



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO  
DEL MINERAL PERLITA, EN EL MUNICIPIO DE  
QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,  
PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS  
HIDROPÓNICOS**

**Carlos Roberto Alvarado Chavarría**

Asesorado por el Ing. Edgar Roberto Castillo Cifuentes

Guatemala, julio de 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO  
DEL MINERAL PERLITA, EN EL MUNICIPIO DE  
QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,  
PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS  
HIDROPÓNICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

**CARLOS ROBERTO ALVARADO CHAVARRIA**

ASESORADO POR EL INGENIERO EDGAR ROBERTO CASTILLO  
CIFUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soría
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADOR	Inga. Mirian Patricia Rubio Contreras
EXAMINADOR	Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo 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 PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MINERAL PERLITA, EN EL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 27 de agosto de 2008.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Carlos Roberto Alvarado Chavarria

Ciudad de Guatemala, 6 de mayo de 2009

Ing. Francisco Gómez Rivera  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

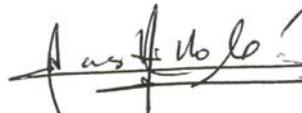
Estimado Ingeniero

Por este medio lo saludo deseándole éxitos en sus labores profesionales. El motivo de la presente es para manifestarle que tuve a bien asesorar y revisar conjuntamente con el estudiante Carlos Roberto Alvarado Chavarria el trabajo de graduación titulado ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MINERAL PERLITA EN EL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS HIDROPONICOS, dicho trabajo cumple con las normas y reglamentos estipulados por la facultad.

Luego de efectuar las correcciones del caso, lo encuentro satisfactorio, por lo cual procedo a dar aprobación del mismo.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente



Ing, Edgar Roberto Castillo Cifuentes  
Asesor  
Colegiado No. 5445

*Ing. Edgar R. Castillo C.*  
COLEGIADO No. 5445

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MINERAL PERLITA EN EL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS HIDROPONICOS**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Roberto Alvarado Chavarria**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

*David Solares Cabrera*

Lic. David Solares Cabrera  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

*Lic. David Solares Cabrera*  
ADMINISTRADOR DE EMPRESAS  
COLEGIADO No. 2824

Guatemala, julio de 2009.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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 graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MINERAL PERLITA, EN EL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Roberto Alvarado Chavarría**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
**Ing. José Francisco Gómez Rivera**  
**DIRECTOR**  
**Escuela Mecánica Industrial**



Guatemala, julio de 2009.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.249-09

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 PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MINERAL PERLITA, EN EL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, PARA USO INDUSTRIAL COMO SUSTRATO EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Roberto Alvarado Chavarría**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, julio de 2009.

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios:** Por darme la vida y salvación, acompañándome en mi camino llenándome de fortaleza y de su infinito amor para enfrentar todos los retos.

**Mi padre:** Carlos Humberto Alvarado  
Por creer en mí, brindándome consejos y valores que me han hecho un hombre de bien.

**Mi madre:** Rosa María de Alvarado  
Por su amor, apoyo y ejemplo en mi vida, motivándome en los momentos más difíciles.

**Mis hermanos:** Carlos Augusto, Mario Josué y Mario David  
Por ser los mejores hermanos, amigos y compañeros del mundo.

**A la memoria de mi abuelo:** Mario Gilberto Alvarado  
Por haber sido mi mejor amigo y desde el cielo comparte este triunfo conmigo.

**Mi familia en general:** Porque ustedes son mi principal fuente de inspiración.

**Mi futura esposa:** Dalila Claudiné García  
Por su amor, comprensión, entrega, confianza, soporte y por creer siempre en mí.

**Mis amigos:** Por los buenos momentos vividos y su amistad sincera.

**Mis catedráticos:** Por sus sabias enseñanzas y consejos, por enseñarme sin egoísmo de sus conocimientos.

**Familia García Sandoval:** Por su apoyo incondicional y cariño.

**Mi asesor:** Por su tiempo, colaboración y entusiasmo en la realización del presente trabajo de graduación.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XI</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIX</b>
<b>1 ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>1</b>
1.1 Definición del mercado	4
1.2 Descripción del mercado	6
1.3 Oferta y demanda a nivel internacional del mineral perlita	10
1.4 Descripción del producto	12
1.4.1 Características de la perlita	13
1.4.2 Uso y aplicación del mineral perlita como sustrato en cultivos hidropónicos	15
1.4.3 Otros usos y aplicaciones	19
1.4.3.1 Aplicaciones en la construcción	19
1.4.3.2 Aplicaciones industriales	21
1.5 Análisis de la demanda	22
1.6 Análisis de la oferta	27
1.7 Balanza comercial	28
1.8 Análisis de precios	29
1.9 Comercialización	30

<b>2</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO</b>	<b>33</b>
2.1	Estudio geológico y minero	33
2.1.1	Estudio geológico del área	33
2.1.2	Descripción y ubicación de yacimientos	34
2.2	Localización del área de minado	35
2.2.1	Vías de acceso a los yacimientos	37
2.3	Proceso de extracción o minado	37
2.3.1	Diagrama de flujo del proceso de extracción	38
2.3.2	Descripción del proceso de extracción	39
2.3.3	Maquinaria y equipo de extracción	40
2.4	Proceso de expansión	41
2.4.1	Proceso de clasificación de la granulometría de la perlita	41
2.4.2	Diagrama de flujo del proceso de expansión	43
2.4.3	Control de calidad	46
2.4.4	Normas de seguridad e higiene industrial	47
2.4.4.1	Equipo de protección personal	49
2.5	Ensayos y pruebas de laboratorio a nivel de planta piloto	50
2.5.1	Extracción de la muestra en campo	50
2.5.2	Trituración de la muestra	52
2.5.3	Clasificación de la perlita por granulometría	53
2.5.3.1	Granulometría fina	56
2.5.3.2	Granulometría gruesa	56
2.5.4	Expansión del mineral perlita	56
2.5.5	Pruebas volumétricas	60

<b>3</b>	<b>ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL</b>	<b>63</b>
3.1	Marco legal	63
3.1.1	Ley de minería	63
3.1.1.1	Licencias de explotación	64
3.1.1.2	Proceso de solicitud de licencia de explotación	65
3.1.1.3	Regalías	67
3.1.1.4	Cánones	68
3.1.2	Aspectos jurídicos y legales para la inscripción de una empresa	69
3.1.2.1	Inscripción en el Registro Mercantil	70
3.1.2.2	Inscripción ante la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT)	70
3.1.3	Aspectos legales a considerar para la implementación de una empresa	72
3.1.3.1	Registro legal de la marca	72
3.1.3.2	Ministerio de Trabajo y Previsión Social	73
3.1.3.3	Ley del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)	73
3.1.3.4	Instituto de Recreación de los Trabajadores de Guatemala	75
3.1.3.5	Código de Trabajo	76
	3.1.3.5.1 Políticas salariales y laborales	77
	3.1.3.5.2 Resumen de prestaciones laborales	77
3.1.4	Impuestos	80
3.1.4.1	Impuesto sobre la renta (ISR)	80
3.1.4.2	Impuesto único sobre inmueble (IUSI)	81
3.1.4.3	Impuesto al valor agregado (IVA)	81

3.2	Organización	82
3.2.1	Organigrama	83
3.3	Recurso humano	84
3.3.1	Contratación	105
3.3.2	Capacitación	106
3.3.3	Control	108
<b>4</b>	<b>ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO</b>	<b>109</b>
4.1	Determinación de costos	109
4.1.1	Costos de extracción	109
4.1.2	Costo de expansión	111
4.1.3	Costo variable unitario de producción	112
4.1.4	Costos administrativos	113
4.1.5	Costos totales	114
4.2	Financiamientos potenciales	115
4.3	Plan de inversión	116
4.4	Proyección de ingresos	118
4.5	Punto de nivelación o equilibrio	119
4.6	Evaluación económica	120
4.6.1	Tasa interna de retorno (TIR)	121
4.6.2	Valor actual neto (VAN)	122
4.6.3	Análisis de resultados	123

<b>5</b>	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>125</b>
5.1	Evaluación de impacto ambiental	125
5.1.1	Trámite de aprobación del estudio de impacto ambiental en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	127
5.2	Plan de mitigación ambiental	128
5.2.1	Apertura y cierre de mina	128
5.2.2	Manejo de desechos sólidos	130
5.2.2.1	Procesamiento de residuos	131
5.2.3	Estrategia de protección ambiental	131
5.3	Preparación y respuesta ante situaciones de emergencia	132
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>135</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>139</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍAS</b>	<b>141</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>143</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Mapa del Departamento de Chiquimula	2
2	Perlita procesada o expandida	3
3	Roca de perlita del Departamento de Chiquimula	3
4	IV Censo Nacional Agropecuario del uso de la tierra	6
5	Superficie cosechada de Maíz en Guatemala año 2002/2003	7
6	Promedio de superficie cosechada de frijol por finca en Guatemala	8
7	Los seis cultivos permanentes y semipermanentes con mayor superficie cultivada	9
8	Mineral perlita como sustrato en cultivos hidropónicos	12
9	Micrografía de perlita expandida a baja densidad	15
10	Cultivos típicos en hidroponía con el mineral perlita	17
11	Diagrama de flujo del proceso de extracción de perlita	38
12	Extracción de perlita con palas eléctricas y cargadores frontales	39
13	Retroexcavadora	40
14	Camión de volteo	40
15	Proceso de trituración y clasificación del mineral perlita	42
16	Diagrama de flujo del proceso de expansión del mineral perlita	43
17	Flujograma del procesamiento de expansión del mineral perlita	45
18	Extracción de la muestra de mineral perlita del municipio de Quezaltepeque	51
19	Yacimiento de perlita del municipio de Quezaltepeque	51
20	Martillo marca Denver	52
21	Roca de perlita cruda del departamento de Chiquimula	52

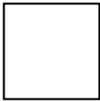
22 Clasificador manual de minerales de 0 a 3mm	53
23 Maya clasificadora de 1 a 2 mm	54
24 Clasificación de perlita por zarandeo manual	54
25 Mineral perlita clasificado	55
26 Proceso de expansión con soldadora de acetileno	57
27 Proceso de expansión con soldadora de acetileno	57
28 Mineral perlita expandida con llama de acetileno puro	58
29 Expansión del mineral perlita con llama neutra	58
30 Expansión del mineral perlita con llama oxidante	59
31 Muestras de perlita, a la derecha se encuentra en bruto y a la izquierda se encuentra ya inflada	60
32 Perlita expandida	61
33 Organigrama de la empresa	83
34 Mapa del uso de la tierra	145
35 Mapa preliminar de capacidad de uso de la tierra en Guatemala	146
36 Mapa de intensidad de uso de la tierra en Guatemala	147
37 Mapa de áreas con necesidad de riego en Guatemala	148
38 Mapa de cartografía básica de Guatemala	149
39 Hoja topográfica de Esquipalas 2359-IV	150
40 Hoja topográfica de Esquipalas 2359-V	151
41 Hoja topográfica de Esquipalas 2059-II	152
42 Hoja topográfica de Esquipalas 2259-IV	153
43 Hoja topográfica Guatemala 1:250,000	154

## TABLAS

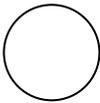
I.	Características demográficas de Chiquimula, por condición de pobreza	1
II.	Variables de estudio	4
III.	Superficie cosechada y producción obtenida de cultivos anuales o temporales	7
IV.	Producción mundial de perlita por país	11
V.	Área y producción de los principales cultivos en Guatemala 1990-2001	25
VI.	Pronóstico de la demanda del mineral perlita	26
VII.	Balanza Comercial del mineral perlita en Guatemala	28
VIII.	Promedio de precios del mineral perlita a nivel internacional por tonelada según su uso	30
IX.	Feridos laborales durante el año	76
X.	Prestaciones laborales	78
XI.	Impuesto único sobre inmuebles	81
XII.	Costos variables de extracción	110
XIII.	Costos variables de proceso de expansión	112
XIV.	Costos fijos o administrativos anuales – ALTERNATIVA A -	113
XV.	Costos fijos o administrativos anuales – ALTERNATIVA B -	114
XVI.	Costos totales según la opción A.	114
XVII.	Costos totales según la opción B.	115
XVIII.	Plan de inversión alternativa “A”	116
XIX.	Plan de inversión alternativa “B”	117
XX.	Proyección de ingresos	118

XXI.	Punto de equilibrio opción A	119
XXII.	Punto de equilibrio opción B	119
XXIII.	Flujo de fondos y cálculo del VAN y TIR (Flujo en quetzales) Escenario "A"	120
XXIV.	Flujo de fondos y cálculo del VAN y TIR (Flujo en quetzales) Escenario "B"	120
XXV.	Matriz de efectos ambientales	126

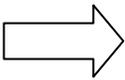
## LISTA DE SÍMBOLOS



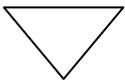
**Inspección:** ocurre cuando una parte se somete a un examen para determinar su conformidad con una norma o estándar.



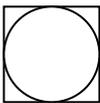
**Operación:** es el cambio intencional en una pieza que se trabaja para darle las características deseadas de tamaño, forma y otros detalles.



**Transporte:** distancia que recorre el producto hacia otra estación de trabajo o almacenamiento.



**Almacenamiento:** es la conservación temporal en un lugar adecuado, de la materia prima antes o después de ser procesada, o de cualquier otro material.



**Combinada:** es una operación con inspección realizada en una misma inspección de trabajo, es decir, se trabaja la pieza y se revisa para saber si cumple o no con algunas especificaciones.



## GLOSARIO

<b>Perlita</b>	Roca volcánica vidriosa que puede ser utilizada como sustrato en cultivos hidropónicos, aislante térmico y agregado para concreto liviano, que tiene un contenido de agua relativamente alto. Es un mineral que aparece en la naturaleza, y tiene la propiedad poco común de expandirse muchísimo cuando se la calienta lo suficiente.
<b>Cultivos hidropónicos</b>	Es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola con nutrientes que se aportan en soluciones líquidas y las plantas se sostienen sobre materiales porosos.
<b>Sustrato</b>	Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta.

<b>Geología</b>	Es la ciencia que estudia la forma interior del globo terrestre, la materia que lo compone, su mecanismo de formación, los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen, y la colocación que tienen en su actual estado.
<b>Mercado</b>	Conjunto de compradores y vendedores de un bien o servicio
<b>Oferta</b>	Cantidad de un bien o servicio que los productores ofrecen a un precio determinado
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Rendimiento
<b>VPN</b>	Valor Presente Neto

## **RESUMEN**

El presente estudio de factibilidad, tiene como principal objetivo determinar la factibilidad técnica y económica, para la explotación y procesamiento del mineral perlita en el municipio de Quezaltepeque departamento de Chiquimula. El cual se comprende de cinco capítulos los cuales se detallan a continuación.

En el primer capítulo se presenta una investigación de mercado, en donde se detalla la información del producto, análisis de la demanda, oferta, precios y canales de comercialización.

El segundo capítulo detalla un estudio técnico de ingeniería que servirá de soporte para diseñar el proceso de extracción y transformación del producto, desde la obtención de la materia prima hasta el producto final, se detalla la maquinaria y equipo a utilizar, además se describen los aspectos geológicos, flujos de operaciones y el reglamento de seguridad industrial.

Seguidamente, se evalúan los aspectos económicos y financieros para obtener la rentabilidad del proyecto y la factibilidad de realizar la inversión propuesta. Tomando en cuenta los efectos positivos para la comunidad.

El estudio administrativo describe todo lo referente a la organización que deben tomarse en cuenta a la hora de materializar el presente estudio, así como el marco legal que determina los procedimientos requeridos por el Ministerio de Energía y Minas en La Dirección General de Minería.

Por último se muestra el plan de mitigación ambiental para prevenir y actuar a través de estrategias, en caso de un incidente ambiental.

## **OBJETIVOS**

### **◆ GENERAL**

Desarrollar un estudio de factibilidad para el aprovechamiento del mineral perlita, en el municipio de Quezaltepeque del departamento de Chiquimula, para uso industrial como sustrato en cultivos hidropónicos.

### **◆ ESPECÍFICOS**

1. Determinar el mercado que dicho producto tiene a nivel nacional como internacional.
2. Establecer la existencia de depósitos de perlita en el municipio de Quezaltepeque del departamento de Chiquimula.
3. Realizar ensayos y pruebas de laboratorio a nivel de planta piloto en los procesos de trituración, clasificación granulométrica y expansión.
4. Determinar los distintos productos y subproductos que podrían obtenerse para su comercialización.
5. Establecer los procesos industriales de extracción y procesamiento para transformar el mineral perlita, en un sustrato para cultivos hidropónicos
6. Determinar la factibilidad del proyecto, mediante un estudio financiero que permita proyectar la rentabilidad del mismo.

7. Conocer las prácticas administrativas y legales necesarias para la implementación del proyecto.
8. Determinar los elementos que contiene un estudio de impacto ambiental para la extracción y procesamiento de la perlita en Guatemala.

## INTRODUCCIÓN

En Guatemala es de gran necesidad la creación de nuevas fuentes de trabajo, por medio del aprovechamiento sostenido de nuestros recursos naturales, introduciendo nuevas tecnologías en los procesos industriales a efecto que nuestros productos sean comercializables y cuenten con el valor agregado.

La base fundamental del trabajo de graduación, es el aprovechamiento del mineral perlita (roca volcánica vidriosa) del municipio de Quezaltepeque del departamento de Chiquimula, cuya región cuenta con gran potencial por poseer el mayor número de depósitos encontrados con reservas de este mineral y cuyo interés se centra en su utilización como sustrato en cultivos hidropónicos (plantar verduras y vegetales en agua o materiales distintos a la tierra. Tomando en cuenta que en la región existen problemas de extrema pobreza, sería de gran utilidad la implementación de este estudio dentro de la región y así generar fuentes de empleo en áreas aledañas a la mina y planta de procesamiento, como los beneficios obtenidos por un nuevo método de cultivo más eficiente aumentando la productividad de los agricultores nacionales

Con la ayuda de la Dirección General de Minería, se realizaron pruebas de laboratorio a nivel de planta piloto, a fin de determinar la calidad del mineral perlita de la región en estudio, así como análisis del impacto ambiental que tendría su explotación y procesamiento. Además se han tomado en cuenta aspectos mercadológicos, económicos financieros, así como administrativo legales, necesarios para la implementación del estudio.

# 1 ESTUDIO DE MERCADO

El departamento de Chiquimula es uno de los departamentos del país con mayor cantidad y variedad de recursos minerales en general, sin embargo, la mayor parte de estos recursos no son aprovechados para el desarrollo económico de la población. En la región objeto de estudio, el 59.5% de las personas viven en condiciones de pobreza y extrema pobreza (ver Tabla I). La población del departamento de Chiquimula, según el Instituto Nacional de Estadística INE en el censo XI de Población y VI de Habitación del año 2002, es de 342,681 habitantes correspondiendo a la cabecera departamental 79,815 pobladores.

**Tabla I. Características demográficas de Chiquimula, por condición de pobreza**

Características	Población total	Niveles de pobreza			No pobres
		Todos los pobres	Pobres extremos	Pobres no extremos	
Total departamento	342,681	203,881	94,961	108,920	138,800
Incidencia de la pobreza					
Total departamento	100.0	59.5	27.7	31.8	40.5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE. Encuesta Nacional de Condiciones de Vida, ENCOVI-2006

El mineral perlita ofrece una opción para generar fuentes de trabajo, a través de su explotación y procesamiento, así como una alternativa para cultivar frutas y legumbres en áreas con suelos áridos o con vocación forestal. Guatemala se ha caracterizado por ser un país agrícola en donde no se ha hecho uso de esta tecnología, además cuenta con poco apoyo técnico, falta adjudicaciones de tierra e ineficientes sistemas productivos (infraestructura vial, riego, acopio, energía eléctrica y agua).

**Figura 1. Mapa del Departamento de Chiquimula**



**Fuente: página de Internet <http://www.dequate.com>**

La región explorada con mayor potencial por sus reservas de este mineral se encuentra en el municipio de Quezaltepeque del departamento de Chiquimula, localizada con el número 11 en la **figura 1**. Cabe mencionar que se han localizado otros depósitos importantes en otras regiones de dicho departamento, según información del Ministerio de Energía y Minas en su Dirección General de Minería.

