

# **Trabajo de Diploma**

**Para Optar por el Título de**  
**Licenciada en**  
**Contabilidad y Finanzas**

**Título: Estudio de mercado de los minerales residuales en las colas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Caso de estudio: Aluminio**

**Autor: Arlety Marrero Mariño**  
**Tutor (es): Ms. C. Marcos Miguel Medina Arce**  
**Lic. Amauris González Martínez**  
**Consultante: Ing. Salder Sánchez Hechavarría**

## **RESUMEN**

---

La minería es la extracción selectiva y racional de los minerales y materiales de la corteza terrestre. Denominándose de esta manera como la actividad económica primaria relacionada con la extracción de elementos de los cuales se puede obtener un beneficio económico. En Cuba, esta actividad se ha desarrollado por décadas provocando la existencia de las presas de colas, en las que se albergan enormes volúmenes de los residuales desechados una vez obtenido el mineral deseado.

En años anteriores se han realizado diferentes estudios sobre los diferentes minerales encontrados en estos residuales. Como ejemplo de esto, Cutiño Abreu, 2015 y Reinos Rodríguez, 2018 los cuales realizaron estudios para la explotación del hierro (Fe) y del cromo (Cr), ambos encontrados en los residuales de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, sin embargo, aún existen otros minerales que no se han tenido en cuenta en dichos estudios, por lo que no existen inversiones para su explotación y constituyen a su vez una barrera para el desarrollo sustentable de la minería.

Toda esta problemática lleva a la necesidad de realizar un estudio de mercado para la explotación del mineral aluminio encontrado en los residuales de las colas níquelíferas del municipio, teniendo en cuenta el modelo diseñado por Philip Kotler y diferentes técnicas de pronóstico para el análisis de los precios en el mercado, los cuales permitirán fundamentar estrategias para la posibilidad de su explotación y el inicio de nuevas inversiones en el país.

## **ABSTRACT**

---

Mining is the selective and rational extraction of minerals and materials from earth cortex. Then, is possible to identify it, as term, with the primary economical activity related to the extraction of elements with the purpose of receiving economic incomes. In Cuba this activity have been developed across decades promoting the existence of waste materials dams, with vast volumes of residuals coming from the extraction processes.

Some researchers in previous years have developed studies on different minerals found in this residuals. As a sample of this, Cutiño Abreu, 2015 y Reynosa Rodríguez, 2018, explored on the possibility of extracting iron (Fe) and chrome (Cr), both elements are present in residual dams of The Enterprise Comandante Ernesto Che Guevara, however there are many other minerals that have not been considered yet, and as a consequence there are not investments projects on extracting them. At the same time this problem is a significant barrier for implementing a sustainable mining model.

All of these problems creates the need of developing a market study on the extraction of aluminum mineral existing in the residual dams after the nickel extracting process in the municipality, based on the model designed by Philip Kotler and some other forecast techniques for analyzing actual prices in the market, which will establish strategies for the possibility of mining it and starting new investments in the country.

## CONTENIDO

---

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL OBJETO DE ESTUDIO Y EL CAMPO DE ACCIÓN.....	5
1.1 El Marketing .....	5
1.1.1 Evolución histórica del Marketing en Cuba .....	7
1.2 Estudio de mercado, definición y utilidad .....	9
1.2.1 Evolución de los estudios de mercado .....	10
1.3 Metodología para el estudio de mercados .....	12
1.4 Análisis de la competencia y posibles clientes.....	15
1.4.1 Análisis de la Competencia .....	15
1.4.2 Análisis del consumidor .....	17
1.5 Métodos de pronósticos .....	19
1.5.1 Redes Neuronales.....	22
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN ECONÓMICA SOBRE LOS MINERALES EN LOS RESIDUALES DE LA MINERÍA DEL NÍQUEL .....	27
2.1 Caracterización del municipio Moa .....	27
2.2 Caracterización del proceso CARON.....	28
2.3 Caracterización de las presas de colas níquelíferas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara (ECG).....	29
2.4 Caracterización de los minerales encontrados en los residuales de cola de la Empresa Comandante ECG .....	32
2.4.1 Caracterización del Hierro.....	32
2.4.2 Caracterización del Cromo.....	32
2.4.3 Caracterización del Aluminio.....	33
2.5 Análisis de la competencia .....	35
2.5.1 Análisis de la competencia del Hierro y el Cromo .....	35
2.5.2 Análisis de la competencia del Aluminio (Al).....	35
2.6 Análisis de los posibles consumidores.....	37
2.6.1 Análisis de los posibles consumidores del Hierro y el Cromo .....	37
2.6.2 Análisis de los consumidores del Aluminio.....	37
2.7 Identificación de tecnologías a fines al procesamiento del mineral encontrado en las colas del proceso CARON.....	40
2.7.1 Identificación de las tecnologías para la explotación del Hierro y el Cromo .....	40
2.7.2 Caracterización de la tecnología empleada para la explotación del Aluminio (Al).....	41
2.8 Análisis de la tendencia de los precios en el mercado internacional .....	45
2.8.1 Análisis de la tendencia de los precios del Aluminio .....	45
2.9 Impacto medio ambiental, social y económico.....	49
2.9.1 Impacto medio ambiental .....	49
2.9.2 Impacto Social.....	49
2.9.3 Impacto Económico.....	49
2.10 Conclusiones del Capítulo .....	50
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53



## **INTRODUCCIÓN**

La minería es la extracción selectiva y racional de los minerales y materiales de la corteza terrestre. Denominándose de esta manera como la actividad económica primaria relacionada con la extracción de elementos de los cuales se puede obtener un beneficio económico. Debido al avance de la misma en los últimos tiempos se han conseguido resultados significativos en el desarrollo de las ciencias y las tecnologías construidas por el hombre.

Se considera por algunos investigadores que dentro de los conceptos que tributan a la sustentabilidad de la actividad minera, se encuentran las acciones de conservación de bienes, objetos y tradiciones, que en un momento determinado de la historia de un asentamiento minero pueden llegar a formar parte del patrimonio tangible y no tangible.

La minería desarrollada por los países, entre los cuales se incluye a Cuba, comete el error de solo explotar el mineral a comercializar, es decir, el mineral principal, desechando de esta manera el resto de los minerales, los cuales resultan de mera importancia y valor para la comercialización en el mercado mundial pues durante muchos años carecían de interés y por ende no se realizaban inversiones para su explotación, construyendo de esta manera una barrera para el desarrollo sustentable de la minería. Sin embargo, en las últimas décadas el hombre no ha cesado de encontrar para ellos aplicaciones múltiples en las nuevas tecnologías que han ido surgiendo durante los últimos años.

En el año 1598 se realiza en Cuba el primer reconocimiento geológico de la isla, extendiéndose hasta la parte oriental de la isla y trayendo consigo el descubrimiento de diversos minerales. A partir de dichos estudios, interesados en el tema, tanto nacionales como extranjeros, inician una actividad económica que se enmarcaría en el surgimiento de la minería en Moa.



Una vez comenzada la minería en Moa, 1940, comienzan a notarse cambios en las localidades cercanas, aunque no puede dejarse de mencionar el mero hecho de que con el paso del tiempo esta comienza a afectar tanto al medio ambiente en donde se comienza a ejecutar la actividad como sus alrededores, y a la población.

Con la puesta en marcha de la Ernesto Che Guevara el 11 de enero de 1984, fábrica que utiliza el proceso CARON, se crean las presas de cola, en las cuales se vierten los residuos una vez obtenido el Ni + Co. Estas presas en su totalidad presentan altas concentraciones de minerales representativos como el aluminio, sílice, hierro, magnesio, cromo, zinc y manganeso, así como pequeñas concentraciones de níquel y cobalto y otros elementos de las “Tierras Raras”, los cuales presentan un valor económico significativo para el país, debido a que en los últimos tiempos el consumo de estos elementos se ha incrementado.

Todo lo anterior expuesto ha quedado demostrado mediante estudios realizados por diferentes autores Ferreiro, 2014; Cutiño Abreu, 2015 y Reinos Rodríguez, 2018, los cuales proponen la introducción en el mercado del hierro (Fe) y el cromo (Cr) para fines siderúrgicos. Son ideas que se relacionan perfectamente con los Lineamientos del VII Congreso del PCC (66, 67, 68, 74, 86, 87 y 143) y con las líneas estratégicas de la economía cubana hasta el 2030.

Con la puesta en marcha de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, se crean las presas de cola, donde se vierten los residuos una vez obtenido el mineral deseado. En dichos residuos se encuentran otros minerales, los cuales presentan una amplia gama de usos industriales, por lo que pudieran encontrarse en explotación para su utilización y sustitución de importaciones, lo que este constituye la **situación problemática** de esta investigación y se plantea como **problema científico** necesidad de realizar un estudio de mercado para la explotación del mineral aluminio encontrado en los residuales de las colas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara con fines comerciales.

Como **objeto de estudio** se ve el marketing, el **campo de acción** lo constituye el estudio de mercado para el aluminio presente en las presas de colas níquelíferas



de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara y el **objetivo general** realizar un estudio de mercado para el aluminio presente en las colas de la Ernesto Che Guevara para su posible explotación y sustitución de importaciones mediante la metodología seleccionada.

Como **objetivos específicos** se presentan los siguientes:

1. Definir el marco teórico conceptual del objeto de estudio y el campo de acción.
2. Realizar un análisis de la documentación existente sobre los minerales encontrados en los residuales del proceso CARON.
3. Caracterizar el mineral aluminio presente en los residuales de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
4. Realizar un diagnóstico de los proveedores y compradores del mineral a comercializar.
5. Realizar un diagnóstico de la tendencia de los precios en el mercado internacional del mineral aluminio.

Para dar cumplimiento al problema y los objetivos propuestos se propone como **hipótesis**: que, si se realiza un estudio de mercado para el aluminio presente en las colas níquelíferas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, entonces se contará con herramientas para la toma de decisiones en cuanto a la explotación y comercialización.

Para la realización del trabajo se emplean los siguientes métodos:

**Métodos Teóricos:**

- ✓ **Analítico-sintético:** Permitirá estudiar la esencia del fenómeno objeto de estudio, lográndose establecer los fundamentos teóricos y metodológicos de la investigación, la fundamentación de la propuesta, el diseño de solución y el análisis de los resultados.



- ✓ **Inductivo-deductivo:** Se utilizará en la búsqueda de la solución al problema a partir de la información y situaciones que se acumularán hasta llegar a las conclusiones.
- ✓ **Histórico-lógico:** Se aplicará en el proceso de la investigación para establecer el marco conceptual y sistematizar las tendencias de los precios del aluminio almacenado en las presas de colas.

***Métodos Empíricos:***

- ✓ **Entrevista no estructurada:** con los directivos de las empresas, con los equipos de negocios, con los encargados de los planes de comercialización y especialistas del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- ✓ **Estadísticos:** Para determinar la tendencia de los precios de los diferentes minerales seleccionados.



## **CAPÍTULO I: ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL OBJETO DE ESTUDIO Y EL CAMPO DE ACCIÓN**

### **1.1 El Marketing**

Marketing es un concepto inglés, traducido al castellano como mercadeo o mercadotecnia. Se trata de la disciplina dedicada al análisis del comportamiento de los mercados y de los consumidores. El marketing analiza la gestión comercial de las empresas con el objetivo de captar, retener y fidelizar a los clientes a través de la satisfacción de sus necesidades

En administración el término mercadotecnia o mercadología (en inglés marketing) tiene diversas definiciones. Según Philip Kotler (2006), considerado por algunos el padre de la mercadotecnia moderna: «el proceso social y administrativo por el que los grupos e individuos satisfacen sus necesidades al crear e intercambiar bienes y servicios».

Se le ha definido como una filosofía de la dirección que sostiene que la clave para alcanzar los objetivos de la organización reside en identificar las necesidades y deseos del mercado objetivo y adaptarse para ofrecer las satisfacciones deseadas por el mercado de forma más eficiente que la competencia.

El Marketing es también un proceso que comprende la identificación de necesidades y deseos del mercado objetivo, la formulación de objetivos orientados al consumidor, la construcción de estrategias que creen un valor superior, la implantación de relaciones con el consumidor y la retención del valor del consumidor para alcanzar beneficios.

Actualmente, el proceso de pensamiento de mercadotecnia se desarrolla de la mano del modelo de negocio. De esta manera se puede visualizar el entorno empresarial con mayor precisión y establecer estrategias de mercadotecnia integral y efectiva.



El Marketing tiene un conjunto de principios, metodologías y técnicas a través de las cuales se busca conquistar un mercado, colaborar o en la obtención de objetivos de la organización, y satisfacer las necesidades y deseos de los clientes. Es la orientación con la que se administra el mercado o la comercialización dentro de una organización.

Para una organización lograr que los consumidores tengan una visión y opinión positiva de ella y sus productos, debe encargarse de gestionar el propio producto y su precio con los clientes, relacionarse favorablemente con estos, con los proveedores y con sus empleados; apoyarse en la publicidad a través de diversos medios y soportes; y lograr la presencia de su imagen en los medios de comunicación, como parte de sus relaciones públicas. Todo eso forma parte del marketing.

Se puede afirmar que, en la actualidad, el marketing ya no es solo una función o actividad más en la organización, sino una actitud gerencial hacia la forma de hacer negocios, considerando como centro de su atención el cliente para lograr el éxito, ya que el objetivo del marketing no es vender el producto, sino dominar el mercado, que implica trascender la simple venta mediante el logro de una competitividad que asegure permanecer y crecer en ese mercado.

El estudio de mercado es un instrumento del marketing que se utiliza para recopilar, analizar e informar los hallazgos relacionados con situaciones específicas en el mercado y constituye un importante aporte al proceso de planteamiento estratégico y toma de decisiones. Es muy utilizado para la introducción al mercado de un nuevo producto o servicio.

Surgió como iniciativa empresarial con el fin de identificar la posibilidad comercial de la ejecución de una actividad económica cualquiera. Generalmente se basa en tres grandes opciones: análisis del consumidor, análisis de la competencia y de las estrategias. Su principal objetivo es obtener información que contribuya a enfrentar las condiciones del mercado, tomar decisiones y anticipar la evolución del mismo.



### **1.1.1 Evolución histórica del Marketing en Cuba**

En Cuba, luego del triunfo de la Revolución, no se utilizaban las técnicas y herramientas del marketing, pues se consideraban solo como una técnica exclusiva de la economía de mercado. Durante mucho tiempo las empresas cubanas trabajaron de espaldas al mercado.

En 1971 se creó el Instituto de investigación y orientación de la demanda interna y se realizaron otros intentos en la Cámara de Comercio, el Ministerio de Comercio Interior, el Ministerio de la Industria Alimenticia, el Instituto Nacional de la Pesca y otros, con el objetivo de crear un método científico socialista en el marketing, sin embargo, no existía una conceptualización del marketing para su aplicación.

