



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A
PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA**

Jorge Armando Galicia Auyón

Asesorado por el Ing. Otto René Galicia Guillén

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A
PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE ARMANDO GALICIA AUYÓN

ASESORADO POR EL ING. OTTO RENÉ GALICIA GUILLÉN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A
PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha agosto de 2012.



Jorge Armando Galicia Auyón

Guatemala 10 de junio de 2013

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería

Por este medio informo que terminé la asesoría al estudiante Jorge Armando Galicia Auyón, identificado con carné 200815421 de su trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA.** Leí cada uno de los capítulos, conclusiones y recomendaciones y estoy de acuerdo con lo que allí está escrito.

Sin otro particular, me suscribo deferentemente



Otto Rene Galicia Guillén
INGENIERO GEOLOGO
Colegiado No. 4505



REF.REV.EMI.149.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Armando Galicia Auyón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”


Victor Hugo Garcia Roque
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 5133
Ing. Victor Hugo Garcia Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.253.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Armando Galicia Auyón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE HIERRO A PARTIR DE MINERALES DE HIERRO EN LUGARES SELECTOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Armando Galicia Auyón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, septiembre de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por llenarme la vida de bendiciones y permitirme lograr con éxito mis propósitos.
- Mi madre** Verónica Auyón, por su ejemplo y amor incondicional. Gracias a su esfuerzo estoy hoy cumpliendo una meta importante.
- Mi padre** Jorge Galicia, por su amor, trabajo duro y apoyo incondicional. Gracias a su arduo trabajo puedo ser quien soy profesionalmente.
- Mi tía** Por ser una segunda madre para mí y darme su apoyo y consejo a lo largo de toda mi vida y carrera.
- Mi hermano y hermanas** Por acompañarme a lo largo de toda mi vida estudiantil.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Facultad de
Ingeniería**

Por brindarme el conocimiento teórico y práctico que me permitirá desenvolverme con ética luego de egresado.

Mi asesor

Porque sin su apoyo no podría haber terminado con éxito este trabajo. Gracias por su paciencia y compartir su conocimiento conmigo.

Mi padrino

José Luis Galicia, por brindarme gran parte del conocimiento y estar siempre pendiente de mí al desarrollar este trabajo.

**Representaciones
Químicas S.A.**

Por abrirme las puertas para realizar mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Oferta.....	1
1.1.1. Estimación de capacidad de producción	7
1.1.1.1. Producción diaria	7
1.1.1.2. Producción semanal	8
1.1.2. Precio estimado.....	9
1.2. Demanda.....	9
1.2.1. Descripción de fuentes de información.....	9
1.2.2. Datos recopilados	9
1.2.2.1. Precio del mercado.....	10
1.2.2.2. Demanda local.....	11
1.2.2.3. Demanda internacional.....	11
1.2.3. Segmentos de mercado.....	12
1.2.3.1. Local	12
1.2.3.2. Requerimientos.....	12
1.2.3.3. Internacional	13
1.2.3.4. Requerimientos.....	14
1.2.3.5. Clientes potenciales.....	15

2.	ESTUDIO TÉCNICO	23
2.1.	Descripción del proceso de producción.....	23
2.1.1.	Obtención de materia prima	26
2.1.1.1.	Descripción.....	27
2.1.1.2.	Diagramas	27
2.1.1.2.1.	Operaciones óxido de hierro	28
2.1.1.2.2.	Flujo de la producción de óxido de hierro	29
2.1.1.2.3.	Recorrido de la producción de óxido de hierro	31
2.1.2.	Proceso de separación.....	33
2.1.2.1.	Descripción.....	33
2.1.2.2.	Diagramas	34
2.1.2.2.1.	Operaciones del proceso de separación.....	34
2.1.2.2.2.	Flujo del proceso de separación.....	36
2.1.2.2.3.	Recorrido del proceso de separación.....	38
2.1.3.	Maquinaria y equipo necesario.....	38
2.1.3.1.	Proceso de extracción.....	39
2.1.3.1.1.	Descripción	39
2.1.3.1.2.	Imágenes	41
2.1.3.2.	Proceso de separación.....	42
2.1.3.2.1.	Descripción	43
2.1.3.2.2.	Imágenes	43

2.1.4.	Costo de producción.....	44
2.1.4.1.	Mano de obra directa.....	46
2.1.4.2.	Gastos de fabricación.....	47
2.1.4.3.	Mano de obra indirecta.....	48
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL.....	51
3.1.	Leyes mineras.....	51
3.1.1.	Listado.....	51
3.1.2.	Descripción.....	52
3.1.3.	Impacto.....	60
3.2.	Venta local.....	60
3.2.1.	Especificaciones de concentración.....	61
3.2.2.	Otras especificaciones.....	61
3.3.	Exportación.....	62
3.3.1.	Regulaciones.....	62
3.3.2.	Especificaciones de concentración.....	63
4.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	67
4.1.	Análisis situación actual.....	68
4.1.1.	Diagnóstico.....	68
4.1.2.	Licencias necesarias.....	74
4.2.	Planes de contingencia.....	76
4.3.	Estrategias de mitigación.....	81
4.4.	Proyecto comunitario.....	83
4.4.1.	Descripción.....	84
5.	ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO.....	87
5.1.	Inversión requerida.....	87
5.1.1.	Infraestructura.....	87

5.1.2.	Maquinaria.....	88
5.1.3.	Licencias	89
5.2.	Flujo de efectivo estimado.....	92
5.2.1.	Ingresos.....	92
5.2.2.	Egresos	93
5.2.2.1.	Sueldos y salarios	93
5.2.2.2.	Energía eléctrica	96
5.2.2.3.	Transporte de mercancías.....	99
5.2.2.4.	Costos de recuperación ambiental	100
5.2.2.4.1.	Impuestos y regalías ...	100
5.2.2.5.	Costos de mantenimiento.....	100
5.3.	Análisis financiero	102
5.3.1.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	104
5.3.1.1.	Interpretación	105
5.3.2.	Valor Anual Uniformemente Equivalente (VAUE)..	105
5.3.2.1.	Interpretación	105
5.3.3.	Valor Presente Neto (VPN)	106
5.3.3.1.	Interpretación	106
	CONCLUSIONES.....	109
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	APÉNDICES.....	115
	ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Afloramiento de hematita de la región estudiada	3
2.	Hematita.....	4
3.	Magnetita	5
4.	Área de contacto de filita, hematita y grafito	7
5.	Camiones cargando material	8
6.	Precio del mineral de hierro importado a China en dólares.....	20
7.	Ubicación del área de estudio	25
8.	Principales vías de acceso del área de estudio	26
9.	Diagrama de operaciones para la extracción de mineral de hierro en el proyecto minero Lelá.....	28
10.	Diagrama de flujo de la producción de óxido de hierro (4.17 toneladas por hora)	29
11.	Diagrama de flujo producción 1 tonelada por hora.....	30
12.	Línea de producción 24 toneladas diarias.....	31
13.	Línea de producción 100 toneladas diarias.....	32
14.	Diagrama de operaciones proceso de separación magnética.....	35
15.	Diagrama de flujo proceso de separación magnética.....	37
16.	Diagrama de recorrido proceso de separación magnética	38
17.	Separador magnético CTB 618.....	44
18.	Separador magnético CTB 618.....	44
19.	Áreas protegidas en Chiquimula	73
20.	Área destinada a la planta de producción	88

TABLAS

I.	Especificación óxido de hierro	15
II.	Resumen proceso de separación	36
III.	Resumen del diagrama de flujo de separación	37
IV.	Descripción de maquinaria línea de 24 ton/día	40
V.	Descripción de maquinaria 100 ton/día.....	41
VI.	Maquinaria utilizada para la producción de Fe_2O_3	42
VII.	Cantidad mínima de personal	46
VIII.	Total pago mano de obra directa	46
IX.	Resumen de costos de electricidad	47
X.	Costos de transporte de mercancías al puerto	48
XI.	Resumen de gastos por mano de obra indirecta	48
XII.	Especificación óxido de hierro en Puerto Tianjin, China	64
XIII.	Especificación óxido de hierro en Puerto Quingdao, China	65
XIV.	Zonas de vida, por tipo de bosque. Chiquimula	70
XV.	Flora en la región de estudio	71
XVI.	Fauna en la región de estudio	72
XVII.	Precio de maquinaria producción de 24 toneladas diarias.....	89
XVIII.	Precio de maquinaria producción de 100 ton/día.....	90
XIX.	Costos de instalación planta de 24 ton/día	91
XX.	Costos de instalación planta de 100 ton/día	91
XXI.	Ingresos estimados plata de Fe_2O_3	93
XXII.	Planilla de sueldos	94
XXIII.	Total a pagar por sueldos y salarios (24 ton/día)	95
XXIV.	Total a pagar por sueldos y salarios (100 ton/día)	95
XXV.	Energía eléctrica consumida maquinaria (24 ton/día).....	96
XXVI.	Energía eléctrica consumida maquinaria (100 ton/día).....	97
XXVII.	Energía eléctrica consumida luminarias	98

XXVIII.	Resumen de costos de electricidad	99
XXIX.	Costos de transporte de mercancías al puerto.....	99
XXX.	Impuestos y regalías	100
XXXI.	Costos mensuales de mantenimiento	101
XXXII.	Flujo de efectivo mensual 24 toneladas diarias.....	103
XXXIII.	Flujo de efectivo mensual 100 toneladas diarias.....	103
XXXIV.	Flujo de efectivo anual	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Bh S (t)	Bosque húmedo sub tropical
USD	Dólar estadounidense
°C	Grados Celsius
Hm	Hematita
km²	Kilómetro cuadrado
kW-h	Kilo Watt hora
Lm	Limonita
Mgt	Magnetita
CO₂ 	Óxido de calcio
Fe₂O₃	Óxido de hierro (III)
%	Porcentaje
Q	Quetzal, moneda

Ton

Tonelada

TM

Tonelada Métrica

GLOSARIO

Afloramiento	Lugar donde asoma a la superficie terrestre un filón de masa rocosa o capa mineral consolidado en el subsuelo.
Clínker	Caliza cocida. Es la principal materia prima de la que se obtiene el cemento. Constituido por una especie de bolas de color grisáceo.
Factibilidad	Criterio que establece si un proyecto puede realizarse basados en los criterios de la metodología de proyectos.
Flanco	Cada una de las dos partes laterales de un cuerpo considerado o visto de frente.
Geomorfología	Parte de la geografía física que trata de la descripción y explicación del relieve terrestre actual.
LED	Acrónimo de Light-Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo semiconductor que emite luz. Son utilizados como indicadores en muchos dispositivos y en iluminación.

Pellet	Denominación utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido. El término es utilizado para referirse a diferentes materiales.
Precio FOB	Acrónimo del término en inglés Free On Board, es una cláusula de comercio internacional que se utiliza para operaciones de compraventa en que el transporte de la mercancía se realiza por barco.
Sostenibilidad	Condición que garantiza que los objetivos e impactos positivos de un proyecto de desarrollo perduren de forma duradera después de la fecha de su conclusión.
TIR	Tasa Interna de Retorno, es aquella tasa de descuento que al utilizarla para actualizar los flujos de futuros de ingresos netos de un proyecto de inversión, hace que su valor presente neto sea igual a cero.
Viabilidad	Contempla la llamada voluntad política que estableciendo el aval por una entidad dispuesta a asignarle recursos.

RESUMEN

Guatemala desea insertarse en el marco de las naciones con alto grado de desarrollo social y económico para poder dar una vida digna a sus habitantes. Para lograr este desarrollo debe existir producción de bienes y servicios que se comercialicen en el mercado local y extranjero, dando fuentes de empleo y tributando lo justo al país. Existe gran variedad de productos cuya demanda es constante y, por lo tanto, la rentabilidad de producirlos es siempre muy alta, el óxido de hierro es uno de ellos. Los concentrados de hierro son vendidos localmente para la fabricación de cemento, lo que hace que su demanda se incremente constantemente.

Sin embargo, en los últimos años, la minería se ha visto sometida a oposición local e internacional, debido a: la poca inclusión de las comunidades en los beneficios económicos y garantía en la aplicación eficiente y eficaz de las medidas ambientales respectivas.

La empresa Representaciones Químicas S.A., dedicada a concentrar diversos químicos para vender en mercados locales y extranjeros, desea conocer la factibilidad y sostenibilidad de producir concentrados de hierro a partir de óxido de hierro. Para ello deben investigarse las condiciones del mercado y aspectos técnicos sobre el lugar de donde se extraerá la materia prima, considerando también los aspectos legales, económicos y administrativos que conlleva montar una pequeña planta de producción. Se desea hacer un proyecto que contribuya al desarrollo de la comunidad en la cual se realice, dando fuentes de empleo y creando estrategias de mitigación ambientales ante posibles alteraciones al medio ambiente.

OBJETIVOS

General

Determinar la factibilidad y sostenibilidad de la inversión en la producción de concentrados de hierro a partir de minerales de hierro en regiones diversas de Guatemala.

Específicos

1. Establecer la demanda local e internacional de concentrados de hierro a fin de especificar la estrategia de mercado que favorezca la comercialización del producto.
2. Diseñar un modelo de producción de concentrados de hierro que optimice el uso de recursos y sea capaz de cumplir con las exigencias del mercado.
3. Establecer las normas legales que regirán el funcionamiento del proyecto, tanto si el producto se mercadea localmente o internacionalmente.

INTRODUCCIÓN

La situación actual para las industrias que se dedican a la minería en Guatemala es complicada. Comunidades, principalmente del occidente del país, han bloqueado proyectos que empresas mineras tenían planeado realizar. Su postura, muy válida, busca proteger los recursos naturales que aún les quedan, y evitar a toda costa que ingrese maquinaria y equipo que dañe irreversiblemente los ecosistemas del lugar.

La empresa Representaciones Químicas S.A no es una empresa minera, se dedica a extraer a partir de minerales, concentrados de elementos que luego comercializa dentro y fuera del país. Actualmente desea expandir su mercado y comercializar hierro en mercados locales y extranjeros. Analistas de la empresa han realizado, a grandes rasgos, estudios que concluyen que comercializar este tipo de materiales podría traerle muchos más clientes. Un estudio de factibilidad le ayudará a determinar en qué lugar exacto del país debe realizarse idóneamente la recolección de materia prima para su posterior concentración (Estudio Técnico).

Es muy importante también tomar en cuenta el impacto ambiental que conlleva el desarrollo del proyecto, para establecer estrategias de mitigación que regulen las alteraciones al entorno. En general, desarrollar un estudio de factibilidad es importante ya que puede decidirse si el proyecto es factible, sostenible y viable para realizar la inversión

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Oferta

En el área de estudio descrita en el estudio técnico existe una cantidad considerable de afloramientos de minerales metálicos, sin embargo, de la mayoría de ellos no se conoce aún con certeza su valor económico y la factibilidad de explotación.

Dentro de los principales yacimientos de minerales metálicos de acuerdo a su importancia económica se tiene las de hierro, las cuales se presentan principalmente en forma de óxidos. Se han encontrado manifestaciones y depósitos de regular tamaño en Camotan (departamento de Chiquimula), Cubulco (Baja Verapaz) y en las arenas titaníferas en las costas del pacífico. El hierro es uno de los principales metales para la industria metal -mecánica, además se usa como elemento estructural en la industria pesada, el ferrocarril, la industria del automóvil. En Guatemala se usa como uno de los componentes para la fabricación del cemento. En el área de estudio se tienen específicamente 3 minerales, estos son:

- Hematita – (Fe_2O_3)

La hematita es un mineral que ya era conocida por los egipcios por sus virtudes sanguíneas. Tiene ciertamente la apariencia de un metal brillante pero cuando se pone en agua, la colorea de un rojo sangre. Es esta propiedad la que le ha dado su nombre que proviene del griego *Hematites* derivado de sangre. Es un mineral compuesto de óxido férrico (Fe_2O_3) y constituye una importante

mena de hierro ya que en estado puro contiene un 70 por ciento de este metal. Las más grandes cantidades de hematita se encuentran en las rocas sedimentarias. Se utiliza como: mineral industrial, pigmento, extracción de hierro, agente para pulidos. A continuación se presentan características importantes de la roca en bruto ofertada en la cantera.

- Formación y origen

Mineral raro en las rocas intrusivas, y común en las extrusivas ya que requiere de un ambiente oxidante. También es común en rocas sedimentarias por orogénesis de limonita; en metamórfica de bajo grado y como producto de sublimación en las exhalaciones volcánicas. El material que se encuentra en el proyecto minero Lelá es de origen sedimentario, y se encuentra en contacto con las rocas intrusivas del platón de Chiquimula.

- Yacimientos

Entre las regiones con mayor contenido de hematita del mundo están las orillas del lago superior de Michigan (Estados Unidos) y yacimientos extensos en Brasil, España, Rusia, Ucrania y Canadá. La hematita se encuentra en cristales romboédricos. Las formaciones macizas se llaman specularitas, las terrosas ocre rojo. Los cristales son translúcidos, la hematita es un constituyente de numerosos abrasivos y pigmentos.

- Afloramientos en la región

La región del estudio está dividida en 3 áreas relativamente cercanas propiedad del señor Estuardo Vásquez; por tal motivo, la descripción se realiza de acuerdo a los lugares nombrados informalmente y que sirven de referencia. Pretenden comercializarse cuerpos de óxido de hierro, predominantemente hematita, que se localizan predominantemente en quebradas o cercanas a estas.

Figura 1. **Afloramiento de hematita de la región estudiada**



Fuente: proyecto minero Lelá. Camotán Chiquimula.

Se venderá hematita en bruto, y el óxido de hierro (Fe_2O_3) presente será aprovechado por compañías que se describen en la siguiente sección como materia prima de sus industrias. Es extraída artesanalmente por la comunidad de la aldea cercana a la cantera.

Figura 2. **Hematita**



Fuente: proyecto minero Lelá. Camotán Chiquimula.

En la figura 2 se observa a gente de la comunidad seleccionado el mineral y apilándolo. La comunidad tiene experiencia en seleccionar minerales de acuerdo a sus características físicas, color rojizo y textura. Posteriormente el material es puesto en camiones que lo llevan a donde el cliente requiera. El principal, Cementos Progreso de Guatemala, requiere el mineral para la fabricación de su producto líder.

- Magnetita –Mgt-

Se identificó únicamente en el área denominada Quincho (anexo II); queda expuesta debido a una falla inversa con componente de rumbo dextral entre los cuerpos de la mena (hematita) y el material estéril (filitas); el cual es paralelo al rumbo, con dirección contraria en buzamiento de la falla antes en mención; y casi perpendicular a la foliación de las filitas.

La magnetita se caracteriza por ser óxido de hierro de color negro, con propiedades magnéticas; no se logró especificar las dimensiones y forma exacta del cuerpo debido a que no está expuesto en varios puntos de superficie que permitan extrapolar e interpretar la información.

Figura 3. **Magnetita**



Fuente: proyecto minero Lelá. Camotán Chiquimula.

- Limonita -Lm –

Limonita es el nombre dado a ciertos minerales de hierro provenientes de alteración nutrida de los vegetales en aguas ferruginosas. Tiene una fórmula genérica como $\text{FeO(OH)} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Pueden considerarse como un hidróxido de hierro son amorfos y de color pardo oscuro. Entre sus variedades se encuentran la hematites parda, la etites, el hierro de los pantanos y la estiprosiderita. Se usa como fuente de hierro, y para la obtención del pigmento ocre.