A efecto de poder visualizar adecuadamente el mineral o roca en estudio, a continuación se presentan algunas imágenes del mineral perlita en su estado natural y procesado que pudieran comercializarse en el mercado de sustratos:

**Figura 2. Perlita procesada o expandida**



**Fuente: Muestra de perlita obtenida del depósito del municipio de Quezaltepeque**

En la **figura 3** se muestra la forma que posee la roca en su estado natural, la cual fue tomada del departamento de Chiquimula en el municipio de Quezaltepeque.

**Figura 3. Roca de perlita del Departamento de Chiquimula**



**Fuente: Muestras de perlita obtenidas del municipio de Quezaltepeque**

## 1.1 Definición del mercado

En Guatemala no existe actualmente una industria establecida para la extracción y procesamiento del mineral perlita. De hecho, se sabe de la existencia de este mineral, pero no se había evaluado la posibilidad de utilizarlo en actividades agroindustriales; se considera que su aplicación puede ser desarrollada en áreas rurales del interior del país, básicamente como una alternativa en la actividad económica que contribuya a reducir el nivel de pobreza y coadyuvar al desarrollo social en las comunidades que cuenten con este recurso minero así como las que adopten este método de cultivo.

Debido a la que el mineral perlita funciona como sustituto de la tierra, se considera importante el análisis de las variables biofísicas y socioeconómicas de la misma, para lo cual se ha hecho uso de fuentes secundarias de información requerida de las instituciones y organizaciones correspondientes. Como la muestra la Tabla II, en las que que según el Banco de Guatemala e INE. (Citado por “En Cifras: Guatemala”, 1999) en Guatemala la participación de la agricultura en el Producto Interno Bruto –PIB representa el 26.04%. Además el porcentaje de Población Económicamente Activa –PEA correspondiente al sector Agrícola y Pesca es del 58.10%.

**Tabla II. Variables de estudio**

***Variables biofísicas:***

VARIABLE	INDICADOR	FUENTE
Uso de la tierra	Uso de la tierra	SIG-MAGA, 2001
Capacidad de uso de la tierra (USDA)	Categoría de uso	SIG-MAGA, 2001

***Variables socioeconómicas:***

VARIABLE	INDICADOR	FUENTE
Intensidad de uso de la tierra	Categoría de uso	SIG-MAGA, 2001
Necesidad de Riego	Rango de sequía	SIG-MAGA, 2001
Infraestructura Vial	Longitud de carreteras asfaltadas	SIG-MAGA, 2001
Índice de Desarrollo Humano	Índice de Desarrollo	PNUD, 1999

Las variables del mercado del mineral perlita, están íntimamente ligadas al sistema agrario actual y al uso de la tierra, dividido en: infraestructura, cultivos, pastos, bosques naturales, cuerpos de agua, tierras áridas o estériles y humedad o tierras inundadas, siendo de nuestro principal interés aquellas dedicadas al cultivo que no cuenten con suelos fértiles.

La capacidad del uso de la tierra en nuestro país cuenta en su gran mayoría con tierra no cultivable, apta solamente para producción forestal, con pendientes muy inclinadas (ver mapa en anexos figura 35), lo que ha llevado a la tala inmoderada de arboles para utilizarlas como áreas de cultivo que al poco tiempo por su inadecuado uso quedan abandonadas, causando el deterioro del ecosistema.

La intensidad del uso de la tierra (ver mapa en anexos figura 36), cuenta con cinco categorías de intensidad del uso de la tierra (uso correcto, sobre uso, sub uso, áreas urbanas y cuerpos de agua) que parte de un análisis previo entre las variables biofísicas “Uso de la Tierra” y “capacidad de uso de la Tierra” (ver “variables biofísicas”, **tabla II**), en la cual predomina el *sobre uso* de la misma. Esta variable es útil para identificar las localidades o unidades de tierra que requieren cambios de uso o reordenamiento territorial.

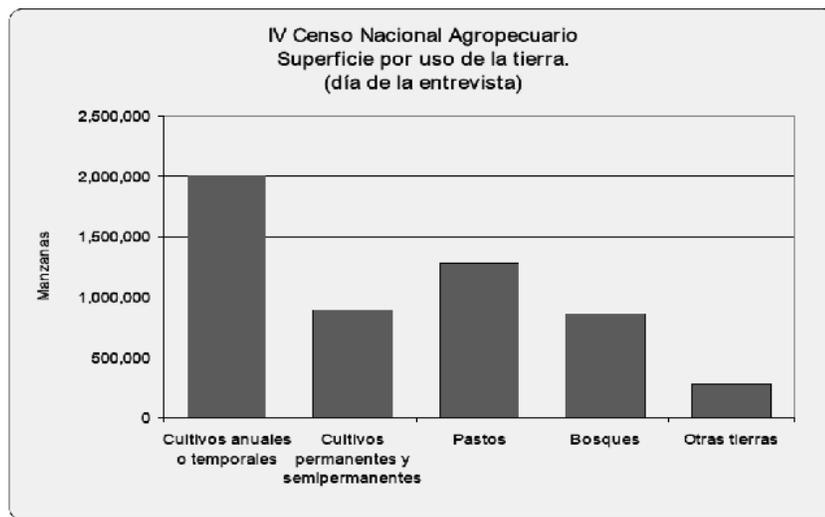
La necesidad de riego, indicador dividido en cinco categorías que permite localizar las regiones del país con déficit de recursos hídricos, en base a parámetros climáticos diversos como precipitación mínima, temperatura máxima, brillo solar, evapotranspiración e historial de meses secos. En nuestro país predominan en este tipo los riegos suplementarios para el primer y segundo cultivo (ver mapa en anexos figura 37).

El análisis de la infraestructura vial (carreteras, puertos, ciudades y centros de comercio) permite identificar posibles factores limitantes o focos de oportunidades de desarrollo para regiones concretas, debido a la presencia o ausencia de éstos (ver mapa en anexos figura 38). La longitud de la red de carreteras guatemaltecas es de aproximadamente 20,000 kilómetros, de los cuales alrededor de 5,000 corresponden a carreteras asfaltadas y 9,300 a carreteras de terracería (SEGEPLAN,2002).

## 1.2 Descripción del mercado

Según información suministrada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y el Instituto Nacional de Estadística, en Guatemala existen dos segmentos agrícolas importantes correspondientes a “cultivos anuales o temporales y viveros” y “cultivos permanentes o semipermanentes”, los cuales ocupan el mayor número de manzanas cultivadas en el país, como se aprecia en la figura 4.

**Figura 4. IV Censo Nacional Agropecuario del uso de la tierra**



Fuente: página de Internet <http://www.ine.gob.gt>

La Tabla III muestra los diez cultivos anuales o temporales con mayor superficie cosechada, los cuales son: el maíz blanco, frijol negro, maíz amarillo, maicillo, ajonjolí, frijol de otros colores, ayote, papa, haba, pepitoria y otros.

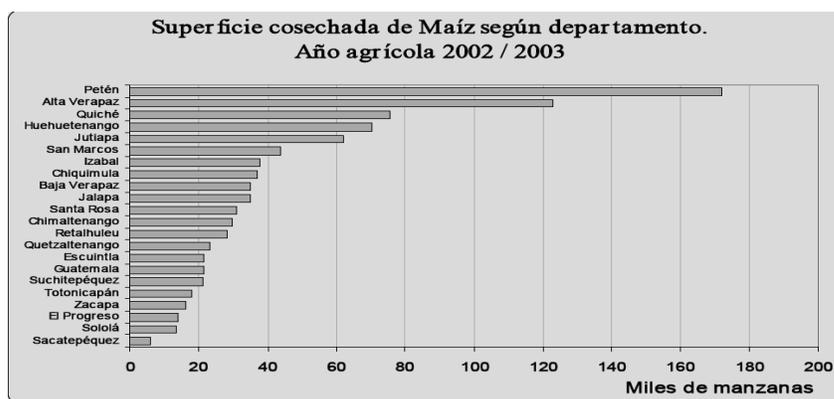
**Tabla III. Superficie cosechada y producción obtenida de cultivos anuales o temporales**

Número de fincas censales, superficie cosechada y producción obtenida de cultivos anuales o temporales. Año agrícola 2002 / 2003 (Superficie en manzanas y producción en quintales)				
Cultivo	Número de fincas	Superficie		Producción
		Cosechada	%	
Total	1,273,173	1,401,392	100.00	
Maíz blanco	589,377	800,890	57.15	20,337,694
Frijol negro	292,961	298,235	21.28	2,259,447
Maíz amarillo	190,622	128,223	9.15	2,785,068
Maicillo	21,266	37,200	2.65	818,026
Ajonjolí	7,018	23,960	1.71	272,738
Frijol de otros colores	13,162	10,738	0.77	34,813
Ayote	14,659	10,261	0.73	131,723
Papa	26,984	9,655	0.69	2,254,604
Haba	19,052	9,578	0.68	49,855
Pepitoria	1,997	8,378	0.60	53,187
Otros	96,075	64,275	4.59	

Fuente: página de Internet <http://www.ine.gob.gt>

Según la Figura 5, los departamentos con mayor área cultivada de maíz son EL Petén y Alta Verapaz, seguidos de Quiché, Huehuetenango y Jutiapa como los mayores productores del grano básico.

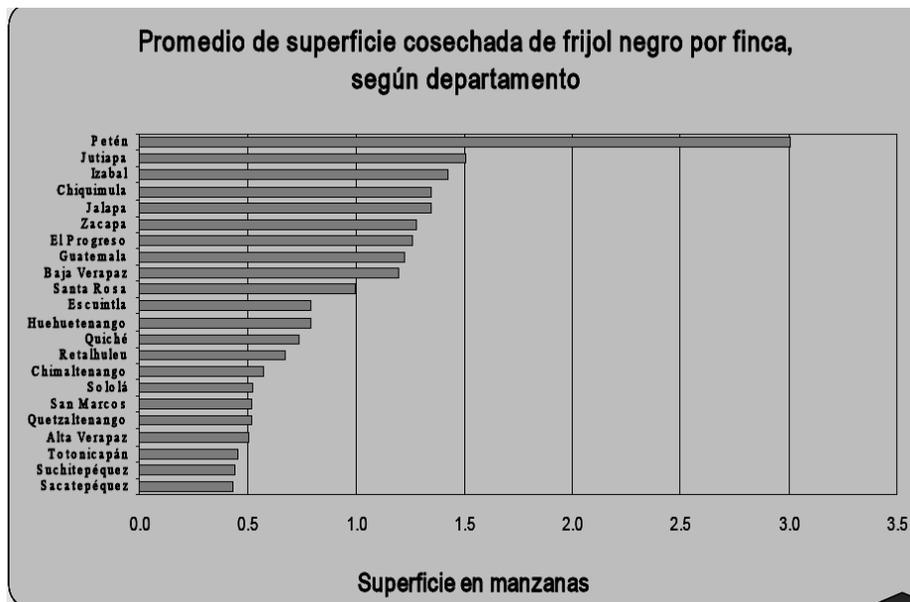
**Figura 5. Superficie cosechada de Maíz en Guatemala año 2002/2003**



Fuente: página de Internet <http://www.ine.gob.gt>

Los departamentos con mayor producción de frijol son El Peten seguido por Jutiapa, Izabal y Chiquimula.

**Figura 6. Promedio de superficie cosechada de frijol por finca en Guatemala**

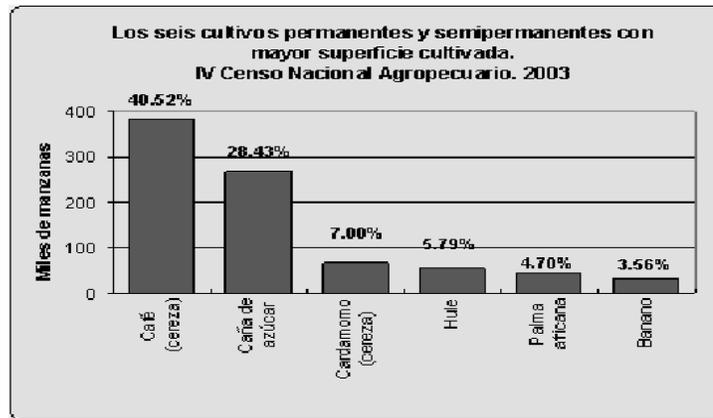


Fuente: página de Internet <http://www.ine.gob.gt>

Según información suministrada por el Instituto Nacional de Estadística, en Guatemala, los cinco departamentos con menor uso de la tierra dedicada a cultivos anuales o temporales son: El Progreso con 15,603 manzanas, Sacatepéquez con 16,381 manzanas, Zacapa con 30,555 manzanas, Izabal con 33,107 manzanas y Totonicapán con 38,923 manzanas.

Según la figura 7, los seis cultivos permanentes con mayor superficie cultivada son el café, la caña de azúcar, el cardamomo, hule, la palma africana, y el banano. El cultivo más importante dentro de esta clasificación son el café y la caña de azúcar.

**Figura 7. Los seis cultivos permanentes y semipermanentes con mayor superficie cultivada**



Fuente: página de Internet <http://www.ine.gob.gt>

Los cinco departamentos con menor uso de la tierra dedicada a cultivos permanentes y semipermanentes son: El Progreso con 2,645 manzanas, Baja Verapaz con 4,680 manzanas, Sacatepéquez con 12,851 manzanas, Quiché con 15,853 manzanas y Jalapa con 19,424 manzanas.

Es importante indicar que el mercado potencial del uso del mineral perlita tanto para los cultivos anuales o temporales como para los cultivos permanentes o semipermanentes posee mayor potencial en aquellas regiones que no cuenten con la infraestructura de riego ni con las condiciones de suelo adecuadas para su uso, sin embargo es de igual importancia para aquellas que si cumplan con las condiciones adecuadas que deseen adoptar una metodología más eficiente.

Actualmente no existe una demanda establecida del mineral perlita para hidroponía, por consiguiente, resulta beneficioso para el país aprovechar un producto minero nuevo, capaz de atraer nuevas expectativas de inversión y presentar al mercado local e internacional una alternativa novedosa en la industria agrícola.

### **1.3 Oferta y demanda del mineral perlita a nivel internacional**

Suficientes cantidades del mineral perlita se explotan, procesan y expanden para satisfacer los requerimientos internos anuales en los Estados Unidos. A pesar de que la información acerca de las existencias del mineral perlita por productor no está disponible, se cree que cerca de 40,000 toneladas o un mes de oferta, es probablemente el inventario promedio. El mineral perlita no se importa para venta comercial, pero una pequeña cantidad (menos del 10% de la producción anual) es exportada primariamente a plantas de expansión en Canadá.

Los datos acerca de la capacidad de producción del mineral perlita en los Estados Unidos y de otros países productores son insuficientes a efecto de poder establecer un estimado razonable de la capacidad total. La cantidad explotada y procesada para uso o venta de los que utilizan perlita expandida ha sido suficiente para establecer demandas normales de consumo. Las existencias se asumen que también son suficientes sobre la base anual para ajustar cualquier desbalance que pudiera surgir entre la oferta y la demanda.

Tratar de interpretar las características de la comercialización del mineral perlita en el mercado mundial, es una acción difícil, sobre todo si se toma en cuenta que existe una carencia de información reciente sobre los niveles de comercialización básicamente lo relativo a las importaciones y a las exportaciones, no así la producción de minerales industriales. En cuanto a la producción mundial se refiere, la Tabla IV ilustra el comportamiento de los principales y mayores productores mundiales del mineral perlita, de esa cuenta, países como Estados Unidos, Grecia, Japón, Turquía y Hungría; sobresalen entre otros.

Entre las principales compañías productoras en Estados Unidos figuran: Ore Producer Ware Harborlite Corp. en Arizona y Nuevo México; American Perlite Co. en California; Idaho Minerals LLC en Idaho; Wilkins Mining and Trucking Inc. y Eagle-Picher Minerals Inc. en Nevada; Cornerstone Industrial Minerals Corp. en Oregon; Dicapert Corp. y USG Corp. en Nuevo México; y Basin Perlite Co. en Utah.

**Tabla IV. Producción mundial del mineral perlita por país**

**PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PERLITA POR PAÍS  
(Toneladas Métricas)**

PAIS	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Alemania	6,000	6,000	35,000	11,750	15,063	35,000	35,000
Australia	5,000	5,000	5,000	3,750	5,000	5,000	5,000
Grecia	417,882	425,000	425,000	316,971	423,154	360,000	360,000
Hungría	150,000	150,000	150,000	112,500	150,063	151,000	150,000
Iran	6,000	6,000	6,000	4,500	6,000	15,000	15,000
Italia	60,000	60,000	60,000	45,000	60,000	60,000	60,000
Japón	200,000	200,000	200,000	150,000	200,000	250,000	250,000
México	37,417	51,758	55,000	36,044	47,150	80,297	80,000
Filipinas	20,000	20,000	20,000	15,000	20,000	6,000	6,000
Slovakia	50,000	50,000	50,000	37,500	50,000	15,000	15,000
Surafrica	1,300	403	400	526	741	400	400
Turquía	157,580	160,000	150,000	116,895	156,810	150,000	150,000
USA	684,000	706,000	685,000	518,750	692,188	672,000	672,000
<b>TOTAL</b>	<b>1,795,179</b>	<b>1,840,161</b>	<b>1,841,400</b>	<b>1,369,185</b>	<b>1,826,169</b>	<b>1,799,697</b>	<b>1,798,400</b>

Fuente: <http://www.perfiltra.com.ar/perlitas.htm>. -Internet.-

Estados Unidos de América es el principal productor y consumidor mundial del mineral perlita y el insumo ha disfrutado de un continuo crecimiento en su corta historia desde su producción comercial inicial en 1946 (ver Tabla IV). La producción del mineral perlita explotada, procesada, expandida y vendida en los Estados Unidos en 2002 fue de 672,000 toneladas métricas con un valor de US \$ 146 millones, sin embargo no superó la producción interna del mineral perlita procesada en 1992 la cual tuvo un récord de 762,000 toneladas. En importancia de producción mundial del mineral perlita siguen Grecia, Japón, Turquía y otros países respectivamente.

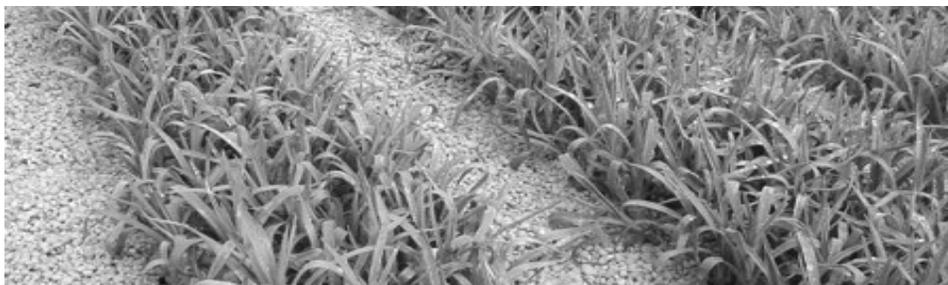
Los 13 países productores en el mundo actualmente, aportan una producción total de 1,798,400 toneladas para el año 2002, la cual no alcanzó la producción récord del año 1992 que fue de 1,971,923 toneladas. La demanda mundial se espera que crezca a un promedio de rango anual de 3.2% que sería fácilmente cubierta por las reservas conocidas de todo el mundo.

#### **1.4 Descripción del producto**

De todos los materiales utilizados para el cultivo sin suelo, el mineral perlita expandida es el más importante de todos, tanto por el volumen actual como por su proyección futura.

El mineral perlita posee una densidad de unos 90 kilogramos por metro cúbico, lo que es algo insignificante si lo comparamos con los 1.200 kilos que suele tener un metro cúbico de suelo agrícola. Tiene un color blanco intenso, es extremadamente consistente y por tanto muy resistente a la erosión, en particular a la provocada por el crecimiento de las raíces.

**Figura 8. Mineral perlita como sustrato en cultivos hidropónicos**



Fuente: página de Internet <http://www.infoagro.com>

Al expandirse cada partícula de color blanco nieve es estéril, posee un pH<sup>1</sup> neutro y contiene infinidad de microburbujas selladas en su interior. La superficie de cada partícula está cubierta por cavidades que conforman una extensa área superficial. Esta superficie retiene humedad y nutrientes que están a disposición de las raíces según su necesidad. Además por la forma física de cada partícula se forman pasajes de aire que proveen excelente aireación y drenaje. Por ser el mineral perlita estéril, libre de enfermedades, semillas e insectos ha sido utilizada por varios años como enmienda para suelos y como componente esencial en substratos. Extensos estudios han demostrado que la capilaridad única del mineral perlita le confiere superioridad como sustrato en cultivos sin suelo.

