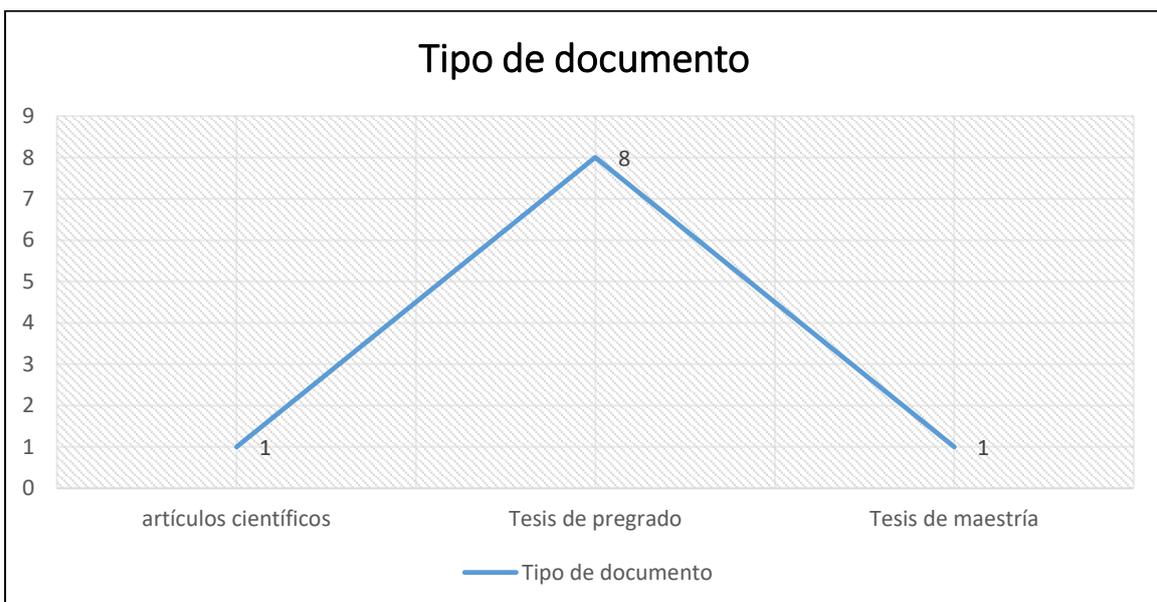


Figura 2. Tipos de documentos encontrados.

En la Figura 2, se muestra el número de tipos de documentos encontrados, los más estudiados han sido tesis de pregrado, luego artículos científicos y finalmente tesis de maestría.