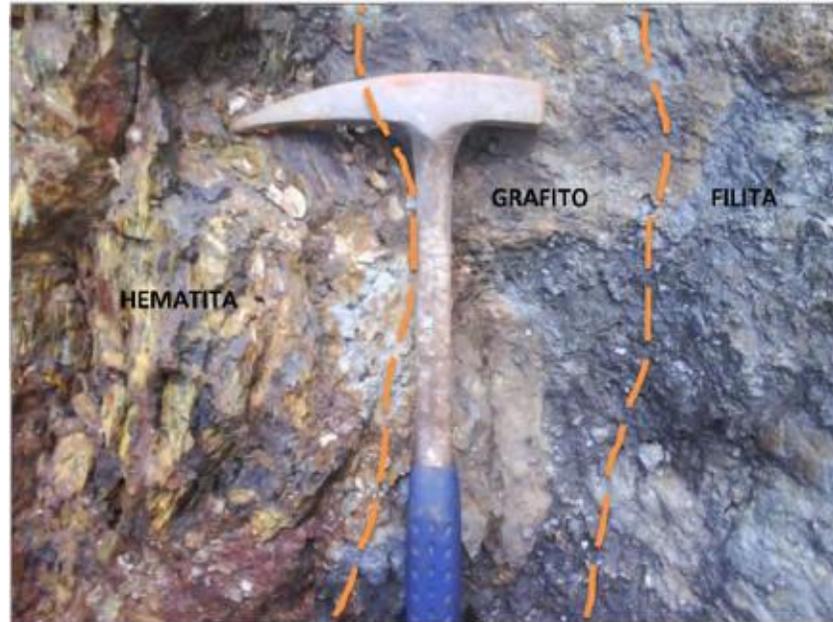
Se identificó así al conjunto de fragmentos de roca de tamaño arcilla, de coloración rojiza con contenido de óxido de hierro; con un espesor aproximado de 2 metros. Esta unidad producto de la descomposición de la roca y acumulación en la superficie, cubre discordantemente algunos bloques y/o bolsones de la oxido de hierro rojo (hematita) que son expuestos únicamente por trabajo de explotación artesanal del mineral.

- Secuencia de los afloramientos

La secuencia litológica local que aflora en el área de estudio, permitió diferenciar las siguientes unidades, las cuales se les asignan los siguientes nombres informales: Filitas (Ft); Hematita (Hm); Magnetita (Mgt); Limonita (Lm).

En la figura 9 se ilustra una sección simplificada de las diferentes litologías presente en el área de estudio, la columna se muestra la relación entre las filitas y los cuerpos de hematita concordantes con la foliación de la primera.

Figura 4. **Área de contacto de filita, hematita y grafito**



Fuente: proyecto minero Lelá. Camotán Chiquimula.

1.1.1. Estimación de capacidad de producción

Actualmente el material es extraído en camiones de 13,8 toneladas que son cargadas con una retroexcavadora. La roca totalmente en bruto es llevada al cliente cuando lo requiera.

1.1.1.1. Producción diaria

Actualmente se cargan 3 camiones diarios y listos para despacho. El material que actualmente se extrae es roca en bruto que se lleva a la planta de producción de Cementos Progreso. Se propondrá en el estudio técnico aumentar la capacidad de producción llegando a producir de 24 a 100 toneladas diarias.

Figura 5. Camiones cargando material



Fuente: proyecto minero Lelá. Camotán Chiquimula.

1.1.1.2. Producción semanal

Actualmente pueden llenarse aproximadamente 10 camiones laborando en jornada diurna normal. Con un total de 140 toneladas diarias listas para despacho. Luego de pedir las cotizaciones de maquinaria, y realizar investigación de la demanda, se plantearon dos distintas plantas de producción de mineral de hierro. La primera, con una capacidad de 100 toneladas diarias, la segunda con una capacidad de 24 toneladas diarias. Semanalmente, la primera planta podría producir 700 toneladas diarias, la otra podría producir 168 toneladas semanales.

1.1.2. Precio estimado

El precio del material dependiendo del nivel de procesamiento que se desee. Actualmente la camionada de 13,8 toneladas tiene un precio de Q. 610 incluyendo el flete hacia la empresa de destino. El precio del mineral de hierro concentrado por medios físicos puede valer hasta 120 dólares por tonelada.

1.2. Demanda

El óxido de hierro es utilizado en varios procesos productivos. Es utilizado en cerámica, particularmente en vidriados. Los óxidos de hierro, como los óxidos de otros metales, proveen el color de algunos vidrios después de ser calentados a altas temperaturas. También son usados como pigmento.

1.2.1. Descripción de fuentes de información

Se realizaron visitas técnicas a empresas potenciales compradoras de mineral de hierro en la ciudad de Guatemala. Se investigó en cuál parte de su proceso de producción utilizan el mineral, y de qué manera requerirían que este fuera entregado. A continuación se realizará una descripción de los procesos de producción de cada cliente potencial local. La información recopilada para los clientes internacionales se basa en varias entrevistas realizadas al Gerente General de Representaciones Químicas S.A., y a fuentes secundarias.

1.2.2. Datos recopilados

Posterior a las visitas técnicas a clientes potenciales e investigación en base a cotizaciones, se obtuvo información sobre el precio del mineral de hierro en el mercado y la demanda actual de este material. Para cada empresa se

describirá en qué parte del proceso requieren el mineral de hierro para luego segmentar el mercado en base a la demanda de cada empresa.

1.2.2.1. Precio del mercado

El precio de mineral de hierro se fija cada año por negociación directa entre productores y consumidores, estando ambos interesados en mantener una relación comercial de largo plazo. Por lo anterior, el productor de acero privilegia las especificaciones técnicas de su producción de acero por sobre el minimizar sus costos de suministro.

Es así como los precios del mineral de hierro son fijados anualmente en estas negociaciones, en las que participan los principales productores mundiales de hierro y las principales compañías siderúrgicas. Esta ronda de negociación de precios y su posterior fijación se constituye como la base de precios de referencia del mercado internacional. Cabe destacar que el valor del mineral ha experimentado un importante aumento de más de 190 por ciento en lo que va de la década. De hecho, sólo en 2007 el precio aumentó 9,5 por ciento para los finos con respecto a 2006, variación que se alcanzó después de la negociación entre Chinese Baosteel y Vale.

Por otro lado, el precio de los pellets aumentó en el mismo año 5,3 por ciento luego de la negociación entre ILVA, un grupo acerero italiano, y Vale. En tanto, en marzo de 2007 la inglesa Corus negoció un precio 7,2 por ciento mayor para los pellets con LKAB, un importante proveedor suizo, y 11,1 por ciento mayor para los finos de Kiruna (mina también controlada por LKAB). Las diferencias entre estos precios se explican principalmente por los distintos costos de flete. Cada camionada de hierro es vendida a Q. 350 más gastos de flete.

1.2.2.2. Demanda local

Así como el hierro ha ido aumentando su valor y las compañías potencian su explotación, la producción de acero también viene experimentando un fuerte aumento que se refleja en una tasa de crecimiento promedio anual de 6,3 por ciento desde 2000. En promedio, anualmente se han incorporado al mercado, desde ese año al 2006, 377 000 toneladas métricas.

Es así como en los últimos años la producción de óxido de hierro ha alcanzado sus niveles históricos, llegando en 2006 a 1,227 millones de toneladas, lo que representa un crecimiento de 8,7 por ciento con respecto a 2005, siendo los principales productores China (34 por ciento), Europa (18,8 por ciento) y Japón (9,3 por ciento).

Para 2007 la producción hasta noviembre alcanzaba los 1 206 millones de toneladas, promediando alrededor de 110 millones de toneladas de producción de acero crudo por mes. Si se compara esta cifra con la media de 2006 se puede apreciar que la producción de acero crudo fue, en promedio, un 7,2 por ciento mayor cada mes revelando un mayor dinamismo en el mercado.

1.2.2.3. Demanda internacional

Los cambios en el mercado mundial del mineral de hierro, incluida la aplicación de un nuevo sistema de precios, son impulsados por la demanda china, que controla el 70 por ciento del comercio marítimo mundial del mineral. El mercado chino está encabezando un enorme cambio en los envíos de mineral de hierro del mundo.

1.2.3. Segmentos de mercado

El mercado se dividió en 2 grandes grupos, local e internacional. Para cada uno, se establecieron requerimientos mínimos del mineral en base a las visitas a cada empresa. Para el mercado internacional, se establecieron requerimientos en base a documentación en las páginas de cada portuaria.

1.2.3.1. Local

Si bien el mercado nacional del hierro tradicionalmente no ha tenido especial relevancia a nivel global, este mineral está obteniendo cada vez más importancia gracias a las fuertes alzas que ha experimentado en su valor en los últimos años, lo que ha provocado el ingreso de nuevos actores en el panorama nacional y un importante aumento en su producción.

1.2.3.2. Requerimientos

No existe ningún reglamento que regule la concentración específica del óxido de hierro (Fe_2O_3) a vender a las empresas nacionales. Sin embargo, las empresas mencionadas en el estudio de mercado tienen diferentes requerimientos de concentración. Basándose en reportes de venta anteriores, Cementos Progreso compra óxido de hierro con una concentración no menor al 45 por ciento. Esto por los usos que se da a este compuesto en la preparación del clínker. La empresa Representaciones Químicas S.A., comprará hematita con una pureza no menor al 45 por ciento. Todo lo anterior quedará estipulado en los respectivos contratos que se realicen con cada una de las empresas compradoras.

- Fineza del grano: tamaño granular menor a 20 milímetros. Se espera libre de impurezas, removidas con la separación magnética.
- Tamaño mínimo del lote: no hay, según pedido.
- Tiempo máximo de espera: 1 semana luego de la transacción.
- Forma de pago: luego de entregado el material, se deposita a cuenta propia de la empresa.
- Unidad de pago: quetzales por tonelada métrica.

1.2.3.3. Internacional

El mineral de hierro se encamina a su primer excedente en por lo menos una década en tanto crece la producción y las acerías chinas, los mayores compradores, aumentan la producción al ritmo más lento en cinco años.

El abastecimiento que se transporta por vía marítima crecerá 9,1 por ciento y la demanda 8,3 por ciento en 2013, con exportadores como Fortescue Metals Group Ltd. de Perth y Vale S.A a la cabeza, pronostica Morgan Stanley. En 2014 surgirá un excedente que seguirá creciendo hasta por lo menos 2018, vaticina el banco. Los precios caerán 34 por ciento, a US\$90 la tonelada, a fines de diciembre, según la mediana de estimaciones de siete analistas reunidas por Bloomberg.

Las exportaciones de la mayor carga transportada por mar después del petróleo están creciendo más que nunca desde 2010 luego de que los precios se multiplicaron por siete en los últimos nueve años. Goldman Sachs Group Inc., prevé que las importaciones de China treparán 4 por ciento en 2013, el porcentaje más bajo en 3 años. Su producción de acero se incrementará 2,6 por ciento en tanto la economía del país crece al segundo ritmo más lento de la

última década, según los cálculos de Morgan Stanley y los economistas consultados por Bloomberg.

1.2.3.4. Requerimientos

Según la página electrónica de The Steel Index, entidad encargada de verificar fluctuaciones en los precios de mineral de hierro, los requerimientos del mineral de hierro en el mercado internacional son:

- Fineza del grano: tamaño granular menor a 10 milímetros (al menos el 90 por ciento del producto cargado), con un máximo de 40 por ciento bajo los 150 micrones.
- Tamaño mínimo del lote: 20 000 toneladas métricas.
- Tiempo máximo de espera: 4 semanas luego de la transacción.
- Forma de pago: a la vista, luego de entregado el producto en el puerto.
- Unidad de pago: US\$ por tonelada métrica.

A continuación se presentan las especificaciones verificadas por los agentes portuarios en China al momento de ingresar un lote de hematita granulada. Se presentan 2 tablas, cada una con las especificaciones de cada puerto de destino. Ambas están divididas en óxido de hierro al 62 por ciento, y óxido de hierro al 58 por ciento. Se hace de esa manera ya que en China, el óxido de hierro se compra bajo estas especificaciones.

Tabla I. **Especificación óxido de hierro**

	62 % Fe	58 % Fe
Contenido de Fe %	62,00	58,00
Humedad %	8,00	8,50
Aluminio %	3,50	3,50
Silicio %	4,00	4,00
Fósforo %	0,07	0,07
Azufre %	0,05	0,05

Fuente: *The Steel Index* (TSI) www.thesteelindex.com. Consulta: septiembre de 2012.

1.2.3.5. Clientes potenciales

El mineral de hierro es utilizado principalmente en la industria de la construcción y el vidrio. Ambos tipos de empresas no requieren mineral de hierro con altos grados de concentración. A continuación se describen tres de los principales clientes potenciales del mineral de hierro en Guatemala.

- **Cementos Progreso**

Los productos: caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso una vez molidos y clasificados, son los más utilizados para mezclar en las proporciones adecuadas con el clinker molido para la obtención del cemento de una características determinadas. Este entra en la llamada fase físico química de la fabricación del cemento.

- **Proceso físico químico del cemento**

La transformación del polvo crudo en clinker es un proceso donde ocurren cambios físico-químicos. En general, el proceso de fabricación de cemento implica las siguientes reacciones, que se efectúan dentro de la unidad de

calcinación. El secado implica la evaporación de la humedad de la materia prima a una temperatura de 110 grados Celsius. La deshidratación se da a temperaturas mayores de 450 grados Celsius, y significa la pérdida del agua químicamente unida a compuestos tales como algunas arcillas y agregados. A los 900 grados Celsius la caliza se descompone en cal viva (CaO) y dióxido de carbono (CO₂).

Esta cal está lista para reaccionar y debe ser tratada rápidamente a la zona de clinkerización. Los óxidos de fierro comienzan a reaccionar con la cal y la alúmina, para formar ferroaluminato tetracálcico líquido a la temperatura de 1 300 grados Celsius, a la que se disuelven los minerales, incrementando la reacción entre ellos. El polvo calcinado y convertido en clínker pasa al enfriador, donde llega con una temperatura aproximada de 1 000 grados Celsius.

En el enfriador, por medio de aire a presión se logra bajar la temperatura del clínker hasta los 40 grados Celsius. Parte del aire que se calienta al contacto con el clínker se aprovecha para incrementar la eficiencia de los precalentadores, el que tiene baja temperatura se va a la atmósfera a través de un colector de residuos que disminuye la emisión de polvo a la atmósfera.

- Representaciones Químicas S.A.

Empresa guatemalteca con experiencia en la fabricación y comercialización de productos químicos y agroquímicos dirigidos a todo el sector industrial, agrícola y en especial al tratamiento de aguas residuales. Su materia prima es en su mayoría guatemalteca, y para la fabricación de productos químicos utiliza minerales, entre ellos de fierro.

- Visión, misión y valores corporativos

La visión de Representaciones Químicas S.A., es la expresión del compromiso que asume la compañía con el futuro a través de su sostenibilidad, la que puede conseguir al mejorar los niveles de rentabilidad y teniendo en cuenta la protección ambiental y la responsabilidad social. Los principios fundamentales vividos y sustentados por Holcim son la base de las actividades y actitudes de todos los colaboradores que se desempeñan en nuestra organización.

- Visión: “construir los cimientos para el futuro de la sociedad”.
- Misión: “ser la compañía más respetada y atractiva de nuestra industria, creando valor para todos nuestros clientes, empleados, accionistas y comunidad en que operamos”.
- Valores corporativos: “las actividades y actitudes descritas en nuestra Visión y Misión, están enmarcadas en los valores corporativos: fortaleza, desempeño y pasión.”

- SICASA

Vidriería guatemalteca, (VIGUA). El vidrio es una mezcla de silicatos. La composición aproximada de un vidrio de ventanas es $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. El vidrio lo fabricaban ya los egipcios 1 400 años A. de C.; en su elaboración añadían un óxido básico (procedente del natrón o de las cenizas de madera) a la arena (donde se encuentra la sílice). Esto permitía rebajar el punto de fusión de la mezcla y mantener por más tiempo el estado viscoso del vidrio, es decir, prolongar el tiempo de fabricación. El vidrio así obtenido era soluble en agua.

Añadiendo a la preparación silicatos terrosos o metálicos (piedras calcáreas o plomo) se creó el vidrio que hoy conocemos. Rápidamente los artesanos variaron sus colores e incorporaron limadura de hierro, agua marina y corteza de abedul, cuerno de vaca, carbón, azufre y también antimonio. El hierro es utilizado principalmente para dar color a botellas que lo requieran.

- China

China tratará de obtener al menos el 50 por ciento de sus importaciones de hierro de empresas productoras que cuenten con inversiones del gigante asiático y reducir así su dependencia de las tres grandes firmas mineras mundiales. Li Xinchuang, subdirector general de la Asociación del Hierro y el Acero de China, que agrupa a los principales productores del país, señaló al diario oficial China Daily que el objetivo de alcanzar el 50 por ciento está marcado para entre los próximos 5 a 10 años y busca reducir su dependencia de las mineras angloaustralianas río Tinto y BHP Billiton y la brasileña Vale.

Solo el 10 por ciento del hierro que importa China procede de empresas controladas por firmas del país asiático. El año pasado, tan solo 60 millones de toneladas de hierro importado procedieron de minas con inversión china, una cifra muy pequeña teniendo en cuenta que solo en los seis primeros meses de este año el país asiático ha importado 334 millones de toneladas de hierro.

Las minas controladas por empresas del país asiático pueden producir 150 millones de toneladas de hierro cada año, pero la mayoría aún no ha comenzado su producción.

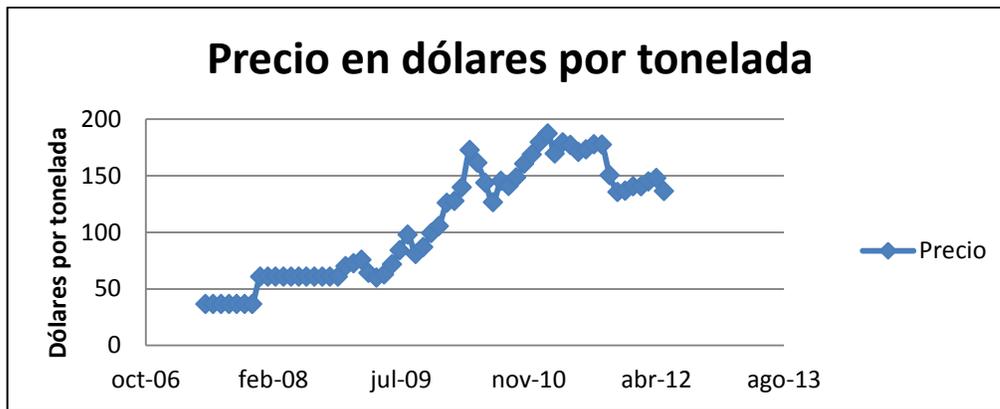
Por ello, desde hace unos años, las empresas siderúrgicas chinas invierten en compañías foráneas de materias primas, operaciones en ocasiones vetadas por países como Australia, que temen que un sector clave como el

minero acabe controlado por China. Australia y Brasil tienen grandes recursos, pero no ofrecen muchas oportunidades para inversores chinos debido a la presión de los crecientes costes y las barreras reguladoras, además, muchos de los recursos y sus infraestructuras están controladas por las grandes compañías mineras.

Hanlong, de capital privado, es una de las muchas firmas chinas que han optado por inversiones en el exterior, en su caso, en África, siguiendo los pasos de las grandes acerías estatales, como Baosteel, Anshan Iron and Steel o Wuhan Iron and Steel. Esta última, por ejemplo, tiene como objetivo ser totalmente autónoma en sus suministros de hierro para 2015.

The Steel Index publica dos precios diarios de referencia del mineral de hierro, uno para finos con un contenido de hierro del 62 por ciento y otro para finos con un contenido de hierro del 58 por ciento, ambos de importación a China.

Figura 6. **Precio del mineral de hierro importado a China en dólares**



Fuente: *The Steel Index*, <http://thesteelindex.com>. Consulta: abril de 2012.

- El Salvador

El mayor cliente potencial es la cementera salvadoreña que utiliza óxido de hierro en la producción del clínker del cemento. Anteriormente se mencionó en qué parte del proceso se utiliza el mineral de hierro, por lo que no se describirá de nuevo.