Entre los variados usos del mineral perlita hoy podemos mencionar la germinación y propagación, producción en plugs y trasplantes, jardinería de interior y macetas, compost, cultivos sin suelo, céspedes y campos deportivos, paisajismo, árboles y arbustos.

#### **1.4.1 Características del mineral perlita**

El mineral perlita es un mineral volcánico que al ser calentado a temperaturas superiores a los 900 °C se expande de cuatro a veinte veces su volumen original. Esta expansión se debe a la presencia de un dos a seis por ciento de agua combinada en el mineral crudo, la cual hace que el mineral perlita explote de manera similar a un poporopo.

---

<sup>1</sup> pH =Potencial de hidrógeno.

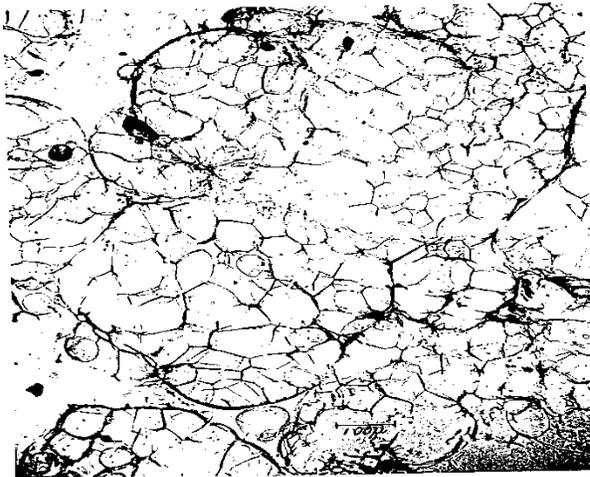
El mineral perlita no expandida ("cruda") tiene una densidad cercana a 1100 kg/m<sup>3</sup> (1,1 g/cm<sup>3</sup>). El mineral perlita expandida tiene típicamente una densidad de 30–150 kg/m<sup>3</sup>. La composición típica del mineral perlita está compuesta por:

- 70-75% dióxido de silicio: SiO<sub>2</sub>
- 12-15% óxido de aluminio: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 3-4% óxido de sodio: Na<sub>2</sub>O
- 3-5% óxido de potasio: K<sub>2</sub>O
- 0,5-2% óxido de hierro: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 0,2-0.7% óxido de magnesio: MgO
- 0,5-1,5% óxido de calcio: CaO
- 3-5% pérdida en el horno (agua químicamente combinada)

El mineral perlita, una forma de vidrio volcánico de composición silícea generalmente, se encuentra en tres principales asociaciones: 1) Zonas vidriosas en tobas soldadas de flujos de cenizas, 2) Flujos de lava de domos volcánicos, como es el caso de algunos depósitos en Guatemala y 3) En zonas de tajo de diques e intrusivos felsíticos. Los depósitos del mineral perlita no son continuos generalmente, debido al proceso geológico que provoca la desvitrificación resultando en una progresiva cristalización y pérdida de agua. Hay una fina línea de división, en muchos casos, entre la formación de la roca cristalina de grano fino y una roca vitrificada más allá del tiempo geológico. Sin menoscabo del origen, la preservación de los vidrios volcánicos es muy rara en rocas que son más antiguas que el Terciario. La mayoría de depósitos comerciales del mineral perlita están asociados con flujos recientes de lava del Eoceno y Oligoceno y son a menudo varios cientos de pies de espesor sobre un área ancha.

El tamaño de los compartimentos internos de las celdas y el espesor de las paredes de las celdas individuales dependen de la habilidad de expandirse de la partícula (ver Figura 9). Estos en su momento son a su vez una función de la composición y en particular de la cantidad y distribución del agua combinada.

**Figura 9. Micrografía del mineral perlita expandida a baja densidad**



Micrografía de sección delgada a través de un agregado de perlita expandida a baja densidad (menos de 2 libras por pie cúbico). Las delgadas y frágiles paredes se romperán bajo presión. Este material, mientras no tenga suficiente resistencia a la compactación para estuco o como agregado para concreto, será bastante adecuado para la molienda en un auxiliar para filtro.

Fuente: página de Internet <http://www.infoagro.com>

#### **1.4.2 Uso y aplicación del mineral perlita como sustrato en cultivos hidropónicos**

La característica destacada del mineral perlita es la facilidad de poder mantener una provisión constante de agua y de nutrientes en un sustrato tan sólo colocando el recipiente de la planta en un recipiente poco profundo con una solución de nutrientes. La fuerte atracción capilar del mineral perlita hacia el agua hace que el mismo tome automáticamente la solución del recipiente con el mismo ritmo con que las plantas pierden agua.

El agua enriquecida con nutrientes es atrapada en las pequeñas irregularidades en la superficie de las partículas del mineral perlita y de allí la toman las raíces de las plantas. El exceso de solución queda en el recipiente. La facilidad con que puede mantenerse un nivel óptimo de solución en las raíces es la clave del éxito del mineral perlita y es una ventaja importante en relación con la tierra cultivable, que tiene menos capilaridad.

La tierra cultivable está cerca de su punto de saturación de agua cuando puede retener un 85% de agua por volumen y, por lo tanto, le queda muy poca capacidad para retener aire lo cual impide el desarrollo y el crecimiento óptimos de las raíces. La capacidad de drenaje del mineral perlita hace que la misma retenga menos de la mitad de este porcentaje de agua. Las raíces del mineral perlita permanecen siempre bien aireadas y bien regadas.

En contraste con el mineral perlita, el contenido de humedad de la tierra cultivable, va desde el “demasiado mojado” (justo después del riego) hasta el “demasiado seco” (justo antes del riego). Para disminuir estas fluctuaciones, los productores que usan tierra cultivable deben recurrir a una rutina de riego “poco pero frecuente”. La solución de nutrientes podrá ser agregada a las losas de lana de roca con una frecuencia de 24 veces por día.

El mineral perlita es físicamente estable y, a diferencia del suelo, puede mantener su excelente equilibrio aire / agua durante muchos años si se la manipula con cuidado. Algunos productores usan el mineral perlita en la producción de tomates en más de una campaña y luego la usan nuevamente en mezclas para jardinería y acondicionamiento de suelos. Antes de reutilizar perlita, deberá esterilizársela.

Algunas de las ventajas del uso del mineral perlita sobre la tierra son:

- El mineral perlita para horticultura deja a las raíces en un estado de humedad constante, independientemente del clima o de la etapa de crecimiento de las mismas.
- El mineral perlita garantiza un riego más uniforme en toda el área de cultivo.
- Con el mineral perlita para horticultura hay menor probabilidad de excederse en el riego de los suelos.
- El cultivo en perlita evita el desperdicio de agua y nutrientes.
- El uso del mineral perlita elimina la necesidad de mejorar la calidad de los suelos con precisión.

**Figura 10. Cultivos típicos en hidroponía con el mineral perlita**



- Enraizamiento de esquejes

El mineral perlita permite un enraizamiento más rápido del esqueje, impide la asfixia radicular y minimiza los riesgos de daño al trasplantar. Reduce los problemas sanitarios debido a su esterilidad.

- Propagación

El uso del mineral perlita en mezclas de sustratos para contenedores permite una germinación rápida, un perfecto desarrollo de la plantita y una mayor facilidad de trasplante.

- Micro propagación

El mineral perlita por sus propiedades únicas de enraizamiento y esterilidad, es ideal para solucionar problemas de desarrollo de plantitas procedentes de técnicas de micro propagación (meristemas, tejidos y bulbos). Se utiliza también para la obtención de plantas por medio de escamas de bulbos, ya que presenta una excelente retención de humedad y provee del aislamiento requerido para llevar a cabo este proceso.

- Jardinería y paisajismo

El mineral perlita es utilizada para sustituir total y/o parcialmente la arena y la tierra de hoja en las mezclas de sustratos. Al adicionar perlita se mejoran las características físicas de la mezcla. El uso del mineral perlita para este tipo de actividad permite disminuir los costos de transporte debido a su bajo peso.

- Césped

Debido a su capacidad de aireación, retención de agua y excelente drenaje, es utilizada tanto para el mejoramiento del césped como para la implantación de uno nuevo.

- Flores

El mineral perlita es usada sola o en mezclas con otros materiales de manera tal de conferir al sustrato las características adecuadas para permitir una óptima producción tanto de flores de corte como en macetas.

- Viveros

Debido a sus excelentes propiedades como sustrato agrícola, el mineral perlita puede ser empleada en mezclas que son utilizadas para la producción de plantas ornamentales, frutales y forestales.

- Cultivos hidropónicos

El mineral perlita, por el hecho de ser estéril, inerte, liviana y con una muy buena capacidad de aireación, es considerada un sustrato adecuado para sistemas hidropónicos.

### **1.4.3 Otros usos y aplicaciones**

El mineral perlita posee numerosos usos. Además de su aplicación para la agricultura pueden dividirse en dos categorías más: aplicaciones para la construcción y aplicaciones industriales.

#### **1.4.3.1 Aplicaciones en la construcción**

En la rama de la construcción, el mineral perlita es usado como un agregado liviano para la construcción, se presenta en forma de gránulos esféricos de estructura alveolar entre 0.1 y 4 mm.

Estas pequeñas esferas huecas son obtenidas a partir del mineral perlita en otros países, mediante procesos mecánicos y térmicos de avanzada tecnología.

- Características

1. Liviano: Posee un peso específico promedio entre 80 y 110 kg/m<sup>3</sup>
2. Aislante térmico: Su conductividad térmica es de 0.031 Kg./cal m h °C.
3. Aislante acústico
4. Versátil

Aplicaciones:

- Techos y azoteas

Resulta de alta eficacia la aplicación de agregado liviano en techos y azoteas, dado su alto poder de aislamiento y su bajo peso en volumen.

- Sobrelozas

El concreto con agregado liviano colocado sobre piso de acero celular o estructural permite sustanciales economías en peso muerto y logra morteros muy livianos totalmente antisonoros.

- División de ambientes

Dada su baja densidad y alto poder aislante, permite inmejorables condiciones para la prefabricación de placas para techos, tabiques y paredes, bloques y elementos aislantes.

- **Aplicación con yeso**

La mezcla con yeso en la proporción 1:1, adquiere particulares propiedades al usarlo como revoque o estuco en paredes y cielos rasos, de modo que no sólo hace más resistente y liviano al yeso, sino que lo hace anti acústico y de más fácil colocación. Se debe mezclar teniendo la precaución de colocar una tercera parte menos de agua en relación al yeso solo.

- **Piezas premoldeadas**

La construcción de tabiques o paredes divisorias puede realizarse con considerable ahorro de metros cúbicos, de gran resistencia y de propiedades acústicas muy aconsejables en aquellos salones u oficinas que deben aislarse del resto.

#### **1.4.3.2 Aplicaciones industriales**

Las aplicaciones industriales del mineral perlita son de lo más diverso, y cubren desde los rellenos de alto rendimiento para plásticos a cementos para muros para petróleo, agua y geotérmicos. Otras aplicaciones incluyen su uso como medio de filtrado para productos farmacéuticos, comestibles, químicos y agua para los sistemas municipales y piscinas.

Otras aplicaciones adicionales incluyen su uso como un abrasivo en jabones, limpiadores y pulidores y toda una variedad de aplicaciones de fundición que utilizan las propiedades aislantes del mineral perlita y su alta resistencia al calor. Esta misma propiedad de resistencia al calor es aprovechada cuando el mineral perlita se utiliza en la fabricación de aislantes de tuberías, morteros y ladrillos.

## 1.5 Análisis de la demanda

Para determinar el comportamiento de la demanda del mineral perlita en Guatemala, hay que analizar las variables geográficas, de estructura agraria, económica, resistencia al cambio por nuevo método de cultivo, tecnología e información y demanda de nuevas áreas de cultivo, entre otras, con las que enfrenta para su uso como sustrato en cultivos hidropónicos.

Geográficamente las áreas con mayor potencial por no contar con tierra con vocación agrícola según el análisis hecho en la descripción de mercado, lo conforman los cinco departamentos con menor producción de cultivos anuales y temporales: El Progreso, Totonicapán, Zacapa, Izabal y Sacatepéquez; de igual forma los cinco departamentos con menor producción de cultivos permanentes o semipermanentes son: El Progreso, Baja Verapaz, Jalapa, Quiché y Sacatepéquez.

El uso real de la tierra no está acorde a la capacidad del uso de la tierra en nuestro país, que cuenta en su gran mayoría con tierra no cultivable, apta solamente para producción forestal, con pendientes muy inclinadas (ver mapa en anexos **figura 35.**) teniendo con ello una excelente oportunidad traducida a una buena demanda potencial para el mineral perlita.

La estructura agraria guatemalteca está constituida en su mayoría por pequeños agricultores que se dedican a cultivar sus pequeñas fincas y con la venta de sus cosechas alcanzan únicamente para sostener a sus familias con un mínimo de alimentos, en contraste con una agricultura extensiva en grandes latifundios, para el cultivo de productos de exportación, controlados por grandes compañías de capital nacional y extranjero.

Los pequeños agricultores que predomina en nuestro país, tiene las siguientes características:

- Forma el área nacional del minifundismo, muchas veces también minifundismo fragmentario.
- Predomina la propiedad, pero también existen muchos agricultores que trabajan como aparceros, colonos, o que trabajan en las propiedades comunales. Excluyendo la tenencia de propiedad (35,3%) las formas menos deseables de tenencia de la tierra como el arrendamiento, el colonato y formas mixtas, llegaban en este sistema, al 44.7% del total.
- Ocupan las tierras menos fértiles, generalmente suelo rocoso o de montaña.
- Débil relación con las instituciones financieras.
- Tecnología agrícola rudimentaria, debido a la debilidad de los servicios de extensión.
- Las explotaciones de estos minifundios afrontan serios problemas de comercialización.

El mineral perlita se puede utilizar tanto en escala industrial, haciendo uso de áreas extensas de tierra no cultivables, como para pequeños agricultores, aumentando la productividad de sus cultivos obteniendo con ello no solo productos de autoconsumo sino la oportunidad de poder comercializarlos a precios más competitivos.

La economía guatemalteca está dominada por la agricultura, que ocupa al 56,9% de la población activa, contribuye con un 24% al PIB y alcanza aproximadamente un 70% de la exportación. El principal producto guatemalteco es el café, con el que obtiene la tercera parte de los ingresos de exportación. La agricultura del café se localiza principalmente en la costa del Pacífico, al sur del lago Izabal y en la franja del Caribe.

Después de este producto, le siguen en importancia la banana, cuyo cultivo está controlado en parte por la United Fruit Company. El cultivo de bananas sobre suelos vírgenes del Bajo Motagua se extendió rápidamente debido al coste bajo de las tierras y a las facilidades que otorgaron los gobiernos. El cultivo de la caña de azúcar es un pilar de la economía de Guatemala, dada su importancia en la cifras de exportación. El núcleo principal de explotación se localiza en torno a Escuintla, donde se produce dos tercios de los catorce millones de toneladas anuales.

Para que el cultivo sin suelo se desarrolle correctamente, es necesario tener conocimiento sobre aspectos técnicos como la nutrición esencial de las plantas, factores que influyen en su crecimiento, química elemental, familiaridad con los sistemas de control, etc.

Es evidente que estos cultivos requieren de una formación técnica algo más avanzada que los convencionales y por tanto se necesita personal técnico calificado, lo que resulta más conveniente para agricultores a nivel industrial; no obstante, cabe decir que la familiarización con los cultivos hidropónicos resulta sencilla y atractiva.

Para cuantificar la demanda del mineral perlita en Guatemala, el presente trabajo de graduación ha utilizado la demanda de nuevas áreas de cultivo, por tratarse de una relación directamente proporcional entre las dos demandas.

A continuación, se muestra información correspondiente al crecimiento del área de cultivo en Guatemala entre los años 1990 al 2001, para proyectar la necesidad de nuevas áreas de cultivo por año.

**Tabla V. Área y producción de los principales cultivos en Guatemala 1990-2001**

	1990		1995		2001	
	Área (000 hectáreas)	Producción (000 hectáreas)	Área (000 hectáreas)	Producción (000 toneladas)	Área (000 hectáreas)	Producción (000 toneladas)
Café	244	202	266	211	273 276	
Maíz	634	1.272	546	1.062	593	1.091
Banano	N/D	506	N/D	740	N/D	867
Frijol	130	118	121	90	129	95
Azúcar	112	9.603	139	15.444	182	16.935
Sorgo	53	86	38	45	42	51
Algodón	39	111	9	21	1	3
Trigo	16	32	12	26	5	10
Arroz	14	44	11	31	15	45
<b>Total</b>	<b>1,212</b>	<b>11,974</b>	<b>1,232</b>	<b>17,670</b>	<b>1,240</b>	<b>19,373</b>

Fuente: CEPAL 2003.

Nota: N/D significa "no disponible."

Según los datos de la Tabla V, la tasa de crecimiento anual en la demanda de nuevas área de cultivo es 0.24% ó 2,545 hectáreas por año lo que equivale a 25, 454,545 m<sup>2</sup>/año.

Según el Instituto Nacional de Estadística del total de territorio guatemalteco que comprende de 7, 814,534 manzanas, 2, 233,703 manzanas son utilizadas en cultivos anuales y 1, 330,276 manzanas para cultivos permanentes, equivalentes al 28.5% y 17% respectivamente, lo que representa que el 45.5% de suelo ha sido utilizado para actividades agrícolas a nivel nacional.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala cuenta un 49% de tierra con vocación agrícola equivalente a 3,829,121 manzanas, que van desde tierras con ninguna limitación hasta tierras cultivables con limitaciones severas, lo que da como resultado un margen de tierra útil disponible de alrededor de 3.5%, equivalentes a 273,508 manzanas, que a su vez equivalen a 2,279,239,083 m<sup>2</sup>.

Si el crecimiento de demanda de suelo con vocación agrícola es constante, en un plazo de 89 años se habrá cubierto en su totalidad todas las áreas de suelo cultivable.

Se estima que la demanda inicial del mineral perlita en un escenario negativo es igual a la tasa de crecimiento anual en la demanda de nuevas áreas de cultivo correspondiente al 0.24 % anual, aplicado a 25, 454,545 m<sup>2</sup>/año, lo que da como resultado 61,090 m<sup>2</sup>/año. En promedio una tonelada del mineral perlita cubre un área de cultivo efectivo alrededor de 100 m<sup>2</sup> con lo que se estima una demanda inicial de 600 toneladas anuales, con un crecimiento en su demanda anual de 5%, proyectado para 5 años (ver tabla VI).

**Tabla VI. Pronóstico de la demanda del mineral perlita**

	PRONOSTICO DE LA DEMANDA DEL MINERAL PERLITA				
Perlita Expandida	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Volumen de producción (toneladas)	600	630	662	695	729

Nota: se proyecta un incremento anual del 5 % en la demanda.

## **1.6 Análisis de la oferta**

Actualmente no existe un mercado guatemalteco oferente para el mineral perlita, que permita establecer el volumen de producción que un productor o productores estarían dispuestos a vender. A nivel internacional, tratar de interpretar las características de la comercialización del mineral perlita, es una acción difícil, sobre todo si se toma en cuenta que existe una carencia de información reciente sobre los niveles de comercialización básicamente lo relativo a las importaciones y a las exportaciones, no así la producción de minerales industriales. En cuanto a la producción mundial se refiere, los principales y mayores productores mundiales del mineral perlita son Estados Unidos, Grecia, Japón, Turquía y Hungría, que sobresalen entre otros.

La materia prima, tecnología y el precio internacional del mineral perlita inflada entre otros, son elementos que influyen directamente en la determinación de la cantidad ofertada por los potenciales ofertantes nacionales. Con respecto a la materia prima es muy importante recalcar que se han identificado algunos depósitos importantes del mineral perlita en Guatemala, que serán descritos con detalle más adelante, los cuales reflejan que se cuenta con un adecuado potencial de este mineral en el país, que podría ser comercializado tanto nacional como internacionalmente. Respecto a la tecnología existe en el mercado internacional, maquinaria especializada para la extracción, trituración y expansión del mineral perlita. El precio del mineral perlita se basa en un análisis comparativo en el mercado internacional de los países con mayor demanda tienen. Estos resultados son apenas una visión aproximada de lo que podría ser más adelante el comportamiento de la oferta y sus posibles precios, a través del concepto elasticidad del precio respecto a la demanda.