A inicios de la década del 90 el campo socialista europeo desapareció. Esto provocó el fin de las comodidades financieras que ofrecía el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), la pérdida de sus mercados habituales y, por consiguiente, el freno a las producciones cubanas; lo que trajo como consecuencia la necesidad de abrirse a nuevos mercados, trabajar en la identificación de nuevas oportunidades de mercado, mantenerlas y hacerlas crecer con la mayor eficacia y eficiencia posibles.

En la Resolución Económica del V Congreso del Partido Comunista de Cuba, 1997, se hacen innumerables referencias a la necesidad de realizar estudios de demanda para justificar procesos inversionistas, para elevar la eficacia y eficiencia del comercio minorista y para la reducción de inventarios ociosos.

En el año 2007 se traza el Decreto Ley No. 252 sobre la continuidad y el fortalecimiento del sistema de dirección y gestión empresarial cubano y el Decreto No. 281: Reglamento para la implantación y consolidación del sistema de dirección y gestión empresarial estatal, aparece incluido el Sistema de Marketing (capítulo XVIII) con un enfoque social. El mismo plantea que: el marketing es una concepción moderna en la dirección de la empresa, basada en los deseos,



necesidades y demandas de la sociedad y de los clientes, por lo cual se considera uno de los principales procesos de la empresa.

Comienza a manifestarse un cambio en el mercado cubano al modificarse el monopolio de propiedad estatal por la entrada de capital extranjero y el trabajo por cuenta propia, que establecen pautas de comportamiento empresarial que el resto de la economía está precisada a asumir. Al cambiar el entorno económico del país, las empresas cubanas se vieron obligadas a cambiar y a tratar de ponerse a tono con los momentos actuales del mercado mundial. A partir de ese momento y hasta la actualidad, teniendo en cuenta la apertura de la economía nacional a nuevas formas de propiedad, al desarrollo del turismo y a la universalización del comercio exterior, las características fundamentales del entorno empresarial cubano en cuanto al conocimiento y aplicación del marketing comenzaron a cambiar y desarrollarse en un constante aumento.

Para noviembre de 2010 se da a conocer la convocatoria al VI Congreso del PCC y su proyecto de lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, "...lo que dará paso a la sostenibilidad y preservación de nuestro sistema social." (Castro Ruz, R. 2010). Dentro de estos lineamientos se pueden encontrar parámetros basados en el marketing, dirigido al comercio exterior, interior, política de precios, investigación de mercados, diseño de sistemas de comercialización, plan de negocios, desarrollo de nuevos productos y servicios, fomento de nuevas iniciativas empresariales, competitividad empresarial enfocado en la importación, exportación, entre otros.

Es un hecho que el marketing nació en el capitalismo como una necesidad para la organización de las actividades de la circulación de mercancías y la subsistencia y enriquecimiento de la empresa capitalista que, con su desarrollo se amplió a la producción, convirtiéndose en un enfoque de gestión empresarial, bajo el cual la satisfacción de los clientes es el medio para el logro de los objetivos de lucro. Pero esto no puede ser razón suficiente para negar la posibilidad de su utilización



consciente en las condiciones del Socialismo, convirtiendo la satisfacción de los clientes en fin y no en medio. (Barreiro Pousa, 2003)

Desde el punto de vista empresarial, el marketing constituye una importantísima herramienta en las condiciones del Socialismo para lograr dos fines importantes: la eficiencia requerida en la producción y servicios, con su consecuente impacto en el racional empleo de los recursos y por otra parte, en la creciente satisfacción de las necesidades, deseos y expectativas de la población, lo que constituye la Ley Fundamental de nuestro modo de producción (Hernández Ruíz, 2004)

Mejorar todas las áreas y sectores de la economía cubana conlleva a mejorar también las estrategias del marketing que puedan crear espacios reales y palpables para una buena elaboración de una planeación estratégica y de un plan de marketing, lo que puede traer como consecuencia a mediano y a largo plazo una mejor ubicación de las empresas en el mercado con respecto a la aceptación de los clientes.

## **1.2 Estudio de mercado, definición y utilidad**

Un estudio de mercado es un proceso de investigación mediante el cual se recoge información sobre diferentes factores relacionados con la actividad empresarial (clientes, competencia, entorno y variables que intervienen en un marco delimitado de actuación), se somete a un análisis e interpretación y se extraen una serie de conclusiones que facilitarán la toma de decisiones sobre la viabilidad o reformulación de un proyecto empresarial.

Además, sirve para anticipar la respuesta de los clientes potenciales y la competencia ante un producto o servicio concreto, bien de cara a su lanzamiento o reposicionamiento en el mercado.

El objetivo de un estudio de mercado es conocer el perfil y comportamiento del cliente objetivo, que a menudo se divide en distintos segmentos o nichos de mercado, así como determinar el tamaño actual y futuro del mercado, anticipar las



reacciones de la competencia y proveedores e identificar posibles elementos que puedan llegar a transformar radicalmente el sector, como por ejemplo la irrupción de una nueva tecnología o legislación.

Hay que resaltar que en la sociedad actual, más competitiva y cambiante que nunca, el estudio de mercado tiene mucha importancia ya que ayuda a saber en todo momento como están evolucionando los clientes y los competidores.

Según indicaba la propia definición, el desarrollo de un Estudio de Mercado implica un proceso de recogida de información presente en el entorno. El problema surge cuando se han de seleccionar las fuentes de información (deben de ser fiables), las herramientas que permitirán trabajar con los datos recogidos (que sean accesibles) y la capacidad de análisis para interpretar los resultados obtenidos (interpretación correcta).

Un estudio de mercado debe servir para tener una noción clara de la cantidad de consumidores que va a tener el producto o servicio que se piensa vender, dentro de un espacio definido, y a qué precio están dispuestos a obtenerlo. Además, este estudio indica si las características y especificaciones del bien o servicio corresponden a las exigencias del cliente. Dirá igualmente qué tipo de clientes son los interesados en el producto, lo cual servirá para orientar la producción del negocio. Finalmente dará la información acerca del precio apropiado para colocar el bien o servicio y competir en el mercado, o bien imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.

### **1.2.1 Evolución de los estudios de mercado**

Durante los años 1880, la mayoría de las empresas se consideraron pequeñas y tenían un conocimiento global de sus clientes. Los gerentes obtenían información de mercados mezclándose con la gente, observándola y planteando preguntas directamente.



A medida que las empresas se expandían a mercados nacionales, regionales y otros necesitaban información sobre mercados más grandes y más distantes.

Conforme aumentaban los ingresos, los compradores se volvían más selectivos y más exigentes en lo que compraban, los vendedores necesitaban información más completa relacionada con la forma de cómo los compradores respondían a los diferentes productos.

Se puede afirmar entonces, que a medida que han ido creciendo las actividades comerciales las empresas se alejan del contacto directo con el consumidor, y para conocer los gustos y preferencias habría que hacer uso de la investigación de mercados.

El período de 1910 a 1920 se conoce como el inicio formal de las investigaciones de mercado siendo los principales pioneros Charles C. Parlin, quien en 1911 fundó el primer departamento orientado a realizar investigaciones de mercado dentro del Curtis Publishing. En 1919 el profesor de la Universidad de Chicago, C.S. Duncan publicó el libro “La Investigación comercial: generalidad sobre el principio del trabajo”, considerándose como el primer libro importante sobre la investigación comercial. En 1921 Percival White publicó “Análisis del Mercado” siendo este el primer libro de investigación que obtuvo una cantidad considerable de lectores. En 1937 Lyndon O. Brown publicó el libro “Investigación y Análisis del Mercado”, convirtiéndose en uno de los textos universitarios más populares de la época, lo cual refleja el creciente interés en la investigación de mercados.

Entre 1920-1940 se inicia la aplicación de técnicas de muestreo, los métodos de muestreo probabilísticos lentamente fueron ganando aceptación en este período.

Los años 40 fueron denominados la toma de conciencia por parte de la Gerencia. Las gerencias de las empresas comenzaron a tomar mayor interés en la investigación de mercados, debido al valor que tiene en la toma de decisiones. La investigación de mercados adquirió la categoría de recurso en la toma de decisiones del marketing.



Entre 1960 y 1970, debido a los avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones, se crean aplicaciones de computadoras para la construcción de modelos y facilitar la toma de decisiones de mercadotecnia.

En los tiempos actuales, los estudios de mercado han ido incorporando y aprovechando los conocimientos y experiencias adquiridas en una alta gama de disciplinas. Entre las que han hecho las aportaciones más valiosas se encuentra la estadística, la psicología y otras ciencias naturales y sociales.

### **1.3 Metodología para el estudio de mercados**

El proceso que implica elaborar un estudio de mercado, requiere una planificación en la que se enumerarán y detallarán los objetivos, las acciones y recursos que se van a destinar a ello. Ante la incertidumbre de decidir por dónde comenzar, varios especialistas han descrito procesos para realizar un estudio de mercado que facilite la ruta a aquellos empresarios y/o emprendedores que deseen realizar uno a su medida.

Entre los más significativos están:

Boxwell (1998) recomienda cinco pasos que se muestran a continuación:

1. Determinar el objetivo del estudio de mercado: donde se identifican los clientes, sus necesidades, y por último, diagnosticar el proceso de estudio de mercado.
2. Formación de un equipo de especialistas internos o externos: pueden ser equipos inter-funcionales, inter-departamentales, e inter-organizacionales.
3. Identificación de socios: donde se establece una red de información propia y se identifican recursos de información u otras fuentes.
4. Recopilar y analizar la información sobre el estudio de mercado.
5. Elaborar un informe de estudio de mercado: presentarlos resultados de los clientes, identificar posibles mejoras de productos y procesos, y una mejor visión del proyecto en su totalidad.



Kotler (2003) plantea que un estudio de mercado debe estar estructurado por seis tareas:

1. Definición del problema y los objetivos de la investigación: donde el investigador debe ser capaz de ayudar a definir el problema y recomendar cambios de investigación y establecer los objetivos de la investigación.
2. Desarrollo del plan de investigación de acuerdo a las necesidades específicas de información. Se basa en la definición del procedimiento a seguir y las técnicas de trabajo a utilizar en el estudio de mercado.
3. Implantación del plan de investigación: incluye el análisis de la mezcla del marketing, del consumidor, la competencia, sobre los factores que inciden sobre la actividad propuesta y de las estrategias que se diseñen.
4. Interpretación de los resultados: consiste en formular conclusiones a partir de la información recabada. El investigador tabula los datos, desarrolla tablas de distribución de frecuencias y extrae medias y medidas de dispersión de las variables más significativas. Posteriormente, intentará aplicar algunas de las técnicas estadísticas más avanzadas y modelos de decisión, con la intención de descubrir información adicional.
5. Informe de los resultados: el investigador presenta los resultados que tienen relevancia para los problemas que enfrenta la dirección en cuanto a la toma de decisiones.
6. Toma de decisiones: Es en donde los directivos plantean las conclusiones y determinan si es factible o no el resultado de la investigación. También podrían optar por estudiar más la situación y ampliar la investigación. La decisión es suya, pero sin duda la información que han recibido les ayudará a ver el problema con mayor claridad.

Cutiño Abreu, E (2015) confeccionó un procedimiento que integra nuevas variables a la investigación del mercado: tecnología e impacto socioeconómico y ambiental, la cual consta de seis pasos:



1. Determinar la necesidad de información y plantear los elementos de la metodología de la investigación que responda a los objetivos que se pretenden alcanzar
2. Identificar y recomendar la tecnología más apropiada para la producción propuesta, que cumpla con los requisitos de sustentabilidad y eficiencia productiva deseados.
3. Implementar o analizar la mezcla del marketing o “4P” en función de la actividad o producto propuesto, recomendando alternativas de comercialización que se adecuen a las condiciones socio-económicas y políticas del país y la región donde se desarrolle la actividad propuesta.
4. Analizar el entorno donde se desarrolla la actividad propuesta, para determinar la influencia de los factores de la competencia y los consumidores, y así trazar estrategias para insertar, mantener o desarrollar el producto en nuevos mercados.
5. Evaluar el impacto socio-económico que la producción y/o comercialización propuesta tendrá sobre la sociedad y la economía nacional, de manera que proporcione un mejor y más complejo conocimiento de los posibles beneficios y ventajas que conlleva su implementación.
6. Evaluar el impacto ambiental de la nueva actividad propuesta, a través de consultas a especialistas y la evaluación del marco legal que la rodea, que favorezca la aplicación de medidas de protección o mitigación efectivas.

Colectivo de Autores (2016) Expone tres pasos para realizar el estudio

1. Definir el objetivo del estudio de mercado, donde se define la naturaleza, la magnitud del mercado y cuándo puede llegar a los clientes para concluir determinando el tipo de estudio que se va a emplear.
2. Escoger un tamaño de muestra y prepara una lista de preguntas con respuestas cuantificadas que brinden la información que necesitas para la investigación de mercado e identifica las variables que puedan afectar los resultados.



3. Registrar y tabular las respuestas numéricas asegurando calcular los promedios y analizar las respuestas remotas, y por último compilar la información en un informe que resuma los resultados.

En las metodologías expuestas por los diferentes autores se puede apreciar que concuerdan con que el punto primario para la investigación de mercados lo constituye la definición clara de los objetivos, de esta manera se puede orientar la dirección que seguirá el estudio y que tareas realizar para su cumplimiento exitoso.

Una vez estudiadas las diferentes metodologías, se llega a la decisión de que la más acertada para la realización de este trabajo es la de Philip Kotler, ya pues resulta ser la más abarcadora en cuanto a los términos de mercadotecnia y de ofrecer una evaluación económica más integral garantizando un proceso de toma de decisiones por parte de directivos para aprobar una apertura de negocio.

#### **1.4 Análisis de la competencia y posibles clientes**

En una correcta investigación de mercados, es ineludible realizar el análisis de dos factores fundamentales del entorno socioeconómico de una entidad: el consumidor y la competencia. Los mismos influyen directamente sobre las ventas de una empresa y garantizan el logro de niveles de calidad óptimos durante la producción de un bien o servicio, de manera que se obtenga la satisfacción del cliente y eventualmente, se incremente la cantidad de consumidores y de ingresos.

##### **1.4.1 Análisis de la Competencia**

En economía, la competencia es una situación patrimonial en la cual los agentes económicos tienen la libertad de ofrecer bienes y servicios aptos en el mercado, y de elegir a quién compran o adquieren estos bienes y servicios. En general, esto se traduce por una situación en la cual, para un bien determinado, existe una pluralidad de oferentes y demandantes.