- Holcim El Salvador

Holcim El Salvador, una empresa con más de 60 años de tradición en la producción y comercialización de cemento, concreto y agregados de alta calidad para la construcción.

Holcim El Salvador nace como organización el 17 de octubre de 1949 bajo el nombre de: Cemento de El Salvador. Desde el inicio se visualizó la ciudad de Metapán para el montaje de la fábrica por sus grandes yacimientos de caliza; pero, la falta de una buena carretera, el hecho de construir una vía férrea y -

especialmente- la falta de energía eléctrica suficiente para el funcionamiento de la maquinaria, motivaron a instalar la primera planta de cemento en la playa las Flores, Acajutla, departamento de Sonsonate.

Al igual que Cementos Progreso de Guatemala, Cementos de El Salvador utiliza mineral de hierro al momento de mezclar el clinker a altas temperaturas dándole características especiales al cemento.

2. ESTUDIO TÉCNICO

2.1. Descripción del proceso de producción

El proceso de producción de la planta tiene como objetivo separar y concentrar el material valioso tomado de los minerales extraídos a vender a mercados locales y extranjeros. Esta separación es realizada por medios físicos magnéticos que se valen de esta propiedad del hierro para separarlo de los demás metales. En general el proceso está dividido en tres etapas principales.

- **Extracción:** el material es extraído en bruto de la montaña.
- **Trituración:** el material es transportado por cribas vibratorias hacia la trituradora de mandíbulas. Luego, el material pasa por el molino de bolas para lograr mayor fineza del mismo.
- **Separación:** el material triturado pasa por dos separadores magnéticos para garantizar la concentración deseada por el cliente.

Se presentarán dos diferentes líneas de producción propuestas. La primera, produce 24 toneladas diarias de óxido de hierro, una segunda línea que produce 100 toneladas diarias se plantea paralelamente. Se realiza de la manera anterior ya que luego de cotizar equipo, ambos proyectos están dentro del presupuesto dado por la empresa para cotizar.

Antes de iniciar propiamente con el estudio del proceso de producción, se delimitará el área de estudio. Luego de analizar de manera documental, y

realizar varias visitas se determinó que el área donde se instalará la planta de producción es el la finca propiedad del señor Estuardo Vásquez, ubicada en Camotán, Chiquimula.

- Descripción física del lugar

En esta sección se describirá el área de estudio en términos de su localización geográfica y cartográfica. Luego se describirán las vías de acceso al proyecto minero.

- Localización geográfica del área

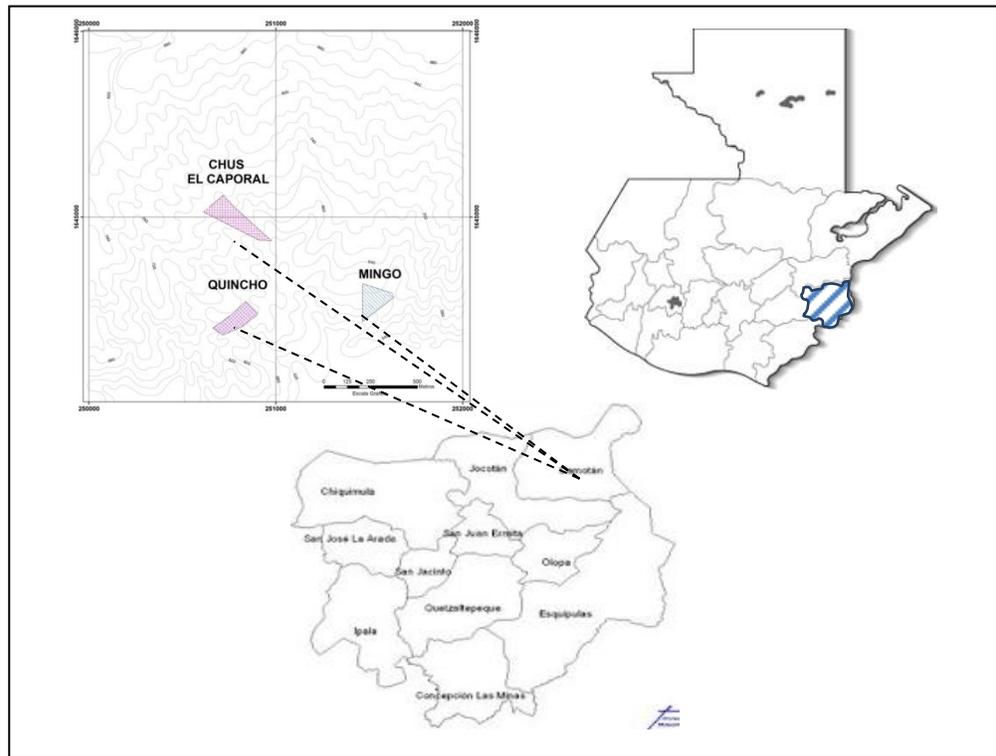
La superficie de estudio se encuentra localizada geográficamente con una latitud norte aproximada de 14 grados 52' 4,1773" y longitud oeste de 89 grados 18' 57,6364" al sur oriente de Guatemala, al noreste del municipio de Camotán Chiquimula.

- Localización cartográfica

Este estudio incluye la cartografía de 3 áreas relativamente cercanas propiedad del señor Estuardo Vásquez; por tal motivo, la descripción se realiza de acuerdo a los lugares nombrados informalmente y que sirven de referencia (Chus, Quincho y Mingo).

El proyecto de investigación se localiza en la hoja topográfica La Unión, Hoja 2360 IV, edición 3-DMA, serie E754 del IGN escala 1:50 000. Los vértices de los 3 polígonos se enlistan en el siguiente cuadro, con coordenadas UTM del con datum NAD27. En la figura 7 se ilustra la localización del área de estudio.

Figura 7. Ubicación del área de estudio



Fuente: investigación de campo 2012.

- Accesibilidad del área

Cuenta con varias vías de acceso vehicular, accesos peatonales y/o veredas. Dentro de las vías de acceso principales se pueden mencionar: carretera centroamericana CA-11, que conduce de Vado Hondo hacia, la frontera con Honduras. Carretera departamental no pavimentada RD-CHI14, que conduce de La Unión, Zacapa hacia aldea la Lima, Camotán Chiquimula.

Figura 8. Principales vías de acceso del área de estudio



Fuente: MARN, www.marn.gov.gt. Consulta: 16 de octubre de 2012.

2.1.1. Obtención de materia prima

Actualmente en el proyecto minero Lelá, se extrae óxido de hierro de manera artesanal. Con una retroexcavadora se separa y parte la roca de la montaña. La roca partida es luego seleccionada a mano y apilada para su traslado. Como una mejora a este proceso, se propone un proceso que es descrito en los siguientes numerales.

2.1.1.1. Descripción

La línea propuesta para la producción de óxido de hierro es en serie. El material fluye de una estación a otra, quedando al final el producto terminado listo para cargar en el camión.

La línea de producción de óxido férrico es un modelo en serie, cuyo producto terminado es material concentrado de menos de 10 milímetros de diámetro. El proceso productivo consta de 3 etapas principales. En la primera etapa, denominada extracción, el material es separado de la montaña por una excavadora. Ésta extrae rocas de gran tamaño que se colocan en la criba vibratoria.

La segunda etapa es la trituración. En ésta se incluye el trabajo realizado por la trituradora de mandíbulas y el molino de bolas. En la trituradora de mandíbulas entran rocas de gran tamaño que al atravesar las quijadas de la máquina, salen con un diámetro menor a 25 milímetros. Luego pasan por el molino de bolas, que se encarga de dejar las rocas con un grosor de entre 0,041 milímetros y 0,4 milímetros. La última etapa es la separación del material por medios magnéticos. Para lograr una concentración óptima se utilizan dos separadores magnéticos de igual intensidad.

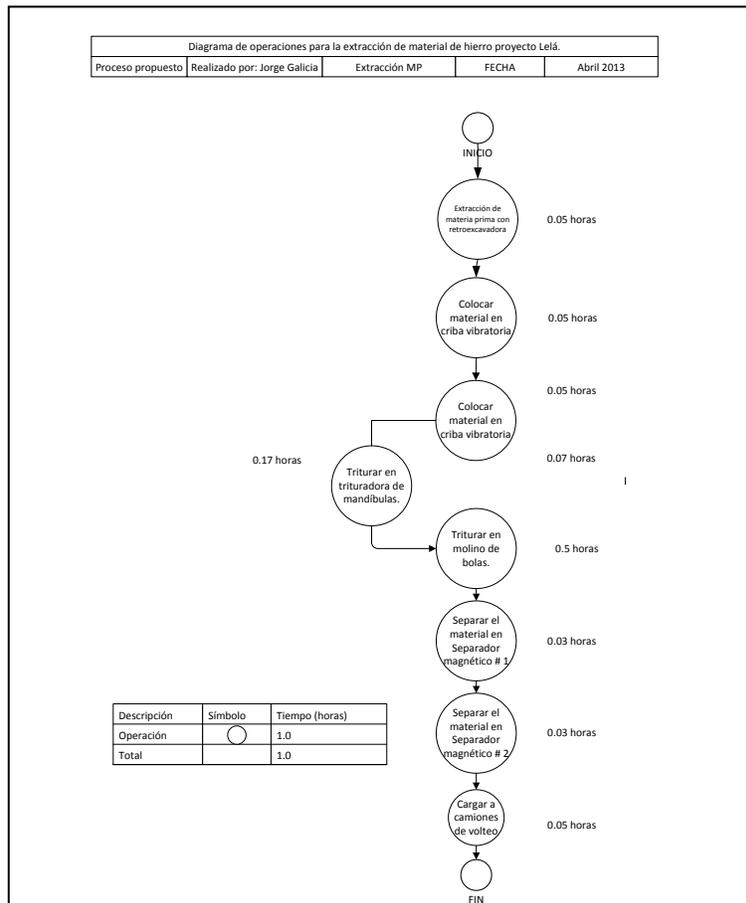
2.1.1.2. Diagramas

Luego de calcular el tiempo en base a la estación más lenta (molino de bolas), se concluye que la línea es capaz de producir una tonelada de óxido de hierro por hora. Los diagramas de operaciones, flujo y recorrido muestran de una forma más sencilla que el proceso descrito anteriormente. En la siguiente sección se presentan las ilustraciones.

2.1.1.2.1. Operaciones

La extracción de materia prima es realizada en 8 etapas principales. De éstas, la extracción del mineral de la montaña, es el proceso más ágil. En el diagrama propuesto se muestra la extracción de una tonelada de mineral de hierro por hora. En la figura 9 se observa el diagrama de operaciones

Figura 9. **Diagrama de operaciones para la extracción de mineral de hierro en el proyecto minero Lelá**

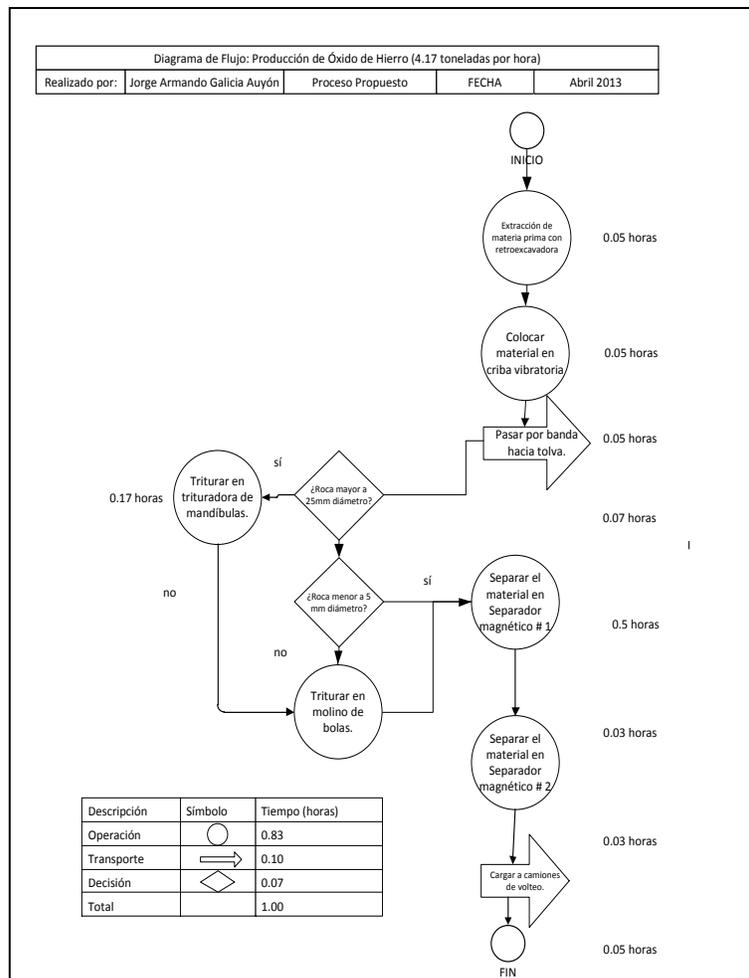


Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2.2. Flujo

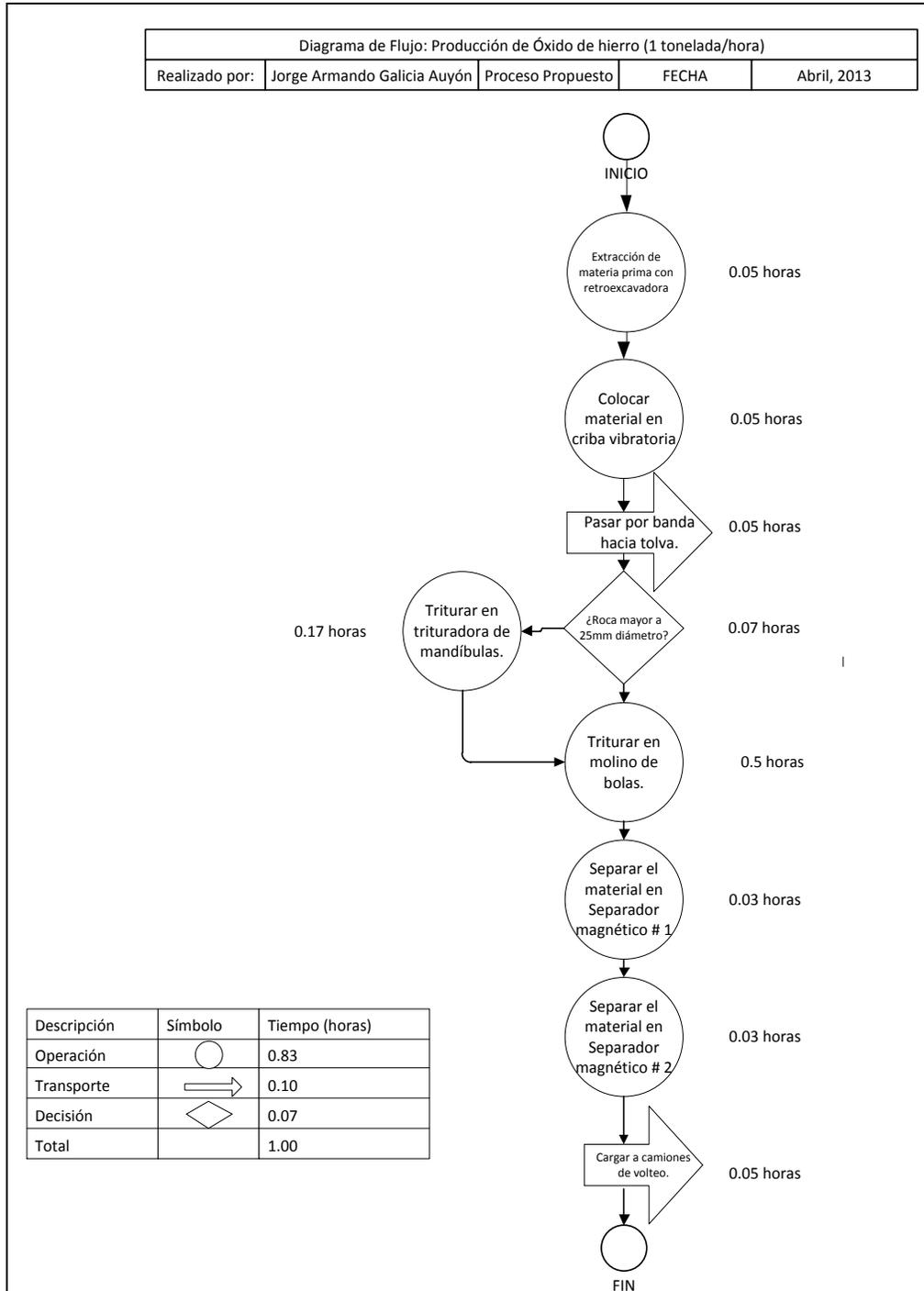
En un diagrama de flujo, cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del diagrama están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso. Se presentan dos diagramas de flujo, para plantas de 100 y 24 toneladas de producción diaria respectivamente.

Figura 10. **Diagrama de flujo de la producción de óxido de hierro (4.17 toneladas por hora)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de flujo producción 1 tonelada por hora

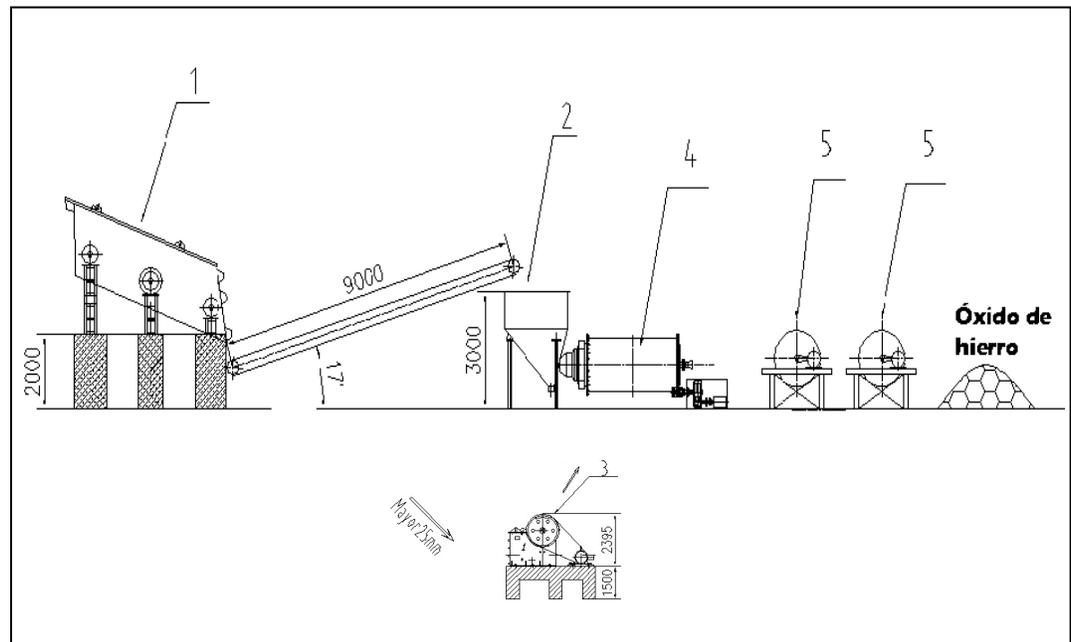


Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2.3. Recorrido

El diagrama de recorrido propuesto, es un esquema de distribución de planta en un plano bidimensional a escala. Éste muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el diagrama de flujo y de operaciones. La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas y cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por un número. Al igual que los diagramas de flujo, se plantean dos diferentes diagramas de recorrido.

Figura 12. Línea de producción 24 toneladas diarias



Fuente: GARÍN, Carlos. Cotización maquinaria HeNan Lelí, 2013.