## 1.7 Balanza Comercial

Según la Sección de Estudios Económicos del Banco de Guatemala, tanto las importaciones como las exportaciones en los años 1999 y 2002 no existe la denominación del mineral perlita como tal, sino se agrupa dentro de una clasificación general denominada perlita, cloritas y sulfato de magnesio (ver tabla VII). Sin embargo, para efectos de referencia estadística, para el presente análisis se asume que se refiere a el mineral perlita, aún cuando puede tratarse de cualesquiera de los otros minerales expresados anteriormente.

En lo que se refiere a Guatemala, la demanda es total y se considera que el uso del mineral perlita probablemente se emplea como aislante, como agregado en el concreto liviano, purificador de aguas contaminadas, para filtros, agroindustria y otras aplicaciones industriales.

**Tabla VII. Balanza Comercial del mineral perlita en Guatemala**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AÑO: 2002</b>
<b>Mineral:</b> Perlita, cloritas, sulfato de magnesio	
<b>Importaciones</b>	
<b>Quintales</b>	<b>397.0</b>
<b>Dólares (Miles)</b>	<b>16.0</b>
<b>Exportaciones</b>	
<b>Quintales</b>	<b>601.0</b>
<b>Dólares (miles)</b>	<b>0.3</b>

Fuente: Sección de Estudios Económicos. BANGUAT

Refiriéndose a los canales de comercialización que se llevaron a cabo durante el año 2002 debe agregarse que por el lado de las importaciones se realizaron con Estados Unidos y México, mientras que por el lado de las exportaciones se realizaron con El Salvador. Es importante indicar que las exportaciones definitivamente obedecen a reexportaciones y no provienen de producción alguna.

A raíz de los trabajos desarrollados por el Departamento de Desarrollo Minero, de la Dirección General de Minería, con la colaboración de la Misión Internacional de Taiwan en la investigación de otros minerales no metálicos, se ha sabido que ese país se interesa mucho por el mineral perlita de Guatemala, pues existen empresas como la SAN FU INSULATION INDUSTRIES CO, LTD., que fabrican una diversidad de productos aislantes a base del mineral perlita y que tienen gran demanda en el mercado mundial. Asimismo, empresas mexicanas como Materiales Estratégicos Nacionales, se han interesado en el mineral perlita de nuestro país.

## **1.8 Análisis de precios**

En el análisis de precios, se usó de referencia los precios promedio internacionales del mineral perlita expandida por tonelada, dependiendo del uso en orden descendente, los cuales se presentan en la tabla VIII.

**Tabla VIII. Promedio de precios del mineral perlita a nivel internacional por tonelada según su uso**

Uso del mineral perlita	Promedio del precio internacional (\$/Tonelada)
Cultivos Hidropónicos	692
Aislamiento de baja temperatura	650
Auxiliar de filtros	635
Agregado para concreto liviano	610
Agregado para horticultura	590
Aislamiento de mampostería	450
Llenado de cavidades	400

Fuente: <http://www.perfiltra.com.ar/perlitas.htm>. -Internet.-

El costo de transporte del mineral perlita (procesada) de las áreas productoras en las plantas de expansión es el factor económico más importante para determinar el precio del mineral perlita en el mercado.

### **1.9 Comercialización**

La comercialización del mineral perlita estaría dirigida al sector agrario industrial de Guatemala, así como agricultores de mediana escala que no cuenten con las condiciones adecuadas de cultivo ya sea por suelo inadecuado o por escasos de agua para sus sistemas de riego, esto debido a la tecnología e infraestructura requerida para adoptar este sistema de cultivo. No obstante el presente trabajo de graduación considera de suma importancia que este sistema de cultivo pueda ser adoptado por agricultores a nivel de autoempleo, con la ayuda de instituciones gubernamentales, interesadas en aumentar la productividad en estos cultivos produciendo no solo para el consumo personal sino para la posible comercialización de sus productos a precios competitivos.

Entre los aspectos más importantes de la comercialización del mineral perlita está el transporte, por el costo que este representa para llevar el producto hasta el mercado objetivo, ya que por ser de baja densidad ocupa mucho volumen. Otro aspecto importante es el servicio pre y post venta necesario para la utilización del producto, este es de gran importancia para la evaluación inicial de las condiciones y uso del mineral perlita por tipo de cultivo, las condiciones y topografía del terreno, tipos de nutrientes, sistema de riego y control del potencial de hidrogeno del agua. El gobierno de Guatemala por medio del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) así como el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) podrían brindar apoyo a las empresas que produzcan perlita inflada para cultivos hidropónicos por medio de capacitación a los clientes de este producto en el territorio nacional.

Un aspecto fundamental de la comercialización es que debe inicialmente crearse la oferta para obtener demanda. En este sentido, para el mercadeo se espera que mediante la producción del mineral perlita sustituya en un porcentaje importante el mercado del producto competitivo que en este caso es el suelo no cultivable.



## **2 ESTUDIO TÉCNICO**

El estudio técnico contempla el estudio geológico, extracción, procesamiento, pruebas de ensayo y todo lo referente a seguridad industrial con el fin de documentar por medio de diagramas todo lo referente al proceso técnico.

### **2.1 Estudio geológico y minero**

El estudio geológico y minero se llevó a cabo con base a la información geológica existente en el Instituto Geográfico Nacional, la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas y las observaciones de campo del área objeto de estudio, dicho estudio reflejó la siguiente información:

#### **2.1.1 Estudio geológico del área**

En Guatemala, los depósitos del mineral perlita se localizan en la provincia volcánica. Esta área está representada por una cadena de volcanes activos al sur y rocas ígneas terciarias al norte. La actividad magmática puede ser debido a la subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe y la colisión de la placa del Caribe y la de Norte América o al ajustamiento de la corteza. Es interesante notar que el vulcanismo ha pasado al sur, así como también la actividad plutónica.

Los depósitos del mineral perlita localizados en el área, están restringidos al Terciario o a rocas volcánicas más jóvenes de composición riolítica. Debido a que los vidrios riolíticos son inestables, se desvitrifican con la edad. Las rocas volcánicas ácidas muy jóvenes no han tenido suficiente tiempo para hidratarse, por lo que son todavía esencialmente obsidiana y no son expansibles con el rango de la temperatura del mineral perlita.

El estudio del mineral perlita en el área de Quezaltepeque está muy relacionado con las coladas riolita-perlita e intrusivos someros, unidad litológica que pertenece a la formación San Jacinto; Grupo Padre Miguel.

El mineral perlita se presenta en forma de dique de color gris claro a oscuro, otras áreas de color negro, criptocristalino, vitrificado, contaminado en fracturas y superficie por ceniza volcánica y fragmentos líticos de felsitas y riolitas.

### **2.1.2 Descripción y ubicación de yacimientos**

Para tener una perspectiva de la localización de todos los yacimientos encontrados y ubicados en mapas topográficos escala 1:50,000, véase la sección de anexos 2 al final de este documento. A continuación se describe la ubicación de algunos yacimientos encontrados en el municipio de Quezaltepeque y áreas aledañas:

- a) Se localiza en la aldea Yerbabuena, coordenadas UTM 1618500 N y 231100 E. hoja Esquipulas. Los afloramientos tienen un ancho de aproximadamente 10 metros y un espesor superficial de 3 metros. En la superficie se presenta contaminado con fragmentos angulares brechosos de riolita en una matriz perlitica.

- b) Se localiza en el km 191 de la carretera departamental No. 18 antigua carretera que de Quezaltepeque conduce a Ipala, coordenadas UTM 1618200 N y 229500 E, hoja Ipala.
  
- c) El afloramiento se localiza en la aldea Javillal al noroeste de la aldea Estanzuela Abajo, se toma un desvío de la carretera departamental No. 18, aproximadamente sobre el km 190 coordenadas UTM 1618500 N y 009200 E, hoja Ipala.
  
- d) El afloramiento se localiza aproximadamente sobre el km 90, en la carretera departamental No. 18, en las faldas del cerro El Cutal, sobre las coordenadas UTM 1618700 N y 229100 E, hoja Ipala.
  
- e) Se localizan dos afloramientos, uno antes de llegar al caserío de Paños y otro cerca de la aldea Dolores (viniendo de Yerbabuena). Para llegar a este lugar se toma un camino que existe en la aldea Yerbabuena y se llega a la quebrada San Nicolás y al municipio de San Jacinto. Dichos afloramientos se localizan en las coordenadas UTM 1619700 N y 230200 E, así como en 1620100 N y 229800 E, hoja Ipala.

## **2.2 Localización del área de minado**

El área de estudio está situada en el departamento de Chiquimula, en el municipio de Quezaltepeque, (aldea El Caracol y El Carrizal y al norte de la aldea Valle de Dolores y Loma del Cuereado).

El área explorada comprende una extensión superficial de 30 km<sup>2</sup>, dentro de la hoja topográfica escala 1:50,000 (Figura 34. Hoja topográfica de Esquipulas 2359-IV), editada por el Instituto Geográfico Nacional. Se detectaron tres sectores que muestran diferentes afloramientos en forma de diques. Los sectores son los siguientes:

**El sector 1:** se localiza al norte de Valle de Dolores, en el camino que conduce a Olopa. Los afloramientos de este sector son en forma de diques los cuales pueden ser observados en los cortes del camino que de Llano Redondo conduce a Piedra Redonda, pasando por Loma del Cuereado. En este sector se tomaron las muestras identificadas como E-1 a la E-8 dentro de un área de aproximadamente 6 Km<sup>2</sup>, en las coordenadas UTM 24600, 24900 y 1617500, 1619500, el espesor de los diques es variable.

**El sector 2:** se localiza sobre las carreteras departamentales Nos. 18 y 20, antiguas carreteras a Quezaltepeque que se unen con la carretera CA-10 cerca de la aldea El Caracol. Se incluye además el área de la quebrada El Caracol que de esta misma aldea conduce a Agua Caliente. Los afloramientos se observan tanto en la carretera como en la quebrada. Sobre la carretera antigua entre las coordenadas 233000, 235000 y 1619000, 1620000 de la hoja topográfica Esquipulas se tomaron las muestras identificadas como Q-9 a Q-13. Los afloramientos se presentan en forma de diques sobre un área de 1/2 km<sup>2</sup> con espesores de 1 m máximo. Los afloramientos sobre la quebrada El Caracol, al norte de la aldea Aguacaliente, se presentan en forma de diques con una dirección Noreste. Se tomaron cuatro muestras que se identificaron como Q-14 a Q-17, los espesores oscilan de 1 a 5 m. Y se localizan en las coordenadas UTM 233000,235000 y 1620000, 1621000.

**El sector 3:** se localiza cerca de la aldea El Caracol, en un corte sobre la carretera CA-10 que de Chiquimula conduce a Quezaltepeque, en las coordenadas UTM 231200, 231400 y 1622200, 1622300. En este sector se tomaron dos muestras identificadas como Q-18 y Q-19, donde el primer afloramiento tiene un espesor de un metro y el otro de 5 metros, presentándose en forma de diques con dirección noreste. Las muestras son de color gris oscuro a claro, vidriosas, textura fluida, astillosa, cizallada.

### **2.2.1 Vías de acceso a los yacimientos**

De la cabecera de Chiquimula el acceso a los lugares de afloramientos se realiza tomando la CA-10, cruzando a la altura de Quezaltepeque para la carretera nacional No. 20 (aproximadamente 500 metros). Luego un camino de terracería a la derecha que conduce a la aldea San Nicolás y al caserío El Común, lugar hasta donde llega vehículo. Allí se toma una vereda al oeste de El Común que conduce a la quebrada Escalón y sale al municipio de San Jacinto

### **2.3 Proceso de extracción o minado**

Por medio del diagrama de flujo del proceso se establece el método de extracción y se visualiza de mejor forma el proceso necesario para la obtención de la materia prima. Dicho diagrama se basa en el proceso de minado de otros minerales de similares características.

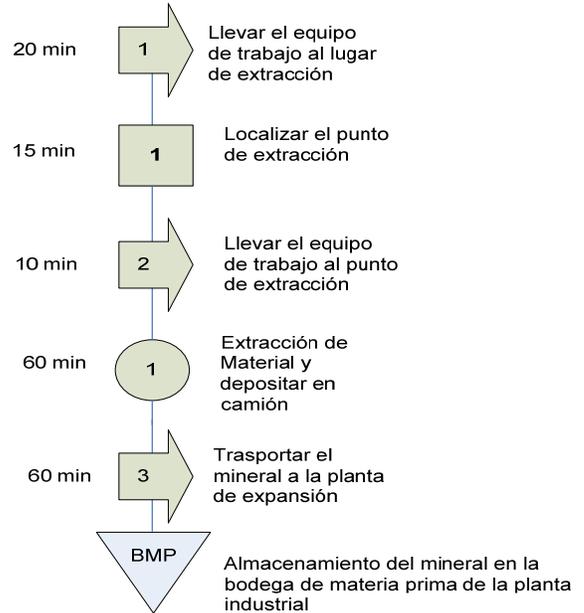
### 2.3.1 Diagrama de flujo del proceso de extracción

**Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de extracción del mineral perlita**

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PERLITA

Realizado por: Proyecto de explotación de Perlita  
Inicio: Área de minado

Página: 1 de 1  
Método: Propuesto  
Finaliza: B.M.P.



Resumen

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	Operación	1	60	--
□	Inspección	1	15	--
◻	Operación inspección	--	--	--
◐	Demora	--	--	--
➡	Transporte	3	90	--
<b>Totales</b>		<b>3</b>	<b>165 min</b>	<b>--</b>

Nota: La distancia y tiempo dependen de las vías de acceso y distancia entre la mina y la planta de proceso.

### 2.3.2 Descripción del proceso de extracción

El minado o extracción del mineral perlita se lleva a cabo por métodos a cielo abierto. Además, es el único método para extraer el mineral que es económicamente factible y práctico. La mayoría de los depósitos comerciales están en forma de flujos de lava masivos que se extienden en una amplia área cercana a la superficie y está cubierta por un mínimo de sedimentos depositados con anterioridad. El lugar de minado es cuidadosamente seleccionado de tal manera que la sobrecapa a remover sea mínima y que las condiciones topográficas y de drenaje y acarreo sean favorables. También el uso de explosivos para desprender la roca del mineral perlita es necesario algunas veces. La mayoría de los depósitos pueden explotarse con bulldozers o tractores equipados con rippers para separar el mineral en broza. Generalmente se utilizan retroexcavadoras para excavar el mineral y cargar los camiones, carritos o bandas transportadoras para llevar el mineral a la planta de procesamiento. Para asegurarse de la uniformidad del mineral perlita, se lleva a cabo un minado inicial en secciones laterales que atraviesan el frente principal más que irse en profundidad.

**Figura 12. Extracción del mineral perlita con palas eléctricas y cargadores frontales**



Fuente: página de Internet [http:// www.perlitayvermiculita.com/](http://www.perlitayvermiculita.com/)

### **2.3.3 Maquinaria y equipo de extracción**

Para trabajar el mineral perlita a nivel industrial, se requiere como mínimo la maquinaria y equipo que se describe a continuación:

**Figura 13. Retroexcavadora**



**Figura 14. Camión de volteo**



Generalmente el material es poco solidificado por lo que no requiere el uso de explosivo ni martillos neumáticos para extraer el material, salvo casos donde el material se hallase entre formaciones geológicas con materiales duros.

## **2.4 Proceso de expansión**

Las diferencias inherentes en las características físicas de las perlitas de diferentes depósitos requieren una cuidadosa evaluación preliminar del mineral en el laboratorio y en planta piloto. Antes de que el mineral perlita sea expandida, el mineral de mina debe ser triturado para producir partículas de forma cúbica aproximadamente y la graduación de tamaño de partícula que se requiere (trituración secundaria), y luego clasificarlo al tamaño de partícula especificado para luego ser sometidos a fuego directo a una temperatura entre los 760 y 1000° C. El proceso en seco se prefiere generalmente al tratamiento húmedo, debido a los altos costos en que se incurre en el secado del producto final y la dificultad de clasificar el material húmedo en los rangos de grado más fino.

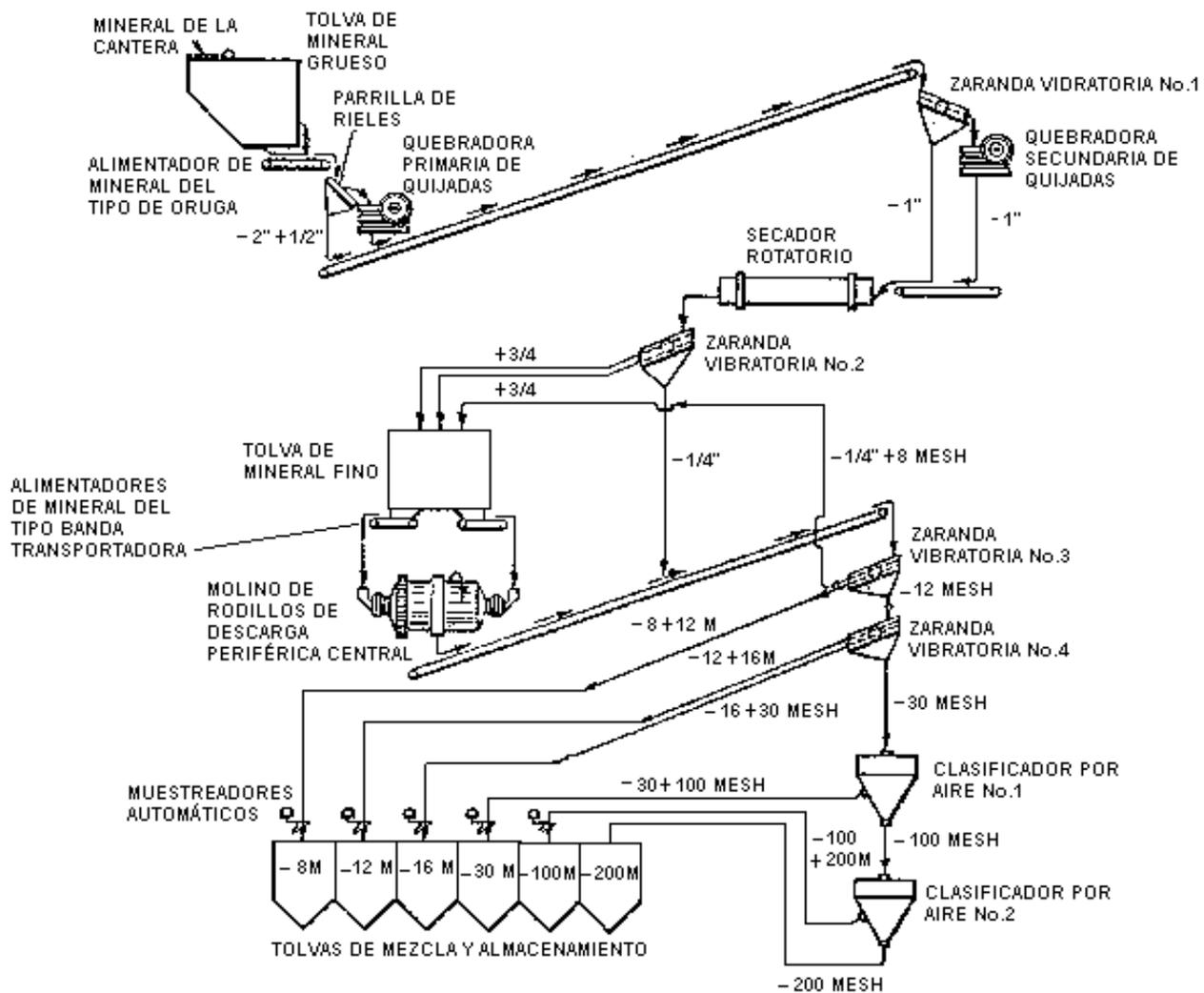
### **2.4.1 Proceso de clasificación de la granulometría del mineral perlita**

El primer paso en el proceso de clasificación, es reducir el material de mina a aproximadamente  $\frac{5}{8}$  de pulgada en una trituradora de quijadas primaria, y luego, si es necesario, una trituradora secundaria de rodillos. Para facilitar el posterior procesamiento y expansión, el material se pasa usualmente a través de un secador rotatorio con quemadores de petróleo para reducir el contenido de humedad. Luego viene normalmente un triturado secundario en un sistema de circuito cerrado usando zarandas, clasificadores por aire, molinos de martillos y molinos de rodillos.

Los diferentes tamaños de material clasificado se almacenan para posterior mezcla y envío. Cualquier material con sobretamaño producido en la trituración secundaria se regresa al circuito.