Cada día es más importante conocer los competidores, ya que al tener un punto de referencia se pueden mejorar sustancialmente algunos aspectos en referencia a las desventajas.

El análisis de los competidores y cómo se comparan ambos negocios, evaluando las fortalezas y debilidades del competidor, puede empezar a formular cómo darle a la empresa una ventaja. El análisis es parte del plan de marketing de la compañía y da un contexto para el crecimiento de los planes.

Los competidores evaluados pueden ser:

Directos: Negocios que venden el mismo tipo de bienes y servicio y tienen el mismo mercado.

Indirectos: Negocios que venden productos sustitutos o que pueden usarse en lugar de otros productos o servicios.

Posibles nuevos participantes: Aunque no puedes predecir el futuro, cualquier noticia de una entrada de un negocio nuevo al mercado debe ser tomada en cuenta al analizar la actual y futura competencia.

Para hacer el análisis de la competencia se debe primero identificarla, es decir, determinar quiénes son las empresas que están en capacidad de "robar" clientes potenciales a la compañía. Por ejemplo: para Coca-Cola, Pepsi es su principal rival, para Samsung, iPhone es su enemigo número uno y para Mercedes, BMW es su eterno contrincante.

Conocidos los principales competidores, el siguiente paso es determinar los principales objetivos, es decir, qué se busca en el mercado y qué motiva su comportamiento, identificando las estrategias. El objetivo por lo tanto es estudiar detalladamente cada una de estas estrategias y recolectar información que servirá para el desarrollo del producto propio de una compañía.



Conocidas las estrategias de un competidor, una empresa determinará si han servido o por el contrario el resultado ha sido negativo. Es decir, se medirá la fuerza y la debilidad de un competidor y se atacará donde exista la posibilidad de actuar o se compararán los puntos fuertes de la competencia con los propios y se tratará de mejorar.

Al analizar la competencia se puede decidir a qué competidores atacar y a cuáles no. Por naturaleza, siempre ha sido más fácil atacar al más débil, pero a veces la recompensa no es grande, también es necesario centrar esfuerzos para atacar a los grandes competidores y superarlos en algún aspecto donde ellos son débiles, brinda una satisfacción mucho mayor.

Una compañía tiene ventaja competitiva cuando cuenta con una mejor posición que los rivales para asegurar a los clientes y defenderse contra las fuerzas competitivas. Existiendo muchas fuentes de ventajas competitivas: elaboración del producto con la más alta calidad, proporcionar un servicio superior a los clientes, lograr menores costos que los rivales, tener una mejor ubicación geográfica, diseñar un producto que tenga un mejor rendimiento que las marcas de la competencia.

El análisis de la competencia brinda a la empresa un excelente sustento para desarrollar estrategias de mercadotecnia que le permitan mejorar su posición dentro del mercado.

#### **1.4.2 Análisis del consumidor**

Un consumidor o cliente es una persona u organización que demanda bienes o servicios a cambio de dinero u otro artículo de valor. Es decir, es un agente económico con una serie de necesidades. El consumidor es al cual el marketing dirige sus acciones para orientar e incitar a la compra, estudiando el proceso de toma de decisiones del comprador.



Existen dos tipos de clientes: activos e inactivos, los primeros son aquellos que, en la actualidad, están realizando compras o que lo hicieron dentro de un periodo corto de tiempo. En cambio, los clientes inactivos son aquellos que realizaron su última compra hace bastante tiempo atrás, por tanto, se puede deducir que se pasaron a la competencia, que están insatisfechos con el producto o servicio que recibieron o que ya no necesitan el producto. Esta clasificación es muy útil porque permite identificar a los clientes que son habituales y que requieren una atención especial para retenerlos, ya que son los que en la actualidad le generan ingresos económicos a la empresa, y también para identificar aquellos clientes que por alguna razón ya no compran a la empresa, y que, por tanto, requieren de actividades especiales que permitan identificar las causas de su alejamiento para luego intentar recuperarlos.

Para conocer al consumidor, se puede recurrir a dos tipos de investigación:

**Cualitativa:** se enfoca en conocer cada detalle sin perder de vista los más pequeños acerca de su consumidor. Consisten en entrevistas a fondo, grupos de enfoque, análisis de metáforas, investigación de montajes y técnicas proyectivas.

**Cuantitativa:** suele arrojar datos sobre los cuales se pueda generalizar. Recurre principalmente a los métodos de investigación positivistas, como experimentos, observación y técnicas de encuesta.

El estudio del comportamiento del consumidor, es el estudio de como los individuos toman decisiones para gastar sus recursos disponibles en asuntos relacionados con el consumo. Ello permite determinar sus necesidades de consumo, la forma de satisfacerlas, y averiguar sus hábitos de compra.

El análisis de los consumidores posee un carácter indispensable, debido a que se deben conocer los gustos y preferencias propias de cada segmento del mercado, permite decidir con precisión, cuál es la estrategia más apropiada para llegar al mercado meta y asegurar una venta exitosa, la cual idóneamente llegará a convertirse en una relación de retención de clientes leales. Además de ello,



proporciona las herramientas necesarias para que la empresa sepa cómo incrementar el valor del producto o servicio, ya que indaga en dónde radica ese valor según la percepción del cliente final.

### **1.5 Métodos de pronósticos**

En el ámbito de los negocios un pronóstico es una herramienta que permite hacer una estimación acerca de la probabilidad de los eventos futuros. Aunque existen diferentes métodos para la elevación de un pronóstico, siempre se debe seguir un proceso lógico que consta de los siguientes pasos:

- Formular el problema y recolectar datos
- Manipular y limpiar datos
- Construir y evaluar el modelo
- Aplicar el modelo
- Evaluar el pronóstico

A través de la planeación, se pretende alterar de una manera consciente de los eventos futuros, en tanto que se usan los pronósticos para predecirlos. Una buena planeación emplea un pronóstico como insumo; si este no es aceptable, en ocasiones, puede diseñarse un plan para modificar el curso de los eventos.

Incluso los buenos pronósticos tendrán algún error, pero el logro del error más pequeño posible es la meta consistente con los costos razonables de la preparación de pronósticos. En reconocimiento de los errores inherentes a los pronósticos, todo pronóstico debe contar con, por lo menos, dos cálculos: uno para la mejor estimación de la demanda y el otro para el error del pronóstico.

Tipos de pronósticos:

- Según su plazo
  - Corto plazo
  - Mediano plazo



- Largo plazo
- Según el entorno a pronosticar
  - Micro
  - Macro
- Según el procedimiento empleado
  - Cualitativo
  - Cuantitativo
- Según el producto obtenido
  - Pronóstico puntual
  - Pronóstico por intervalo
  - Pronóstico por densidad

La consideración primordial en la selección de un método para pronosticar es que los resultados deben facilitar el proceso de toma de decisiones a los gerentes de la organización. Rara vez un método funciona para todos los casos

Para elegir de manera acertada la técnica de pronóstico, el pronosticador debe hacer lo siguiente:

- Definir la naturaleza del problema que se va a pronosticar
- Explicar la naturaleza de los datos en investigación
- Describir las capacidades y limitaciones de las técnicas de elaboración de pronósticos potencialmente útiles.
- Desarrollar algún criterio predeterminado, con el cual se pueda tomar la decisión. Un factor importante es la identificación y comprensión de patrones históricos de los datos.

Métodos cualitativos de pronósticos:

- Delphi: El pronóstico se desarrolla por medio de un panel de expertos que responden una serie de preguntas en rondas sucesivas. Las respuestas anónimas del panel se realimentan a todos los participantes en cada ronda.



Se pueden requerir de tres a seis rondas para obtener la convergencia del pronóstico.

- Estudio de mercado: Paneles, cuestionarios, mercados de prueba o encuestas que se usan para recopilar datos sobre las condiciones del mercado.
- Analogía del ciclo de vida: La predicción se basa en las fases de introducción, crecimiento, y maduración de productos similares. Aplica la curva de crecimiento en ventas con forma de S.
- Criterio informado: El pronóstico lo puede realizar un grupo o un individuo con base en la experiencia, presentimientos o hechos a cerca de la situación. No se emplean métodos rigurosos.

Métodos cuantitativos de pronósticos:

- Análisis de series de tiempo: Los métodos de análisis de series de tiempo se usan para hacer análisis detallados de los patrones históricos de una variable a lo largo del tiempo y para proyectarlos hacia el futuro. Uno de los supuestos básicos de todos los métodos de análisis de series de tiempo es que la variable puede descomponerse en elementos básicos como: nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclo y error. Para el pronóstico de series de tiempo se utiliza, en ocasiones, el método de Box – Jenkins el cual permite un análisis más preciso de los modelos propuestos.
- Análisis de regresión: El análisis de regresión es una técnica estadística que se puede utilizar para desarrollar una ecuación matemática que muestre cómo se relacionan las variables. En la terminología de regresión, la variable a predecir se llama variable dependiente o de respuesta. El método utilizado en el análisis de regresión es el de los Mínimos Cuadrados.
- Redes neuronales: Las redes neuronales permiten plantear métodos de pronóstico tipo combinado; entre sus fortalezas se destaca la capacidad de manejar discontinuidades en la información; además, pueden procesar varias series de datos y cruzarlas entre sí.



### **1.5.1 Redes Neuronales**

El precio de los minerales comúnmente se pronostica recurriendo a la econometría. Para ello se utilizan ya sea grandes modelos estructurales con numerosas ecuaciones y variables, o los más sencillos modelos de series de tiempo contruidos únicamente sobre la base del precio rezagado. Sin embargo, las evidencias de no linealidad en el comportamiento del precio, sumada a la falta de estudios sobre el pronóstico del precio mediante redes neuronales motivan a la utilización de este método.

Según Ortegón y Benavidez el mejor método de pronóstico para predecir el comportamiento de los precios en el mercado es el de Redes Neuronales.

La ciencia de las Redes Neuronales Artificiales, hace sus primeras apariciones significativas en la década de los cuarenta, cuando los investigadores (Mc Culloch, Pitts, Hebb, Rosenblatt, Widrow) desarrollaron modelos de hardware y software de las neuronas biológicas y de su sistema de conexiones intentando reproducir el comportamiento del cerebro. La investigación en este campo comenzó con dos grandes limitantes: computadoras lentas y con poca memoria y lenguajes de programación de muy bajo nivel. Unas décadas después el desarrollo electrónico ya era otro y es a partir del año 1982 en que Hopfield utilizando propiedades matemáticas interesantes y un modelo no lineal salvó los problemas presentados anteriormente. A partir de entonces las Redes Neuronales Artificiales han despertado gran interés a nivel mundial y se han desarrollado más de 40 modelos (variantes de los pioneros) que exhiben características cada vez más atractivas.

Se puede considerar una Red Neuronal Artificial como un modelo matemático de las "teóricas" actividades mentales y cerebrales. Estos sistemas explotan el procesamiento local en paralelo y las propiedades de la representación distribuida, aspectos que al parecer existen en el cerebro. En la comunicación diaria se utilizan habitualmente información imprecisa, que generalmente el cerebro procesa muy bien, generando incluso nuevo conocimiento. Esto lleva a considerar la lógica difusa y los conjuntos difusos, de gran interés hoy día en Inteligencia



Artificial y en los Sistemas Expertos, y sus relaciones con las Redes Neuronales Artificiales.

A las Redes Neuronales Artificiales también se las nombra como Sistemas Neuronales, Sistemas Adaptables o Adaptativos, Redes o Sistemas Conexionistas, Neurocomputadores o Procesadores Paralelos Distribuidos.

### **Hay varias definiciones formales de una Red Neuronal Artificial (RNA).**

Una definición no tan formal se debe a Simpson: Una Red Neuronal Artificial es "Un grafo dirigido y no lineal con arcos ponderados, capaz de almacenar patrones cambiando los pesos de los arcos, y capaz de recordar patrones a partir de entradas incompletas y desconocidas"

El planteamiento y análisis de los modelos matemáticos, propuesto por diferentes autores, permiten en toda investigación, realizar la identificación más apropiada de las variables de un proceso. Basado en el planteamiento anterior, se ha propuesto el tema de las redes neuronales, sus características básicas y sus diferentes aplicaciones con sus algoritmos de aprendizaje.

El caso general de procesos dinámicos no lineales puede distinguirse básicamente a dos tipos de modelos de funcionamiento normal: los modelos físicos y los modelos de caja negra.

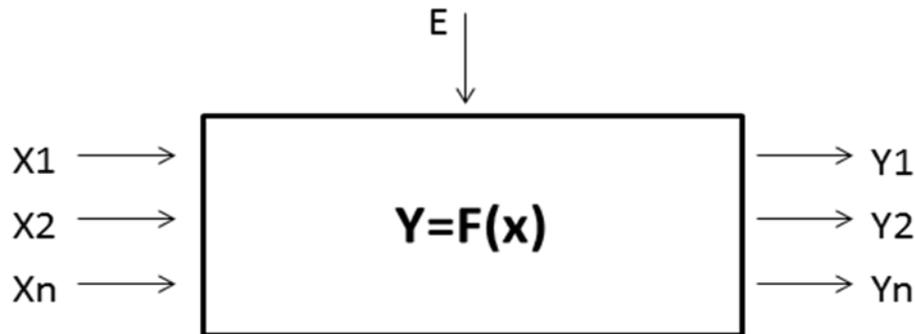
Los parámetros del modelo se ajustan a partir de un conjunto de medidas reales que caracterizan el comportamiento del proceso en condiciones de normalidad.

Los modelos de caja negra están basados en criterios estadísticos capaces de modelar las relaciones existentes entre un conjunto de entradas y otro de salidas.

La construcción de modelos de caja negra está basada en el principio que plantea que "el control óptimo es posible aun cuando no se tiene una información total". En la primera etapa de la investigación ante el experimentador surge el problema de la formalización del objeto real de investigación, de la presentación de esta a

través del esquema “CAJA NEGRA”. Una red neuronal puede interpretar, aunque no sea totalmente así y el investigador aporte experiencia y conocimientos, el universo como una caja negra a la que concurren un número de variables de entrada  $X_i$  y tiene como  $Y_i$  salidas las variables y como muestra la figura 1.1.