Los números en localizados en la parte superior de cada máquina en la figura anterior representan lo siguiente:

- Tolva (4)
- Molino de bolas (5)
- B1: Banda transportadora 8 metros
- B2: Banda transportadora 9 metros

Al igual que la línea de producción de 1 tonelada por hora, esta se divide en tres etapas principales, extracción, trituración y separación. La única variación es cómo se acomodará la maquinaria en el terreno disponible. En la figura 12 se muestra una configuración propuesta para la maquinaria, que es de mayor tamaño a la mostrada en la figura 13.

2.1.2. Proceso de separación

Luego de haber extraído la roca en bruto de la montaña con la retroexcavadora, se procede a separarla. La separación consiste en remover la mayor cantidad de impurezas que contenga el mineral. Para aprovechar las propiedades magnéticas de hierro, la separación planteada es por medios físicos. Se cotizaron 2 separadores magnéticos, que necesitan un tamaño de grano fino para poder trabajar, por lo que la primera etapa del proceso de separación es la trituración de la roca.

2.1.2.1. Descripción

Después de que los minerales han sido liberados de la ganga, el mineral extraído se somete a un proceso de concentración que separa los minerales en dos o más productos. La separación por lo general se logra utilizando alguna diferencia específica en las propiedades físicas o químicas entre el mineral valioso y los minerales de obtenidos anteriormente. La separación magnética se vale de las propiedades físicas magnéticas del mineral de hierro.

El proceso de separación magnética tiene como propósito principal eliminar las partículas de polvo de hierro y otras sustancias en el cuerpo de la máquina de propósito general. La maquinaria que se utiliza para las separación y detección de partículas las detecta hasta cuando tienen un tamaño inferior a 3 milímetros como la magnetita, limonita, el bicarbonato de hierro, y mineral de hierro.

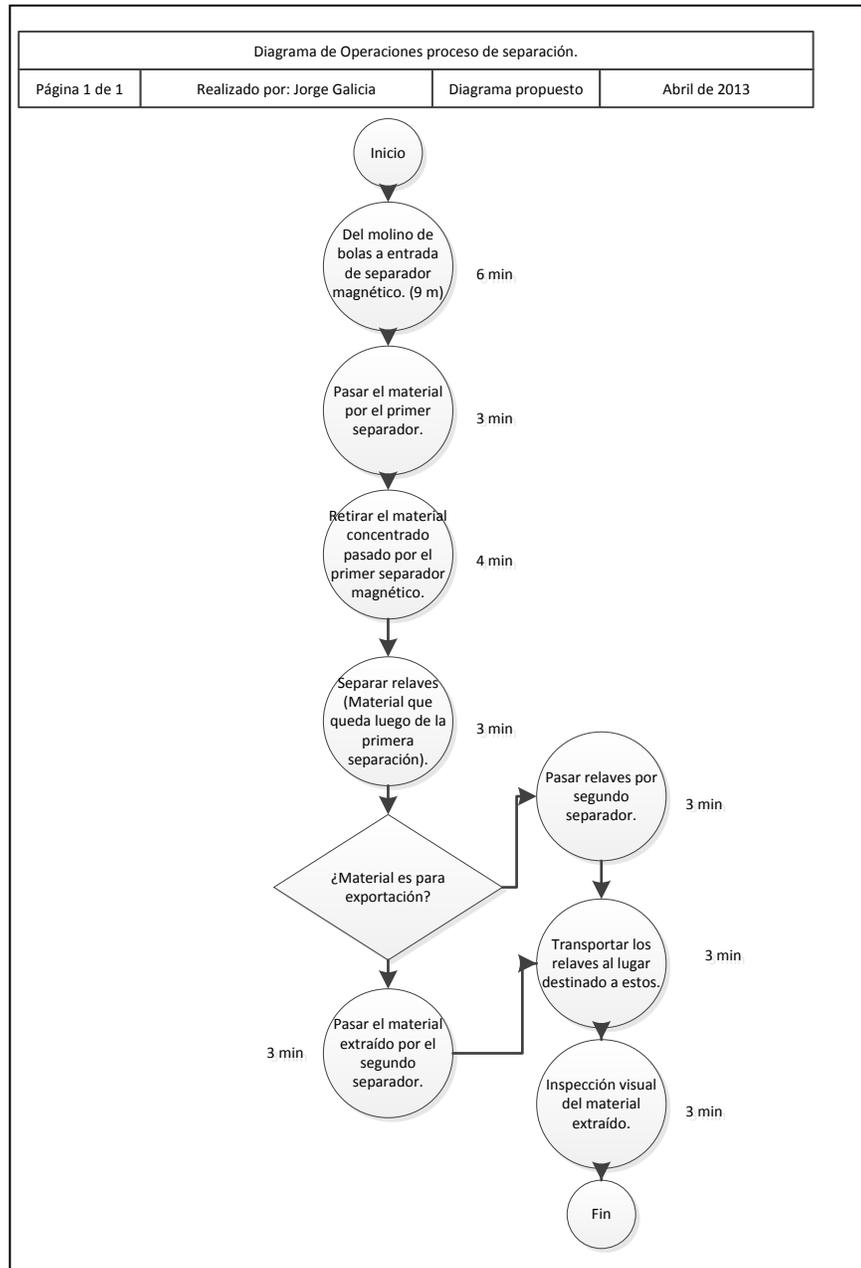
2.1.2.2. Diagramas

La separación magnética del material empieza con la trituración. Se presentan los diagramas de operaciones, flujo y recorrido. Todos estos son una continuación de los diagramas presentados en el proceso de separación. La primera operación que aparece es posterior al molino de bolas,

2.1.2.2.1. Operaciones

El proceso de separación tiene una duración de 18 minutos. En el diagrama propuesto existen 2 caminos a tomar luego de la primera separación. La decisión de qué camino tomar dependerá de si el material es para exportación o para consumo local. En la siguiente figura se presenta el diagrama de operaciones del proceso de separación.

Figura 14. Diagrama de operaciones proceso de separación magnética



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Resumen proceso de separación**

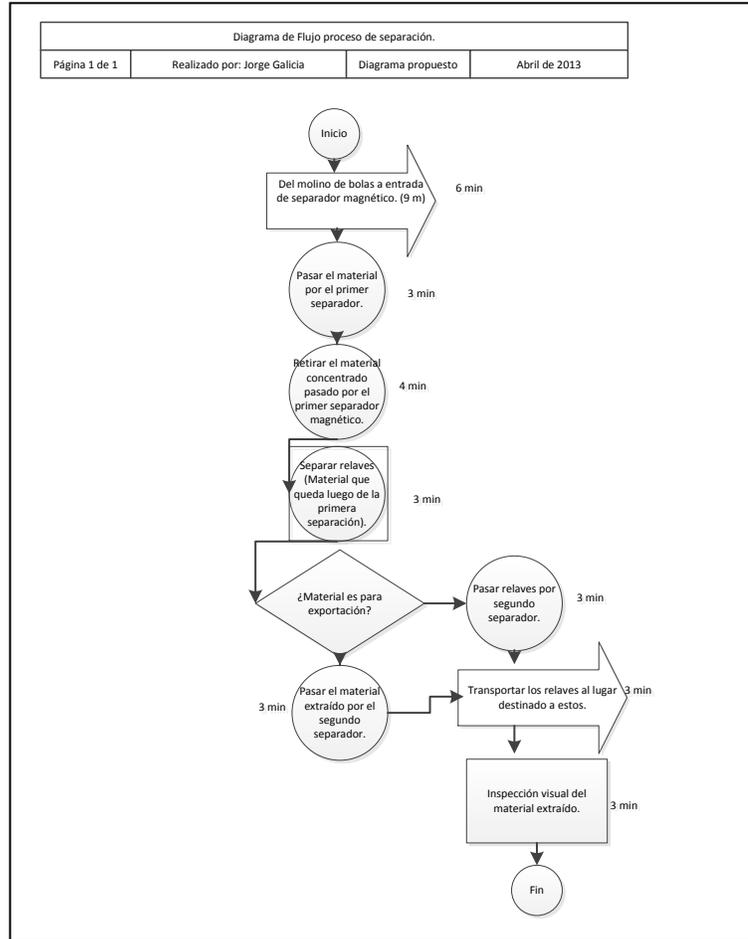
Descripción	Símbolo	Tiempo (horas)
Operación	○	0.3
Total		0.3

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2.2. Flujo

El siguiente diagrama de flujo del proceso, muestra las actividades a realizar durante el proceso de separación magnética. Se definieron 2 etapas de inspección del producto terminado. En la primera, el operador determina si la trituración en el molino de bolas fue adecuada para utilizar el separador magnético. En la segunda etapa se determina si el mineral de hierro cumple con las especificaciones mínimas pedidas por cada cliente. Este proceso tiene una duración total de 18 minutos.

Figura 15. Diagrama de flujo proceso de separación magnética



Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Resumen del diagrama de flujo de separación

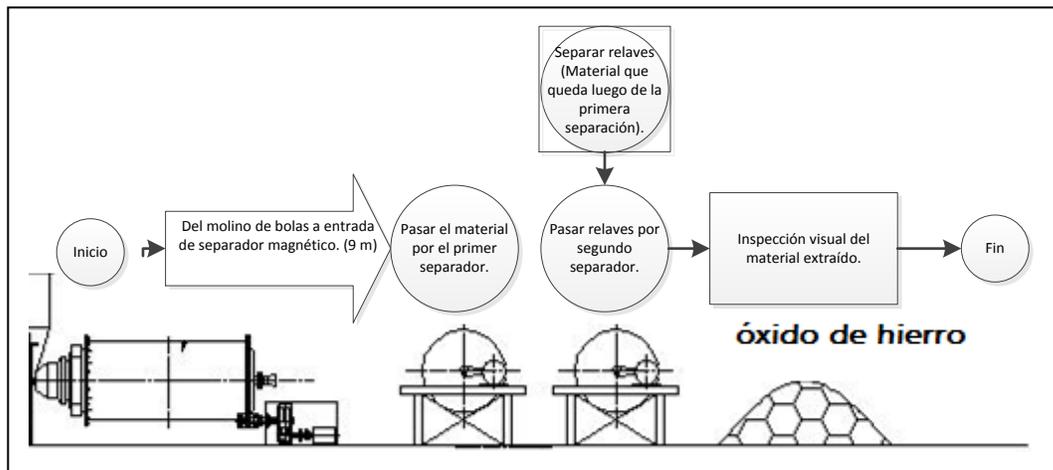
Descripción	Símbolo	Tiempo (horas)
Operación	○	0.13
Transporte	⇒	0.1
Decisión	◇	0.07
Total		0.3

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2.3. Recorrido

El siguiente diagrama muestra un acercamiento a la maquinaria utilizada en el proceso de separación. La primera máquina es el molino de bolas que tritura la roca a un grano muy fino. Las máquinas gemelas que se observan luego son los dos separadores magnéticos. Se muestra el diagrama de recorrido en base al esquema de la planta mostrado en la figura 13.

Figura 16. Diagrama de recorrido proceso de separación magnética



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Maquinaria y equipo necesario

Este se divide en proceso de extracción, y proceso de separación. En la extracción va aparte de la maquinaria minera, una retroexcavadora para colocar el material en la línea de producción y extraerlo de la montaña.

2.1.3.1. Proceso de extracción

Contempla la etapa desde que la retroexcavadora saca el material de la montaña, hasta que el material es triturado en la máquina de mandíbulas y el molino de bolas. La retroexcavadora fue cotizada en varias empresas, siendo la más favorable la cotización enviada por la empresa Gentrac. La demás maquinaria, es la enviada por la empresa HeNan Lelí Maquinaria, empresa china que proporcionará todo el equipo minero.

2.1.3.1.1. Descripción

La maquinaria utilizada en la línea de producción de 24 toneladas diarias, y la de 100 toneladas diarias es la misma. Únicamente varía la potencia de las máquinas utilizadas. En la siguiente tabla se enumera la maquinaria utilizada en ambas líneas.

- Maquinaria necesaria línea 24 toneladas diarias.

La maquinaria descrita a continuación es la encargada de transformar la roca en bruto a un diámetro mucho menor y separado de impurezas. En la siguiente figura se describe el modelo exacto, potencia y parámetros. En la tabla II y II se detalla la maquinaria para la planta de 100 y 24 toneladas de producción diaria.

Tabla IV. Descripción de maquinaria línea de 24 ton/día

Nombre del Equipo	Modelo	Potencia KW	Parámetros	Cantidad
Trituradora de mandíbulas	PE 200*300	7,5	2-6 ton/hora Peso: 1,2 toneladas Salida material: 15-20 mm	1
Criba vibratoria	YK1230	15,0	0,5-2 ton/hora Peso: 3,4 toneladas Salida material: 0,041-0,4mm	1
Molino de bolas	O900*1800	7,5	Área de criba: 3,2 m ² Peso 1,5 ton	1
Separador magnético	CTB618	2,2	Capacidad 18-35 ton/h Rotación: 40 rph	2
Banda transportadora	500*9000	2,0	Largo: 9000 mm Ancho: 500 mm	2
	500*8000	3,0	Largo: 8000 mm Ancho: 500 mm	1
Tolva				1

Fuente: GARÍN, Carlos. Cotización maquinaria HeNan Lelí. 2013.

Tabla V. Descripción de maquinaria 100 ton/día

Nombre del Equipo	Modelo	Potencia KW	Parámetros	Cantidad
Trituradora de mandíbulas	PEX 300*1300	55,0	16-105 ton/hora Peso:15,6 toneladas Salida material: 20-90 mm	1
Criba vibratoria	2YK1548	15,0	3,3-8,2 ton/hora Peso: 14,4 toneladas Salida material: 0.041-0.4mm	1
Molino de bolas	O1500*3000	75,0	Área de criba: 14,4 m ² Peso: 5.98 toneladas	1
Banda transportadora	500*9000	2,0	Largo: 9 000 mm Ancho: 500 mm	2
	500*8000	3,0	Largo: 8 000 mm Ancho: 500 mm	3
Tolva				1

Fuente: GARÍN, Carlos. Cotización maquinaria HeNan Lelí. 2013.

2.1.3.1.2. Imágenes

Las imágenes presentadas, son fotografías de la maquinaria cotizada en HeNan Lelí. Fueron tomadas de la cotización enviada a la empresa, sin embargo las dimensiones de la trituradora de mandíbulas y el molino de bolas no coinciden exactamente con las mostradas en la tabla IV y V.

Tabla VI. **Maquinaria utilizada para la producción de Fe₂O₃**

Nombre del Equipo	Imagen
Trituradora de mandíbulas	
Molino de bolas	
Criba vibratoria	
Banda transportadora	

Fuente: GARÍN, Carlos. Cotización maquinaria HeNan Lelí, 2013.

2.1.3.2. **Proceso de separación**

Para el proceso de separación se cotizaron 2 separadores magnéticos idénticos. Es importante remarcar que si las máquinas no se adquieren en la misma empresa, las trituradoras deben dejar la roca al menos a las especificaciones de las máquinas presentadas por HenNan Lelí. Esto porque el separador magnético no funcionará correctamente si el diámetro de las rocas es muy grande.

2.1.3.2.1. Descripción

Se utilizarán dos separadores magnéticos del modelo CTB 618. Cada uno con una potencia de 2,2 kilo Watt. La primera máquina realizará una separación primaria, en donde se extraerá parte del material concentrado. Si el material es para exportación, este material se pondrá en el segundo separador magnético para concentrar el grano aún más. Si el material es para consumo local, en donde la concentración no debe ser tan elevada, se pasarán los relaves por el separador magnético # 2. Cada separador tiene una capacidad de entre 18 y 35 toneladas por hora, rotando a una velocidad de 40 revoluciones por minuto.

2.1.3.2.2. Imágenes

Las imágenes que se presentarán a continuación, son exactamente las enviadas en la cotización de HeNan Lelí. En ellas es importante remarcar que el material triturado pasa por las aberturas localizadas al frente, mientras el rodillo gira, atrapa las partículas de hierro. Dependiendo de la calidad que se busque en la concentración (exportación o mercado local), se pasará 1 o 2 veces por cada uno.

Figura 17. **Separador magnético CTB 618**



Fuente: HeNan Lelí, Maquinaria. Febrero 2013.

Figura 18. **Separador magnético CTB 618**



Fuente: HeNan Lelí, Maquinaria. Febrero 2013.

2.1.4. Costo de producción

La planta de producción trabajará las 24 horas. De esta manera se producirá la mayor cantidad de óxido de hierro listo para despachar y así recuperar más rápido la inversión. De igual manera, se busca economizar energía eléctrica, ya que arrancar las máquinas una vez al día consumiría

mucha más energía. No importando si se decide realizar la planta de 24 toneladas diarias o la de 100, se trabajarán 3 turnos. El personal está integrado por los siguientes puestos descritos brevemente:

- Gerente general: encargado de supervisar cuentas y estados financieros. Encargado de realizar contacto directo con clientes.
- Gerente de producción: realiza programas de producción, planifica turnos y supervisa metas.
- Coordinador logística: encargado de contacto con empresa de transporte, coordina la exportación del producto.
- Supervisor: coordina la calidad de la producción, ordena mantenimientos a máquinas. Idealmente, personal de la comunidad capacitado.
- Operador de maquinaria: operador de trituradoras, molinos y separadores. Personal de la comunidad.
- Operador de excavadora: extrae el material a cielo abierto, luego de llegar a la meta diaria, carga el material a los camiones de volteo.

En la tabla VII, se detalla la cantidad exacta de personal mínima de acuerdo a cada modelo de producción. En el modelo de producción de 24 toneladas diarias, existen 6 personas menos que en el otro. Esto porque se requiere un operador más por cada turno de producción diario.

Tabla VII. **Cantidad mínima de personal**

Puesto	Cantidad necesaria 24 toneladas diarias	Cantidad necesaria 100 toneladas diarias
Gerente general	1	1
Gerente de producción	1	1
Coordinador logística	1	1
Supervisor turno	3	3
Operador máquina	12	18
Operador tractor	3	3
Total	21	27

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.1. **Mano de obra directa**

En esta tabla están resumidos los datos presentados en el estudio económico y financiero donde se detalla cada salario. Se considera a los operadores de cada máquina, y operadores del tractor como MOD, ya que son estos quienes están en contacto directo con la roca en bruto antes de convertirse en producto terminado.

Tabla VIII. **Total pago mano de obra directa**

		12,67%	8,33%	8,33%	5,83%	9,72%
Puesto	Total Pagado	IGSS Patronal	Bono 14	Aguinaldo	Vacaciones	Indemnización
Operador máquina	Q. 54 900,00	Q. 6 385,68	Q. 4 198,32	Q. 4 198,32	Q. 2 938,32	Q. 4 898,88
Operador tractor	Q. 12 750,00	Q. 1 520,40	Q. 999,60	Q. 999,60	Q. 699,60	Q. 1 166,40
Total	Q. 67 650,00	Q. 7 906,08	Q. 5 197,92	Q. 5 197,92	Q. 3 637,92	Q. 6 065,28
Total a pagar MOD mensual						Q. 95 655,12

Fuente elaboración propia.

2.1.4.2. Gastos de fabricación

Están constituidos por todos los desembolsos necesarios para llevar a cabo la producción; por su naturaleza no son aplicables directamente al costo de un producto, como por ejemplo: material indirecto, mano de obra indirecta y gastos indirectos (energía, combustibles, seguro, renta). En este apartado entran principalmente los gastos por concepto de energía eléctrica, tanto por la iluminación, como por el gasto propio de cada máquina.

Tabla IX. **Resumen de costos de electricidad**

	KW-h	Costo (Quetzales)
Iluminación	1 071,36	2 111,58
Maquinaria 24 ton	29 808,00	58 749,51
Maquinaria 100 ton	118 368,00	233 295,16
Costo 24 ton		Q 60 861,09
Costo 100 ton		Q235 406,74

Fuente: elaboración propia.

Además, en este rubro entran los costos por transporte del producto terminado al puerto donde es entregado al cliente.