Figura 15. Proceso de trituración y clasificación del mineral perlita

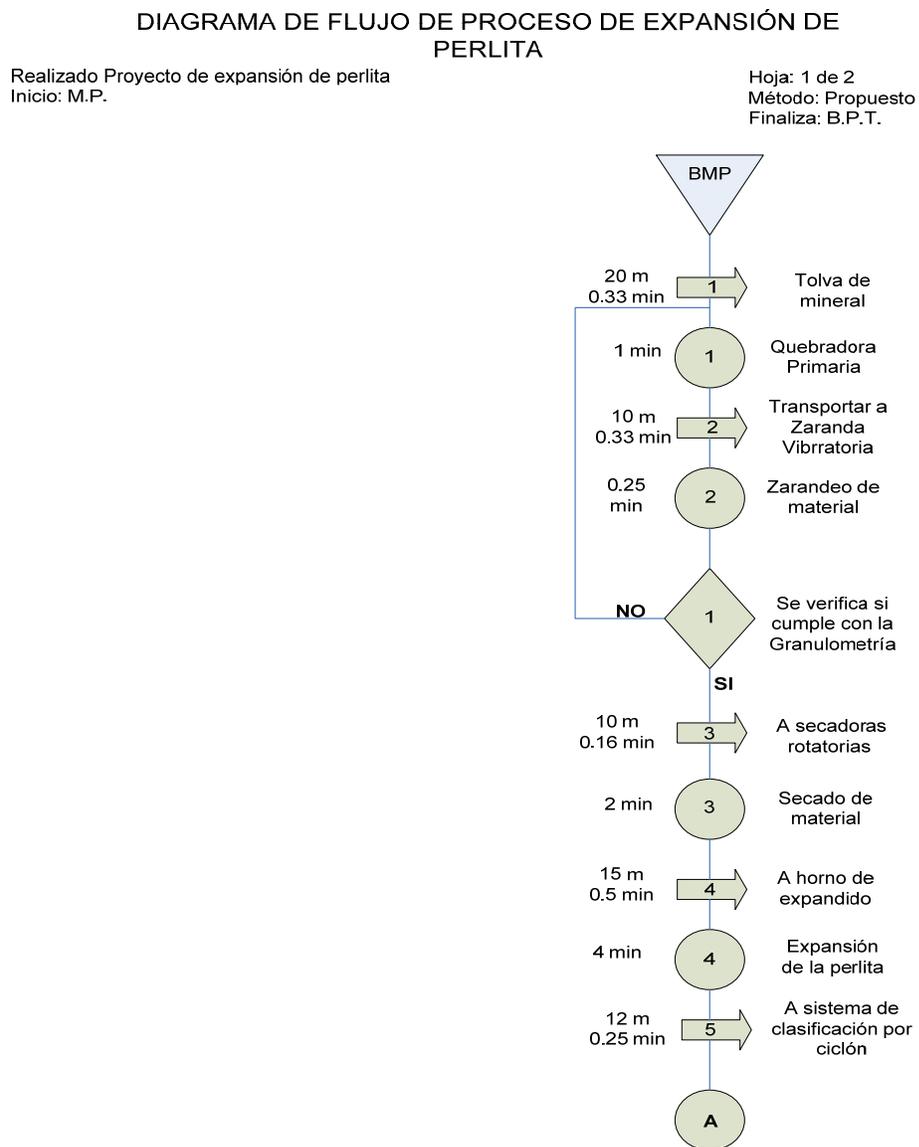
## PLANTA DE TRITURACIÓN DE PERLITA



## 2.4.2 Diagrama de flujo del proceso de expansión

Luego de la extracción de la materia prima, es necesario determinar el tipo de proceso que se realizará a la misma. Dicho proceso se describe a continuación en la Figura 16, por medio del diagrama del flujo del proceso de expansión:

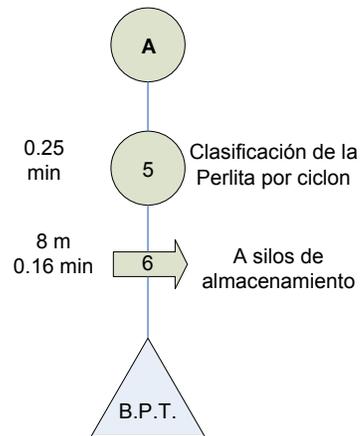
**Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de expansión del mineral perlita**



## DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE EXPANSIÓN

Realizado por: Proyecto de expansión de perlita  
 Inicio: B.M.P.

Hoja: 2 de 2  
 Método: Propuesto  
 Finaliza: B.P.T.

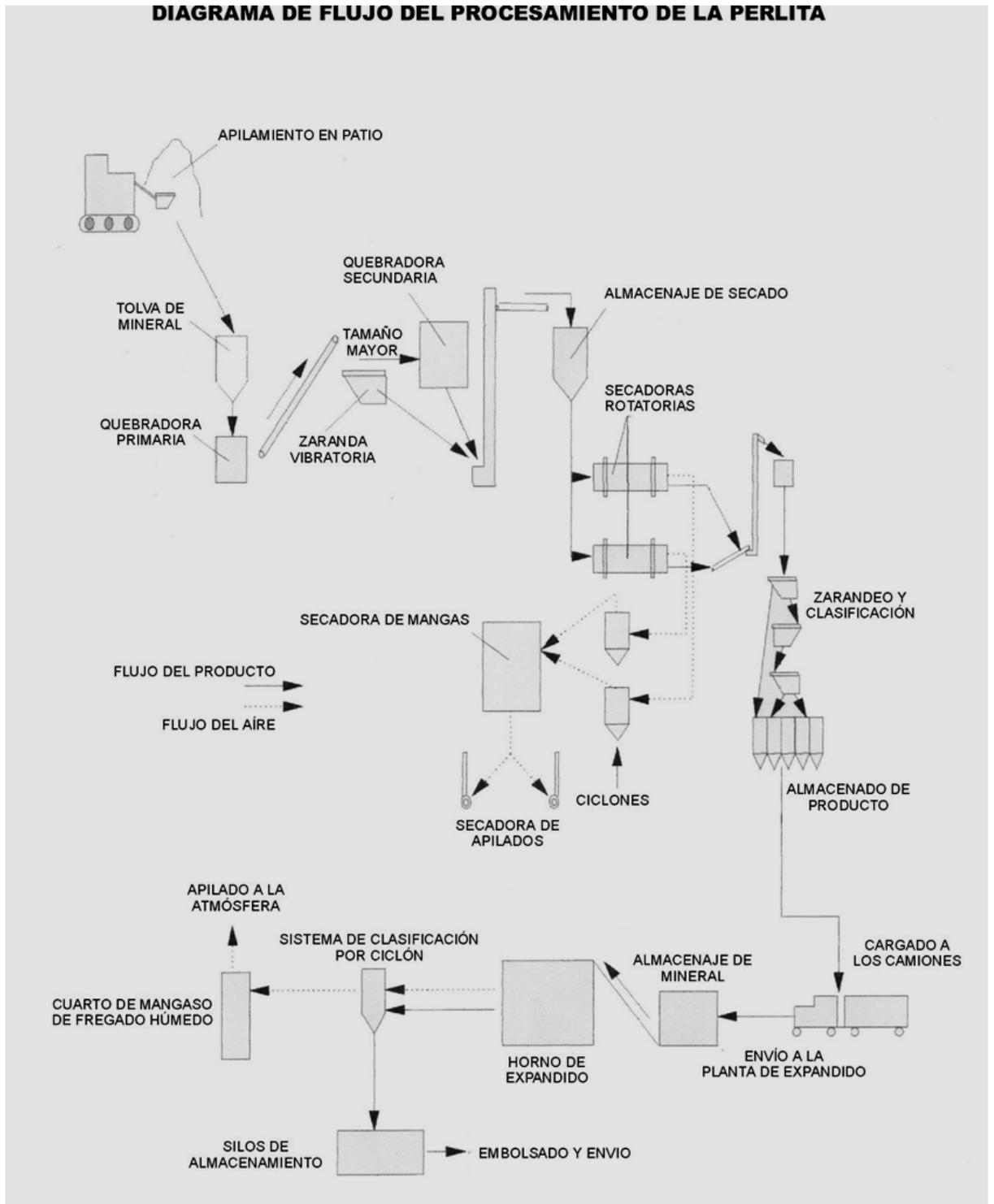


### Resumen

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	Operacion	5	7.5	--
□	Inspección	--	--	--
◻	Operación combinada	--	--	--
◇	Tomador de Decision	1	--	--
➡	Transporte	6	1.73	75
Totales		12	9.23 min	75 m

Nota: Los tiempos y distancias están en función de la distribución y especificaciones de la maquinaria y equipo a utilizar en el proceso.

**Figura 17. Flujograma del procesamiento de expansión del mineral perlita**



### 2.4.3 Control de calidad

El control de calidad en la producción del mineral perlita expandida debe llevarse en todo el proceso, tanto en la etapa de extracción como en la etapa de expansión. Los puntos críticos de control deben estar en aquellas operaciones que contribuyan al cumplimiento de las especificaciones para que el mineral perlita cumpla con su fin de ser utilizada como un sustrato en cultivos hidropónicos. Para ello debe evaluarse la calidad en las siguientes operaciones:

**Control en la etapa de extracción:** Se debe realizar periódicamente estudios geológicos y mineros para determinar la calidad y cantidad del mineral perlita de los depósitos de extracción. Es de suma importancia controlar los niveles de humedad de la roca antes de ser procesada, por lo que se recomienda secar el material en áreas especiales antes de ser transportado a la planta de proceso.

**Control en la etapa de expansión:** En la etapa de expansión del mineral perlita, el horno de expansión debe encontrarse entre 1400°F y 2000°F (760 y 1000° C), temperatura que se utiliza por el punto de ablandamiento del producto ya clasificado. Es por ello, a menudo necesario, usar un precalentador adaptado al horno para precalentar el material de alimentación debajo de los 800°F (425° C) justo antes de inyectarlo dentro del horno. El precalentamiento tiene el efecto de reducir los finos que se producen en el proceso de expansión para incrementar la producción utilizable y controlar la uniformidad de las densidades de los varios productos clasificados.

Otro aspecto importante a evaluar en la calidad es la granulometría requerida según las especificaciones para uso agroindustrial las cuales deben estar alrededor de 3 mm mas menos una tolerancia de producción. El producto que sobrepase el límite superior puede ser reprocesado en los molinos y el producto que rebase el límite inferior puede comercializarse en la industria de la construcción.

#### **2.4.4 Normas de seguridad e higiene industrial**

El programa de seguridad e higiene industrial se basa en un reglamento que contempla la seguridad tanto en la etapa de extracción del mineral como en el proceso de expansión, dicho reglamento es una guía que se debe tomar en consideración con el fin de proteger la salud del trabajador, disminuyendo con ellos los posibles actos inseguros dentro de la planta de proceso y mina, así como disminuir considerablemente las condiciones inseguras que pudieran afectar a los trabajadores; estas se describe a continuación:

**Art. No. 1:** Obligaciones de los trabajadores son:

- No jugar dentro de la planta industrial, ya que dentro de ella se encuentran maquinas que pueden causar daño físico.
- No correr con equipo en la mano.
- Prestar los auxilios necesarios en caso de siniestro o riesgo inminente en que las personas o intereses des patrono estén en peligro, sin derecho a remuneración adicional.
- No comer dentro del área de taller artesanal.
- No fumar, ni laborar con efectos alcohólicos dentro del taller artesanal.
- Mantenerse siempre en su puesto de trabajo.

- No tocar ni manipular máquinas y herramientas de trabajo que no sepan utilizar.
- No utilizar herramientas que no sean de su trabajo.
- En caso de requerir un nuevo trabajador, ayudar en seleccionarlo, capacitarlo o instruirlo.
- El uso constante del equipo de protección personal es obligatorio para todos los trabajadores.

#### **Art. No 2:** Obligaciones del propietario

- Prestaciones sociales a los trabajadores en casos de accidentes profesionales.
- Contar con botiquines.
- Efectúa los trámites necesarios para proporcionar los beneficios al trabajador.
- Toma en cuenta la pérdida en la producción al paralizar el proceso.
- Absorbe costo por reparación de la maquinaria o reposición del equipo.
- Absorbe gastos por pérdida de material (en caso de accidente).
- Absorbe costos legales por daños a terceros, si los hubiere.

#### **Art. No 3:** Prohibiciones

- La irresponsabilidad.
- Desconocimiento del trabajo.
- Falta de atención.
- Mala ubicación del personal.
- Alteración emocional.
- Embriaguez.

**Art. No 4:** Se debe de reportar los siguientes eventos.

- Equipo de trabajo defectuoso.
- Equipo de protección personal inadecuado.
- Pisos defectuosos o sucios.
- Falta de protección colectiva.
- Mala ventilación.
- Mala iluminación.
- Colores inadecuados.
- Congestionamiento.

#### **2.4.4.1 Equipo de protección personal**

Para evitar algún accidente o daño físico se debe de utilizar el equipo de protección personal:

**Equipo de respiración:** este equipo de respiración, deberá ser utilizado dentro de la planta industrial y mina, toda vez que se realice el proceso de extracción, trituración, expansión y clasificación del mineral en proceso, esto ayudara a evitar que se introduzcan partículas residuales de la roca al aparato respiratorio.

**Equipo para protección en las manos:** esta protección deberá utilizarla el operario para el proceso de trituración del material. Esto ayudara a proteger las manos de posibles heridas.

**Equipo de protección visual:** esta protección deberá utilizarla el operario para el proceso de trituración y expansión. Esto ayudara a proteger el área visual la cual es muy importante.

**Equipo de protección auditivo:** esta protección deberá utilizarla el operario para el proceso de trituración y expansión. Esto cuanto se sobrepasen más de 110 Db<sup>2</sup> en un periodo constante de más de 2 horas.

## **2.5 Ensayos y pruebas de laboratorio a nivel de planta piloto**

A continuación se describen los ensayos y pruebas que se realizaron en el laboratorio del Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Minería a muestras tomadas del área en estudio (municipio de Quezaltepeque en el departamento de Chiquimula) con la colaboración del Ingeniero Carlos Humberto Alvarado (Exploración geológica), para efecto del presente trabajo de graduación.

### **2.5.1 Extracción de la muestra en campo**

Las muestras del mineral perlita fueron extraídas del yacimiento ubicado en el km 191 de la carretera departamental No. 18 antigua carretera que de Quezaltepeque conduce a Ipala, coordenadas UTM 1618200 N y 229500 E.

---

<sup>2</sup> Db El decibelio es la principal unidad de medida utilizada para el nivel de potencia o nivel de intensidad del sonido

La extracción se realizó con un martillo de geólogo Las muestras que se adquirió es bastante pura de muy buena calidad con poca solidificación.

**Figura 18. Extracción de la muestra del mineral perlita del municipio de Quezaltepeque**



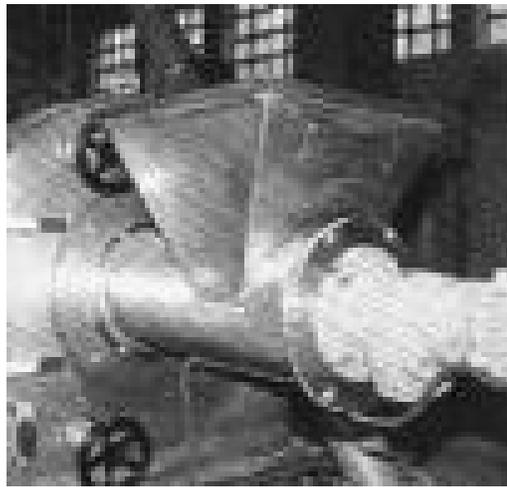
**Figura 19. Yacimiento del mineral perlita del municipio de Quezaltepeque**



## 2.5.2 Trituración de la muestra

En la trituración del mineral perlita se utilizó un triturador de martillo marca Denver, del laboratorio de la Dirección General de Minería, Ministerio de Energía y Minas, obteniendo así perlita con diferentes granulometrías lista para su clasificación.

**Figura 20. Martillo marca Denver**



**Fuente: Laboratorio de la Dirección General de Minería**

A continuación, se presenta en la Figura 21 la muestra del mineral perlita antes de ser triturada para su posterior clasificación granulométrica.

**Figura 21. Roca del mineral perlita cruda del departamento de Chiquimula**



**Fuente: Muestra del mineral perlita obtenida del municipio de Quezaltepeque**

### 2.5.3 Clasificación del mineral perlita por granulometría

Para la clasificación del mineral perlita se utilizó la clasificadora marca Tokyo Screen. Estas mayas están diseñadas para clasificar tres tipos de granulometrías:

0-1 mm perlita fina

1-2mm perlita mediana

2-3mm perlita gruesa

**Figura 22. Clasificador manual de minerales de 0 a 3mm**



**Figura 23. Maya clasificadora de 1 a 2 mm**



El proceso de zarandeo se realizó manualmente.

**Figura 24. Clasificación del mineral perlita por zarandeo manual**



**Fuente: Taller y laboratorio de la Dirección General de Minería**

Las clasificaciones obtenidas fueron las siguientes

**Figura 25. Mineral perlita clasificado**



**Fuente: Muestra del mineral perlita de 1 a 2 mm (perlita mediana) izquierda y de 2 a 3 mm (perlita gruesa) derecha**

La tradición ha dictaminado el uso del mineral perlita mediana y gruesa como medio de propagación en mezclas para plantas. Utilizando distintos tipos del mineral perlita, mezclada con turba en variadas proporciones nos permite comparar las sutilezas de las distintas clases del mineral perlita.

Los ensayos fueron realizados utilizando tres clases diferentes del mineral perlita: Fina, mediana y gruesa.

- Los granos del mineral perlita fina tienen por lo general un tamaño **menor a 1 mm.** y encuadran en la clasificación que realiza la USDA (Departamento de Agricultura de los EE.UU.) para arena gruesa y muy gruesa;
- Los granos gruesos del mineral perlita son **mayores a 1 mm.** (por lo general mayores a 2mm.) y encuadran en la clasificación de la USDA para la grava fina.

### **2.5.3.1 Granulometría fina**

Se considera perlita fina, a la que cuenta con granos de 0 a 1 mm. Como los granos finos del mineral perlita tienen mayor superficie, retienen mayor cantidad de agua y es lógico que las mayores densidades se obtengan con granos finos del mineral perlita y las menores densidades con perlita gruesa. *Granulometría fina mayor absorción y menor aeración.*

### **2.5.3.2 Granulometría gruesa**

La granulometría gruesa es la que cuenta con granos de 2 a 3 mm. Cuanto mayor sea la porosidad, mayor potencial para proveer agua y aire. A menor tamaño de poros, mayor retención de agua y menor cantidad de aire. Por el contrario, a mayor tamaño de los poros, menor retención de agua y mayor espacio con aire en la mezcla. El efecto de la granulometría es incrementar la porosidad a medida que los granos sean más gruesos. *Granulometría gruesa menor absorción de agua y mayor aeración.*

### **2.5.4 Expansión del mineral perlita**

El proceso de expansión, se llevó a cabo con fuego directo, por medio de una soldadora de acetileno ya que el mineral perlita tiene la característica que además de necesitar la alta temperatura el fuego debe estar aplicado directamente. El mineral perlita utilizada en el proceso de expansión es perlita mediana (de 1 a 2 mm).

**Figura 26. Proceso de expansión con soldadora de acetileno**



**Fuente: Laboratorio de La Dirección General de Minería Ministerio de Energía y Minas**

Durante el proceso de inflado el mineral perlita explota de manera semejante a la de los poporopos.

**Figura 27. Proceso de expansión con soldadora de acetileno**



**Fuente: Laboratorio de La Dirección General de Minería Ministerio de Energía y Minas**

Durante el proceso de expansión se hicieron pruebas sobre el tipo de llama requerida en este proceso y se determino los siguientes resultados:

- **Llama de acetileno puro:** En este caso el mineral perlita presentó color negro por lo que no es recomendable. Se produce cuando se quema este en el aire. Presenta una llama que va del amarillo al rojo naranja en su parte final y que produce partículas de hollín en el aire. No tiene utilidad en soldadura.

**Figura 28. Mineral perlita expandida con llama de acetileno puro**



- **Llama neutra:** Este tipo de llama no proporcionó la temperatura requerida para la expansión. Este tipo de llama cuenta con misma proporción de acetileno que de oxígeno. No hay penacho acetilénico<sup>3</sup>.

**Figura 29. Expansión del mineral perlita con llama neutra**



---

<sup>3</sup> Penacho acetilénico: capa protectora que no permite que se produzca oxidación.