**Figura 1.1: Esquema de “Caja Negra”**



**Elaboración: Propia del autor.**

La dependencia matemática entre los parámetros de salida (respuestas) y los parámetros de entradas (factores) se denomina función de respuesta y tiene la siguiente forma:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \dots \dots \dots 1.1$$

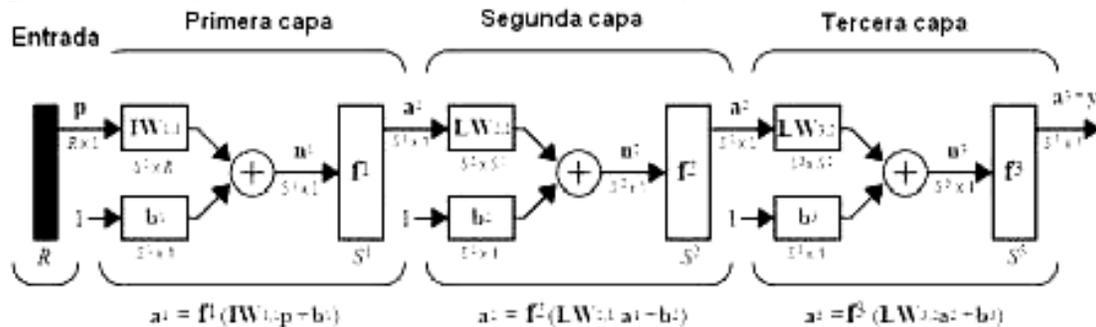
Las aplicaciones de las RNA han crecido sustancialmente incluso donde se conocen las relaciones entre las variables, pero es difícil trabajar con ellas de una forma eficiente o donde se exija velocidad y precisión. Las RNA han sido entrenadas para efectuar funciones complejas en varios campos de aplicación entre los que se incluyen el análisis de comportamiento, el reconocimiento de tendencias, la identificación de imágenes, la clasificación de grupos, la optimización de procesos industriales y los sistemas de control entre muchos más.

En los últimos años ha crecido rápidamente el interés por las redes neuronales y debido al desarrollo teórico y las aplicaciones diversas que han tenido,

profesionales de diversos campos solicitan aplicaciones en sus disciplinas. El procedimiento convencional utilizado para construir Redes Neuronales Artificiales capaces de realizar una determinada tarea consiste en una elección adecuada de sus características, más una estructura conveniente.

Para describir los resultados finales de un modelo basado en Redes Neuronales Artificiales existen formas de expresarlos esquemáticamente y otra a modo de ecuación. En la figura 1.2 aparece la arquitectura de una RNA de tres capas según la ayuda del MATLAB.

**Figura 1.2: Arquitectura de una RNA de tres capas**



**Elaboración: Tomado de Toirac Durán**

El gráfico de la figura anterior se puede manifestar en forma de expresión según la ecuación:

$$a^3 = f^3(LW_{3,2}f^2(LW_{2,1}f^1(IW_{1,1}p + b^1) + b^2) + b^3) = Y \dots 1.2$$

En una neurona artificial las entradas  $X_i$  representan vectores o señales que provienen del exterior o son capturadas de otras neuronas. Los pesos  $W_i$  representan la intensidad de la sinapsis; tanto  $X_i$  como  $W_i$  son valores escalares. A esa señal ponderada se le adiciona el “bias” y se obtiene una entrada total que actúa sobre el núcleo de la neurona para activarla.  $f$  es la función umbral o de transferencia que, evaluada para esa entrada total, produce la respuesta de la neurona al estímulo exterior recibido en forma similar a como ocurre en las células



nerviosas biológicas. En términos matemáticos este proceso se representa de forma sencilla como:

$$\text{Salida} = f(X_{\text{neta}} + b) \dots \dots \dots 1.3$$

Tanto el vector de pesos **W** como el “bias” **b** son parámetros escalares i ajustables de la neurona. La idea central de una red neuronal es que estos parámetros puedan ser ajustados de forma tal que la red reproduzca el comportamiento observado. El entrenamiento es precisamente eso; un proceso de ajuste de los parámetros en la red para que pueda realizar un trabajo en particular. Debe conocerse, además, que existe la posibilidad de que la propia red los ajuste para cumplir sus obligaciones.

Las redes con “bias” pueden representar el sistema con mayor facilidad que las que no lo poseen ya que si la entrada neta de una red es cero y no posee “bias”, la salida será sólo la evaluación de la función de transferencia para el valor cero, pero al tenerlo, se puede aproximar más la respuesta al valor real del sistema cuando la entrada neta es cero.



## **CAPÍTULO II: EVALUACIÓN ECONÓMICA SOBRE LOS MINERALES EN LOS RESIDUALES DE LA MINERÍA DEL NÍQUEL**

### **2.1 Caracterización del municipio Moa**

El municipio Moa se encuentra situado en el extremo noroeste de la provincia de Holguín, limita al norte con el Océano Atlántico, al sureste con la provincia de Guantánamo, y al oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País. Abarca una superficie de 732,6 km<sup>2</sup>, y su suelo rojizo es un compuesto laterítico rico en minerales donde predominan elementos metálicos como: níquel, cromo y cobalto, entre otros.

En sus alrededores se encuentra una excesiva vegetación y fauna endémica de la zona, y sus bosques representan una importante reserva forestal. La zona montañosa del territorio, alcanza los 363 km<sup>2</sup>, dentro de los cuales se encuentra el Parque Nacional "Alejandro de Humboldt", considerado Patrimonio de la Humanidad.

Según el Anuario Nacional de Estadísticas de Cuba, Moa es la población más joven de Cuba y se ha ubicado en el segundo municipio de Cuba con mayor índice de personas profesionales después del municipio Plaza en la capital del país. Dispone de cuatro bahías: bahía de Moa, de Cañete, Yaguasey y Yamanigüey. Cuenta además con una extensa red hidrográfica y su clima está influenciado por un sistema orográfico, que trae consigo frecuentes y copiosas lluvias.

Sus dos fábricas de níquel son la principal riqueza económica, lo que la ha caracterizado por más de 50 años, siendo líder fundamental en el proceso minero-metalúrgico. Primero fue la minería del cromo, y luego la extracción exclusivamente de Níquel + Cobalto. La incipiente industria forestal y el aserrío que una vez hubo, hoy en día ya no existen; y la actividad pesquera, es casi imperceptible por la población moense.



## **2.2 Caracterización del proceso CARON.**

Los antecedentes históricos del proceso hidrometalúrgico en la tecnología carbonato-amoniacal y su conocimiento tecnológico, se consideran suficientemente extensas, dado que dicha tecnología tiene sus inicios prácticos en la década de los años 30 del siglo XX, aspecto que tributa a la obsolescencia tecnológica. Su implementación a nivel comercial, en Cuba, fue en 1943 en Nicaro, pero a pesar de todo, existe la posibilidad de su perfeccionamiento en los momentos actuales, como tecnología que engloba los procesos de calcinación reductora, así como su proceso de lixiviación y lavado.

Durante la construcción de la Nicaro Nickel Company, el proyecto de las secciones de lixiviación y lavado de las pulpas amoniacales, fue elaborado por el Dr. J. D. Grothe, especialista de la compañía "Dorr Co.", en dicha planta metalúrgica se utilizó una técnica de lixiviación con amoníaco muy semejante a la usada para el cobre en Kennecott, Calumet y Heclas, aunque sin la aplicación de la floculación magnética, estudiada años más tarde por los especialistas de dicha compañía, e implementado industrialmente por primera vez en Nicaro, en diciembre de 1943.

El proceso comienza con un cribado y beneficio, donde se desechan las rocas de serpentina dura. Luego se trituran las piedras menores de 150 mm y se secan a 36% de humedad.

La reducción se realiza en unos hornos de 17 hogares, con una altura de 42 metros, donde en diez cámaras de combustión incompleta se calienta el mineral hasta los 700-750 °C, y se reduce del óxido de níquel a níquel metálico. La ceniza o calcina reducida se mezcla en una canal con una solución o licor de carbonato de amonio cargado en amoníaco, reducido en reactores llamados turbo aireadora, donde el níquel y el cobalto se disuelven, formando un compuesto soluble de carbonato-hidróxido de níquel y cobalto acomplejado con amonio. El hierro y otras pequeñas impurezas se oxidan formando compuestos de hierro insolubles-lixiviación.



En los sedimentadores, se realiza el proceso de sedimentación y lavado contracorriente, donde la pulpa formada por los licores de níquel y cobalto y los sólidos compuestos de hierro van decantándose en cada sedimentador. En el último de estos se descarga una pulpa con 57% sólido de compuestos de hierro (colas) que solo tienen entre 0,08-0,15 y 0,01 g/L de níquel y cobalto respectivamente que no se recuperan y después de destilar se destinan a la presa de colas.

Del proceso de destilación de colas se produce un efluente de colas de 45% de hierro aproximadamente, y de la destilación del licor un efluente líquido con bajo amoníaco y otras sales que se envían a la presa.

Las presas de colas generadas como resultado de la tecnología Carbonato Amoniacal (CARON), poseen contenidos apreciables de hierro, magnesio, silicio, aluminio y otros materiales valiosos. Sin embargo, las principales investigaciones han estado destinadas a la recuperación de Níquel y Cobalto.

### **2.3 Caracterización de las presas de colas níquelíferas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara (ECG)**

En Rojas Purón y Turro Breff, 2003 se expone el análisis realizado a 10 muestras tomadas de las colas de la Che Guevara, cinco en la planta de lixiviación y cinco en la de recuperación de amoníaco.

La tabla 1 expone los resultados del análisis químico de las muestras analizadas. Estas son esencialmente ferrosas, y alcanzan alrededor de un 67%; presentan además contenidos significativos de sílice, alrededor de 12%, mientras que los óxidos de magnesio (Mg), cromo (Cr) y aluminio (Al) alcanzan, como promedio, 7,11; 5,03 y 3,45 respectivamente. Desde el punto de vista químico no existen diferencias notables entre las colas de una y otra etapa.

Tabla 1: Composición química de las colas obtenidas en las etapas de lixiviación y recuperación de amoniaco

Muestras	Contenido de los óxidos de los componentes en %							
	NiO	CoO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
R-1	0,38	0,10	68,02	7,13	12,45	3,37	5,11	0,97
R-2	0,36	0,10	68,02	7,13	12,44	3,45	4,78	0,97
R-3	0,36	0,10	68,02	6,88	11,29	3,44	5,00	0,85
R-4	0,36	0,10	68,02	6,96	11,91	3,42	5,20	0,89
R-5	0,37	0,10	67,31	7,31	11,42	3,34	4,89	0,92
L-1	0,33	0,09	68,31	6,88	11,89	3,45	5,04	0,79
L-2	0,41	0,10	68,31	7,96	12,15	3,50	5,03	1,28
L-3	0,37	0,09	68,31	6,88	10,64	3,49	4,79	0,79
L-4	0,22	0,03	55,87	6,86	11,87	3,44	5,42	0,89
L-5	0,36	0,10	68,31	7,10	12,15	3,62	5,04	0,96
Promedio	0,36	0,09	66,85	7,11	11,82	3,45	5,03	0,93

Fuente: Rojas Purón y Turro Breff. 2003

Otras investigaciones realizadas por Turro Breff en el 2010 analizaron muestras a las cuales se le realizaron ensayos reológicos con variación de la concentración de sólido en suspensión (desde 30% a 60% en peso), temperaturas desde los 23°C a 90°C, de acuerdo a las condiciones del proceso productivo, se obtuvo una composición química promedio de las colas muy semejantes a las de otros autores. En la tabla 2 se muestra la composición química porcentual obtenida.

Tabla 2: Composición química del residuo lixiviado en la planta de recuperación de amoniaco

	Ni	Co	Fe	Mn	Mg	Al	Cr	SiO <sub>2</sub>
Promedio	0,29	0,078	47,7	0,78	4,39	2,05	3,42	12,23

Fuente: Turro Breff, A. 2010



En el municipio Moa se registran cuantitativamente las deposiciones de residuos sólidos derivados del proceso productivo para la obtención de Níquel + Cobalto, cuyo valor total alcanza los 61,34 MMT al cierre del mes de diciembre de 2017. (Anexo #1).

Como se observa en la tabla 2 el mayor por ciento está representado por el hierro (Fe: 47,7%), lo que equivale a una estimación de 29,26 MMT, del resto de los metales que presentan un porcentaje que varía de 12,23% hasta 0,078%.

Le sigue en porcentaje al hierro el  $\text{SiO}_2$ , el mismo posee una amplia gama de usos en los cuales se pudiera estar empleando para satisfacer necesidades significativas del país, sin que exista la necesidad de realizar importaciones, sin embargo, según especialistas del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, el porcentaje de este no es significativo para su explotación, sucediendo de igual forma con el Magnesio (Mg).

El cromo con un porcentaje de 3,42%, según estudio realizado por los autores anteriormente mencionados, lo que equivale a 2,1 MMT de material aprovechable para el procesamiento y comercialización como materia prima para las industrias.

El aluminio con un porcentaje de 2,05%, aunque el mismo no es relativamente alto, equivale a 1,25 MMT, las cuales si se encontraran en explotación estarían resultando de gran beneficio para la economía del país, satisfaciendo las necesidades de las industrias y contribuyendo con la sustitución de importaciones.

En Moa se han realizado diferentes estudios mineralógicos y químicos de los residuales de la ECG, los cuales varían en dependencia de las características del mineral derivado de la extracción de níquel y de su eficiencia de producción. Teniendo en cuenta los elementos químicos presentes, en la tabla 3 se observa como dichas cifras oscilan:



Tabla 3: Composición química promedio de las colas de la Empresa ECG								
Elementos	Ni	Co	Fe	Mn	Mg	Al	Cr	SiO <sub>2</sub>
Promedio %	0,38	0,08	44,69	0,76	4,77	4,5	1,83	12,65

Fuente: Rojas Purón y Turro Breff, 2003

## 2.4 Caracterización de los minerales encontrados en los residuales de cola de la Empresa Comandante ECG

### 2.4.1 Caracterización del Hierro

El hierro, elemento químico de símbolo Fe, y número atómico 26. Es el cuarto elemento más abundante en toda la corteza terrestre. Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Se encuentra en otros muchos minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre. Los principales usos del hierro son en obtención de aceros estructurales, hierro fundido y de hierro forjado. (Cutiño Abreu, 2015)

### 2.4.2 Caracterización del Cromo

Cromo de símbolo Cr, es un elemento metálico de color gris, que puede presentar un intenso brillo. Se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica de los elementos, es uno de los elementos de transición del sistema periódico y su número atómico es 24. Es un metal de gran dureza y muy resistente a la corrosión, muy utilizado en la metalurgia.

Se obtiene cromo a partir de la cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ).

El uso principal del cromo está en aleaciones con hierro, níquel o cobalto con lo que se aumenta la dureza, tenacidad y resistencia a la corrosión. También se utiliza en el anodizado del aluminio. (Reinosa Rodríguez, 2018)



### 2.4.3 Caracterización del Aluminio

El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas).

Se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis. Posee propiedades que lo hacen ser útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad ( $2.700 \text{ kg/m}^3$ ) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX el metal más utilizado después del acero.