Tabla X. **Costos de transporte de mercancías al puerto**

Cálculo de Producción	Transporte	
	Dólares	Quetzales
100 toneladas diarias	USD 120 000,00	Q 935 578,80

Fuente: cotización HeNan Lelí maquinaria.

2.1.4.3. Mano de obra indirecta

Los salarios pagados a los empleados dentro de la organización que no están directamente involucrados en la fabricación de mercancías, representan los costos indirectos de una empresa. Estos empleados no tocan los productos durante el proceso de fabricación. En este rubro entra el salario del supervisor de turno y del gerente de planta. Se detalla más de esta información en el estudio económico y financiero.

Tabla XI. **Resumen de gastos por mano de obra indirecta**

		12,67%	8,33%	8,33%	5,83%	9,72%
Puesto	Total Pagado	IGSS Patronal	Bono 14	Aguinaldo	Vacaciones	Indemnización
Gerente Producción	Q 11 750,00	Q 1 457,05	Q 957,95	Q 957,95	Q 670,45	Q 1 117,80
Supervisor Turno	Q 18 750,00	Q 2 280,60	Q 1 499,40	Q 1 499,40	Q 1 049,40	Q 1 749,60
Total	Q 30 500,00	Q 3 737,65	Q2 457,35	Q2 457,35	Q1 719,85	Q 2 867,40
Total a pagar por MOI						Q 43 739,60

Fuente: elaboración propia.

Los costos de producción en resumen son los siguientes:

Costo de producción		
Mano de obra directa	Q	95 655,12
Gastos de fabricación	Q	1 170 985,54
Mano de obra indirecta	Q	43 739,60
Total mensual	Q	1 310 380,26

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL

El marco jurídico que regula la minería en Guatemala inicia en la Constitución Política de la República de Guatemala y de conformidad con el ordenamiento jurídico guatemalteco la actividad minera se regula en leyes ordinarias, reglamentos y en tratados y convenios internacionales ratificados por el Estado de Guatemala. A continuación se desarrollan los sustentos legales relacionados con el ámbito minero:

3.1. Leyes mineras

Este conjunto de leyes tendrán impacto en el proceso de extracción del material óxido de hierro. Se mencionan los detalles más importantes de cada uno y más adelante se analiza su impacto.

3.1.1. Listado

Guatemala se está convirtiendo en un país de explotación minera de recursos metálicos. Una legislación creada durante el gobierno de Álvaro Arzú (1996-2000), abrió las puertas para que transnacionales incursionaran en el campo de la minería. Ante el auge, organizaciones ambientalistas presionan para que se modifique el marco legal que favorece a las empresas. A continuación se presenta un listado de las leyes que tienen influencia en el desarrollo del proyecto, que a pesar de realizarse en una finca privada, no queda fuera de la aplicación de cada una de estas leyes.

- Constitución Política de la República
- Leyes ordinarias que regulan la actividad minera
 - Ley de Minería
 - Ley de Protección del Medio Ambiente
- Leyes ordinarias no mineras aplicables
 - Código de salud
 - Ley de Áreas Protegidas
 - El Código de Trabajo
 - El Reglamento de higiene y seguridad en el trabajo
 - Ley del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
 - Reglamento de localización e instalación industrial
- Otras leyes ordinarias aplicables
 - Ley de Contrataciones del Estado
 - Convenio 169 de la OIT
 - Acuerdo No. 1002: Reglamento sobre protección relativa a accidentes en general

3.1.2. Descripción

A través de la historia se han decretado varias leyes que buscan regular e incentivar la actividad minera. A continuación se presenta un resumen de las leyes emitidas que aún están vigentes, mencionando para cada una los aspectos más importantes. Se analiza su relación con el proyecto, directa o indirecta.

- Constitución Política de la República

En el artículo constitucional 125 se declara de utilidad y necesidad pública la explotación técnica y racional de los minerales, por lo que se delega al Estado establecer y propiciar las condiciones propias para su explotación y comercialización.

La regulación constitucional permite la explotación industrial, comercial, agrícola o de cualquier otra clase, exclusivamente en forma técnica cuando esté a cargo de organizaciones públicas y/o privadas en forma racional en concordancia con la conservación y protección de los recursos a cargo de particulares.

El marco general del país en materia ambiental está contemplado en el artículo 97, de la Salud, Seguridad y Asistencia Social. Establece que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a proporcionar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

Este conjunto de leyes tendrán impacto en el proceso de extracción del material óxido de hierro. Se mencionan los detalles más importantes de cada uno y más adelante se analiza su impacto.

- Ley de Minería

(Decreto 48-97 del Congreso de la República), Capítulo V Artículo 31, Capítulo II Artículo 8.

La Ley de Minería y su reglamento contienen la normativa que regula toda la actividad minera en Guatemala, incluyendo las fases o etapas de reconocimiento, exploración, explotación y cualquier otra operación relacionada con la industria minera que constituyan depósitos o yacimientos naturales del subsuelo.

Esta ley se operativiza a través del Ministerio de Energía y Minas que es el órgano del Estado encargado de formular y coordinar las políticas, planes y programas del gobierno que correspondan al sector minero y de tramitar y resolver todos los asuntos administrativos dentro de las esferas de su competencia.

Este decreto viene a sustituir múltiples leyes que regulan la actividad minera en el país. Los aspectos importantes y relacionados a la realización de los Estudios de Impacto Ambiental se reflejan en los capítulos y artículos siguientes:

- Artículo 8 Propiedad de los yacimientos: son bienes del estado todos los yacimientos que existen dentro del territorio de la República, su plataforma continental y su zona económica exclusiva.
- Artículo 31 Obligaciones del titular de la concesión: Presentar previo a iniciar la explotación, una copia del Estudio de Impacto

Ambiental a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales).

- El Capítulo 1 se refiere al uso y aprovechamiento de aguas, por lo que tiene poca relevancia con el proyecto en curso al no haber desechos que afecten recursos hídricos de la región.
 - El Capítulo 3 hace referencia al tratamiento del desperdicio producto de las operaciones mineras en áreas determinadas. Todas las actividades deben evitar en lo posible el desperdicio y las prácticas ruinosas, la dirección deberá prohibir la ejecución de operaciones mineras en las áreas que, a criterio técnico afecten a las personas y bienes.
- Ley de Protección del Medio Ambiente

Este cuerpo legal a través de la Comisión Nacional del medio ambiente regula todo lo relacionado a impactos ambientales y medidas de mitigación. Establece que el suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio de desperdicios contaminantes del medio ambiente o radioactivos.

En su artículo 8 establece que para todo proyecto, obra industria, o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales, el ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo, un estudio de evaluación del impacto ambiental realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

- Código de salud

Es importante remarcar el Artículo 41 porque se refiere a los efluentes residuales, prohíbe arrojar al medio ambiente, suelo, agua, aire, los desechos nocivos a la salud. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por medio de la Dirección General de Servicio de Salud, autorizará que puedan no ser arrojados, previo tratamiento, en la forma que determine el reglamento.

El Artículo 43 prohíbe a todos los habitantes causar molestias públicas, tal como ruidos, vibraciones, malos olores o pestilencias, en general emanaciones que puedan afectar la salud o el bienestar de la población, el reglamento normará lo relativo a esta materia.

- Ley de Áreas Protegidas

Decreto número 4-89 del Congreso de la República de Guatemala

Dentro de los presupuestos de este cuerpo legal se establece todo lo relativo a los límites que el Estado de Guatemala impone en cuanto al aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables, por cuanto es necesario la observación de ésta normativa por parte de la dirección de minería del ministerio de energía y minas, toda vez que no es posible otorgar en concesión para la exploración o explotación minera, un área que con anterioridad haya sido declarada área protegida.

- El Código de Trabajo

Establece preceptos legales para orientar el desarrollo de las actividades de empresas en las que el trabajador puede estar sujeto a riesgos. Regula las relaciones entre trabajadores y patronos, y los derechos y obligaciones de cada uno en lo que compete a su relación laboral, así como las normas para resolver conflictos entre los mismos.

- El Reglamento de higiene y seguridad en el trabajo

Regula materia laboral y depende de los fundamentos del Código de Trabajo, tiene como objetivo regular las condiciones de higiene y seguridad bajo las cuales deberán ejecutar sus labores los trabajadores. Los artículos del 4 al 6 se refieren a las obligaciones de los patronos en cuanto a tomar medidas de seguridad e higiene para proteger la vida, salud e integridad corporal de sus trabajadores. Los artículos del 14 al 24 se refieren a las condiciones generales de los locales y ambientes de trabajo, tales como los edificios, superficie de trabajo, pisos y paredes, pasillos, puertas y escaleras, ventilación temperatura, humedad, limpieza del lugar de trabajo. Por último el artículo 97, que norma lo relativo a la dotación de servicios sanitarios, inodoros y mingitorios, en un mínimo de uno por cada 25 hombres y uno por cada 15 mujeres, separados convenientemente por sexo y dotados de agua y papel higiénico.

- Convenio 169 de la OIT

Ratificado por medio del Decreto número 9-96 del Congreso de la República. Este convenio fue adoptado por la Organización Internacional del Trabajo en 1989 para promover el respeto por las culturas, las formas de vida, las tradiciones y el derecho consuetudinario de los pueblos indígenas y tribales.

En el convenio se señala que en caso de que pertenezca al Estado la propiedad de los minerales o de los recursos del subsuelo, o tenga derechos sobre otros recursos existentes en las tierras, los gobiernos deberán establecer o mantener procedimientos con miras a consultar a los pueblos interesados, a fin de determinar si los intereses de esos pueblos serían perjudicados, y en qué medida, antes de emprender o autorizar cualquier programa de prospección o explotación de los recursos existentes en sus tierras.

- Ley del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

Regula la actividad obrero-patronal desde el punto de vista de la seguridad social, especialmente en lo que concierne a atención médico-hospitalaria y la jubilación. Su sostenimiento es por medio de cuotas mensuales sobre el salario a obreros (4,5%) y patronos (10%).

- Reglamento de localización e instalación industrial

El municipio de Camotán, Chiquimula no cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial similar al de la Municipalidad de Guatemala. Por lo que este tipo de reglamento no es aplicable.

- Acuerdo No. 1002: Reglamento sobre protección relativa a accidentes en general

Este reglamento es aplicable al proyecto ya que regula todo lo relacionado a accidentes laborales. Establece requisitos mínimos del botiquín y pagos que deben hacerse a trabajadores por motivos de accidentes.

En Guatemala el Código Civil, Código Municipal, Reglamento de Construcción Municipal, Código Penal, Código de Trabajo, etc. Incluyen también normas generales que podrían ser aplicables al medio ambiente y son normas que regulan acciones específicas y deben ser observadas por los proyectos.

- Ley de Contrataciones del Estado

Decreto número 57-92 del Congreso de la República

En dicho cuerpo legal se regula a la concesión como un contrato y se define como la facultad que el Estado otorga a particulares, para que por su cuenta y riesgo construyan, produzcan, monten, instalen, mejoren, adicionen, conserven, restauren y administren, una obra, bien o servicio público, bajo el control de la entidad pública concedente, con o sin ocupación de bienes públicos, a cambio de una remuneración que el particular cobre a los usuarios de la obra, bien o servicio. La norma legal citada, establece que los contratos originales como sus respectivas prórrogas deberán someterse por conducto del Organismo Ejecutivo, a consideración y eventual aprobación del Congreso de la República. Si no se aprobare el contrato de concesión dentro del plazo de 60 días, el interesado quedará liberado de toda responsabilidad y podrán dejarse sin efecto las fianzas constituidas, en ambos casos, sin necesidad de declaración judicial o administrativa alguna

3.1.3. Impacto

El actual presidente de Guatemala, Otto Pérez Molina, el ministro de Energía y Minas, Erick Archila, y el presidente de la Cámara de Industria de Guatemala, Andrés Castillo, suscribieron el Convenio Marco de Implementación de Regalías Voluntarias derivadas de la actividad minera en el país.

El convenio mencionado anteriormente entre el Gobierno de la República y la Cámara de Industria de Guatemala, que agrupa a la Gremial de Industrias Extractivas (GREMIEXT), regula las regalías generadas por la actividad minera de metales de la siguiente manera: se incrementa del 1 al 3 por ciento por metales no preciosos, mientras que la de metales preciosos (oro y plata), se incrementen al 4 por ciento.

El convenio mencionado anteriormente sustituye las regalías estipuladas en la Ley de Minería. Cada ley mencionada anteriormente, y descritos los artículos relevantes a esta actividad deben ser tomados muy en cuenta cuando se realice el proyecto. A pesar que este esté dentro de un área privada y sea de pequeño impacto, cada ley regula desde el trato a los trabajadores hasta el dinero que la Municipalidad de Camotán debe recibir como regalía.

3.2. Venta local

Como se describió en el estudio técnico, los clientes potenciales a nivel local son la industria cementera, la industria de vidrio y Representaciones Químicas S.A. Todas estas industrias requieren hierro a distintas concentraciones, pero ninguna de ellas es tan estricta como cuando el mineral de hierro es exportado.

3.2.1. Especificaciones de concentración

No existe ningún reglamento que regule la concentración específica del óxido de hierro (Fe_2O_3) a vender a las empresas nacionales. Sin embargo, las empresas mencionadas en el estudio de mercado tienen diferentes requerimientos de concentración. Basándose en reportes de venta anteriores, Cementos Progreso compra óxido de hierro con una concentración no menor al 45 por ciento. Esto por los usos que se da a este compuesto en la preparación del clínker. La empresa Representaciones Químicas S.A., comprará hematita con una pureza no menor al 45 por ciento. Todo lo anterior quedará estipulado en los respectivos contratos que se realicen con cada una de las empresas compradoras.

3.2.2. Otras especificaciones

Se presentan a continuación especificaciones distintas a la concentración. Estas son importantes para procesos en la industria del vidrio y en otros procesos de concentrados de hierro. La industria del cemento no requiere un grano demasiado fino, sin embargo se mencionan las siguientes especificaciones de calidad.

- Fineza del grano: tamaño granular menor a 20 mm. Se espera libre de impurezas, removidas con la separación magnética.
- Tamaño mínimo del lote: no hay, según pedido.
- Tiempo máximo de espera: 1 semana luego de la transacción.
- Forma de pago: luego de entregado el material, se deposita a cuenta propia de la empresa.
- Unidad de pago: quetzales por tonelada métrica.

3.3. Exportación

Guatemala ha estado promoviendo las exportaciones desde hace algunos años, y se ha desarrollado bastante el sector llamado de exportaciones no tradicionales, entendiéndose por productos tradicionales de exportación el azúcar, algodón, café y carne. Hay leyes que incentivan al sector exportador, y estas son las siguientes:

3.3.1. Regulaciones

Para poder exportar mineral de hierro, cumpliendo las normas de la Dirección de Administración de Comercio Exterior (DACE); la Superintendencia de Administración Tributaria y la Ventanilla Única para las Exportaciones, deberán de autorizarse las licencias de exportación. A continuación se describen las leyes que regularán el proceso de exportación de mineral de hierro.

- Ley de Incentivos a las Empresas Industriales de Exportación

(Decreto-Ley No. 21-84): Concede exoneración de impuesto al valor agregado, exoneración de impuestos de importación y hasta el 100 por ciento del impuesto sobre la renta durante 10 años, dependiendo de las características de la empresa. Para calificar se debe someter un estudio económico ante la Dirección de Política Industrial del Ministerio de Economía.

- Ley de Fomento para la Descentralización Industrial

(Decreto No. 24-79 del Congreso)

Las empresas que se establezcan fuera del departamento de Guatemala gozarán de exoneración del impuesto sobre la renta desde 70 al 90 por ciento y durante un plazo de 8 a 10 años, de acuerdo con una clasificación que aparece en la Ley.

- Leyes e Incentivos Externos

Guatemala es beneficiaria de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe y del Sistema Generalizado de Preferencias del Gobierno de los Estados Unidos, lo que permite exportar a ese país sin que se carguen impuestos a la exportación. Esto aplica a la mayoría de productos, excepto textiles, vestimenta, partes de relojes, productos de cuero, atún y productos de petróleo.

3.3.2. Especificaciones de concentración

Como se mencionó en el estudio de mercado, China es uno de los mayores compradores de óxido de hierro a nivel internacional. A continuación se presentan las especificaciones del producto mínimas requeridas según la página electrónica de The Steel Index.

- Fineza del grano: tamaño granular menor a 10 mm (al menos el 90% del producto cargado), con un máximo de 40 por ciento bajo los 150 micrones.
- Tamaño mínimo del lote: 20 000 toneladas métricas.
- Tiempo máximo de espera: 4 semanas luego de la transacción.

- Forma de pago: a la vista, luego de entregado el producto en el puerto.
- Unidad de pago: US\$ por tonelada métrica.

A continuación se presentan las especificaciones verificadas por los agentes portuarios en China al momento de ingresar un lote de hematita granulada. Se presentan 2 tablas, cada una con las especificaciones de cada puerto de destino. Ambas están divididas en óxido de hierro al 62 por ciento, y óxido de hierro al 58 por ciento. Se hace de esa manera ya que en China, el óxido de hierro se compra bajo estas especificaciones.

Tabla XII. **Especificación óxido de hierro en Puerto Tianjin, China**

	62 % Fe	58 % Fe
Contenido de Fe %	62,00	58,00
Humedad %	8,00	8,50
Aluminio %	3,50	3,50
Silicio %	4,00	4,00
Fósforo %	0,07	0,07
Azufre %	0,05	0,05

Fuente: *The Steel Index* (TSI).

Tabla XIII. **Especificación óxido de hierro en Puerto Quingdao, China**

	62 % Fe	58 % Fe
Contenido de Fe %	62,00	58,00
Humedad %	8,00	8,00
Aluminio %	2,00	3,50
Silicio %	4,00	4,00
Fósforo %	0,07	0,07
Azufre %	0,05	0,05

Fuente: *The Steel Index (TSI)*.

4. ESTUDIO AMBIENTAL

En cumplimiento a lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales/MARN, a través de la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, en base al Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 23-2003 y sus Reformas se presenta el siguiente estudio ambiental del proyecto.

Según la guía técnica de listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, determinando que el proyecto está clasificado en la categoría: 6 Extracción de minerales ferrosos y no ferrosos Clase: 1 310 para el Diseño y operación de proyectos de extracción de minerales de hierro (hematita), con Categoría B1 = De Moderado a Alto Impacto Ambiental Potencial.

Previo al desarrollo del proyecto minero requirió un Estudio de Impacto Ambiental, realizado por un profesional autorizado por la Dirección de Gestión Ambiental del MARN, ingeniero Artemio Ramírez Ramírez (Colegiado 1551) con fecha 8 de marzo de 2005 en el cual se analizaron los factores ambientales determinación de impactos y las medidas de mitigación y compensación respectivas. Dentro de los factores analizados están:

- Agua: alteración de la calidad del agua superficial
- Suelo: erosión y contaminación del suelo
- Atmósfera: Calidad de aire

- Ambiente sonoro: ruido
- Biológico: flora y fauna
- Seguridad e higiene industrial: seguridad laboral e industrial y salud de pobladores
- Estética: alteración del paisaje
- Socioeconómico: generación de ingresos

4.1. Análisis situación actual

El presente estudio contiene los aspectos más importantes de la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto minero ubicado en Camotán Chiquimula y además otros aportes. Por medio de este se deben establecer los impactos positivos y negativos el proceso de extracción del material óxido de hierro (hematita Fe_2O_3).

4.1.1. Diagnóstico

Actualmente el proyecto consiste en la extracción del mineral óxido de hierro, misma que se realiza de manera artesanal, contando con mano de obra local y contratando personas cercanas al área donde se desarrollan las actividades, es una actividad minera abierta en la cual se extrae en un área de 0,45 kilómetros cuadrados.