- **Llama oxidante:** Al igual que con la llama neutra el proceso de expansión era lento y requería de mayor temperatura. En este tipo de llama hay un exceso de oxígeno que tiende a estrechar la llama a la salida de la boquilla. No debe utilizarse en el soldeo de aceros.

**Figura 30. Expansión del mineral perlita con llama oxidante**



- **Llama reductora:** Este tipo de llama fue la que dio mejor resultado, ya que el mineral perlita se inflaba con mayor velocidad sin desprender hollín en el mineral perlita como en el caso de la llama de acetileno puro. Este tipo de llama se genera cuando hay un exceso de acetileno. Partiendo de la llama de acetileno puro, al aumentarse el porcentaje de oxígeno se hace visible una zona brillante, dardo, seguida de un penacho acetilénico de color verde pálido, que desaparece al igualarse las proporciones.

Una forma de comparar la proporción de acetileno con respecto al oxígeno, es comparando la longitud del dardo con el penacho acetilénico medido desde la boquilla. Si este es el doble de grande, habrá por tanto el doble de acetileno.

### 2.5.5 Pruebas volumétricas

En la prueba volumétrica, se pudo establecer que el mineral perlita aumento de 15 a 20 veces su volumen del volumen original. Al respecto cabe mencionar que bajo mejores condiciones controladas en el laboratorio se podría lograr un aumento mayor a 20 veces su volumen original, de acuerdo a los parámetros teóricos ya mencionados. Debido a que la llama aplicada no fue homogénea para toda el mineral perlita, no se consiguió una expansión perfectamente homogénea.

A continuación se presenta una comparación del mineral perlita inflada en comparación del mineral perlita en su estado natural.

**Figura 31. Muestras del mineral perlita, a la derecha se encuentra en bruto y a la izquierda se encuentra ya inflada**



**Fuente: perlita inflada en el laboratorio de la Dirección General de Minería**

En la fotografía de la Figura 32, puede apreciarse la bien formada y consolidada estructura reticular del mineral perlita ya inflada, lo que permite un adecuado espacio para almacenamiento de agua y la suficiente aireación para las raíces de las plantas.

**Figura 32. Perlita expandida**



**Fuente: perlita inflada en el laboratorio de la Dirección General de Minería**



### **3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL**

Dentro de este capítulo se presentan los aspectos administrativos y legales necesarios para la explotación y procesamiento del mineral perlita en Guatemala. Dentro de las legislación nacional se encuentra la ley de minería que orienta al inversionista en el trámite de la licencia de explotación minera, así como aspectos legales administrativos basados en el Código de Trabajo, impuesto sobre la renta, etc. Asimismo contempla el área de recursos humanos en cuanto a capacitación del personal, organigrama y funciones de los puestos.

#### **3.1 Marco legal**

El marco legal sirve de guía para formalizar todos los trámites necesarios para la implementación del presente estudio, tomando en cuenta la ley de minería, legislación nacional (prestaciones de ley) e impuestos.

##### **3.1.1 Ley de minería**

Por tratarse el presente documento de un proyecto minero, es indudable que la actividad es regida por la Ley de Minería, Acuerdo Legislativo número 48-97, así como su Reglamento, Acuerdo Ministerial número 176-2001. La institución encargada de hacer cumplir la Ley es la Dirección General de Minería, la cual pertenece al Ministerio de Energía y Minas. A continuación se mencionan los aspectos más importantes que se consideran, deben ser tomados en cuenta por la Institución o el inversionista que desee desarrollar el proyecto.

La Constitución de la República establece que son bienes del Estado, todos los yacimientos que existan dentro del territorio de la República, su plataforma continental y su zona económica exclusiva. Su dominio sobre los mismos es inalienable e imprescriptible y gozan de las garantías y prerrogativas que corresponden a todos los bienes del Estado, lo cual es recalado por la Ley de Minería en su Artículo 8.

La Ley en su Artículo 7, establece que son de utilidad y necesidad pública el fomento y desarrollo de las operaciones mineras en el país, así como su explotación técnica y racional.

Un aspecto que es importante de resaltar es que el artículo 9 establece que el solicitante de un derecho minero puede ser toda persona individual o jurídica, nacional o extranjera y que podrá ser titular de derecho minero, siempre y cuando cumpla con las disposiciones de la Ley y su Reglamento.

#### **3.1.1.1 Licencias de explotación (Artículo 27).**

La licencia de explotación confiere al titular la facultad exclusiva de explotar los yacimientos para los cuales le haya sido otorgada, dentro de sus respectivos límites territoriales e ilimitadamente en la profundidad del subsuelo.

El Ministerio otorgará licencia de explotación, prórroga o cesión de la misma emitiendo para el efecto la resolución administrativa correspondiente.

Dicha licencia se otorgará hasta por un plazo de veinticinco años, el que podrá ser prorrogado a solicitud del titular hasta por un período igual. El plazo de la licencia de explotación se prorrogará sin más trámite si la solicitud de prórroga se presenta antes de su vencimiento.

El área de explotación la constituirá un polígono cerrado no mayor de veinte kilómetros cuadrados delimitado por coordenadas UTM, en sus lados orientados en dirección norte-sur, este-oeste, o bien por límites internacionales o el litoral.

Cuando se descubran minerales distintos de los autorizados en la licencia de explotación, el titular tendrá el derecho a la ampliación para que comprenda los nuevos minerales en forma inmediata. La solicitud de ampliación deberá ser acompañada de un dictamen emitido por profesional de la materia, colegiado activo, certificando la existencia de tales minerales.

### **3.1.1.2 Proceso de solicitudes de licencias de explotación**

Requisitos de las solicitudes de derechos mineros (Artículo 41)

Toda solicitud debe ser presentada ante la Dirección en original y una copia del memorial y sus anexos y deberá ajustarse a los requisitos generales siguientes:

- a) Nombres y apellidos completos del solicitante, edad, estado civil, profesión u oficio, nacionalidad, domicilio, número de cédula de vecindad o pasaporte y lugar que señala para recibir citaciones y/o notificaciones, si se trata de persona individual.
- b) Si se trata de personas jurídicas, además de los datos establecidos en el inciso anterior, testimonio o copia legalizada de la escritura de constitución de la sociedad inscrita, en forma provisional o definitiva, en el Registro Mercantil General de la República.

Para que se admita la solicitud a un derecho minero de una sociedad, las acciones de ésta, deben ser únicamente nominativas.

- c) Justificación de la personería, si se comparece por medio de mandatario o representante legal, debidamente razonado por los registros respectivos.
- d) Petición clara y precisa de la clase de derecho minero que se solicita.
- e) Declaración expresa de que no tiene prohibición alguna para ser titular de derecho minero.
- f) Nombre con el cual se designará el derecho minero, el cual deberá ser diferente del nombre de derechos mineros vigentes o solicitudes en trámite.
- g) Ubicación, descripción y extensión del área solicitada, acompañando original o fotocopia de la hoja cartográfica a escala conveniente, debidamente firmada por Ingeniero Civil, Ingeniero Minero o Geólogo con calidad de colegiado activo.
- h) Los productos mineros que se propone reconocer, explorar o explotar.
- i) Plazo que se solicita para el derecho minero.
- j) Descripción general del programa de trabajo a realizar, debidamente firmado por Ingeniero Civil o Geólogo colegiado activo; quedando el titular obligado a darle cumplimiento o de notificar las modificaciones que sean técnicamente necesarias.
- k) Lugar y fecha.
- l) Firma legalizada del solicitante.

- Gestiones posteriores (Artículo 42)

En las gestiones posteriores sobre el mismo asunto, no serán necesarios los datos de identificación personal del peticionario, pero sí deberá identificar el nombre y el número del expediente a que se refiera.

- Plazo para subsanar omisiones (Artículo 43)

Cuando se presente una solicitud que no cumpla con los requisitos de esta Ley, se concederá al interesado un plazo de treinta días a partir de la notificación para que los subsane. En casos debidamente justificados la Dirección podrá conceder prórroga de tiempo igual a la primera. Si vencido el plazo sin que el interesado subsane omisiones que se señalen, la solicitud se rechazará y se procederá a su archivo.

### **3.1.1.3 Regalías**

Las regalías deben ser pagadas por el titular de licencia de explotación a:

- a) El Estado: por la extracción de productos mineros.
- b) Las Municipalidades: por la extracción de productos mineros dentro de su jurisdicción. En el caso de que la extracción se localice en más de una jurisdicción municipal, la regalía se repartirá entre las municipalidades correspondientes en proporción a los productos mineros extraídos en cada jurisdicción.

- Determinación de regalías (Artículo 62)

Las regalías se determinarán mediante declaración jurada del volumen del producto minero comercializado, con base en la tabla de precios publicada por el Ministerio de Energía y Minas.

- Porcentaje de regalías (Artículo 63)

Los porcentajes de las regalías a pagarse por la explotación de minerales serán del medio por ciento al Estado y del medio por ciento a las municipalidades; y, quienes exploten los materiales a que se refiere el artículo cinco de esta ley, pagarán el uno por ciento a las municipalidades respectivas

- Forma y plazo de pago (Artículo 64)

Las regalías se liquidarán y pagarán anualmente dentro de los treinta días siguientes de finalizado cada año calendario, ante el Estado y la municipalidad respectiva. El titular deberá anexar a su informe anual fotocopia simple de los comprobantes que demuestren el pago de las regalías. El incumplimiento en el pago devengará un interés igual a la tasa de interés activa promedio en el sistema bancario.

#### **3.1.1.4 Cánones**

Los titulares de derechos mineros pagarán, en lo que corresponda, los siguientes cánones:

- a) Canon de otorgamiento por derecho minero: se pagará en quetzales, en forma anticipada, en el momento de la notificación del otorgamiento del derecho minero, a razón de mil trescientos quetzales.
- b) Canon de superficie por licencia de explotación: se pagará anualmente, en forma anticipada, en el mes de enero de cada año calendario, a razón de doce unidades por kilómetro cuadrado o fracción. El pago del primer año se efectuará en el momento de la notificación del otorgamiento de la Licencia y su monto se determinará proporcionalmente, tomando en consideración el tiempo que quede por transcurrir entre el momento de otorgamiento y el treinta y uno de diciembre del mismo año.
- c) Canon de cesión del derecho de la licencia de explotación: se pagará en quetzales, a razón de cinco unidades por kilómetro cuadrado o fracción, previo a la notificación de la resolución favorable de dicha cesión.

### **3.1.2 Aspectos jurídicos y legales para la inscripción de una empresa**

Dentro de esta rama se determinan las principales obligaciones legislativas y de regulación laboral, necesarias para implementar y materializar dicho proyecto, entre las cuales están los aspectos jurídicos y legales que contempla la inscripción en el Registro Mercantil, Inscripción ante la Superintendencia de Administración tributaria. Además de los aspectos jurídicos y legales, se encuentran también los aspectos legales para la implementación de una empresa, el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el Instituto de Recreación de los Trabajadores de Guatemala y el Código de Trabajo.

### **3.1.2.1 Inscripción en el Registro Mercantil**

El Código de Comercio de Guatemala, en el Artículo 334, establece que es obligatoria la inscripción en el Registro Mercantil jurisdiccional de: los comerciantes individuales que tengan un capital de dos mil Quetzales o más; todas las sociedades mercantiles; las empresas y establecimientos mercantiles comprendidos dentro de estos extremos; los hechos y relaciones jurídicas que especifiquen las leyes y los auxiliares de comercio.

La inscripción de comerciantes individuales, auxiliares de comercio y de las empresas y establecimientos mercantiles, deberá solicitarse dentro de un mes de haberse constituido como tales, o de haberse abierto la empresa o el establecimiento. El de las sociedades, dentro del mes siguiente al otorgamiento de la escritura de constitución.

De conformidad con el Artículo 344 del Código de Comercio Guatemalteco, “el Registrador expedirá sin costo alguno la patente de comercio a toda sociedad, comerciante individual, auxiliar de comercio, empresa o establecimiento que haya sido debidamente inscrito(a). La patente deberá colocarse en lugar visible de toda empresa o establecimiento”. La Patente es la certificación o comprobante de que la empresa se encuentra legalmente inscrita en Guatemala.

### **3.1.2.2 Inscripción ante la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT)**

Según lo establecido en el Artículo 120 del Código Tributario Guatemalteco, todos los contribuyentes y responsables están obligados a inscribirse en la Administración Tributaria.

El plazo para la inscripción será de treinta (30) días hábiles, contados en la forma que en cada caso se indica a continuación:

- Para las personas individuales, a partir de la fecha en que inicien actividades afectas.
- Para los comerciantes individuales, a partir de la fecha de su inscripción en el Registro Mercantil.
- Para las sociedades mercantiles, a partir de su inscripción provisional en el Registro Mercantil.

Sin embargo, los comerciantes individuales o cualquier otro contribuyente o responsable, podrán inscribirse a partir de la fecha en que inicien actividades afectadas, aún cuando no hubieren obtenido el registro o autorización que conforme a su naturaleza les corresponda. Para tal efecto, será suficiente acompañar copia legalizada de la escritura, copia del acta o documento de su constitución e indicar el nombre y apellidos completos y demás datos generales de su representante legal, en su caso, y su domicilio fiscal.

Una vez se haya tomado la decisión de establecer una empresa, la planta será inscrita como propiedad de una Sociedad Anónima. El plantear este tipo de organización conlleva la ventaja de que su constitución es inmediata, siempre y cuando se cumplan todos los requisitos legales, ante diferentes entes institucionales, como Registro Mercantil, Superintendencia de Administración Tributaria, Ministerio de Economía, marcas y patentes, Ministerio de Trabajo, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Ministerio de Ambientes y Recursos Naturales y otros.

Los aportes de capital y financiamiento, serán provistos por quienes deseen asociarse y a la vez ser sujetos a contraer obligaciones y responsabilidades ante cualquier ente financiero, lo cual queda establecido en su escritura pública de constitución, como Sociedad Anónima.

### **3.1.3 Aspectos legales a considerar para la implementación de una empresa**

Adicional a la inscripción de la empresa como sociedad anónima, y la inscripción en el registro mercantil para fines de la inscripción en la Superintendencia de Administración Tributaria, a continuación se presentan registros legales importantes a considerar:

#### **3.1.3.1 Registro legal de la marca**

Al registrar una marca, la ley protege al propietario o registrante de uso indebido por parte de terceros, ya sean personas físicas, morales u organizaciones.

Inscripción de la marca en el folio del Tomo de Marcas que corresponda y emisión del título emitido.

Vigencia de la Marca: 10 años, renovables por períodos iguales.

Q 110.00	Presentación
Q 5.00	Formulario
Q 50.00	Emisión de edicto
Q 90.00	Inscripción
Q 50.00	Certificado o título
<b>Q 305.00</b>	<b>Total</b>

### **3.1.3.2 Ministerio de Trabajo y Previsión Social**

Presenta información relativa a la legislación laboral y los servicios que proporciona al usuario. Patronos / Trabajadores.

- Código de Trabajo
- Ley de Consolidación Salarial
- Ley Reguladora del Aguinaldo
- Ley de Bonificación Anual para Trabajadores del Sector Privado y Público (bono 14)
- Reglamento de la Jornada Única de Trabajo
- Reglamento Sobre la Recaudación de Contribuciones al Régimen de Seguridad Social, Acuerdo número 1,118
- Reglamento para permiso de trabajo a personas extranjeras
- Informe del empleador

### **3.1.3.3 Ley del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)**

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%).

Presenta información relativa a la prestación de seguro social que los trabajadores tienen derecho, así como la distribución de los diferentes centros de atención en el país.

## **Inscripción General al IGSS**

El documento requerido en Inscripciones Patronales de cualquier naturaleza o tipo de organización es la constancia extendida por un Perito Contador, en la citada constancia debe de indicarse lo siguiente:

- Fecha (día-mes-año), en que se ocupó el mínimo de trabajadores o más que obliga al patrono a inscribirse.
- Total de Trabajadores con los cuales se dio la obligación en la fecha señalada.
- Monto devengado en salarios por el total de trabajadores indicados, en el período base de la inscripción.

### **Cuota Laboral:**

- Accidentes en general 1%
- Enfermedad y maternidad 2%
- Invalidez, vejez y sobrevivencia 1.83%
- Total de contribución a pagar 4.83%

### **Cuota Patronal**

- Accidentes en general 3%
- Enfermedad y maternidad 4%
- Invalidez, vejez y sobrevivencia 3.67%
- Total de contribución a pagar 10.67%

### **3.1.3.4 Instituto de Recreación de los Trabajadores de Guatemala (IRTRA)**

Presenta los servicios y las opciones de recreación de los trabajadores y patronos afiliados.

#### **Afiliaciones e Información General**

Todos los trabajadores de las empresas privadas que estén afiliadas al IRTRA pueden utilizar los parques del IRTRA.

Las empresas inscritas en el régimen de seguridad social, pueden afiliarse al IRTRA y obtener los carnés de afiliación que permitirán a sus empleados gozar de las instalaciones de cada uno de los parques sin costo alguno y gozar de una recreación sana en familia, lo que permite un mejor desempeño laboral de los empleados.

Al pagar las cuotas del IGSS la empresa tiene derecho a afiliarse al IRTRA (ver actividades económicas en página Web [www.irtra.org.gt](http://www.irtra.org.gt) ).

El departamento de Recursos Humanos o la persona designada para el trámite por parte de la empresa deberá efectuar los trámites respectivos para solicitud del carné de afiliación, dependiendo del tipo de carné que proceda.

Si algunos empleados ya cuentan con carné puede solicitarse la renovación de la vigencia o en caso de pérdida de la tarjeta se deberá proceder con el trámite de reposición. (Verificar la duración del carné).

Los invitados de afiliados al IRTRA pueden disfrutar de todos los parques mediante el pago respectivo.

**El total de gastos de los diferentes requisitos establecidos en la ley, incluyendo la procuración y honorarios profesionales es de Q10, 000.00**

### 3.1.3.5 Código de Trabajo

El Código de Trabajo es el instrumento legal que 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. También se incluye capítulos referentes a la seguridad de los trabajadores en actividades de esta índole.

**Tabla IX. Feriados laborales durante el año.**

DIAS	DESCRIPCIÓN
1de enero	Año nuevo
Jueves Santo	
Viernes Santo	
1 de mayo	Día del Trabajo
30 de junio	Día de la Revolución Liberal
Variable	Día del santo patrono del lugar
15 de septiembre	Día de la Independencia
10 de octubre	Día de la Revolución de 1944
1 de noviembre	Día de Todos los Santos
24 de diciembre (medio día)	Navidad
25 de diciembre	Navidad
31 de diciembre (medio día)	Año nuevo

### **3.1.3.5.1 Políticas salariales y laborales**

La semana laboral es de 44 horas, en horario diurno; sin embargo si el trabajo es nocturno, se deben trabajar únicamente 36 horas.

Todos los empleados tienen derecho a 15 días de vacaciones anuales remuneradas y las mujeres trabajadoras tienen 84 días de descanso por maternidad.

Todos los empleados gozan de dos bonificaciones anuales, equivalentes a un mes de salario mensual, estas son: el bono navideño (aguinaldo) que debe ser pagado antes de la Navidad y la bonificación de medio año, pagable en el mes de julio (Bono 14).

El patrono debe pagar 10% al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), 1% al Instituto de Recreación de los Trabajadores (IRTRA), y 1% al Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), calculado sobre el salario mensual.

Los empleados que son despedidos sin causa justificada, deben ser recompensados con un mes de salario por cada año laborado.

### **3.1.3.5.2 Resumen de prestaciones laborales**

El resumen de prestaciones laborales, expresado como porcentaje del salario es como sigue:

**Tabla X. Prestaciones laborales**

<b>PRESTACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Séptimo día	Un día por cada seis trabajados	16.67
Feridos laborales	Once días al año	3.05
Vacaciones anuales	15 días hábiles (17 efectivos)	4.72
Aguinaldo navideño	Un salario completo anual	8.33
Bono 14	Un salario completo anual	8.33
IGSS	El patrono paga 10%	10.00
IRTRA	El patrono paga 1% mensual	1.00
INTECAP	El patrono paga 1% mensual	1.00
Despido injustificado	Un salario por año trabajado	8.33
<b>TOTAL</b>		<b>61.43</b>

- a) **Bonificación Incentivo** (Decreto 37-2001): Esta prestación es un pago que se realizará a los empleados junto al sueldo mensual devengado cuyo monto es de Q 250.00 (al mes).
- b) **Bono 14** (Decreto 42-92): Bonificación anual que constituye el pago del ciento por ciento del sueldo ordinario que devenga el trabajador correspondiente a un año de servicios continuos, el cual se calcula del 1 de julio de un año, al 30 de junio del año siguiente y se hará efectiva la primera quincena del mes de julio de cada año. Si el trabajador no llega a un año laborado se pagará lo proporcional al tiempo servido.