Ya sea considerando la cantidad o el valor del metal empleado, el uso industrial del aluminio excede al de cualquier otro metal exceptuando el hierro / acero. Es un material importante en multitud de actividades económicas y ha sido considerado un recurso estratégico en situaciones de conflicto. El aluminio se utiliza rara vez 100% puro y casi siempre se usa aleado con otros metales para mejorar alguna de sus características. El aluminio puro se emplea principalmente en la fabricación de espejos, tanto para uso doméstico como para telescopios reflectores. Los principales usos industriales de las aleaciones metálicas de aluminio son:

- ✓ Estructuras portantes de aluminio en edificios.
- ✓ Embalaje de alimentos; papel de aluminio, latas, etc.
- ✓ Carpintería metálica; puertas, ventanas, cierres, armarios, etc.
- ✓ Bienes de uso doméstico; utensilios de cocina, herramientas, etc.
- ✓ Transmisión eléctrica. Un conductor de aluminio de misma longitud y peso es más conductivo que uno de cobre y más barato. Sin embargo, el cable



sería más grueso. Medida en volumen la conductividad eléctrica es tan sólo el 60% de la del cobre. Su mayor ligereza reduce el esfuerzo que deben soportar las torres de alta tensión y permite una mayor separación entre torres, disminuyendo los costes de la infraestructura. En aeronáutica también sustituye al cobre.

- ✓ Recipientes criogénicos (hasta 200 °C), ya que contrariamente al acero no presenta temperatura de transición dúctil a frágil. Por ello la tenacidad del material es mejor a bajas temperaturas.
- ✓ Calderería.

Debido a su gran reactividad química, el aluminio se usa finamente pulverizado como combustible sólido de cohetes espaciales y para aumentar la potencia de los explosivos. También se usa como ánodo de sacrificio y en procesos de aluminotermia (termita) para la obtención y soldadura de metales.

Se conoce además de aleaciones con el escandio, las cuales ofrecen la ventaja de un peso de alta resistencia y bajo peso, estas aleaciones se utilizan principalmente en aplicaciones militares, de artículos deportivos y aeroespaciales.

Hoy en día, existe una gran demanda que obliga a reemplazar componentes estructurales más pesados por otros más ligeros en aplicaciones como aviones y automóviles para reducir el combustible.

Según las estimaciones, las aeronaves hechas de aleaciones de escandio-aluminio soldadas serían un 15% más ligeras y un 15% más baratas de construir en comparación con los materiales actuales. Por lo tanto, las compañías de aviación ya han producido y probado prototipos de componentes de aleación Al-Sc con la ayuda de la tecnología de impresión 3D, que ofrece beneficios adicionales durante la fabricación.



## 2.5 Análisis de la competencia

De manera general se puede decir que estos tres elementos son esenciales en el desarrollo de las tecnologías creadas y desarrolladas por el hombre, por lo que muchos países se encuentran inmersos en la búsqueda y obtención de los mismos para su implementación y comercialización.

### 2.5.1 Análisis de la competencia del Hierro y el Cromo

En el estudio realizado por Cutiño Abreu, se realizó en el análisis de los principales países productores del hierro, se destacan las reservas de Australia, que posee un 29% del total de las reservas mundiales (54 millones de TM), Rusia con 14% (25 millones de TM), Brasil y China, ambas con una participación de 12% (23 millones de TM). (Ver anexo 2)

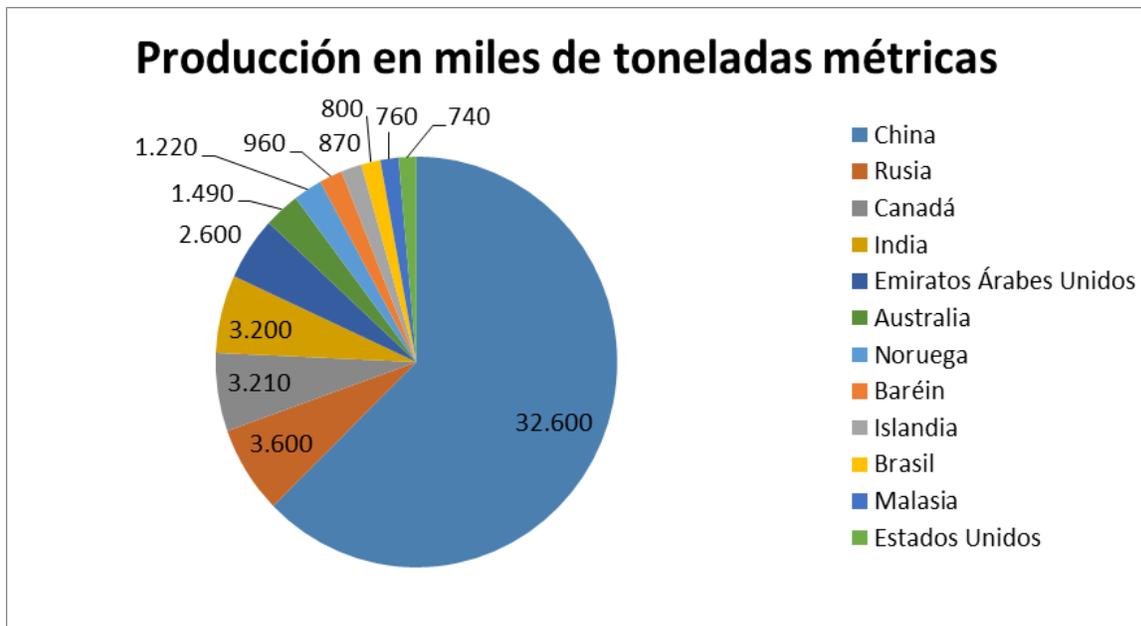
Por otra parte, en el estudio realizado por Reinos Rodríguez (2018), se destaca el Ranking de las estadísticas, 2017, los principales productores de cromo a nivel mundial son Sudáfrica, Turquía, Kazajastán, India y Pakistán, en este mismo orden se presentan en el ranking de las estadísticas como países exportadores. Estos países responden a casi el 76% de la producción mundial. (Ver anexo 3).

En América, el mineral de cromo (cromita) no se explota en los Estados Unidos, Canadá, o México. La cromita solamente se explota en el hemisferio occidental en Brasil constituyendo poco más del 1% de la producción mundial.

### 2.5.2 Análisis de la competencia del Aluminio (Al)

La estadística muestra un ranking de los principales países productores de aluminio a nivel mundial en el año 2018. En ese año, China fue el primer país productor de aluminio, con aproximadamente 33 millones de toneladas métricas, por delante de Rusia y Canadá.

A continuación, el gráfico 2.1 muestra los niveles de producción a nivel mundial en el año 2018:



Fuente: Statista: Minería, metales y minerales, 2018.

Las siguientes cifras para los productores de bauxita país por país provienen de 2016:

#### Australia

El productor de bauxita número uno hoy en día en el mundo es Australia con toneladas de bauxita de 81,000 toneladas métricas por año. Se extraen en cinco minas que abastecen siete refinerías que abastecen a seis fundiciones todas en Australia.

#### China

El número dos es China con aproximadamente 47,000 toneladas métricas de producción al año. Las reservas de bauxita en China han disminuido debido a la mayor demanda mundial del aluminio y sus subproductos. China se ha conformado con importar bauxita de India, Australia y Malasia.



## Brasil

El número tres es Brasil con 32,500 toneladas métricas de producción al año. Brasil tiene la refinera de alumina más grande del mundo que obtiene su suministro de dos minas en el estado de Pará. Tiene una tubería subterránea única para transportar la bauxita en bruto hasta las refineras.

## Guinea

El número cuatro con 19,300 toneladas métricas de producción de bauxita al año. Guinea tiene, según dice, los depósitos de bauxita más grandes del mundo. Aunque Guinea no tiene refineras hasta la fecha, las rocas se envían a las refineras de Ucrania. Sin embargo, todas las minas son propiedad de compañías extranjeras.

## **2.6 Análisis de los posibles consumidores**

### **2.6.1 Análisis de los posibles consumidores del Hierro y el Cromo**

En estudios realizados por Cutiño Abreu (2015), y Reinos Rodríguez (2018), se realizó un estudio a profundidad de los principales consumidores tanto del hierro como del cromo, destacando entre las principales industrias consumidoras: Cubana de Acero, Antillana de Acero y Acinox Las Tunas. Las mismas se destacan por la creación de diferentes productos necesarios para el consumo nacional y las cuales necesitan de estas materias primas para ejercer sus funciones.

### **2.6.2 Análisis de los consumidores del Aluminio**

El consumo total de aluminio en 2017 fue de 87,6 millones de toneladas, de las cuales más de 24 millones de toneladas fueron de aluminio reciclado, equivalente a un 28% del consumo de aluminio mundial para ese año. De acuerdo con las estimaciones de la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME), se proyecta



que en la siguiente década el consumo de aluminio reciclado sea aproximadamente 30% del consumo total.

La demanda de aluminio primario por país es liderada por China y EEUU. La alta demanda de aluminio primario en China se debe al proceso de industrialización que este país atravesó durante los últimos 15 años. Por su parte EEUU, Alemania y Japón tienen altos consumos de aluminio primario destinado principalmente al sector transporte.

Durante la última década, China al igual que con otros metales, generó una demanda importante en materia de construcción y electrificación, por lo cual se situó como el principal consumidor de aluminio a nivel mundial. Otro país que ha aumentado sus niveles de demanda debido a un importante proceso de industrialización y urbanización es India. En los próximos años se espera que este proceso de intensifique.

La demanda de aluminio a nivel mundial tuvo un importante crecimiento entre 2008 y 2017, a excepción del año 2009 donde tuvo una disminución equivalente a un 8% respecto de 2008. Posterior a 2009, el crecimiento aumentó rápidamente desde los 34,3 millones de toneladas de aluminio consumido en 2009 a 63,5 millones de toneladas a finales de 2017. (Tomado de UPME)

Según UPME, a nivel de país, China es el principal consumidor de aluminio, y al mismo tiempo el principal impulsor del crecimiento de la demanda por este metal. China aumentó su consumo de aluminio desde los 12,6 millones de toneladas en 2008 a un total de 34,4 millones de toneladas en 2017, con una tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) de 12%. Este aumento de 21,8 millones de toneladas es equivalente a un 83% del aumento del consumo global entre 2008 y 2017, que fue de 26,2 millones de toneladas.

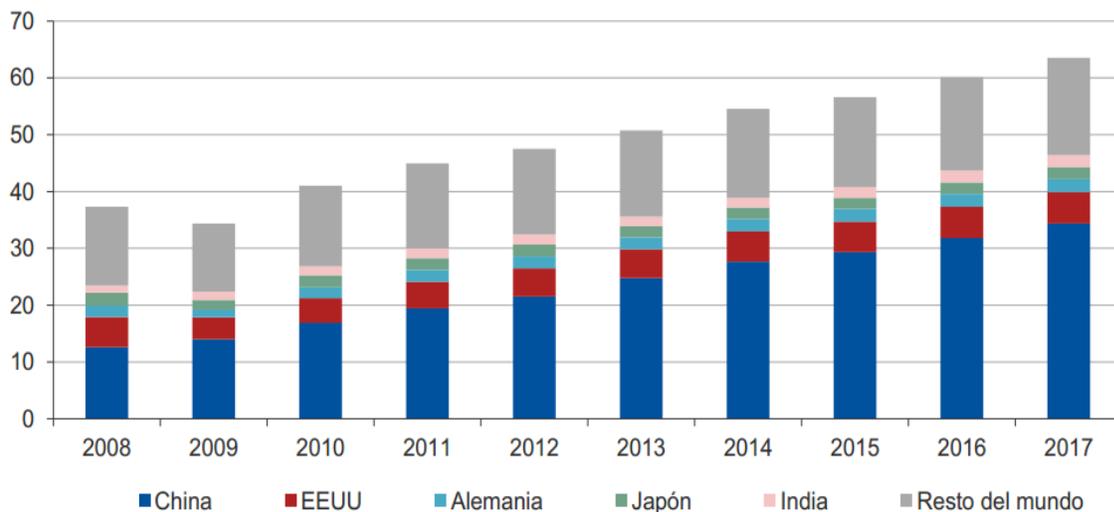
EEUU ocupa el segundo lugar como mayor consumidor a nivel mundial. La demanda de EEUU fue de 5,3 millones de toneladas de aluminio en 2008, sin embargo, ésta cayó drásticamente en 2009, disminuyendo su consumo en 1,5



millones de toneladas respecto de 2008. Esta disminución explicó casi el 50% de la disminución de consumo global para ese año. A partir de 2010, la demanda para EEUU se ha recuperado paulatinamente, llegando a los 5,5 millones de toneladas de aluminio consumido en 2017.

En general, la demanda de aluminio de los principales consumidores tuvo un crecimiento positivo para el período 2008-2017.

En el gráfico 2.2 se evidencia el consumo histórico de aluminio 2008-2017 (Mt)



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética, 4 de diciembre de 2018.

En Cuba, toda la materia prima de la aleación de aluminio es importada. El dato, por sí solo, ya deja entrever el esfuerzo implícito que conlleva entonces producir carpintería de aluminio, sin embargo, se hace. De otra forma no se tendrían las estructuras metálicas tan necesarias en los procesos inversionistas que se llevan a cabo en el país.

La empresa de producciones de aluminio (Proalum) perteneciente al Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica, desempeña un rol importante al ser la principal entidad que se encarga de las actividades de laminación, lacado, procesamiento del vidrio y otras aleaciones.



En el año 2017, la empresa tuvo propuesto un plan de 198.000 m<sup>2</sup> de carpintería de aluminio, actualmente la misma confecciona paños fijos, puertas y ventanas que tienen una gran variedad de estilos y tamaños. Por ejemplo, los modelos pueden tener enchapes en vidrio, tablillas o melanina, de acuerdo con las necesidades del cliente y la función de la estructura.

Además, se exportan barras de aluminio sin alear y semiesferas, cuya materia prima proviene de la chatarra que se genera en los procesos de acabado.

Actualmente, los niveles de importación ascienden a 7.200 toneladas anuales.

Sin dudas, sobre esta necesidad también deberán girar las inversiones futuras, los planes de financiamiento y capacidades para producir elementos y accesorios de aluminio; a fin de cuentas, la calidad competitiva también encierra satisfacer al cliente más inmediato: la población.

## **2.7 Identificación de tecnologías a fines al procesamiento del mineral encontrado en las colas del proceso CARON**

Las investigaciones relacionadas con el uso de las colas del proceso CARON, han permitido determinar cuáles son las tecnologías más apropiadas para la explotación de dichos minerales y su puesta en el mercado generando de esta manera nuevas fuentes de ingresos a la economía del país.