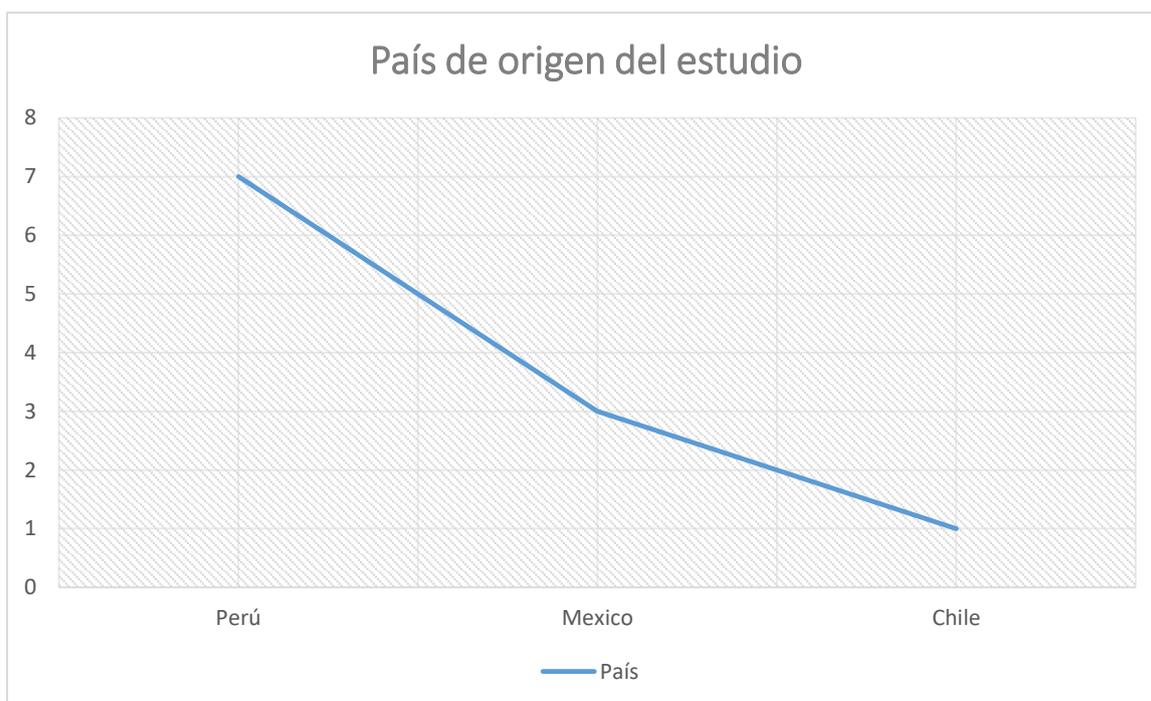


Figura 3. Estudios por país de origen.

En la Figura 3, se muestra el número de documentos encontrados clasificados por el país donde se publicó, 7 estudios se encontraron en Perú, 3 estudios de México y 1 en Chile.



Figura 4. Estudios encontrados por tema.

En la Figura 4, se muestra el tema que se ha abordado en la presente revisión sistemática, 8 estudios abordaron temas referentes a prospección de yacimientos minerales, 1 exploración minera y 1 en perforación exploratoria.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a los antecedentes se concluyó que la prospección es la localización de una anomalía geológica con propiedades de un depósito mineral mediante la reducción del área de investigación. En esta etapa se desconoce el tamaño y el valor del depósito mineral encontrado, sólo se identifica a grandes rasgos el área de interés para luego pasar a la etapa de exploración.

Mediante este trabajo hemos podido conocer todo lo referente a las etapas de prospección, así como al reconocimiento de depósitos minerales y algunos términos mineros usados adecuados a este tema.

La prospección tiene por finalidad el reconocimiento general de un yacimiento mineral. La exploración y la prospección son fases estrechamente ligadas y a veces se las combinan, a menudo los geólogos y mineros se ocupan de ellas.

Con el estudio de prospección se determina si el yacimiento presenta un potencial mineralógico alto en el Proyecto Minero.

El estudio de prospección minera es una herramienta importante que nos permiten esclarecer evidencias geológicas favorables de mineralización y alteraciones de un yacimiento.

REFERENCIAS

Aguilar, J., y Izquierdo, E. (2016). Caracterización de la Mineralogía en la Veta Murciélago para Determinar el Método de Explotación en la Mina Paredones, Provincia de San Pablo, Región Cajamarca. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.pe/>.

Chui, D. (2016). Prospección Geológica del Proyecto Cunuyo 2003, Sina - Puno. *Tesis Profesional*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.pe:8080/js>.

Cubas, A. (2016). Análisis de Riesgos en Exploraciones Mineras para Implementar un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional en el Perú. *Tesis Profesional*. Lima, Perú: Universidad San ignacio de Loyola. Obtenido de <http://biblioteca.usil.pe/tesis/11996/X/4>.

Flores, E. (2012). Inclusiones Fluidas y Metalogenia del Depósito Epitermal Ag-Au del Distrito San Martín Mpio. Colón, QRO. *Tesis Magistral*. México: Universidad Autónoma de México. Obtenido de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/1>.

Garza, C. (2013). Prospección Metalogenética del Pórfido de Cobre de Tiámara, Estado De Michoacán. *Tesis Doctoral*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://conrl.unam.edu.me/bitstream/>.

Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>.

Leiva, J. (2015). Medición de las Propiedades Geoquímicas y Mecánicas del Pasivo Ambiental Relave Mina Paredones para su Propuesta de Utilización como Relleno en Pasta

para Labores Mineras Subterráneas – El Teniente –2015. *Tesis Profesional*. Valparaíso, Chile: Universidad Nacional de Chile. Obtenido de <http://cg.unch.ch/bibliotheque/public>.

López, C. (2014). Técnicas de exploración minera. (Libro). Madrid, España: Foro de Desarrollo Minero. Obtenido de http://www.ifema.es/web/ferias/foro_minero2014.pdf

Morales, F. y Abanto, A. (2016). Influencia de la Caracterización Mineralógica en la Posible Explotación de la Mina Cerro Negro 1, Distrito de Cáceres del Perú-Jimbe, Provincia del Santa, de la Región Ancash – 2016. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.unp.pe/bitstream/uni3>.

Rojas, L. (2014). Prospección Geológica de la Formación Cajamarca con Fines Industriales, Cumbemayo - Cajamarca. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://www.unc.edu.pe/repositorio-tesis>

Ruiz, A. (2015). Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales. *Tesis Profesional*. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <http://cybertesis.unp.edu.pe/bitstream>