- c) **Aguinaldo** (Decreto 76-78): Prestación que consiste en el pago del ciento por ciento de salario ordinario mensual correspondiente a un año de servicios continuos o su proporción al tiempo laborado. El monto del pago se calculará en el período de diciembre a noviembre de cada año y se pagará el 50% en la primera quincena de diciembre y el resto en la segunda quincena de enero del año siguiente.
  
- d) **Vacaciones:** El empleado gozará de 15 días hábiles remunerados después de un año laborado de manera continua.
  
- e) **Indemnización:** Es el pago por tiempo servido que equivale a un mes de salario por cada año laborado en la empresa o en forma proporcional si no tiene un año laborado. Este pago se hará cuando el trabajador sea despedido por causa injustificada.
  
- f) **I.G.S.S.** (Instituto Guatemalteco de Seguridad Social): Todos los trabajadores serán inscritos al régimen de Seguridad Social realizándoles los descuentos por este rubro en los porcentajes legales vigentes durante el período que labore en la empresa. El pago por este concepto se reportará por medio de planillas conforme al modelo que adopta el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, siendo de esta forma porque la cantidad de trabajadores de la empresa está entre 3 y 10 sin llegar al límite de diez. El porcentaje de contribución para el departamento de Huehuetenango es de 6.67% Patronal y 2.83% laboral.

- g) IRTRA** (Instituto de Recreación de los Trabajadores) e **INTECAP** (Instituto Técnico de Capacitación): Los trabajadores gozarán de los beneficios de esas dos instituciones, a través de las contribuciones patronales del 2% (1% de cada uno) sobre el valor de los sueldos.

### **3.1.4 Impuestos**

Dentro de la legislación nacional se contempla el pago de impuestos, para efecto de la aplicación de este estudio se deben implementar el ISR , IUSI <sup>4</sup> e IVA los cuales se describen a continuación.

#### **3.1.4.1 Impuesto sobre la renta (ISR)**

El impuesto sobre la renta es una obligación de toda empresa, a pagar cuando obtengan rentas provenientes de la producción en el país. Se considera renta de fuente guatemalteca todo ingreso que haya sido generado por capitales, bienes, servicios y derechos de cualquier naturaleza invertidos o utilizados en el país, o que tengan su origen en actividades de cualquier índole desarrolladas en Guatemala, incluyendo ganancias cambiarias.

“Se establece un impuesto, sobre la renta que obtenga toda persona individual o jurídica, nacional o extranjera, domiciliada o no en el país, así como cualquier ente, patrimonio o bien que especifique esta ley, que provenga de la inversión de capital, del trabajo o de la combinación de ambos”<sup>5</sup> **El ISR para empresas es una tasa fija del 31%.**<sup>6</sup>

---

ISR, es el impuesto sobre la renta en base a un 31 % del ingreso Anual, IUSI, Impuesto Único Sobre Inmueble.

<sup>5</sup> Artículo 1 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta

<sup>6</sup> Artículo 44 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta

### 3.1.4.2 Impuesto único sobre inmuebles (IUSI)

Los inmuebles (terrenos y edificios) están sujetos a un impuesto anual, dependiendo del valor del mismo, de la siguiente forma:

**Tabla XI Impuesto único sobre inmuebles**

<b>VALOR DEL INMUEBLE</b>	<b>IMPUESTO</b>
Hasta Q 20,000	2 por millar
De Q 20,000 en adelante	9 por millar

### 3.1.4.3 Impuesto al valor agregado

Este impuesto es generado por la venta o permuta de bienes muebles, prestación de servicios, importaciones, arrendamientos de bienes muebles o inmuebles, adjudicaciones de bienes muebles e inmuebles en pago, los autoconsumos, la destrucción, pérdida o cualquier hecho que implique faltante de inventario, la venta o permuta de bienes inmuebles, las primas de seguros, intereses sobre préstamos, entre otros.

La tarifa del impuesto es del 12% sobre la base imponible, y este monto siempre debe incluirse en el precio de venta o en el valor de los servicios que se presten.

El impuesto a pagar se determinará a través de la diferencia entre el crédito fiscal y el débito fiscal. Deberá reportar también las devoluciones del mes.

El débito fiscal se origina en las ventas del contribuyente, ya que lo constituye la suma del impuesto incluido en los precios de venta. El crédito fiscal es la suma del impuesto cargado al contribuyente al momento de realizar la adquisición de bienes, utilización de servicios, importaciones, y todo aquellos actos gravados por la ley, los cuales constituyan costos y gastos necesarios para producir o conservar su fuente productora de rentas.

### **3.2 Organización**

Dentro de la organización se describe la forma en que está estructurada la empresa y se establecen las funciones del personal operativo y administrativo.

Para determinar la jerarquía en la que ésta dividida la organización, se hará mediante un organigrama. En esta fase se reconoce la necesidad de dividir el trabajo entre los miembros de toda la organización, debido al desarrollo de las actividades a realizar.

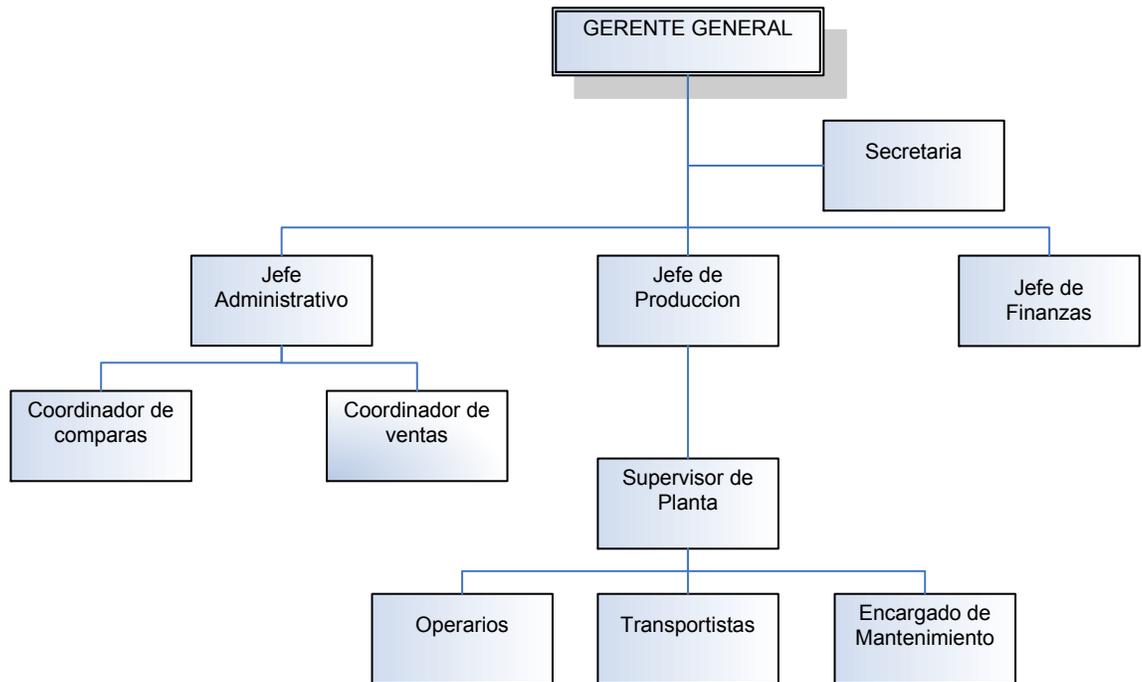
Aquí se debe de aplicar el método adecuado para ordenar y realizar las actividades que faciliten el alcance de los objetivos del proyecto industrial de explotación y procesamiento del mineral el mineral perlita en Guatemala.

En cuanto a este proyecto en lo que respecta a la organización y jerarquía, se utilizará una organización funcional, la que es una de las más utilizadas en el medio que consiste en agrupar las actividades que se realizan en la empresa de acuerdo a las funciones de la misma.

### 3.2.1 Organigrama

A continuación se presenta una propuesta de la estructura organizacional que podría tener la empresa que se dedicará a la explotación y procesamiento del mineral el mineral perlita en Guatemala.

**Figura 33. Organigrama de la empresa**



**Fuente:** información obtenida que revela el personal mínimo para implementar el proyecto.

### 3.3 Recurso humano

El personal que se requerirá para los diferentes puestos que se observan en el organigrama se describe a continuación:

<b>Nombre del puesto</b>	<b>Núm. de personas</b>
Gerente General	1
Secretaria	1
Jefe Administrativo	1
Jefe de Operaciones	1
Jefe de Finanzas	1
Coordinador de Compras	1
Coordinador de Ventas	1
Supervisor de Planta	1
Operarios	4
Transportistas	3
Encargado de limpieza	1

A continuación se detalla la descripción, análisis y perfil de cada puesto mencionados anteriormente:

---

**Nombre del puesto:**        ***Gerente General***

**Supervisa a:**                Secretaria  
                                         Jefe Administrativo  
                                         Jefe de Operaciones  
                                         Jefe Financiero

**Sueldo y Prestaciones:**

Sueldo: Q 10,000.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral Igsss
- Cuota Iotra

**Descripción del puesto**

Trabajo de administración superior que consiste en planificar, organizar, coordinar, dirigir y controlar todas las actividades desarrolladas en la Administración General y los departamentos que se encuentran bajo su subordinación.

**Análisis del puesto**

1. Cumplir y promover las normas y reglas de la empresa.

2. Diseñar los planes y programas, que respondan a las necesidades del área Administrativa.
3. Evaluar los programas y sistemas de control establecidos.
4. Evaluar y analizar las normas de calidad existentes en la organización.
5. Convocar a reuniones ordinarias y extraordinarias a los jefes.
6. Planificar anualmente su programa de actividades de acuerdo a objetivos de la institución.
7. Aprobar el presupuesto anual establecido por el jefe Financiero.
8. Dirigir de una forma ordenada las jefaturas de la empresa.
9. Evaluar el desempeño de sus subordinados.
10. Evaluar la rentabilidad y las utilidades de la empresa.
11. Desempeñar las demás funciones de alta gerencia que sean necesarias para el bienestar de la empresa.

### **Perfil del puesto**

- Licenciado en Administración de Empresas o Ingeniero Industrial, colegiado activo.
- Sexo masculino
- Experiencia mínima de 2 años en puesto similar.
- Edad comprendida entre 30 y 45 años.
- Conocimientos sobre la industria minera (de preferencia)
- Habilidades de organización, liderazgo y manejo de personal.
- Conocimientos básicos de inglés.
- Disponibilidad de horario
- Acostumbrado a trabajar bajo presión y orientado a resultados

### **Relaciones**

Con todos los niveles jerárquicos de la empresa.

---

**Nombre del puesto:** *Secretaria*

**Jefe Inmediato:** Gerente General

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 2,500

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Realiza las funciones de recepción, atención al público y clientes internos. Realiza las tareas secretariales y administrativas para el Gerente General y recepción de llamadas telefónicas.

### **Análisis del puesto**

1. Proporcionar información general de la empresa al público y clientes.
2. Recibir y enviar correspondencia.
3. Tomar dictados, redactar y mecanografiar la correspondencia que surge como consecuencia de las funciones del Gerente General.
4. Recepción de llamadas telefónicas.
5. Gestionar reclamos, quejas y/o sugerencias de los clientes.
6. Realizar las gestiones vía teléfono, escrita y personalmente.

7. Archivar la correspondencia, informes, reportes y otros documentos.
8. Llevar el control de las fotocopias de los diferentes departamentos.
9. Solicitar los útiles y equipo de oficina para el departamento.
10. Desempeñar otras funciones que le sean asignadas por el Gerente General relacionadas con su trabajo.

### **Perfil del puesto**

- Título Secretaria Bilingüe o Secretaria Comercial con estudios universitarios.
- Sexo femenino
- Experiencia de 1 año mínimo en labores secretariales
- Buenas relaciones humanas.
- Conocimientos de inglés
- No mayor de 35 años.
- Conocimientos básicos de computación.
- Acostumbrada a trabajar bajo presión.

### **Relaciones**

Con todos los niveles jerárquicos, con clientes y/o público en general.

---

**Nombre del puesto:** *Jefe Administrativo*

**Jefe Inmediato:** Gerente General

**Supervisa a:** Coordinador de Compras  
Coordinador de Ventas

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 7,500.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Planificar, supervisar, controlar y ejecutar las actividades del área administrativa.

### **Análisis del puesto**

1. Llevar a cabo el proceso administrativo de la empresa.

2. Coordinar con el departamento de ventas los requerimientos de venta para elaborar y ejecutar la planificación de producción, así como la planificación de las compras de insumos necesarios para el cumplimiento de la producción.
3. Diseñar los tipos planes y programas, que respondan a las necesidades del área administrativa.
4. Seleccionar el personal a contratar.
5. Velar porque la planta de producción cumpla con los planes establecidos tanto de producción como de orden y limpieza.
6. Evaluar el desempeño de sus subordinados.
7. Velar por el uso correcto de los activo a su cargo y por la confidencialidad de la información.

### **Perfil del puesto**

- Título universitario en Administración de Empresas
- Sexo masculino o femenino
- Experiencia mínima de 2 años en puestos similares
- Edad entre 25 a 50 años
- Acostumbrado a trabajar bajo presión y orientado a resultados
- Conocimientos sobre procesos legales y administrativos
- Conocimientos sobre explotación y procesamiento de minerales.

### **Relaciones**

Con el Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe Financiero, Coordinador de Compras y Coordinador de Ventas.

---

**Nombre del puesto:** *Jefe de Operaciones*

**Jefe Inmediato:** Gerente General

**Supervisa a:** Supervisor de planta

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 7,500.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Administrar, dirigir y ejecutar los procesos de producción, mantenimiento, seguridad y limpieza. Velar por el óptimo funcionamiento de la maquinaria. Prever el abastecimiento de inventarios de producto.

### **Análisis del puesto**

1. Emitir informes solicitados por la Gerencia General u otras unidades que lo necesitare.
2. Establecer, controlar y evaluar los procesos de producción.
3. Velar por que se cumplan las normas de higiene y seguridad.
4. Cumplir con la producción establecida por la gerencia general.

5. Sugerir la compra de maquinaria, equipo y herramientas necesarias para el mantenimiento, seguridad y producción.
6. Realizar la supervisión diaria de las operaciones
7. Emitir opinión del personal a contratar en las áreas bajo su cargo.
8. Las demás funciones que sean requeridas por el puesto.

**Perfil del puesto**

- Título universitario o pensum cerrado de Ingeniero Industrial o Administrador de Empresas
- Sexo masculino
- Experiencia mínima de 2 años en puesto similar.
- Edad entre 28 y 35 años de edad.
- Conocimientos de procesos de explotación y procesamientos de minerales, conocimientos industriales y normas de calidad.
- Acostumbrado a trabajar bajo presión y sobre metas.
- Disponibilidad de horario.

**Relaciones:**

Gerente General, Jefe Administrativo, Jefe Financiero y Supervisor de Planta.

---

**Nombre del puesto:** *Jefe Financiero*

**Jefe Inmediato:** Gerente General

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 7,500.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Planificar, supervisar, controlar y ejecutar las actividades del área financiera

### **Análisis del puesto**

1. Elaborar los estados financieros de la empresa.
2. Generar reportes e informes para la Gerencia General de la situación financiera.
3. Autorizar los pagos de planillas, proveedores y acreedores de la empresa.
4. Administrar y controlar los activos y bienes de la empresa.
5. Autorizar la compra de productos, maquinaria, equipo y útiles.
6. Autorizar las solicitudes de créditos a clientes.
7. Administrar el proceso de contabilidad.
8. Las demás funciones que sean necesarias.

### **Perfil del puesto**

- Licenciatura en Contaduría Pública y Auditoría, colegiado activo.
- Sexo masculino o femenino.
- Experiencia mínima de 1 año en puesto similar.
- Edad entre 28 y 40 años.
- Conocimientos en leyes fiscales y financieras.
- Capacidad de análisis y enfoque.
- Habilidad numérica.
- Discreto.

### **Relaciones**

Con el Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe Administrativo.

---

**Nombre del puesto:** *Supervisor de Planta*

**Jefe Inmediato:** Jefe de Operaciones

**Supervisa a:** Operarios  
Transportistas  
Encargado de limpieza

### **Sueldo y prestaciones:**

Sueldo: Q. 4,000.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo

- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

**Descripción del puesto:**

Coordinar, controlar y verificar los procesos de producción, mantenimiento, seguridad y limpieza. Inspeccionar el funcionamiento de la maquinaria. Controlar el buen manejo de inventario de productos.

**Análisis del puesto**

1. Emitir informes solicitados por el Jefe de operaciones u otras unidades que lo necesitaren.
2. Ejecutar, controlar y evaluar los procesos de producción.
3. Mantener las normas de higiene y seguridad.
4. Sugerir la compra de maquinaria, equipo y herramientas necesarias para el mantenimiento, seguridad y producción.
5. Realizar la supervisión diaria de las operaciones.
6. Controlar la entrada y salida de los transportistas.
7. Otras funciones que sean requeridas por el puesto.

**Perfil del puesto**

- Estudios universitarios en Administración de Empresas o Ingeniería Industrial.
- Sexo masculino.
- Conocimientos básicos de computación
- Experiencia mínima de 2 años en puesto similar.
- Edad entre 25 y 35 años de edad.
- Conocimientos en control de procesos industriales y normas de calidad e higiene.
- Acostumbrado a trabajar bajo presión y sobre metas.

- Disponibilidad de horario.

### **Relaciones**

Con el Jefe de Operaciones, operarios, transportistas, y encargado de mantenimiento.

---

**Nombre del puesto:** *Coordinador de Ventas*

**Jefe Inmediato:** Jefe Administrativo

### **Sueldo y prestaciones:**

Sueldo: Q. 4,000.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Planificar y evaluar los pronósticos de ventas anuales. Investigar y analizar los mercados actuales y potenciales, proveyendo productos a su clientela, coordinar todas las actividades que conllevan las transportaciones del producto.

### **Análisis del puesto**

1. Planificar las ventas mensuales.
2. Analizar los nuevos mercados
3. Establecer metas sobre ventas
4. Evaluar la satisfacción del cliente.
5. Verificar la calidad del producto
6. Emitir informe sobre las ventas efectuadas y proyectadas.
7. Control de cartera de clientes
8. Aprobación de créditos.

#### **Perfil del puesto**

- Tercer año aprobado en Licenciatura en Mercadotecnia y Publicidad, Administración de empresas o carrera a fin.
- Sexo masculino o femenino.
- Conocimientos básicos de computación e inglés.
- Experiencia mínima de 2 años en puesto similar.
- Edad entre 25 y 35 años de edad.
- Buenas relaciones interpersonales
- Habilidad de negociación
- Acostumbrado a trabajar bajo presión y sobre metas.
- Disponibilidad de horario.
- Orientado a resultados.
- Honesto y responsable

#### **Relaciones:**

Con el Jefe Administrativo y Coordinador de compras.

**Nombre del puesto:** *Coordinador de Compras*

**Jefe Inmediato:** Jefe Administrativo

**Sueldo y prestaciones:**

Sueldo: Q. 4,000.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

**Descripción del puesto**

Función de carácter de la compras, de la materia prima o lo que se necesite en la empresa.

**Análisis del puesto**

1. Mantener la materia prima o insumos que se necesita para la producción.
2. Aplicar los procedimientos en compras.
3. Velar por la adecuada utilización de los recursos.
4. Comprar la materia prima o insumo adecuado para cada proceso.
5. Participar en otras actividades que de acuerdo a su especialidad, sean asignadas.

**Perfil del Puesto**

- Tercer año aprobado en Licenciatura en Administración de empresas o carrera a fin.
- Sexo masculino o femenino.
- Conocimientos básicos de computación e inglés.
- Experiencia mínima de 2 años en puesto similar.
- Edad entre 25 y 35 años de edad.
- Buenas relaciones interpersonales
- Habilidad de negociación
- Disponibilidad de horario.
- Honesto y responsable

**Relaciones:**

De coordinación con Jefes y compañeros de trabajo en el desempeño de sus funciones.

**Nombre del puesto:** *Encargado de Limpieza*

**Jefe Inmediato:** Supervisor de Planta

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 1,800.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Mantener la limpieza, cuidado e higiene de la maquinaria, mobiliario y equipo de la empresa.