### **2.7.1 Identificación de las tecnologías para la explotación del Hierro y el Cromo**

En investigaciones realizadas con anterioridad (Cutíño Abreu, 2015) se realizó el estudio de mercado para la explotación del hierro con fines siderúrgicos y se propone, la utilización del hierro (Fe) para la obtención de acero inoxidable que contiene cromo. Esta realiza una exposición sobre la propuesta de una tecnología para la explotación del mismo, denominada comercialmente como ITMk3, (Ver anexo 4), esta tecnología se caracteriza por su sencillez y relativamente bajos costos de operación.



En el estudio realizado por Reinos Rodríguez (2018), se propone la utilización de la tecnología encontrada en el Contrato No 620n del 2011, el esquema principal de la producción desarrollada se expone en el anexo 5 y se propone la explotación del cromo como componente esencial para la fabricación del acero inoxidable, lo que haría de la aleación un componente más fuerte.

### **2.7.2 Caracterización de la tecnología empleada para la explotación del Aluminio (Al)**

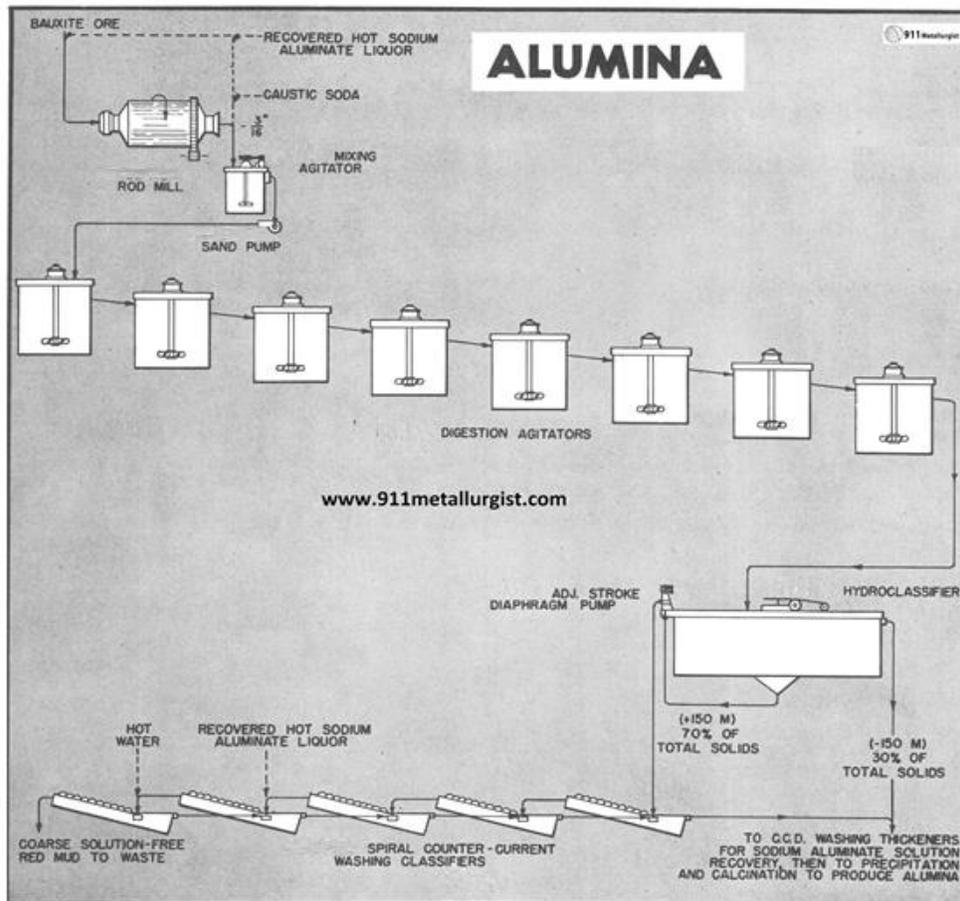
Hasta finales del siglo pasado la obtención del aluminio era un proceso difícil y costoso. En la actualidad, la producción se ha elevado considerablemente gracias a la aplicación del método descubierto en 1886 por Hall (estadounidense) y Héroult (francés), que se basa en la electrólisis de la bauxita disuelta en criolita fundida.

En este método se utiliza la bauxita como la única fuente apropiada para obtener aluminio. El gran poder reductor del aluminio hace muy fácil la separación de este metal de su óxido, lo que solamente se logra consumiendo grandes cantidades de energía, que únicamente puede ser suministrada por la corriente eléctrica.

La bauxita es el nombre general dado a los óxidos de aluminio hidratado. Contiene cantidades variables de agua combinada e impurezas predominantes como el óxido férrico y sílice. Es esencial que la alúmina ( $Al_2O_3$ ) a obtenerse este sustancialmente libre de estas impurezas, ya que de lo contrario el óxido de hierro y silicio se reducirían y contaminarían el aluminio metálico producido por el Proceso Hall (Héroult).

La separación de la alúmina de las impurezas en el mineral de bauxita es generalmente realizada por el proceso Bayer. En este proceso la bauxita se lixivia con soda cáustica (NaOH) para producir el aluminato de sodio soluble ( $NaAlO_2$ ), dejando las impurezas en el residuo insoluble. La solución es un aluminato que se descompone produciendo hidróxido de aluminio ( $Al(OH)_3$ ), el cual se calcina para producir óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ).

## Diagrama de Flujo de Extracción



Fuente: [www.911metallurgist.com](http://www.911metallurgist.com)

El diagrama de flujo muestra dos etapas para un Proceso Bayer Modificado:

1. Molienda y disolución de bauxita en la solución de aluminato de sodio.
2. La separación y lavado del residuo rojo grueso del tratamiento con aluminato sódico. Otros pasos importantes en el proceso son la precipitación de hidróxido de aluminio desde el licor de aluminato sódico y la calcinación del hidróxido de aluminio para producir alúmina (óxido de aluminio).

El mineral de bauxita de un tamaño de 1,5" es molido a menos de 3/16" en un molino de barras que operan en circuito abierto. El mineral es molido en húmedo con licor de aluminato sódico en caliente a una temperatura de 110°C. El molino



de barras está equipado con soportes laterales refrigerados por agua debido a la alta temperatura.

La descarga del molino de barras se envía a un agitador equipada con un impulsor tipo turbina. El agitador actúa para mezclar la descarga del molino con sosa cáustica y el aluminato de sodio. La pulpa se bombea desde este agitador con una bomba hacia el circuito de disolución para la lixiviación del contenido de alúmina del mineral.

El proceso de la digestión se realiza en una serie de agitadores para evitar cortocircuitos. A medida que continúa el proceso de digestión y la alúmina se disuelve, la gravedad específica de los sólidos es mayor en el punto de descarga que es cuando se introdujo en el circuito. La pulpa de bauxita y el aluminato de sodio se mantienen a una temperatura de 107°C por medio de serpentines que trabajan con vapor y que están instalados interior de los tanques de concreto. La tubería de interconexión entre los agitadores está arreglada de tal manera que cualquiera agitador puede estar en standby y algún tanque puede entrar en mantenimiento y la operación del circuito no se interrumpe.

Después de la digestión la pulpa pasa a un hidro-clasificador en donde efectúa la clasificación con respecto a la malla 150. La fracción menor a la malla 150 se envía a un circuito de lavado en contra contracorriente donde el aluminato sódico se separa del residuo fino de color rojo. La fracción mayor a la malla 150 es enviada a una serie de clasificadores en espiral donde el barro rojo grueso residuo es lavado. El agua caliente se añade al último clasificador, y el aluminato de sodio caliente, recuperado de la etapa de precipitación de hidróxido de aluminio, se añade al último clasificador. Esta operación de lavado de sólidos gruesos recupera más del 98% de aluminato de sodio que estaba en el residuo grueso rojo descargándose del hidro-clasificador. El rebose del primer clasificador espiral se une al rebose del hidro-clasificador y estos flujos se unen con el producto del lavado en contra corriente mencionado anteriormente. El licor de aluminato sódico que rebosa del primer espesador primario es clarificado por filtración y el filtrado



se descompone en hidróxido de aluminio que se calcina para producir el producto de final de alúmina.

En el proceso Bayer convencional, debido al tamaño fino de la molienda, el lavado de todos los residuos de la digestión se realiza en circuito en contra corriente equipado con espesadores. Un gran número grande de espesadores son necesarios y la pérdida de aluminato de sodio, atrapado en el barro, es considerable. Sin embargo, la molienda gruesa mencionada anteriormente permite el uso de los clasificadores en espiral para efectuar el lavado y poder tratar aproximadamente el 70% de los residuos sólidos de los digestores, resultando en una gran reducción del requerimiento de espesadores, y de la pérdida de aluminato de sodio.

Una planta grande de alúmina modificados que emplea este proceso Bayer tiene dos circuitos paralelos de molienda y lixiviación similar al que se muestra en el diagrama de flujo. La alimentación para cada circuito equipado con molino de barras de 7 pies de diámetro por 12 pies de largo es de aproximadamente 95 toneladas por hora de bauxita. La fracción menor a 3/16" de la descarga del molino es enviada a un agitador de 10,5 m. de diámetro por 8,5 m. de profundidad, el agitador está equipado con un sistema de agitación tipo turbina de 42" y consume aproximadamente 11 HP

La pulpa de cada uno de estos agitadores se bombea a una serie de nueve agitadores de 22 ft de diámetro por 20 pies de alto, cada una de las cuales está equipado con una turbina de 96" de diámetro y con un motor de 70 HP.

Ocho agitadores en cada serie son operacionales, con el noveno queda en standby. Cada serie de ocho agitadores maneja 19.800 galones por minuto de pulpa y el tiempo de reacción es de tres horas. Los resultados de esta planta son buenos, haciendo posible una extracción alta de alúmina con pérdidas mínimas.



## 2.8 Análisis de la tendencia de los precios en el mercado internacional

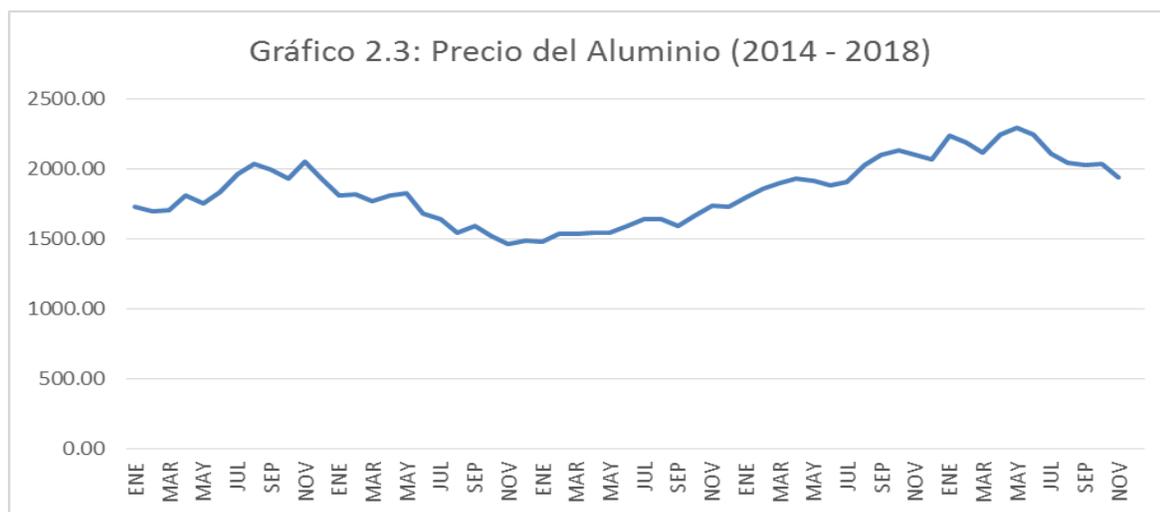
En estudio realizado por Cutiño Abreu, (2015), se realizó un análisis de la tendencia de los precios del hierro, como resultado de estudio se pudo comprobar que este se mantuvo oscilando entre los 64,56 y 73,41 USD/t, para un promedio de 68,71 USD/t aproximadamente, lo que muestra que este comportamiento en el mercado internacional se evidencia de una forma muy variable.

En el 2018 se realizó un estudio por parte de Reinos Rodríguez, en donde se tuvo en cuenta el análisis de la tendencia del precio del ferrocromo. El mismo arrojó como resultado que para un período de 10 años el mismo osciló entre 1,75 USD/kg y 2,90 USD/kg, con un promedio de 2,20 USD/kg aproximadamente, por lo que se puede decir que el precio tiene un comportamiento bastante estable en el mercado.

### 2.8.1 Análisis de la tendencia de los precios del Aluminio

Según el Boletín de Precios Diarios del Mercado, entre los años del 2014 y hasta el 2018, el precio del aluminio se mantuvo oscilando entre 1 465,4 y 2 292,175 y entre otros metales, el aluminio aumentaba en un 0.2% a USD \$1,937 la tonelada.

El gráfico 2.3 muestra la variabilidad del precio del Aluminio para el período:



Fuente: Elaboración propia de la autora.

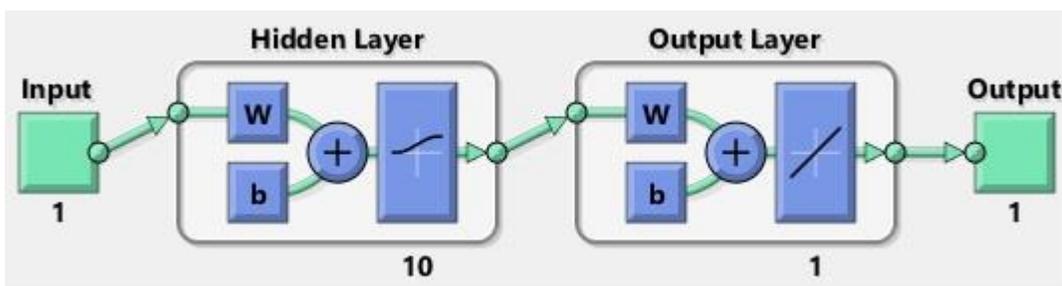
## Análisis de la tendencia por el método de redes neuronales.

Para determinar la tendencia del precio se utilizó el método de redes neuronales apoyadas por el software MATLAB, el cual resulta ser una herramienta útil para la aplicación de los métodos estadísticos matemáticos.

Primeramente, se normalizaron los precios a una escala entre cero y uno, esto se realiza dividiendo todos los precios entre el valor máximo de precio; y se enumeraron los meses de los cuatro años desde 1-59. Estos datos constituyen las dos variables de la red neuronal: los meses (tiempo) es la variable de entrada y el precio la variable de salida.