- Herramientas y equipo utilizado en la extracción del material:
- Palas
- Piochas
- Puntas
- Azadones
- Carretas de mano
- Camiones de volteo con una capacidad aproximada de 14 metros cúbicos
- Características ambientales del área de influencia

El área donde está localizado el proyecto se caracteriza por estar ubicado dentro de un área eminentemente rural, con escasa vegetación, esto considerando el área específica donde se realizará la explotación.

Tabla XIV. **Zonas de vida, por tipo de bosque. Chiquimula**

Zonas de vida	Área en km ²	Área %	Municipios
Monte espinoso sub tropical	118,8	.5,0	Chiquimula, Jocotán
Bosque seco sub tropical	356,4	115,0	Ipala, Chiquimula, San Jacinto, Quetzaltepeque, Jocotán y Camotán
Bosque húmedo sub tropical templado	782,0	775,0	Todo el departamento
Bosque muy húmedo sub tropical frío	71,3	3,0	Esquipulas
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	47,5	2.,0	Esquipulas
Total	2 376,0	100,0	

Fuente: Sistema de Información Geográfico. SEGEPLAN. 2009.

En el cuadro anterior se observa que el área de influencia es predominada por monte espinoso subtropical y bosque seco subtropical.

- Descripción del ambiente biótico

A continuación se presenta una descripción del área de estudio, la cual fue recabada luego de varias visitas guiadas por pobladores del lugar.

- Flora y fauna de importancia

Es importante mencionar que las especies antes mencionadas son referenciales y el estado actual de flora y fauna es muy escasa y en proceso de deterioro debido a la intervención del hombre y de agentes como lo son incendios forestales entre otros. No existen en el área fauna y flora en peligro de extinción.

Tabla XV. **Flora en la región de estudio**

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Pino colorado	<u>(<i>Pinus oocarpa</i>)</u>	Aripin	<u>(<i>Caesalpinia velutina</i>)</u>
Pino candelillo	<u>(<i>Pinus maximinoi</i>)</u>	Zapote	<u>(<i>Manikora zapota</i>)</u>
Ciprés común	<u>(<i>Cupressus lusitánica</i>)</u>	Guapinol	<u>(<i>Hymenaea courbaril</i>)</u>
Encino	<u>(<i>Quercus sp</i>)</u>	Caulote	<u>(<i>Guazuma ulmifolia</i>)</u>
Madrecacao	<u>(<i>Gliricidia sepium</i>)</u>	Cushin,	<u>(<i>Inga sp</i>)</u>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal. SEGEPLAN. 2010

Tabla XVI. Fauna en la región de estudio

Nombre	Nombre científico	Nombre	Nombre científico
Aves			
Palomas	<u>(<i>Patagioenas speciosa</i>)</u>	Gavilán	<u>(<i>Accipiter nisus</i>)</u>
Chorchas	<u>(<i>Ortalis sp</i>)</u>	Gorrión	<u>(<i>Campylopterus curvipennis</i>)</u>
Zopilote	<u>(<i>Caragyps sp</i>)</u>	Golondrina	<u>(<i>Lamprolaima rhami</i>)</u>
Pájaro carpintero	<u>(<i>Melanerpes pucherani</i>)</u>	Lechuza	<u>(<i>Tyto alba</i>)</u>
Mamíferos			
Ardilla	<u>(<i>Sciurus variegatoides</i>)</u>	Tacuazín	<u>(<i>Dipelphis linneus</i>)</u>
Conejo	<u>(<i>Oryctolagus cuniculus</i>)</u>	Taltuza	<u>(<i>Orthogeomys cavator</i>)</u>
Ratón	<u>(<i>Mus musculus</i>)</u>	Pizote	<u>(<i>Nasua narica</i>)</u>
Gato de monte	<u>(<i>Felis silverstris</i>)</u>	Mapache	<u>(<i>Procyon lotor</i>)</u>
Reptiles y Anfibios			
Mazacuata	<u>(<i>Boa constrictor</i>)</u>	Sapos	<u>(<i>Bufo bufo</i>)</u>
Zumbadora	<u>(<i>Drymarchon corais</i>)</u>	Iguana	<u>(<i>Iguana delicatissima</i>)</u>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal. SEGEPLAN. 2010.

- Áreas protegidas

En el departamento de Chiquimula, la Comisión de Áreas Protegidas-CONAP tiene declaradas algunas áreas, que no pertenecen ni están dentro del área de influencia del proyecto se describe en el siguiente mapa.

Figura 19. **Áreas protegidas en Chiquimula**



Fuente: CONAP, www.conap.gov.gt Consulta: 14 de diciembre 2012.

- Descripción del ambiente socioeconómico y cultural

La mayor parte de los empleados permanentes que tendrá la actividad minera artesanal provienen de las aldeas vecinas en donde existe una marcada pobreza y pobreza extrema. La población de las aldeas cercanas al proyecto se dedica al cultivo de subsistencia de granos básicos y la crianza de animales domésticos.

- Diagnóstico de impactos del proyecto

En el desarrollo de las actividades del proyecto, no se está produciendo ningún deterioro significativo al ambiente ya que el mismo, como se citó anteriormente, se hace de manera artesanal. Siendo un proceso que se realiza en seco por lo que no se afecta el sistema hídrico del sector, debido a que no existen cuerpos hídricos superficiales en las áreas donde se realiza la extracción.

La extracción del material se realiza en bajo volumen y es de poca intensidad, por lo que no se generan impactos significativos al ambiente, no existen daños a los poblados ya que en las áreas cercanas al proyecto no existe poblados que pudieran sufrir algún tipo de impacto.

De acuerdo al estudio técnico presentado en el capítulo anterior, el material explotable se encuentra en un área mayor a la solicitada al Ministerio de Energía y Minas, la cual es de 0,45 kilómetros cuadrados, que es el área que no tiene ningún uso de tipo agrícola o poblacional, es decir se encuentra baldía desde hace muchos años atrás.

Este proyecto minero, como cualquier otro de este tipo, las operaciones mineras están determinadas por la localización exacta de los recursos minerales. Por lo que no es posible una selección de alternativas de menor impacto ambiental, precisamente porque el afloramiento de los productos mineros se localiza exactamente en el área solicitada. Para mayor información consultar apéndices 1 y 2.

4.1.2. Licencias necesarias

Para dar cumplimiento a la Ley de Minería vigente, debe realizarse un estudio de impacto ambiental antes de iniciar operaciones en la mina. Este estudio debe ser aprobado por la Dirección General de Minería. Para cumplir con lo anterior se realizó el presente estudio ambiental.

Identificación de impactos ambientales y determinación de medidas de mitigación.

- Durante la operación: se identificaron varios riesgos divididos entre factores bióticos y abióticos, en el apéndice 1 y 2 se encuentran las matrices de impactos del proyecto.
- Aguas superficiales: no hay daño a las aguas superficiales porque la explotación minera es totalmente en seco y no se localizan ríos o riachuelos en el área de influencia del proyecto.
- Aguas subterráneas: las aguas subterráneas no sufren ningún daño. Para servicio sanitario de los trabajadores se usará letrinas portátiles.

- Niveles de ruido

El ruido será producido por los camiones de carga, pero sus niveles son eventuales y no son dañinos para la salud de los trabajadores.

- Aguas residuales

No hay aguas residuales como resultados del proceso de explotación minera.

- Alteración al paisaje

Se modificará el relieve natural debido al proceso de explotación minera, sin embargo será moderado tanto por el proceso de extracción como por las condiciones naturales de la mina, las excavaciones no serán profundas y donde éstas sean necesarias, se rellenarán con material de desecho.

4.2. Planes de contingencia

El plan de contingencia se refiere a la descripción de las medidas a tomar como contención a situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto.

- Implementación del plan de contingencia

Administradores y geólogos a cargo del proyecto deberán implementar el plan de contingencia de la siguiente manera:

Brindar protección a los trabajadores de acuerdo a la legislación vigente, principalmente en lo que respecta al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Dotar de equipo de protección (mascarillas, guantes, cascos), dentro del proyecto.

- Plan para la seguridad humana

Plan descriptivo de las medidas preventivas y correctivas para la salud del personal participativo directa o indirectamente en el proyecto. La organización encargada del proyecto de extracción deberá crear condiciones óptimas de trabajo, que protejan la integridad física de las personas involucradas.

- Se deberá capacitar técnicamente al personal operador de la maquinaria a utilizar en el proceso de extracción, trituración y separación del material.

- Proporcionar a los trabajadores los conocimientos básicos, acerca de la seguridad en el trabajo, los riesgos generales y específicos a que se exponen y la mejor forma para su prevención.
 - Explicar a los trabajadores sobre los riesgos existentes y las formas de mitigación, y así motivarlos y convencerlos de los beneficios que representa para ellos prevenir accidentes.
 - Uso y manejo adecuado de las herramientas de trabajo, e infraestructura disponible, para evitar el deterioro de los mismos y/o cualquier riesgo o contingencia que ponga en peligro la seguridad de los trabajadores o pobladores del área.
- Acciones
 - Implementación de un plan estricto de seguridad interno en el área de explotación, para evitar cualquier tipo de accidentes y malas prácticas de manufactura.
 - Distribuir funciones de trabajo de acuerdo a capacidades para el buen funcionamiento de todo el proyecto.
 - La entidad ponente del proyecto de extracción deberá monitorear constantemente las condiciones laborales, equipos, maquinaria e infraestructura utilizada.
 - Dotación o exigencia de equipo de protección personal y vestuario adecuado.

- Identificación de áreas vulnerables y condiciones de riesgos ante cualquier accidente de acuerdo a normativas internacionales de Seguridad Industrial. (las retroexcavadoras, las cribas de trituración y separadores magnéticos) y darlos a conocer a la población involucrada.
- Hacer mantenimientos constantes de todo el equipo y maquinaria utilizada para su buen funcionamiento.
- Plan para la seguridad ambiental

Descripción de las medidas preventivas y correctivas para la adecuada conservación y protección de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto. La organización responsable de la realización del proyecto, será la que debe divulgar los resultados del estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, dentro del personal del proyecto con el fin de concientizarlos acerca de la problemática ambiental y prevenirlos de los riesgos ocupacionales que el mismo conlleva.

La organización responsable de ejecutar el proyecto debe cumplir con las recomendaciones contenidas en el estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y cualquier otra que pudiera provenir del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

- Objetivos
 - Conservar la calidad ambiental del área de impacto.

- Contribuir efectivamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente de acuerdo a lo establecido en el Decreto No. 68-86 “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente”.
 - Minimizar a niveles permisibles los efectos negativos que la realización del proyecto podría conllevar.
- Acciones

La organización responsable de la ejecución del proceso de extracción y separación del hierro deberá dar seguimiento al cumplimiento de las mitigaciones identificadas en el estudio de impacto ambiental.

- Plan de manejo y disposición final de desechos

Las operaciones mineras a gran escala producen inevitablemente grandes cantidades de desechos. Una de las consideraciones ambientales más importantes en cualquier mina es saber cómo manejar estos grandes volúmenes de desecho y de esta manera reducir al mínimo los impactos a largo plazo y maximizar cualquier beneficio a largo plazo. Sobre el terreno, las huellas físicas de las instalaciones de eliminación de desechos a menudo son importantes y estas operaciones rara vez son diseñadas para un uso final beneficioso.

Cuando estas operaciones ocupan tierras que previamente eran productivas como hábitat de vida natural, tierras de cultivos, puede pasar un tiempo muy largo antes de que vuelva a alcanzar el nivel anterior de productividad si no son rehabilitadas de manera apropiada. Sin embargo, el área del proyecto descrita en el estudio técnico no era utilizada como tierra de

cultivos, ni era un área protegida llena de flora y fauna en extinción. Las siguientes estrategias ayudarán a minimizar el impacto sobre el área de influencia del proyecto.

El volumen de desechos que produce la mina depende de las características geológicas del yacimiento, del tipo de minería (subterránea o a tajo abierto) y del mineral que es extraído, como también de la escala de la operación. Los desechos de la minería se producen en muchas categorías distintas, entre las que se incluyen:

- Recubrimiento: se debe remover suelo y roca para tener acceso al recurso mineral.
- Roca de desecho: roca que no contiene el mineral suficiente para ser de interés económico.
- Relaves: residuo acuoso de mineral molido que permanece después que se ha extraído la mayor cantidad de minerales.

Por las características geológicas del yacimiento, y el proceso de separación que se llevará a cabo en él, únicamente se tendrán desechos y rocas de recubrimiento. El ingeniero encargado de la explotación debe tomar en cuenta la topografía, hidrología y las características geológicas del área. El recubrimiento y la roca de desecho por lo general estará lo suficientemente triturado para ser trasladado hasta el lugar de eliminación apropiado, en que el material con frecuencia es apilado y cualquier exceso es emparejado desde el borde con una pala mecánica formando laderas al ángulo de reposo natural.

Dentro de las consideraciones más importantes está producir laderas estables y controlar el flujo de agua en y alrededor de los desechos para reducir al mínimo la erosión, proteger la estructura e intentar prevenir la infiltración.

Mientras se esté trabajando en la mina, la escasez de lluvia será un problema y puede que sea necesario humedecer la superficie de la instalación con cierta frecuencia para impedir que se produzca polvo. Este sistema de humedecer el terreno no es una solución a largo plazo y al momento del cierre se debe establecer un método de rehabilitación permanente. Esta solución puede ser una cubierta vegetal que ayude a recuperar áreas áridas y evite el levantamiento de polvo sobre la superficie.

4.3. Estrategias de mitigación

En el plan de gestión ambiental se describen las medidas de mitigación para cada factor con impactos en el proyecto de extracción del mineral hierro, pretendiendo reducir así las condiciones de riesgo y vulnerabilidad ante amenazas a la seguridad humana, ambiental, industrial, con relación a la disposición final de los desechos, así como medidas a considerarse para la recuperación ambiental.

Se presenta el conjunto de procedimientos a través de los cuales se busca bajar los niveles del posible daño ambiental. Dentro de las estrategias más importantes a tomar tenemos las siguientes:

- Delimitar el área donde se realiza la extracción del material con el fin de implementar una zona de amortiguamiento que reduzca el impacto de la actividad minera en las áreas vecinas.

- Establecer cultivos alternativos que mitiguen y mejoren el deterioro del recurso suelo. Y depositar el material no utilizado en escombreras.
- El área de amortiguamiento deberá contener especies arbóreas nativas de la zona para una mejor adaptación de las mismas.
- Crear barreras vivas, con especies nativas alrededor de las obras y proporcionar regeneración natural en las áreas aledañas con cobertura vegetal.
- Realizar el mínimo de excavaciones y compactar el suelo en áreas de relleno. Al finalizar la exploración rellenar excavaciones.
- Construir una red apropiada de drenajes y cunetas cuando se explote en la época de lluvias para controlar la escorrentía.
- No realizar movimientos de tierras ni cortes en áreas críticas ni quemar vegetación.
- Implementar viveros con especies arbóreas nativas para las labores de reforestación. Utilizar desechos orgánicos para ser sometidos a la elaboración de compostaje para la rehabilitación de las áreas afectadas.
- Mantener el plan de seguridad ambiental en operación.
- Remoción de malezas: en el área existe poca vegetación de importancia ecológica y económica, el suelo está cubierto de malezas que serán removidas y depositadas en lugares adecuados que permitan su

descomposición orgánica. Posteriormente se incorporará el compost para recuperar al suelo y coadyuvando a la restauración.

- Manejo de desechos: el material que no es óxido de hierro será depositado en escombreras estratégicamente ubicadas, que se explica en el apartado 4.5.4 .Este material será utilizado luego como relleno.
 - Monitoreo: verificar cada 6 meses en campo el cumplimiento del plan de explotación. Una vez concluido el plazo de la concesión, verificar cada 6 meses el cumplimiento del plan de recuperación del suelo y reforestación. Verificar cada 6 meses que se esté cumpliendo con la disposición adecuada de desechos.

4.4. Proyecto comunitario

Para que una mina contribuya positivamente al desarrollo sustentable se deben considerar los objetivos e impactos del cierre desde el comienzo del proyecto. El plan de cierre define una visión del resultado final del proceso y establece objetivos concretos para implementar dicha visión. Esto forma un marco general para guiar todas las acciones y decisiones que se tomarán durante la vida de la mina.

Crucial para lograr este objetivo es asegurar que todos los beneficios de este proyecto, incluyendo ganancias y conocimientos especializados, vayan a ser utilizados para desarrollar la región de un modo que perdure una vez cerrada la mina. Para ello se destinará un fondo mensual de recuperación ambiental, que materialice resultados. Para lograr este objetivo, un plan de cierre que incluya tanto rehabilitación física como estabilidad socioeconómica

debería ser parte fundamental del ciclo de vida del proyecto y debería ser diseñado para asegurar que:

- No se comprometa la salud ni la seguridad pública a futuro.
- Los recursos ambientales no estén expuestos a deterioro físico ni químico.
- El uso posterior del recinto sea beneficioso y sustentable en el largo plazo.
- Medidas necesarias para corregir las acciones producidas por una actividad o actuación que conduzcan a la recuperación o restauración de las condiciones iniciales, antes de la implementación de dicha actividad.
- La organización responsable planificará un aprovechamiento del espacio para otra actividad productiva (pecuario, reforestación), en caso de abandono, así como prácticas de conservación para la mitigación de condiciones de riesgos de erosiones u otras adversidades.
- Es un proyecto que a su cierre no causa mayor impacto significativo, debido a que no se manejan desechos o sustancias contaminantes, es un área relativamente pequeña, además de que la infraestructura puede ser reutilizada para cualquier otro fin.

4.4.1. Descripción

Realizar reforestaciones en toda el área permisible de influencia del proyecto de extracción de hematita. Establecer acciones de mitigación (barreras

vivas, muertas, muros de contención), con el fin de evitar y reducir problemas de erosión. La generación de empleo es un impacto significativo benéfico que viene a favorecer a varias familias de la zona. Se destinará dentro del estudio económico y financiero un monto que servirá para desarrollar estos proyectos. Además, como una política propia de la empresa, se destinarán 45 000 quetzales mensuales a diversos proyectos. Tanto de recuperación ambiental, como de inclusión social para los trabajadores del área.

5. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO

5.1. Inversión requerida

Se describirán los costos de establecimiento de la planta divididos en infraestructura, maquinaria y licencias. Para determinar los costos totales del proyecto se integrarán los costos de establecimiento, mantenimiento, producción y operación de la planta de hierro. Se plantearán 2 planes distintos de inversión. El primero, de una planta que produzca 24 toneladas de hierro al día, cuya venta será únicamente local. El segundo, de una planta de 100 toneladas diarias cuyo producto se comercializará a nivel local e internacional.

1 tonelada diaria

5.1.1. Infraestructura

El terreno donde se realiza la extracción de hierro tiene una extensión de 0,45 kilómetros cuadrados. La actividad se realiza a cielo abierto, por lo que invertir en perforaciones como en otras minas no es necesario. Se cuenta con el espacio necesario (ver figura 15) para instalar la maquinaria a utilizar. La única inversión que debe hacerse es el sistema de iluminación, que consistirá en 16 reflectores. Estos fueron cotizados con varias empresas, pero la empresa DIOSA, envió la cotización más favorable de reflectores LED. El costo total de instalación de las luminarias es de USD 15, 724.80.

Figura 20. **Área destinada a la planta de producción**



Fuente: proyecto minero Lelá. Camotán Chiquimula.

5.1.2. Maquinaria

La maquinaria descrita fue cotizada en varias empresas locales e internacionales. Luego de seleccionar las mejores opciones en base al costo de inversión más bajo y costos de mantenimiento, se propone adquirir la siguiente maquinaria:

- Excavadora

Actualmente se renta una excavadora, se plantea la opción de adquirirla nueva ya que los costos de alquiler son demasiado altos. Se cotizó con varias empresas, y la cotización más favorable fue la de Gentrac. Excavadora marca Caterpillar, modelo 320 D L, modelo 2012, USD. 189,000.00.