Definidas las variables, se procede a crear la red neuronal, la cual se emplean 2 capas: en una primera capa oculta se define la función logsig (logarítmica) compuesta por 10 neuronas y una capa definida con una función lineal para determinar las salidas (Figura 2.1). Los 59 datos se dividieron en tres partes: Training (70%), Validation (15%) y Test (15%). Ver el Anexo # 6 Código de Programación (se realiza la secuencia de todos los pasos llevados a cabo en el MATLAB)

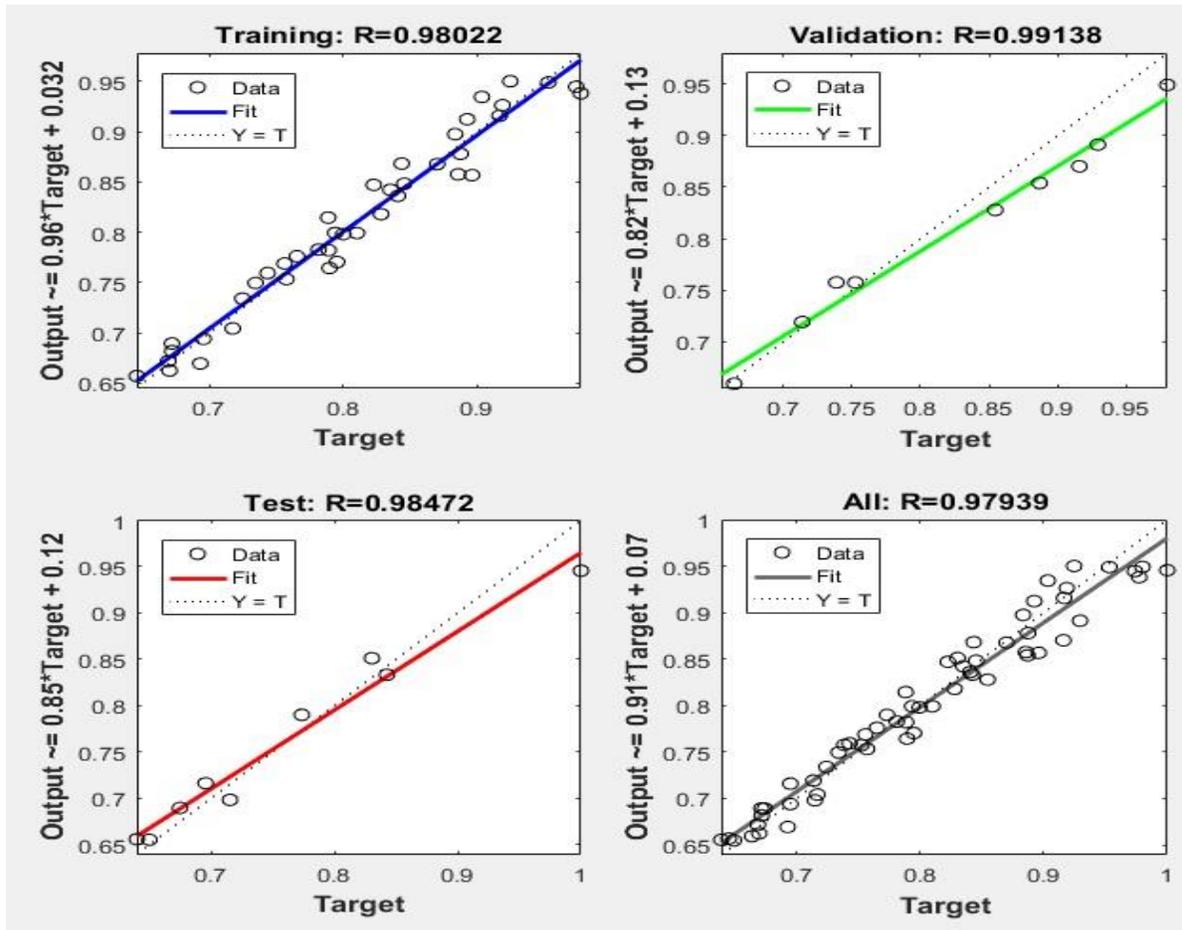
Figura 2.1





Los resultados obtenidos a partir de la utilización del software se muestran en la figura 2.2.:

Figura 2.2



Como se muestra en el modelo, el último gráfico (All), para la simulación del precio del aluminio:

$$Output \cong 0,91 * Target - 0,07 \dots \dots \dots 2.1$$

Donde:

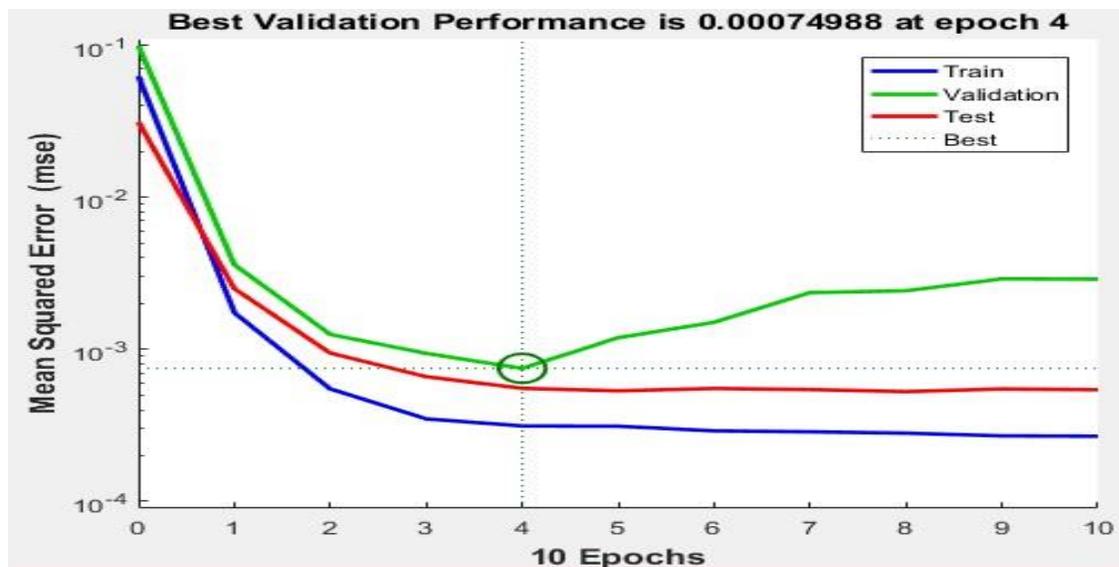
Output: es el resultado de la predicción del precio entre cero y uno, debe ser multiplicado por el valor máximo para obtener el valor real.

Target: es el valor simulado por el software para el tiempo futuro.

El modelo presenta un coeficiente de correlación de 0,9793, lo que significa que las correlaciones entre Output y Target son fuertes y positivas, es decir que las estimaciones realizadas mediante el modelo 2.1 son relativamente confiables.

Se realizó también, con la ayuda del software, la estimación de los errores para cada etapa de la simulación, la cual se muestra en el gráfico 2.4:

**Gráfico 2.4 Histograma de los errores.**



Como se muestra en el gráfico los errores se encuentran oscilando entre  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$ , concluyendo así que dichas estimaciones mediante el modelo de simulación, es aceptable.

Ya creada la red neuronal, y una vez comprobado su eficiente resultado, se puede realizar la predicción del precio del aluminio para cualquier mes de los próximos años y se debe de realizar a través del software MATLAB, haciendo uso de la red creada para la obtención de dicho modelo de simulación.



## **2.9 Impacto medio ambiental, social y económico**

### **2.9.1 Impacto medio ambiental**

La actividad minera trae como consecuencia la transformación del medio ambiente, la minería del níquel mediante el proceso CARON no se encuentra exenta a estas transformaciones, y se debe de tener en cuenta que los residuales que se almacenan en las llamadas Presas de Cola, también se encuentran transformando al medio ambiente.

Estos residuales tienen una granulometría menor que 0,04 mm, lo que constituye un riesgo de contaminación para la población en tiempos de sequía y viento, producto de la nube de polvo que se levanta y contamina todo el municipio.

Con la propuesta, además de beneficio que se logra para el país se contribuye a la disminución del riesgo y recuperación del medio ambiente.

La investigación responde a las tareas 3 y 5 del proyecto “Tarea Vida” aprobado por el Consejo de Ministro el 25 de abril del 2017.

### **2.9.2 Impacto Social**

Aunque existen reservas de níquel para otros 40 años, la aplicación de esta investigación generaría nuevos empleos o al menos permitiría mantener la condición de zona minera al municipio Moa, con toda la estructura que lleva aparejada. (Cutíño Abreu, 2015).

### **2.9.3 Impacto Económico**

Mediante el análisis de la tendencia por el método de simulación se planteó que el precio estimado para diciembre 2018 es de 1,93 USD/kg, el mismo al llevarse a toneladas arrojará un precio de 1 930,00 USD/Ton.



Con los resultados de la estimación anteriormente realizada de la cantidad de aluminio en 1,25 MMT, al ser multiplicado por el precio el mismo da como resultado 2 412,25 MMUSD en ahorro para la sustitución de importaciones en el país.

## **2.10 Conclusiones del Capítulo**

Una vez culminada esta investigación, ofrece las siguientes aplicaciones:

- Disminuir el daño causado al medio ambiente por parte de la explotación de la minería del níquel.
- Genera una nueva forma de empleo.
- Se sustituyen importaciones por un valor de 2 412,25 MMUSD/Ton lo que significa que produce un ahorro económico para la economía del país.



## **CONCLUSIONES**

Al culminar con la investigación realizada se llega a las siguientes conclusiones:

- Al realizarse la explotación del aluminio, para el consumo nacional, constituye una fuente fundamental para la sustitución de importaciones.
- La presentación de esta propuesta, permite un ahorro de 2 412,25 MMUSD por sustitución de importaciones para el país.
- Con el aprovechamiento de estos residuales, se estarían eliminando así las presas de colas y se estaría recuperando todo el medio ambiente dañado a causa de dichos vertimientos.



## **RECOMENDACIONES**

Una vez dadas las conclusiones de la investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Presentar el resultado de dicha investigación al Proyecto de Desarrollo Local de Moa y al Grupo Empresarial Cubaníquel o al MINEM para su análisis y posible aplicación.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Arévalo Carballo, D y Abrego Álvarez. Propuesta de un manual de investigación de mercado como herramienta para la toma de decisiones de la mediana empresa sector comercio, del área metropolitana de San Salvador. Tesis en opción al título de licenciatura en mercadotecnia y publicidad. San Salvador 1994.
- 2 Barreiro Pousa, L. Socialismo y marketing. Revista Cubana Espacio No.9. 2003.
- 3 BOXWELL, Robert J. (1998). Benchmarking para competir con ventajas. New York: McGraw-Hill.
- 4 CONTRATO N° 620n de 13.12.2011 con la Recuperación de Metales S.A. (REMET S.A.). Desarrollo de tecnología para el procesamiento de los desechos industriales sólidos de la fábrica en Nicaro con la extracción de níquel, cobalto, hierro y cromo.
- 5 Cuba. Decreto Ley No. 252: Continuidad y el fortalecimiento del sistema de dirección y gestión empresarial cubano. 2007.
- 6 Cuba. Decreto No. 281: Reglamento para la implantación y consolidación del sistema de dirección y gestión empresarial estatal, aparece incluido el Sistema de Marketing (capítulo XVIII) con un enfoque social. 2007
- 7 Cuba. Lineamientos de VI Congreso del Partido y la Revolución. 2010.
- 8 Cuba. Lineamientos de VII Congreso del Partido y la Revolución. 2017.
- 9 Cuba. Resolución Económica del V Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana. 1997.
- 10 Cutiño Abreu, E. Aprovechamiento sustentable de las colas de la Empresa Ernesto Che Guevara, para su comercialización con fines siderúrgicos. Tesis en opción al grado científico de Máster. Moa, 2015.
- 11 Delgado Reyes, N. Ajuste de curvas de tendencia. Editorial Ciencias Sociales. La Habana. 1987.
- 12 Hanje J., Wichern D. Pronósticos en los Negocios. Prentice Hall Pearson Educación. Novena Edición. 2010



- 13 Hernández Ruíz, A., y et-al. (2004, No. 11). Marketing en Cuba: dónde nos encontramos, Publicado en folletos gerenciales.
- 14 Kotler P y Keller K. Dirección de Marketing. Décimo cuarta edición. Editorial Pearson Educación. México. 2012
- 15 Montero Peña, J. “El desarrollo compensado como alternativa de sustentabilidad en la minería (aprehensión ético – cultural)”. La Habana, 2006. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Filosóficas. Facultad de Filosofía. Universidad de la Habana.
- 16 Obregón, JD y Benavidez, JD. Métodos de Pronósticos.
- 17 Rojas Purón, L. y Turro Breff, A. Composición Mineralógica de las colas del proceso CARON en Moa. Revista Minería Geología. Vol – 18 Num. 3 – 4. 2003.
- 18 Ruiz Quintana, J. La Minería en Cuba. Una aproximación. Editorial Científico – Técnica. La Habana. 2016.
- 19 Schroader R., Mayer S., Johnny M., Administración de Operaciones, Conceptos y casos contemporáneos. Mc Garw Hill. Quinta Edición 2011.
- 20 Spencer, Y., Identificación del proceso de enfriamiento del mineral en el proceso CARON, con ayuda de Redes Neuronales Artificiales. Tesis de Maestría. ISMM, Moa, 2010.
- 21 Toirac Dúran, R. Pronóstico del Consumo de Energía Eléctrica en el Hotel Porto Santo. Tesis de Maestría ISMM. Moa. 2010.
- 22 Torres MJ. Pronósticos, una herramienta clave para la planeación de las empresas. Artículo.
- 23 Turro Breff, A; Izquierdo Pupo, R; Garcell Puyans, L. Estudio experimental del proceso industrial CARON, en la empresa del níquel, Moa, Holguín, Cuba. Instituto superior Minero Metalúrgico de Moa. Revista Minería Geología. (en línea) (Consultado 20141206) disponible en: <http://redsocialeducativaeuroinnova.edu.es/pg/blog/read/359586/estudio-experimental-del-proceso-industrial-caron-en-la-empresa-del-niquel-moa-holguin-cuba>
- 24 <https://www.innovassistant.com/3paso>.



25 <https://gestion.pe/economia/mercados/cobre-sube-medida-inversionistas-regresan-cautelosamente-activos-riesgosos-nndc-251318>.



## Anexos

### Anexo # 1: Cantidad de cola vertida en presas

<b>Años</b>	<b>Mineral al dique (T)</b>
1987	230095
1988	860049
1989	1194438
1990	965667
1991	913130
1992	980684
1993	928822
1994	894896
1995	1363864
1996	1873932
1997	2506242
1998	2576590
1999	2655524
2000	2732629
2001	2680996
2002	2746407
2003	2740388
2004	2759113
2005	2800679
2006	2858602
2007	2908050
2008	2587617
2009	2568435
2010	2441805
2011	2483179
2012	2394471
2013	1897287
2014	1432080
2015	1674412
2016	1788218
2017	1904285
<b>Total</b>	<b>61342587</b>



## Anexo # 2

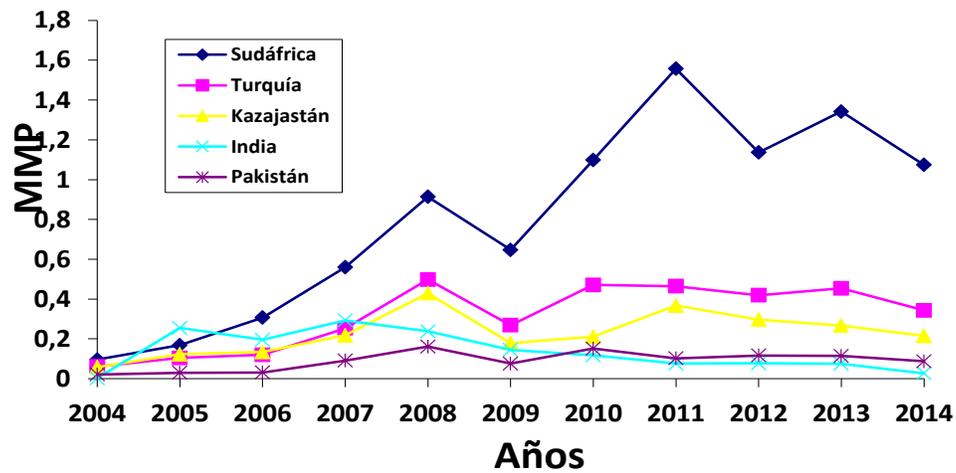


Fuente: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2016 Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés)



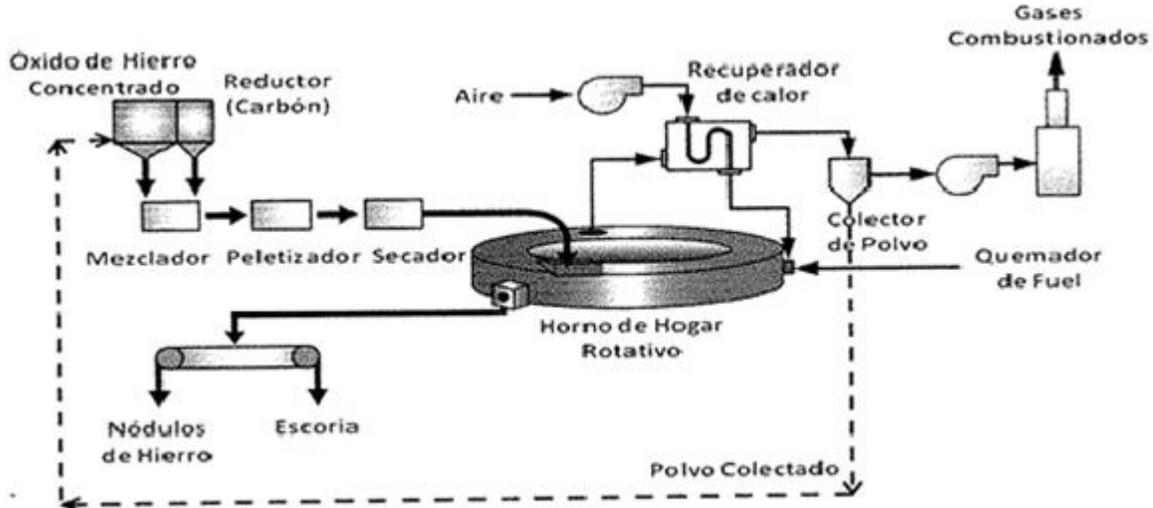
### Anexo #3

Gráfico 2.1: Ingresos anuales de los principales productores de Cromo.



Fuente: Ranking de las estadísticas. Elaboración: Propia del autor.

## Anexo # 4



Flujo tecnológico de la tecnología ITMk3 propuesta para el tratamiento de las colas de la Empresa Ernesto Che Guevara de Moa (Tomada de Ferreiro 2014).

A la tecnología propuesta se le considera un periodo de "ramp up" o período de arranque, de unos tres años aproximadamente, hasta completar gradualmente la capacidad máxima por la cual fue diseñada y hasta lograr la capacitación y entrenamiento del personal en cada subproceso de la planta. Para ello se aprovecharán las experiencias de las empresas Ernesto Che Guevara, Pedro Sotto Alba, Mecánica de Níquel, Ferroníquel y otras del país. En base con esta última, se determinaron los volúmenes ponderados de producción anual, a partir de los cuales la tecnología ITMk3 deberá alcanzar un 50% de su capacidad productiva en el primer año, el 75% para el segundo año, y 100% a partir del tercer año (Cutiño Abreu 2015).



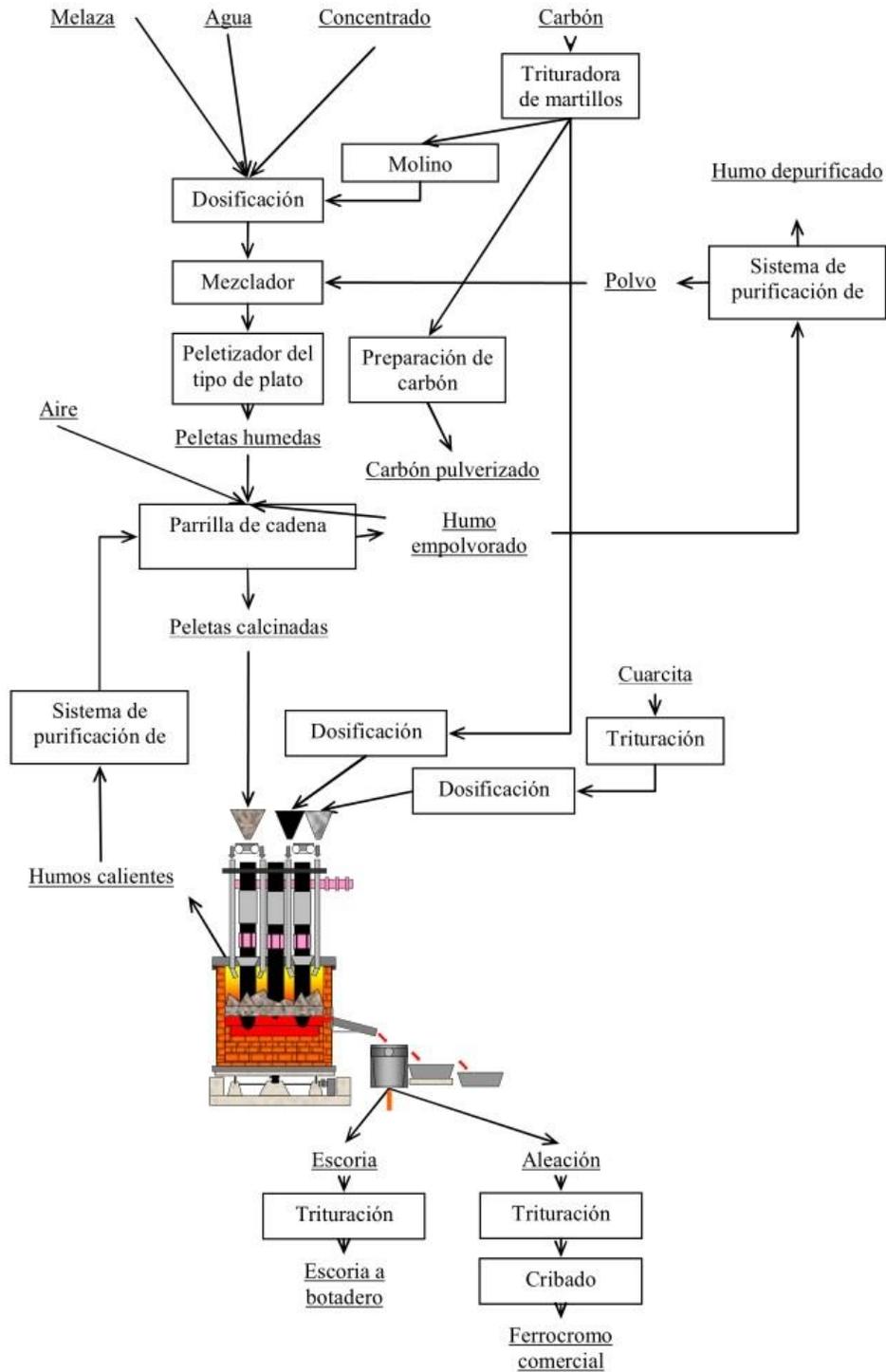
Distribución de colas e insumos para la producción de lupias de hierro

Año	Producción de lupias de hierro (Mt)	Ramp up	Mineral de Cola (Mt)	Carbón (Mt)	CaO (Mt)
1	250,0	50%	277,8	16,7	12,5
2	375,0	75%	4,16,7	25,0	18,8
3	500,0	100%	555,6	33,3	25,0
.	.	.	.	.	.
52	500,0		555,6	33,3	25,0
-	<b>25.625,0</b>	-	<b>28.474,5</b>	<b>1.708,3</b>	<b>1.281,3</b>

Fuente: Oficina Nacional de Recursos Minerales. 31 de diciembre, 2013



## Anexo # 5 Esquema de producción de la tecnología





### **Explicación del proceso:**

El concentrado no requiere de pulverización adicional antes de la preparación del material de carga.

El carbón que para la carga de peletización se somete a molienda y pulverización hasta la dimensión de 100% -0,1 mm.

El carbón utilizado como el combustible después de molienda, se pulveriza y pasa al sistema de transporte neumático a los quemadores de la parrilla (máquina de tostación).

El carbono utilizado como el reductor en el horno de reducción debe tener la dimensión 5-20 mm, la fracción fina (-5 mm) se tamiza, las piezas gruesas (+20 mm) se someten a la molienda.

La melaza se utiliza como el ligante; está en la fábrica en forma de líquido viscoso, si sea necesario, se hace hasta la densidad necesaria mediante la dilución por agua.

La cuarcita empleada como fundente debe tener la dimensión de 5-20 mm, las piezas más gruesas se someten a trituración.

El concentrado, el carbón molido, el polvo reversible del sistema de depuración de gas, el ligante, y, si es necesario el agua adicional, se mezclan en el mezclador y pasan al peletizador del tipo de discos. Las peletas se descargan del peletizador con la dimensión 10-20 mm. Las peletas húmedas entran a calcinación en la parrilla de cadena, donde se secan y se calientan hasta ~1350°C, con eso procede la reducción parcial de metales. La fuente básica de calor para la parrilla es el proceso de combustión adicional de los humos de muchas calorías del horno eléctrico; como el combustible auxiliar se utiliza el carbón pulverizado.

Las peletas calcinadas calientes entran al horno eléctrico de arco sumergido con el forro de magnesita; ahí se carga el carbón, cuarcita, los desechos propios de



aleación. Después del consumo de la cantidad de energía proyectada para la obtención de la cantidad reglamentada de la masa fundida, el metal y la escoria se vierten en la cuchara de colada. El ferrocromo se vierte de la cuchara colocada en la grúa por la boca de colada inferior en las lingoteras de acero, llenada con cribas formadas al triturar los lingotes de ferrocromo. El metal se vierte hasta la aparición de los índices de escoria después de que siguen vertiendo la escoria en la matriz separada para el enfriamiento y su trituración posterior. Los lingotes de ferrocromo enfriados se someten a la trituración en la trituradora de mandíbula y al cribado en la criba con la tela 10x10 mm (en función de las demandas del cliente, el ferrocromo se puede descargar en la forma de pedazos con una masa no más de 20 kg o por la clase de dimensión de 100-315 mm a 5-20 mm).



## **Anexo # 6 Código de Programación**

```
% Solve an Input-Output Fitting problem with a Neural Network
% Script generated by Neural Fitting app
% Created 06-Jun-2018 13:40:02
%
% This script assumes these variables are defined:
%
%   Vin - input data.
%   Vout - target data.

x = Vin;
t = Vout;

% Choose a Training Function
% For a list of all training functions type: help nntrain
% 'trainlm' is usually fastest.
% 'trainbr' takes longer but may be better for challenging problems.
% 'trainscg' uses less memory. Suitable in low memory situations.
trainFcn = 'trainlm'; % Levenberg-Marquardt backpropagation.

% Create a Fitting Network
hiddenLayerSize = 10;
net = fitnet(hiddenLayerSize,trainFcn);

% Choose Input and Output Pre/Post-Processing Functions
% For a list of all processing functions type: help nnprocess
net.input.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};
net.output.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};

% Setup Division of Data for Training, Validation, Testing
% For a list of all data division functions type: help nndivide
net.divideFcn = 'dividerand'; % Divide data randomly
net.divideMode = 'sample'; % Divide up every sample
net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.valRatio = 15/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;

% Choose a Performance Function
% For a list of all performance functions type: help nnperformance
net.performFcn = 'mse'; % Mean Squared Error

% Choose Plot Functions
% For a list of all plot functions type: help nnplot
net.plotFcns = {'plotperform','plottrainstate','ploterrhist', ...
'plotregression','plotfit'};

% Train the Network
[net,tr] = train(net,x,t);

% Test the Network
y = net(x);
e = gsubtract(t,y);
performance = perform(net,t,y)
```



```
% Recalculate Training, Validation and Test Performance
trainTargets = t .* tr.trainMask{1};
valTargets = t .* tr.valMask{1};
testTargets = t .* tr.testMask{1};
trainPerformance = perform(net,trainTargets,y)
valPerformance = perform(net,valTargets,y)
testPerformance = perform(net,testTargets,y)

% View the Network
view(net)

% Plots
% Uncomment these lines to enable various plots.
%figure, plotperform(tr)
%figure, plottrainstate(tr)
%figure, ploterrhist(e)
%figure, plotregression(t,y)
%figure, plotfit(net,x,t)

% Deployment
% Change the (false) values to (true) to enable the following code
blocks.
% See the help for each generation function for more information.
if (false)
% Generate MATLAB function for neural network for application
% deployment in MATLAB scripts or with MATLAB Compiler and Builder
% tools, or simply to examine the calculations your trained neural
% network performs.
    genFunction(net,'myNeuralNetworkFunction');
    y = myNeuralNetworkFunction(x);
end
if (false)
% Generate a matrix-only MATLAB function for neural network code
% generation with MATLAB Coder tools.
    genFunction(net,'myNeuralNetworkFunction','MatrixOnly','yes');
    y = myNeuralNetworkFunction(x);
end
if (false)
% Generate a Simulink diagram for simulation or deployment with.
% Simulink Coder tools.
    gensim(net);
end
```



Anexo # 7 Imagen satelital de la presa de cola