- Maquinaria| de planta minera

Luego de cotizar con varias empresas, la cotización más favorable fue la enviada por la empresa HeNan Leili Máquinaria Minería.S.A, de China. Esta empresa se comprometió a enviar toda la maquinaria minerapor vía marítima, y en base a las medidas exactas que se acoplan al ancho del terreno destinado a la planta de producción.

Tabla XVII. **Precio de maquinaria producción de 24 toneladas diarias**

Nombre del Equipo	Modelo	Potencia (KW)	Unidad	Precio unitario	Total Precio
Trituradora de mandíbulas	PE 200*300	7,5	1	USD 2 200,00	USD 2 200,00
Criba vibratoria	YK1230	7,5	1	USD 3 400,00	USD 3 400,00
Molino de bolas	O900*1800	15,0	1	USD 7 900,00	USD 7 900,00
Separador magnético	CTB618	2,2	2	USD 4 330,00	USD 8 660,00
Banda transportadora	500*9000	2,0	2	USD 1 350,00	USD 2 700,00
	500*8000	3,0	1	USD 1 200,00	USD 1 200,00
Tolva			1	USD 2 700,00	USD 2 700,00
					USD 28 760,00

Fuente: cotización LEILI. International Mining Machine. Abril 2013.

5.1.3. Licencias

Actualmente el proyecto cuenta con una licencia de explotación otorgada por el Ministerio de Energía y Minas. Se estimará un costo de instalación de Q. 60,000 quetzales. Esto incluye la compra de equipo de cómputo para gerente

general y de producción, mobiliario para la oficina colocada en Camotán Chiquimula, y demás gastos requeridos previos a iniciar la producción de óxido de hierro.

100 toneladas diarias

- **Infraestructura.**

El área de trabajo cuenta con al menos 100 metros cuadrados libres, acondicionados para la maquinaria, por lo que invertir en aplanar el terreno y demás no es necesario. Se utilizará un sistema de iluminación con un costo de instalación de USD 15 724,80.

- **Maquinaria**

Excavadora Caterpillar, modelo 320 D L, modelo 2012, USD. 189,000.00.

Tabla XVIII. **Precio de maquinaria producción de 100 ton/día**

Nombre del Equipo	Modelo	Potencia (KW)	Unidad	Precio unitario	Total Precio
Trituradora de mandíbulas	PE 200*300	55,0	1	USD 21 290,00	USD 21 290,00
Criba vibratoria	YK1230	15,0	1	USD 14 200,00	USD 14 200,00
Molino de bolas	O900*1800	75,0	1	USD 33 000,00	USD 33 000,00
Separador magnético	CTB618	2,2	2	USD 4 330,00	USD 8 660,00
	500*9000	3,0	2	USD 1 350,00	USD 2 700,00
Banda transportadora	500*8000	3,0	3	USD 1 200,00	USD 3 600,00
Tolva			1	USD 10 200,00	USD 10 200,00
					USD 93 650,00

Fuente: cotización LEILI, International Mining Machine. Abril 2013.

- Resumen inversión inicial

La inversión inicial está dividida en 4 categorías principales. Infraestructura cuyo costo principal es el sistema de iluminación, la excavadora, la maquinaria propia de la producción minera y los costos de instalación. Dentro de los costos de instalación están las computadoras, papelería y demás utensilios a utilizar en la mina. En las siguientes tablas se detallan los costos de instalación.

Tabla XIX. **Costos de instalación planta de 24 ton/día**

Inversión Inicial	Dólares	Quetzales
Infraestructura	USD 15 724,80	Q 122 598,25
Excavadora	USD .189 000,00	Q 1 473 536,61
Maquinaria mina	USD 28 760,00	Q 224 227,05
Costos de instalación	USD 5 771,83	Q 45 000,00
Costo Total	USD . 233 484,80	Q 1 820 361,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Costos de instalación planta de 100 ton/día**

Inversión Inicial	Dólares	Quetzales
Infraestructura	USD 15 724,80	Q 122 598,25
Excavadora	USD 189 000,00	Q 1 473 536,61
Maquinaria mina	USD 93 650,00	Q 730 141,29
Costos de instalación	USD 5 771,83	Q 45 000,00
Costo Total	USD 304 146,63	Q 2 371 276,15

Fuente: elaboración propia.

5.2. Flujo de efectivo estimado

El objetivo del flujo de efectivo, es determinar la capacidad de la empresa para generar efectivo, con el cual pueda cumplir con sus obligaciones y con sus proyectos de inversión y expansión. Es importante que la empresa tenga claridad sobre su capacidad para generar efectivo, de cómo genera ese efectivo, para así mismo poderse proyectar y tomar decisiones acordes con su verdadera capacidad. A continuación se muestra un flujo de efectivo estimado, dividido en ingresos y egresos de efectivo mensual.

5.2.1. Ingresos

El precio de la tonelada de producto se calculará en base a los precios del mercado mundial del óxido de hierro. El precio dado, es un precio FOB por sus siglas en inglés, (*Free On Board*). Se dice que el precio es FOB, Santo Tomás de Castilla, ya que el precio incluye los gastos de traslado de la mina al puerto. La mercadería es puesta a bordo del barco con todos los gastos, derechos y riesgos a cargo del vendedor hasta que la mercadería haya pasado hacia el flete.

Los gastos de traslado del material por vía marítima al lugar de destino corren por cuenta del comprador. El precio FOB Santo Tomás de Castilla del óxido de hierro es \$ 98,72 la tonelada métrica. Siempre y cuando cumpla con la especificación descrita en el estudio administrativo legal. Para las ventas locales realizadas, el precio será el mismo.

Se calcularán ingresos para la planta de producción de 24 y 100 toneladas diarias.

Tabla XXI. **Ingresos estimados plata de Fe₂O₃**

Cálculo de Producción	Toneladas Mensuales	Precio	Venta	Quetzales
24 tonelada diaria	720	USD 98,72	USD 71 078,40	Q 554 162,03
100 toneladas diarias	3000	USD 98,72	USD 296 160,00	Q 2 309 008,48

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Egresos

Los egresos de efectivo se reflejarán en varios grupos principales. El más importante de ellos, es el pago de la planilla de sueldos. A continuación se consideran egresos por conceptos de pagos de planillas, en donde se prevé la cantidad monetaria a pagar por prestaciones laborales a cada trabajador. Se muestra luego el cálculo de costos de energía eléctrica, transporte y pago de impuestos y regalías.

5.2.2.1. Sueldos y salarios

Se presentan dos planillas, una para el modelo de 24 toneladas diarias y otra para el de 100 toneladas diarias. Se muestran los porcentajes de aguinaldo, bono 14, vacaciones e indemnización a fin de provisionar estas cantidades cuando se calcule el total de egresos por este concepto. A continuación se muestra la planilla con los salarios propuestos por cada puesto.

Tabla XXII. **Planilla de sueldos**

Puesto	Sueldo base	Bonificación ley	Total devengado	IGSS laboral (4.83%)	Total percibido
Gerente General	Q15 000,00	Q250,00	Q15 250,00	Q 724,50	Q 14 525,50
Gerente Producción	Q11 500,00	Q250,00	Q11 750,00	Q 555,45	Q 11 194,55
Coordinador Logística	Q 7 500,00	Q250,00	Q7 750,00	Q 362,25	Q 7 387,75
Supervisor Turno	Q 6 000,00	Q250,00	Q6 250,00	Q 289,80	Q 5 960,20
Operador máquina	Q 2 800,00	Q250,00	Q3 050,00	Q 135,24	Q 2 914,76
Operador tractor	Q 4 000,00	Q250,00	Q4 250,00	Q 193,20	Q 4 056,80

Fuente: elaboración propia.

En las siguientes dos tablas se presentan por separado los egresos por concepto de sueldos y salarios de trabajadores para las dos plantas de producción propuestas. Se desglosa el IGSS patronal que debe pagarse, y se provisiona mes a mes el aguinaldo, bono 14, vacaciones e indemnización. Se presentan los totales de acuerdo a la cantidad de trabajadores de la tabla II.

Tabla XXIII. **Total a pagar por sueldos y salarios (24 ton/día)**

		12.67%	8,33%	8,33%	5,83%	9,72%
Puesto	Total Pagado	IGSS Patronal	Bono 14	Aguinaldo	Vacaciones	Indemnización
Gerente General	Q 15 250,0	Q 1 900,50	Q 1 249,50	Q 1 249,50	Q 874,50	Q 1 458,0
Gerente Producción	Q 11 750,0	Q 1 457,05	Q 957,95	Q 957,95	Q 670,45	Q 1 117,80
Coordinador Logística	Q 7 750,0	Q 950,25	Q 624,75	Q 624,75	Q 437,25	Q 729,0
Supervisor Turno	Q 18 750,0	Q 2 280,60	Q 1 499,40	Q 1 499,40	Q 1 049,40	Q 1 749,60
Operador máquina	Q 36 600,0	Q 4 257,12	Q 2 798,88	Q 2 798,88	Q 1 958,88	Q 3 265,92
Operador tractor	Q 12 750,0	Q 1 520,40	Q 999,60	Q 999,60	Q 699,60	Q 1 166,40
Total	Q 90 100,0	Q 12 365,92	Q 8 130,08	Q 8 130,08	Q 5 690,08	Q 9 486,72
Total a pagar sueldos y salarios						Q 133 902,88

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Total a pagar por sueldos y salarios (100 ton/día)**

		12.67%	8.33%	8.33%	5.83%	9.72%
Puesto	Total Pagado	IGSS Patronal	Bono 14	Aguinaldo	Vacaciones	Indemnización
Gerente General	Q 15 250,00	Q 1 900,50	Q1 249,50	Q 1 249,50	Q 874,50	Q 1 458,00
Gerente Producción	Q 11 750,00	Q 1 457,05	Q 957,95	Q 957,95	Q 670,45	Q 1 117,80
Coordinador Logística	Q 7 750,00	Q 950,25	Q 624,75	Q 624,75	Q 437,25	Q 729,00
Supervisor Turno	Q 18 750,00	Q 2 280,60	Q1 499,40	Q 1 499,40	Q 1 049,40	Q 1 749,60
Operador máquina	Q 54 900,00	Q 6 385,68	Q4 198,32	Q 4 198,32	Q 2 938,32	Q 4 898,88
Operador tractor	Q 12 750,00	Q 1 520,40	Q 999,60	Q 999,60	Q 699,60	Q 1 166,40
Total	Q 108 400,00	Q 14 494,48	Q9 529,52	Q 9 529,52	Q 6 669,52	Q 11 119,68
Total a pagar sueldos y salarios						Q 159 742,72

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.2. Energía eléctrica

Toda la maquinaria minera, excepto la retroexcavadora funciona por energía eléctrica. En los costos de instalación de la planta de producción se tomaron en cuenta la instalación de transformadores y cableado. A continuación se describen los costos de energía eléctrica por el uso de maquinaria e iluminación.

- Maquinaria

Para calcular estos costos se tomaron las fichas técnicas de cada maquinaria propuesta en el capítulo 2. Se calculó la cantidad de kilowatts hora consumidos en un mes y este valor se multiplicó por el costo de un kilowatt-hora publicado por DEORSA, empresa encargada de la distribución de energía (1,970931 Q/KW-h). En las siguientes tablas se describen los consumos de cada maquinaria.

Tabla XXV. **Energía eléctrica consumida maquinaria (24 ton/día)**

Nombre del equipo	Modelo	Potencia (KW)	Unidad	Potencia Total KW
Trituradora de mandíbulas	PE 200*300	7,50	1,00	7,50
Criba vibratoria	YK1230	7,50	1,00	7,50
Molino de bolas	O900*1800	15,00	1,00	15,00
Separador magnético	CTB618	2,20	2,00	4,40
Banda transportadora	500*9000	2,00	2,00	4,00
	500*8000	3,00	1,00	3,00
Total				41,40

Continuación de la tabla XXV.

24 toneladas diarias		
Potencia Consumida	Diaria	993,60
KW-h	Mensual	29 808,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Energía eléctrica consumida maquinaria (100 ton/día)**

Nombre del equipo	Modelo	Potencia (KW)	Unidad	Potencia Total (KW)
Trituradora de mandíbulas	PEX 300*1300	55,00	1,00	55,00
Criba vibratoria	2YK1548	15,00	1,00	15,00
Molino de bolas	O1500*3000	75,00	1,00	75,00
Separador magnético	CTB618	2,20	2,00	4,40
Banda transportadora	500*9000	3,00	2,00	6,00
	500*8000	3,00	3,00	9,00
Total				164,40

100 toneladas diarias		
Potencia Consumida	Diaria	3 945,60
KW-h	Mensual	118 368,00

Fuente: elaboración propia.

- Iluminación

Costos de iluminación se calcularon en base a la cotización seleccionada. La potencia total es la potencia multiplicada por el número de reflectores a instalar. Esta no dependerá de cuál línea de producción se instale, ya que el sistema de iluminación tiene capacidad para ambas líneas.

Tabla XXVII. **Energía eléctrica consumida luminarias**

Iluminación	Modelo	Potencia Watts	Número de reflectores	Potencia Diaria Total(KW)
Reflector	Flood Light	160,00	8,00	1,28
Reflector	Flood Light	200,00	8,00	1,60
				2,88

Iluminación		
Potencia Consumida KW-h	Diaria	34,56
	Mensual	1 036,80

Fuente: elaboración propia.

- Integración de costos de energía eléctrica

A continuación se presentan los costos de energía eléctrica por maquinaria e iluminación para las 2 líneas de producción propuesta.

Tabla XXVIII. **Resumen de costos de electricidad**

	KW-h	Costo (Quetzales)
Iluminación	1 071,36	2 111,58
Maquinaria 24 ton	29 808,00	58 749,51
Maquinaria 100 ton	118 368,00	233 295,16
Costo 24 ton		Q 60 861,09
Costo 100 ton		Q235 406,74

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.3. Transporte de mercancías

La mejor cotización la envió la empresa Transportes y Constructora J.J. Estrada, ubicada en Sanarate, el Progreso Guatemala. Desde la mina ubicada en Camotán Chiquimula, hasta el puerto Santo Tomás de Castilla cobran 40 dólares por tonelada. A continuación se presenta el resumen mensual de costos de transporte.

Tabla XXIX. **Costos de transporte de mercancías al puerto**

Cálculo de Producción	Transporte	
	Dólares	Quetzales
24 toneladas diaria	USD 28 800,00	Q 224 538,91
100 toneladas diarias	USD 120 000,00	Q 935 578,80

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.4. Costos de recuperación ambiental

En el modelo de 24 toneladas diarias se incluyó un costo fijo de 20 000 quetzales al mes, destinados a recuperación ambiental. En la producción de 100 toneladas se destinaron 60 000 quetzales mensuales a proyectos de recuperación ambiental.

5.2.2.4.1. Impuestos y regalías

Las regalías se pagarán de acuerdo al Acuerdo mencionado en el Estudio Legal (3% sobre la producción total). El ISR se calculó sobre el 5 por ciento de las ventas totales. El ISR y regalías por pagar mensualmente se detallan en la siguiente tabla.

Tabla XXX. Impuestos y regalías

	24 toneladas diarias	100 toneladas diarias
ISR	Q (27 708,10)	Q (115 450,42)
Regalías	Q (16 624,86)	Q (69 270,25)

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.5. Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento se distribuyen entre la excavadora y la maquinaria encargada de triturar y separar el material. Es necesario realizar un mantenimiento preventivo cada 250 horas a la excavadora. Este es realizado por la empresa Gentrac, enviando sus técnicos a la mina sin costo adicional. Los empresa encargada de realizar el mantenimiento de la maquinaria será Leli Maquinaria. Los costos de mantenimiento de la excavadora para el primer año

no se detallan porque en la cotización por la compra de la máquina se incluía este rubro.

La tabla XXV detalla datos de la cotización enviada por Gentrac para el mantenimiento. En ella también se detallan costos de mantenimiento a toda la maquinaria. Se calculó un costo anual, de esta manera se tenía un costo uniforme durante todos los meses.

Tabla XXXI. **Costos mensuales de mantenimiento**

Excavadora					
	Periodicidad de servicios (días)	Cantidad de Servicios anuales	Costo	Costo Anual	Redondeo Mensual
motor	11	32,72727	Q 2 072,51	Q 67 827,60	Q 5 652,30
general	43	8,37209	Q 5 250,00	Q 43 953,49	Q 3 662,79
Maquinaria mina					Q 9 315,09
	Periodicidad de servicios (días)	Cantidad de Servicios anuales	Costo	Costo Anual	Redondeo Mensual
general	15	24	Q 4 500,00	Q 108 000,00	Q 9 000,00
TOTAL COSTO MANTENIMIENTO					Q 18 315,09

Fuente: elaboración propia.

5.3. Análisis financiero

Antes de iniciar la evaluación económica, resulta indispensable determinar la ganancia que el inversionista desea obtener a cambio de invertir su dinero en la realización del proyecto. La mejor manera de hacerlo es mediante el cálculo de la TMAR (Tasa Mínima de Rendimiento Aceptable), pues ésta refleja las expectativas de rendimiento de una forma congruente y referenciada a las condiciones vigentes del mercado durante el proceso de evaluación.

Para calcular la TMAR del proyecto se utilizará la siguiente fórmula:

$$TMAR = i + f + i * f$$

Donde *i* es la tasa de inflación y *f* es el premio al riesgo. Según datos del Banco de Guatemala, la tasa de inflación para el 2013 es de 5,25 por ciento. Luego de haber realizado consultas con el dueño actual del proyecto minero Lelá, y de haber revisado proyectos anteriores se concluyó que el premio al riesgo buscado por los inversionistas es del al menos 15 por ciento anual. Por lo que para este proyecto:

$$TMAR = 0,0525 + 0,15 + 0,0525 * 0,15 = 0,2103 \approx 21\% \text{ anual} = 1,75\% \text{ mensual}$$

En los siguientes 2 flujos de efectivo se resumen los costos e ingresos de los primeros tres meses de operación de la planta de producción de óxido de hierro.

Tabla XXXII. **Flujo de efectivo mensual 24 toneladas diarias**

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Ingresos				
Caja		Q 554 162,03	Q 554 162,03	Q 554 162,03
Egresos				
<u>Gastos de Operación</u>				
Sueldos y bonificaciones		(Q 133 902,88)	(Q 133 902,88)	(Q 133 902,88)
Energía eléctrica		Q (60 861,09)	Q (60 861,09)	Q (60 861,09)
Transporte mercancías		Q (224 538,91)	Q (224 538,91)	Q (224 538,91)
Recuperación ambiental		Q (20 000,00)	Q (20 000,00)	Q (20 000,00)
Mantenimiento equipo			Q (18 315,09)	Q (18 315,09)
<u>Inversión inicial</u>	Q (1 820 361,91)			
<u>Ganancia antes de impuestos</u>		Q 114 859,15	Q 114 859,15	Q 114 859,15
ISR 5%		Q (27 708,10)	Q (27 708,10)	Q (27 708,10)
Regalías 3%		Q (16 624,86)	Q (16 624,86)	Q (16 624,86)
<u>Ganancia después de impuestos</u>	Q (1 820 361,91)	Q 70 526,19	Q 52 211,10	Q 52 211,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Flujo de efectivo mensual 100 toneladas diarias**

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Ingresos				
Caja		Q 2 309 008,48	Q 2 309 008,48	Q 2 309 008,48
Egresos				
<u>Gastos de Operación</u>				
Sueldos		(Q 159 742,72)	(Q 159 742,72)	(Q 159 742,72)
Energía eléctrica		Q (235 406,74)	Q (235 406,74)	Q (235 406,74)
Transporte mercancías		Q (935 578,80)	Q (935 578,80)	Q (935 578,80)
Recuperación ambiental		Q (60 000,00)	Q (60 000,00)	Q (60 000,00)
Mantenimiento equipo			Q (18 315,09)	Q (18 315,09)
<u>Inversión inicial</u>	Q (2 326 276,14)			
<u>Ganancia antes de impuestos</u>		Q 918 280,22	Q 918 280,22	Q 918 280,22
ISR 5%		Q (115 450,42)	Q (115 450,42)	Q (115 450,42)
Regalías 1%		Q (69 270,25)	Q (69 270,25)	Q (69 270,25)
<u>Ganancia después de impuestos</u>	Q (2 326 276,14)	Q 733 559,54	Q 715 244,45	Q 715 244,45

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se resumen los ingresos y egresos para los primeros siete años del proyecto. Para calcularlos se trasladaron a presente los ingresos y costos de 12 meses utilizando la tasa de interés de 1,75 por ciento mensual. Lo anterior con el objetivo de hacer todo el análisis financiero con una tasa de interés anual.

Tabla XXXIV. **Flujo de efectivo anual**

24 TONELADAS DIARIAS					
	1	2	3	4	5
AÑO	(Q1 241 638,10)	Q578 723,81	Q578 723,81	Q578 723,81	Q578 723,81
100 TONELADAS DIARIAS					
AÑO	1	2	3	4	5
	Q5 373 127,28	Q7 699 403,42	Q7 100 583,44	Q6 509 599,20	Q5 908 272,73

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para calcular los índices financieros del proyecto se utilizó Microsoft Excel, ingresando el flujo de efectivo presentado en las tablas anteriores. El cálculo de la TIR se hará sobre el flujo de efectivo para el proyecto de 24 toneladas diarias, y el de 100 toneladas diarias. Los valores obtenidos son los siguientes:

- TIR proyecto 24 toneladas diarias: 2 por ciento
- TIR proyecto 100 toneladas diarias: 30 por ciento

5.3.1.1. Interpretación

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. La tasa interna de retorno del proyecto de 24 toneladas diarias es positiva, pero mucho menor a la tasa de rendimiento fijada para el proyecto por lo que no conviene realizar la inversión. Para el segundo proyecto, el valor de la tasa es positivo y por lo tanto la inversión se justifica. Los ingresos que tienen empresas mineras producto de exportaciones son bastante altos, comparados con los costos que a simple vista ascienden a varios miles de quetzales.

5.3.2. Valor Anual Uniformemente Equivalente (VAUE)

Éste corresponde a todos los ingresos y desembolsos convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente que es la misma cada período. Este se calculó de la siguiente manera:

$$VAUE = (VPN)(A/P, 21\%, 10)$$

- VAUE proyecto 24 toneladas diarias: Q. 156,903.23
- VAUE proyecto 100 toneladas diarias: Q. 6,548,481.52

5.3.2.1. Interpretación

Al igual que el Valor Presente Neto, ambos valores anuales uniformemente equivalentes justifican la inversión en el proyecto. El proyecto donde hay más producción tiene mucha más ganancia a largo plazo para los inversionistas. Para el proyecto de 24 toneladas, anualmente se recuperan

Q. 156, 903, recuperando la inversión a partir del cuarto año. Para el proyecto de 100 toneladas por día se tiene una recuperación de la inversión mucho más rápida desde el primer año de operación.

Luego de realizar todos los análisis financieros es evidente que el proyecto de la planta de producción de 100 toneladas diarias es mucho más factible. Primero por tener un valor presente neto positivo que justifica la inversión, y segundo porque la recuperación del desembolso inicial de dinero no es tan lenta.

5.3.3. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto del proyecto se calculó en base a 10 años de operación. Éste es el valor que tendrá el dinero que está proyectado a diez años al día de hoy. El cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\text{VPN} = \text{Inversión Inicial} + \text{Flujos anuales} (P/A, 21\%, 10)$$

- VPN proyecto 24 toneladas diarias: Q. 636, 097.93
- VPN proyecto 100 toneladas diarias: Q. 26, 548,054.62

5.3.3.1. Interpretación

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. El valor presente para ambos proyectos es positivo, por lo que según este criterio la inversión se justifica. Es más conveniente realizar una inversión más grande en maquinaria e infraestructura.

La planta de producción de 100 toneladas diarias de óxido de hierro tiene un tiempo menor de recuperación de la inversión, y genera mayor cantidad de efectivo que la planta de 24 toneladas.

Es importante mencionar que el VPN del primer proyecto es mucho menor al segundo, por lo que es conveniente realizar la inversión mayor en el segundo proyecto.

CONCLUSIONES

1. La demanda local de concentrados de hierro es constante, aproximadamente de cien mil toneladas al año. Por esta razón, localmente demanda de productos concentrados de hierro es estable, teniendo como clientes potenciales principales Cementos Progreso, SICASA y Representaciones Químicas. La demanda internacional (específicamente China) es de mil quinientas toneladas al año.
2. La producción de óxido de hierro (Fe_2O_3) en el proyecto Lelá se realizará en serie que transformarán la roca en bruto en 5 estaciones. La extracción a cielo abierto será la primera estación, la segunda y tercera estación realizan el proceso de trituración. La trituración primaria se realiza en la máquina de mandíbulas, y la trituración secundaria en el molino de bolas. En la cuarta estación se realiza la separación del material en los separadores magnéticos, que luego es puesto los camiones al área de despacho.
3. La Ley de Minería es la que regirá todas las operaciones de la mina, la Constitución Política de la República y el Código de Trabajo, tendrán influencia en las operaciones ya que regularán el trato con los trabajadores y comunidad del entorno en explotación. El producto destinado a exportación se regirá de acuerdo a las normas de mercados internacionales del óxido de hierro, concentración mínima de 62,5 por ciento y tamaño del grano menor a 5 milímetros.

4. Es más conveniente realizar una inversión más grande en maquinaria e infraestructura. La planta de producción de 100 toneladas diarias de óxido de hierro tiene un tiempo menor de recuperación de la inversión, y genera mayor cantidad de efectivo que la planta de 24 toneladas.

5. El proyecto de inversión de la planta de producción de 100 toneladas diarias es factible, ya que hay mercado local e internacional para el producto, es posible realizarlo, y la inversión es justificada por los beneficios que se obtendrán. El proyecto también es sostenible, ya que se realizaron todos los estudios para mitigar los posibles daños al entorno destinando un fondo especial para recuperación ambiental y proyectos de comunidad.

RECOMENDACIONES

1. Antes de iniciar operaciones debe hacerse un estudio social, la técnica de Focus Group sería de gran utilidad. Al reunir a líderes de las comunidades y explicarles el proyecto, se disminuirá significativamente el riesgo de invertir en maquinaria que no se utilizará por protestas comunitarias. Sin embargo, debe considerarse que el proyecto anterior se planteó en una finca privada, de pequeño tamaño, que no dañará el entorno de las personas involucradas.
2. Si en algún momento hubiera saturación del mercado local, la estrategia a utilizar es la de alianzas estratégicas con productores chinos, en la que se entablan relaciones con productores chinos que recomienden posibles clientes en otros países. (India y Australia) a cambio de la compra de maquinaria y otros.
3. Los precios dados en el presente estudio son precios FOB Santo Tomás de Castilla. Es importante realizar la negociación con el cliente si éste quiere que el precio incluya el flete del puerto Santo Tomás de Castilla en Guatemala a Qingdao China, que según estimaciones podría aumentar en 20 dólares el precio por tonelada.
4. Revisar constantemente las reformas a leyes mineras y de recursos naturales vigentes a la fecha de realizar el proyecto, ya que éstas cambian constantemente y el proyecto debe acoplarse a ellas.

5. Las cotizaciones de maquinaria están adjuntas en los anexos de este trabajo, estos precios varían constantemente, sin embargo revisar ahí la página de contacto de las empresas para obtener precios y teléfonos de los vendedores.

6. En el estudio económico se destinaron Q. 60,000 mensuales para proyectos de recuperación ambiental. Posteriormente debe realizarse un estudio de los proyectos a realizar a beneficio de la comunidad con este dinero, por ejemplo creación de escuelas y centros de capacitación, etcétera.

7. Durante la extracción del mineral deben realizarse periódicamente (cada mes) estudios de la concentración del material obtenido por medios magnéticos. Esto para garantizar la calidad de los productos puestos en puerto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO CARÍAS, Carlos; ROSAL HIGUEROS, Óscar. *Guía del inversionista minero*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Minería, Departamento de Desarrollo Minero, 2001. 57 p.
2. BONIS, Sergio. *Síntesis geológica de Guatemala*. Guatemala: MEM, 1989. 74 p.
3. CAMPÍNS LEAL, Alfonso. *Análisis de muestras minerales de Guatemala*. Guatemala: Dirección General de Minería e Hidrocarburos, Ministerio de Economía, 1966. 80 p.
4. CHANG Tsong-Tse; LIN Tsun-Chuen; TAI Kau-Pang. *Preliminary report investigation on the development of the mineral resources in Guatemala*. Guatemala: Misión técnica de la República de China, Dirección General de Minería e Hidrocarburos, 1986. 120 p.
5. CLEMONS, Rusell. *Geology of Chiquimula*. Austin Texas: Cuadrangle, 1966. 165 p.

6. *INSPECTORATE. Guía sobre tasas de concentración de metales en minerales.* Guatemala: Servicios de exploración y explotación minera, 2008. 55 p.
7. *MÉNDEZ MARROQUÍN, Ginger Kim. Evaluación técnica a nivel planta piloto para la refinación de arcillas, mediante lixiviación de hierro con ácido sulfúrico, a partir de hematita proveniente de la mina Quebrada María, Camotán, Chiquimula.* Tesis de licenciatura de ingeniería química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
8. *Plan de negocios de un proyecto de extracción de hierro.* Five Star Mining. S.A. Honduras: 2010. 30 p.
9. *SOTO PIVARAL, Mónica. Estudio técnico a nivel planta piloto para la extracción de hierro (III) - $Fe_2(SO_4)_3$: por lixiviación con ácido sulfúrico a partir de hematita proveniente de la mina Quebrada María Camotán, Chiquimula.* Tesis de licenciatura de ingeniería química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
10. *VALDIVIA, Alba. Magnetic mineralogy and properties of the Pena Colorada iron ore deposit, Guerrero Terrane: implications for magnetometric modeling.* Estados Unidos: 2000. 115 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Matriz de Impactos**

Impacto Potencial	Positivo	Negativo	Ninguno	Medidas de Mitigación	Comentario
Agua superficial			⊗		No habrán impactos debido a que no se generan aguas de desecho.
Agua subterránea			⊗		En el sitio del proyecto se instalarán letrinas.
Flora y fauna			⊗		No habrán impactos debido a que en el terreno del proyecto solo existen arbustos y malas hierbas que no tienen ninguna importancia ecológica.
Ruido y polvo			●	Se brindará equipo de protección a trabajadores de la mina.	No hay concentración de viviendas cerca del proyecto por lo que el ruido no afectará a la población.
Socio economía	☆				Generación de 12 empleos.

Continuación del apéndice 1

Símbolo	Significado
☆	Significativo
●	Temporal
○	Leve
⊙	Sin pacto

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Matriz de impactos**

		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
		ACTIVIDADES								
		Extracción materia prima	Clasificación del material	Trituración material.	Segunda trituración artesanal.	Separación en cribas de separación.	Separación magnética.	Carga en camiones.	Desmante del terreno.	
		Matriz de Impactos Proyecto Minero LELA								
FACTORES AMBIENTALES	AGUA									
		Calidad								
	Ruido									
	SUELO	Uso potencial	○		□			□	□	
		Sismicidad	○		□			□		
	ATMOSFERA	Calidad	□							
		Inversión de temperatura								
		Visibilidad	○							
	ECOLOGIA	Malezas	□						□	
		Fauna única								
		Bosque tropical								
	SOCIOECONOMÍA	Salud pública								
		Empleo	●	●	●	●	●	●	●	
		Economía en el sector.	●	●		●			●	○
		Estilo y calidad de vida.	●	●	●	●	●	●	●	●
Accidentes y contingencias		○			○			□		

Continuación del apéndice 2.

CLAVE

●	Significativo
○	Temporal
□	Leve
	No aplica

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Situación actual: personal extrayendo de manera artesanal el material**



Fuente: visita de campo, septiembre 2012..

ANEXOS

Anexo 1. Cotización de iluminación



COTIZACION
SIV497-1

CLIENTE: Representaciones Hierro	FECHA: 17 de mayo de 2013
CONTACTO: Jorge Galicia	OFERTA VIGENTE POR: 8 DIAS
DIRECCION: Camotan Chiquimula	TIEMPO DE ENTREGA: 30 DIAS
TELEFONO: .	EMAIL: compras.rep@gmail.com
	FORMA DE PAGO: CONTADO

CANTIDAD	CODIGO	FAMILIA	DESCRIPCION	PRECIO US\$	
				US\$/U	TOTAL US\$
8	DIO-FL160-01B90	Flood Light 160W	Reflector 160W, IP65, Multi Voltaje, 568*285*93mm, 14400-16000LM	889.56	7,116.48
8	DIO-FL200-01B80	Flood Light 200W	Reflector 200W, IP65, Multi Voltaje, 568*285*93mm, 16000-17600LM	1,076.04	8,608.32

SUB-TOTAL LUMINARIAS: 15,724.80

OTROS MATERIALES MANO DE OBRA	-	-
----------------------------------	---	---

SUB-TOTAL OTROS CARGOS: -

total en letras:	QUINCE MIL SETECIENTOS VEINTICUATRO DOLARES 80/100	total UD\$: 15,724.80
------------------	---	------------------------------

<p>VENDEDOR: SERGIO I. VALDEZ sivaldez@grupodiosa.com (502) 58749660</p>	 <i>Lighting Solution for a green Future</i>	<p>OBSERVACIONES: SE APLICA TIPO DE CAMBIO DEL DIA SEGÚN BANGUAT <u>Los primeros 8 reflectores son para una altura de 12mt. Los siguientes son para una altura de 15mt. No incluye intalación de postes ni cableado.</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ACEPTADO POR EL CLIENTE:</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p style="text-align: center; font-size: small;">firma y sello</p> </div>
---	--	--

Fuente: DIOSA: soluciones energéticas LED.

Anexo 2 Cotización de excavadora



una empresa **Ferreycorp**
Calzada Aguilar Batres 54-41 zona 12, Guatemala
Tel: 23289000 - 24773478

Ref. 062/13

Guatemala 23 de Abril de 2013

Señor
Jorge Galicia
Presente

Estimado Sr. Galicia:

Sírvase encontrar adjunto cotización de venta por **EXCAVADORA NUEVA, MARCA CATERPILLAR, MODELO 320 D L, MODELO 2012.**

BRAZO EXCAVADOR:

- Pluma de 5.7 MTS. y brazo de ALCANCE 2.9 MTS. Con una profundidad de excavación de 6.72 MTS. Con CUCHARON HEAVY DUTY de 1.80 CYD dentado.

SISTEMA ELECTRICO

- Alternador de 50 amperios, luces sobre la pluma, Bocina, toma corriente de 12 Voltios, 7 amperios.

COMPARTIMIENTO DEL OPERADOR

- Palancas de operación ajustables al operador, Encendedor con cenicero, Asiento con cinturón de seguridad, **Cabina con Aire Acondicionado**, Panel de instrumentos e indicadores, Luz interior, Compartimiento para literatura, Palancas para neutralizar todos los controles,

Compartimiento para guardar comida, limpia brisas y chorrillos para agua, Alfombra de piso.

TREN DE POTENCIA

- Motor marca **CATERPILLAR**, modelo **3066 ATAAC** con una potencia de 138 hp al volante a 1800 RPM nominales de 6 cilindros con protección para altas temperaturas.

RODAJE

- Rodaje sellado, con zapatas 600MM TRIPLES.

Continuación del anexo 2.



una empresa **Ferreycorp**
Calzada Aguilar Batres 54-41 zona 12, Guatemala
Tel: 23289000 - 24773478

PRECIO DE VENTA..... US\$ 189,000.00 (Iva Incluido)

Condiciones de Venta:

LUGAR DE ENTREGA	BODEGAS GENTRAC
FORMA DE PAGO:	CONTADO / A CONVENIR
GARANTIA:	1 AÑO.
TIEMPO DE ENTREGA:	15 DIAS
VALIDEZ DE LA OFERTA:	30 DIAS

Esperando poder servirle y en espera de sus noticias, quedo de usted.

Atentamente,

Viviana Lima
Consultor de Ventas y Arrendamiento
Tels: 23289000 - 30519663
viviana@gentrac.com.gt

Fuente: LIMA, Viviana. Cotización de Excavadora. Gentrac 2013.

Anexo 4. **Coordenadas en UTM de los vértices de los polígonos en el área**

POLÍGONO	ESTE	NORTE
CHUS	250978	1644872
	250784	1645049
	250613	1645028
	250909	1644876
	250718	1645118
QUINCHO	250840	1644547
	250774	1644483
	250663	1644403
	250716	1644365
	250823	1644412
	250905	1644481
MINGO	251465	1644642
	251463	1644437
	251632	1644568
	251621	1644592

Fuente: visita de campo, a la cantera Lelá, junio de 2012.

Anexo 5. **Análisis de muestra de mineral de Representaciones Químicas S.A.**



Representaciones Químicas S.A.

MUESTRA DE ANALISIS DEL MINERAL DE HIERRO PROCEDENTE DE CAMOTÁN 19 DE JUNIO DE 2012

Mineral de Hierro de Estuardo Vázquez M. 01

Se procedió a moler la muestra hasta que pasara por la malla 80 después se tomo 1.00 g de la muestra se agregaron 30 ml de agua desmineralizada y 5 ml de ácido sulfúrico y se llevo a una temperatura de 110°C durante un periodo de 2 horas luego se filtro para separar los insolubles de la solución y se realizo un análisis completo quedando los siguientes resultados:

Elemento	Resultado
Fe+3	39.22%
Fe2O3	56.08%
Al	3.61%
Al2O3	6.82%
Fe+2	N/D*
Mg	N/D*
Zn	N/D*
Ca	N/D*
Insolubles	19.40%
Humedad	23.75%

*No se detecto

Continuación del anexo 5.



Representaciones Químicas S.A.

Mineral de Hierro de Estuardo Vázquez M. 02

Se procedió a moler la muestra hasta que pasara por la malla 80 después se tomo 1.01 g de la muestra se agregaron 30 ml de agua desmineralizada y 5 ml de acido sulfúrico y se llevo a una temperatura de 110°C durante un periodo de 2 horas luego se filtro para separar los insolubles de la solución y se realizo un análisis completo quedando los siguientes resultados:

Elemento	Resultado
Fe+3	37.27%
Fe ₂ O ₃	53.29%
Al	2.26%
Al ₂ O ₃	4.65%
Fe+2	N/D*
Mg	N/D*
Zn	N/D*
Ca	N/D*
Insolubles	25.05%
Humedad	23.34%

*No se detecto

Continuación del anexo 5.

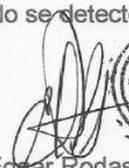
 Representaciones Químicas S.A.

Mineral de Hierro Estuardo Vázquez M. 03

Se procedió a moler la muestra hasta que pasara por la malla 80 después se tomo 1.02 g de la muestra se agregaron 30 ml de agua desmineralizada y 5 ml de ácido sulfúrico y se llevo una temperatura de 110°C durante un periodo de 2 horas luego se filtro para separar los insolubles de la solución y se realizo un análisis completo quedando los siguientes resultados:

Elemento	Resultado
Fe+3	33.26%
Fe ₂ O ₃	47.55%
Al	7.10%
Al ₂ O ₃	13.41%
Fe+2	N/D*
Mg	N/D*
Zn	N/D*
Ca	N/D*
Insolubles	28.23%
Humedad	20.28%

*No se detecto


Edgar Rodas
Jefe de control de calidad y laboratorio



Fuente: RODAS, Edgar. Muestra del análisis del mineral.