### **Análisis del puesto**

1. Mantener limpio todas las áreas.
2. Lavar y trapear constantemente.
3. Otras funciones necesarias.

### **Perfil del puesto**

- Tercero básico mínimo
- Tarjeta de salud
- Experiencia mínima necesaria dos años

### **Relaciones**

De coordinación con Jefes y compañeros de trabajo en el desempeño de sus funciones.

---

**Nombre del puesto:** *Operario molino*

**Jefe Inmediato:** Supervisor de Planta

**Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 2,000.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

**Descripción del puesto**

Manejo y control del molino de martillos y control de granulometría a la salida del mismo para la clasificación del mineral.

**Análisis del puesto**

- Preparar las proporciones adecuadas de materias primas o insumos
- Pesar y controlar todos los componentes
- Completar los registros necesarios del proceso
- Rotar la materia dentro del proceso.
- Repetir el proceso.

- Participar en las tareas de mantenimiento.
- Hacer uso de la maquinaria correctamente.
- Asegurarse que el producto cumple con las especificaciones

### **Perfil del Puesto**

- Tercero básico mínimo.
- Tarjeta de salud.
- Conocimiento en el manejo de maquinaria (de preferencia).
- Experiencia mínima necesaria dos años.

### **Relaciones**

Con los jefes de las distintas y áreas y demás compañeros de trabajo.

---

**Nombre del puesto:** *Operario del horno*

**Jefe Inmediato:** Supervisor de Planta

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 2,000.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Manejo y control del horno, abastecimiento del gas y mantener la temperatura requerida en el proceso.

### **Análisis del puesto**

- Preparar el horno.
- Tarjeta de control de alimentación de gas.
- Control de la temperatura para la homogeneidad de la expansión del mineral perlita

### **Perfil del Puesto**

- Tercero básico mínimo.
- Tarjeta de salud.
- Conocimiento en el manejo de maquinaria (de preferencia).
- Experiencia mínima necesaria dos años.

### **Relaciones**

Con los jefes de las distintas áreas y demás compañeros de trabajo.

---

**Nombre del puesto:** *Transportistas*

**Jefe Inmediato:** Supervisor de Planta

### **Sueldo y prestaciones**

Sueldo: Q. 2,500.00

Será depositado en la cuenta bancaria del empleado cada mes.

Prestaciones (incluidas en el sueldo):

- Bono 14
- Aguinaldo
- Cuota Laboral IGSS
- Cuota del IRTRA

### **Descripción del puesto**

Transportar la materia prima o insumos a la planta y hacer la distribución que corresponde a los clientes del producto. Manejo correcto del material dentro y fuera de la planta.

### **Análisis del puesto**

- Descargar la materia prima de los camiones de proveeduría
- Mantener el registro del material que recibe
- Verificar la calidad de los insumos
- Almacenar la materia donde corresponda
- Alimentar la cantidad de materia al proceso que corresponda
- Almacenar las cajas de producto terminado.
- Cargar la materia a los vehículos de distribución

### **Perfil del Puesto**

- Tercero básico mínimo.
- Sexo masculino
- Edad entre 30 y 40 años.
- Licencia de conducir tipo “A”
- Conocimiento en el manejo de materiales
- Experiencia mínima necesaria dos años.
- Responsable y honesta.

### **Relaciones**

Con los jefes de los diferentes departamentos y demás compañeros de trabajo.

#### **3.3.1 Contratación**

La contratación del personal se realizará de acuerdo a las técnicas de Selección del personal, conforme a los requerimientos de los recursos humanos que se necesitarán para los puestos que se han establecido, haciendo uso de las fuentes más efectivas que permitan allegarse a los candidatos idóneos, evaluando la potencialidad física y mental de los solicitantes, así como su aptitud para el trabajo, utilizando para ello una serie de técnicas, como la entrevista, las pruebas de selección, los exámenes médicos, etc.

Una vez se haya seleccionado el candidato idóneo a ocupar dicho puesto, se procede a formalizar con apego a la ley, la futura relación de trabajo para garantizar los intereses, derechos, tanto del trabajador como de la empresa por lo que es preciso redactar un contrato de trabajo, para formalizar la relación empleado-patrono, como garantía para ambas partes.

La importancia del contrato laboral radica en que en él se establecen los derechos y obligaciones de ambas partes para poder exigirlos en el momento oportuno.

Se realizará un contrato laboral individual con cada uno de los trabajadores, en el cual se especificará la duración del mismo, las políticas de trabajo que debe cumplir, el puesto que desempeñará, discreción y confidencialidad con todo lo referente a políticas de la empresa, horas a laborar, formas de pago, prestaciones de acuerdo a la ley y cantidad a pagar. El contrato tendrá duración de un año como lo estipula la ley.

### **3.3.2 Capacitación**

La capacitación es una herramienta fundamental, que ofrece la posibilidad de mejorar la eficiencia del trabajo de la empresa, permitiendo a su vez que la misma se adapte a las nuevas circunstancias que se presentan tanto dentro como fuera de la empresa. Además proporciona a los empleados la oportunidad de adquirir mayores aptitudes, conocimientos y habilidades para el buen desempeño en las actividades. También resulta ser una importante herramienta de motivación para los empleados.

La capacitación se dará al personal operativo en las siguientes áreas: manejo de fluidos inflamables, capacitación sobre granulométrica, operación y mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de la maquinaria.

Para implementar un programa de capacitación sobre estos temas, se contratará outsourcing con empresas guatemaltecas que se dedican a brindar este tipo de apoyo, así como la Direcciones de Hidrocarburos y Minería del Ministerio de Energía y Minas.

La capacitación será un proceso continuo, siempre buscando conocimientos y habilidades para estar al día con los cambios repentinos que suceden en el mundo y además un proceso completo que va desde analizar las necesidades de capacitación de los trabajadores hasta la evaluación, para determinar que tan exitoso fue el programa implementado.

Al tratarse de un producto nuevo y considerando que los únicos países en America que producen perlita inflada son Estados Unidos, Mexico y Argentina, es necesaria la asesoría y capacitación para el personal de los diferentes niveles jerárquicos en las etapas de pre-operación y operación, por parte de expertos que laboren en plantas de este tipo, en los países antes mencionados.

Con respecto al proceso de extracción, se considera que el país cuenta con mano de obra calificada ya que este proceso se realiza de forma similar al de otros minerales como la arena sílica, mineral que se explota en el municipio de Pochuta, departamento de Chimaltenango, el cual se utiliza para la fabricación de vidrio. El proceso de expansión es relativamente sencillo y con un nivel alto de automatización por lo que las competencias requeridas para el personal en este proceso son fáciles de generar.

La capacitación necesaria para los operarios debe tener en cuenta las siguientes técnicas:

- Trituración de rocas.
- Manejo de fluidos inflamables y no inflamables.
- Clasificación granulométrica

### **3.3.3 Control**

Con el fin de garantizar y asegurar que los objetivos y planes que se hayan propuesto desde un inicio se han cumplido o se están cumpliendo, es importante hacer una medición y corrección del desempeño, por lo que se deben establecer diferentes áreas de control, entre los que cabe mencionar:

- Control en el área de compras
- Control en el área de ventas
- Control en el área financiera y administrativa
- Control en el área de producción
- Control en el área de materia prima, insumos y producto terminado

Los tipos de control que se implementarán en cada área anteriormente mencionada será el control preventivo, el cual intenta prevenir los problemas previstos; el control concurrente, el cual es el que se realiza al mismo tiempo que una actividad se está desarrollando.

## 4 ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

Para la evaluación económica y financiera se analiza un escenario con dos alternativas, los cuales son los siguientes:

**Alternativa A** Se considera la compra de un terreno y la construcción de una planta industrial.

**Alternativa B** Se contempla el alquiler de una planta ubicada en la región de Quezaltepeque departamento de Chiquimula.

### 4.1 Determinación de costos

La determinación de costos para este estudio, se basan básicamente en costos de producción, en donde se contemplan los costos de extracción y proceso. Así mismo los costos administrativos necesarios para poder implementar dicho proyecto.

#### 4.1.1 Costos de extracción

Para determinar los costos variables de extracción se toma en cuenta el equipo necesario para ejecutar la extracción, en la tabla XII se muestran los elementos vitales para dicha actividad.

El costo de extracción será el mismo para las 2 alternativas, con el supuesto que la distancia entre la mina y la planta de las dos alternativas, es relativamente la misma, lo que generaría el mismo costo en combustible y tiempo. El sueldo de los obreros se encuentra entre de los costos necesarios para realizar la actividad de extracción minera.

**Tabla XII. Costos variables de extracción**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de medida	Total	Vida Útil mensual	Costo Mensual
Retroexcavadora	Q 250,000.00	1	Maquina	Q 200,000.00	120	Q 1,666.67
Camiones de volteo	Q 125,000.00	2	Maquina	Q 300,000.00	120	Q 2,500.00
Combustible	Q 20.00	500	Galones	Q 10,000.00	1	Q 10,000.00
Sueldos	Q 2,500.00	3	Sueldo/mes	Q 7,500.00	1	Q 7,500.00
<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>						<b>Q 21,666.67</b>
<b>COSTO TOTAL ANUAL DE EXTRACCION 600 TONELADAS</b>						<b>Q 260,000.04</b>

**Fuente: Propia, en base a cotizaciones de empresas que se dedican a dicha actividad e información de la Dirección General de Minería (MEM)**

Extracción anual            600 toneladas

Extracción mensual        600 toneladas / 12 meses → 50 tonelada

Costo variable unitario<sup>7</sup> Q.21, 666.67 / 50 toneladas → Q 433.33 /tonelada

<sup>7</sup> Es el costo de extracción que tiene cada tonelada extraída mensualmente.

### **Supuestos de los costos variables de extracción**

- Durante la extracción, el método a seguir será el excavar utilizando la retroexcavadora y depositar el material en los camiones de volteo. Ya que el mineral perlita tiene como característica que es poco solidificada no se considera necesario el uso de explosivo u otro método de extracción. Esta actividad se realizara en un periodo de tiempo según la demanda que se presente.
- El material extraído será trasladados por medio de los camiones de volteo a la planta industrial, en donde el mineral perlita será triturada y expandida según las especificaciones necesarias para su uso en cultivos hidropónicos.
- La maquinaria y el equipo que se utilicen durante el proceso de minado deberán trasladarse al punto de extracción y se recomendara tener un predio seguro cercano a la mina de extracción para guardar la retroexcavadora y los camiones de volteo.
- El precio del diesel está calculado sobre la base de los últimos meses de combustible en el mercado nacional con un promedio de Q20.00 por galón.

#### **4.1.2 Costos de expansión**

Para determinar el costo variable de expansión del mineral perlita se toma como base una producción mensual de 500 toneladas.

**Tabla XIII. Costos variables de proceso de expansión**

DESCRIPCION DE GASTOS	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de medida	Total	Vida Útil mensual	Costo Mensual
Gas Propano <sup>8</sup>	Q 3.60	4000	Libras	Q 14,400.00	1	Q 14,400.00
Energía Eléctrica <sup>9</sup>	Q 1.83	3000	Kw-h	Q 5,400.00	1	Q 5,400.00
Martillos de molino	Q 80	150	Martillos	Q 12,000.00	12	Q 1,000.00
Sueldo de operarios	Q2,000.00	4	Sueldo/mes	Q8,000.00	1	Q 8,000.00
Empaque	Q 0.50	1000	Bolsas de papel	Q 500	1	Q 500.00
<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>						<b>Q 29,300.00</b>
<b>COSTO TOTAL ANUAL DE EXPANSION 600 TONELADAS</b>						<b>Q 351,600.00</b>

Expansión anual            600 toneladas

Extracción mensual        600 toneladas / 12 meses    → 50 toneladas

Costo variable unitario<sup>10</sup>    Q.29,300.00 / 50 toneladas    → Q 586 /tonelada

#### 4.1.3 Costo variable unitario de producción

Para determinar el costo variable unitario en producción, se toma en cuenta el costo variable de extracción de la materia prima y el costo variable de expansión, entendiéndose como costos variable de expansión a los costos incurridos en el proceso de trituración, clasificación, expansión y empaque del producto terminado.

<sup>8</sup> Precio sujeto a cambios por precio del petróleo.

<sup>9</sup> Precio sujeto a cambios por la comisión nacional de energía eléctrica.

<sup>10</sup> Es el costo de expansión que se incurre por cada tonelada expandida mensualmente.

- El costo variable de extracción se calculo en la sección 3.1.1 dando como resultado Q 433.33 /tonelada.
- El costo variable de expansión se calculo en la sección 3.1.2 dando como resultado Q 586.00 /tonelada.

El costo variable unitario total de producción es:

$$Q. 433.33 + 586.00 = Q 1,019.33/\text{tonelada.}$$

#### 4.1.4 Costos administrativos

Los costos administrativos para la opción A durante los cinco años de evaluación del proyecto, son los siguientes:

**Tabla XIV. Costos fijos o administrativos anuales – ALTERNATIVA A -**

	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Sueldo administrativos	Q 585,600.00	Q 603,168.00	Q 621,263.00	Q 639,900.25	Q 659,097.11
Gastos de publicidad	Q 20,600.00	Q 18,636.00	Q 15,672.36	Q 10,709.08	Q 9,746.17
Servicio de agua	Q 600.00	Q 630.00	Q 660.15	Q 690.46	Q 720.93
Energía eléctrica	Q 848.88	Q 865.86	Q 883.17	Q 900.84	Q 918.86
Materiales de oficina	Q 1,000.00	Q 1,010.00	Q 1,020.10	Q 1,030.30	Q 1,040.60
Teléfono	Q 1,800.00				
<b>Total anual</b>	<b>Q 610,448.88</b>	<b>Q 626,109.86</b>	<b>Q 641,298.78</b>	<b>Q 655,030.93</b>	<b>Q 673,323.67</b>

La diferencia de costos fijos administrativos entre el escenario A y B, es que en el escenario A no se contempla alquiler de local, lo cual significa para el escenario alternativo B, un incremento de costos.

**Tabla XV. Costos fijos o administrativos anuales – ALTERNATIVA B -**

	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Sueldo administrativos	Q 585,600.00	Q 603,168.00	Q 621,263.00	Q 639,900.25	Q 659,097.11
Gastos de publicidad	Q 20,600.00	Q 18,636.00	Q 15,672.36	Q 10,709.08	Q 9,746.17
Servicio de agua	Q 600.00	Q 630.00	Q 660.15	Q 690.46	Q 720.93
Energía eléctrica	Q 848.88	Q 865.86	Q 883.17	Q 900.84	Q 918.86
Materiales de oficina	Q 1,000.00	Q 1,010.00	Q 1,020.10	Q 1,030.30	Q 1,040.60
Teléfono	Q 1,800.00				
Alquiler	Q 20,400.00				
<b>Total anual</b>	<b>Q 630,848.88</b>	<b>Q 646,509.86</b>	<b>Q 661,698.78</b>	<b>Q 675,430.93</b>	<b>Q 693,723.67</b>

#### 4.1.5 Costos totales

Para los costos totales se toman en cuenta el volumen de producción, gastos de extracción, procesamiento, costos administrativos y costos de distribución. Este último es de mucha importancia ya que el producto por ser poco denso ocupa mucho espacio lo que genera un costo alto en la distribución del producto al cliente. Tomando en cuenta el costo variable unitario para determinar los resultados en ambos escenarios.

Los costos totales para la alternativa A durante los cinco años de evaluación del proyecto, son los siguientes.

**Tabla XVI. Costos totales según la opción A.**

ALTERNATIVA A	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Volumen de producción (toneladas)	600	630	662	695	729
Costo de extracción	Q 259,998.00	Q 272,997.90	Q 286,864.46	Q 301,164.35	Q 315,897.57
Costo de procesamiento	Q 351,600.00	Q 369,180.00	Q 387,932.00	Q 407,270.00	Q 427,194.00
Costo administrativo	Q 610,448.88	Q 626,109.88	Q 641,298.78	Q 655,030.93	Q 673,323.67
Costo de distribución	Q1 60,000.00	Q 163,000.00	Q 164,800.00	Q 166,800.00	Q1 68,800.00
<b>Total</b>	<b>Q1,382,046.88</b>	<b>Q1,431,287.78</b>	<b>Q1,480,894.78</b>	<b>Q1,530,265.28</b>	<b>Q1,585,215.24</b>

Los costos totales para la alternativa B durante los cinco años de evaluación del proyecto, son los siguientes.

**Tabla XVII. Costos totales según la opción B.**

<b>ALTERNATIVA B</b>	<b>1er año</b>	<b>2do año</b>	<b>3er año</b>	<b>4to año</b>	<b>5to año</b>
Volumen de producción (toneladas)	600	630	662	695	729
Costo de extracción	Q 259,998.00	Q 272,997.90	Q 286,864.46	Q 301,164.35	Q 315,897.57
Costo de procesamiento	Q 351,600.00	Q 369,180.00	Q 387,932.00	Q 407,270.00	Q 427,194.00
Costo administrativo	Q 630,448.88	Q 646,109.88	Q 661,298.78	Q 675,030.93	Q 693,323.67
Costo de distribución	Q1 60,000.00	Q 163,000.00	Q 164,800.00	Q 166,800.00	Q1 68,800.00
<b>Total</b>	<b>Q1,402,046.88</b>	<b>Q1,451,287.78</b>	<b>Q1,500,895.24</b>	<b>Q1,550,265.28</b>	<b>Q1,605,215.24</b>

#### **4.2 Posibles fuentes de financiamiento**

Para efectos del presente estudio se plantea tanto para la alternativa “A” como para la alternativa “B” un financiamiento de hasta el 100% de la inversión inicial. Las posibles fuentes de financiamiento podrían darse por instituciones bancarias nacionales o internacionales. Cabe mencionar que el proyecto puede ejecutarse con capital propio de las personas o socios interesados, así como una combinación de ambas fuentes de financiamiento.

### 4.3 Plan de inversión

A continuación se muestra el detalle de los costos que ocasiona la inversión.

**Tabla XVIII: Plan de inversión alternativa “A”**

PROYECTO: PRODUCCIÓN DE PERLITA Plan de Inversiones e Instalaciones (En Quetzales)		
		ALTERNATIVA "A"
A. Inversiones Fijas		Moneda Nacional
<b>Terreno y Urbanización</b>		
Terreno	Q	1,000,000.00
<b>Edificios y Construcciones</b>		
Edificios	Q	2,000,000.00
Electricidad	Q	60,000.00
Supervisión	Q	20,300.00
Imprevistos (10% electric. - supervisión)	Q	8,000.00
<b>Maquinaria y Equipo Instalado</b>		
Maquinaria	Q	2,000,000.00
Instalación y transporte	Q	100,000.00
Herramientas	Q	20,000.00
Imprevistos (10% Instalación y transporte.- Herramientas)	Q	12,000.00
<b>Mobiliario y Equipo de Oficina</b>		
Mobiliario y equipo	Q	40,000.00
Imprevistos	Q	4,000.00
<b>TOTAL INVERSIÓN FIJA</b>	<b>Q</b>	<b>5,264,300.00</b>
<b>B. Inversiones en Activos Circulantes</b> (Capital de trabajo considerado durante los tres primeros meses de operación )		
Materia prima y gastos de extracción	Q	65,000.00
Mano de obra directa	Q	31,500.00
Lubricantes, energía eléctrica y agua	Q	4,700.00
Sueldos administrativos	Q	146,400.00
Materiales de oficina	Q	3,000.00
<b>TOTAL INVERSIONES ACTIVO CIRCULANTE</b>	<b>Q</b>	<b>250,600.00</b>
<b>TOTAL INVERSIONES (A+B)</b>	<b>Q</b>	<b>5,514,900.00</b>

**Tabla XIX. Plan de inversión alternativa “B”**

PROYECTO: PRODUCCION DE PERLITA Plan de Inversiones e Instalaciones		
(En Quetzales)		
		ALTERNATIVA "A"
A. Inversiones Fijas	Moneda Nacional	
<b>Terreno y Urbanización</b>		
Terreno		
<b>Edificios y Construcciones</b>		
Edificios		
Electricidad		
Supervisión		
Imprevistos (10% electric. - supervisión)		
<b>Maquinaria y Equipo Instalado</b>		
Maquinaria	Q	3,000,000.00
Instalación y transporte	Q	100,000.00
Herramientas	Q	20,000.00
Imprevistos (10% Instalación y transporte.- Herramientas)	Q	12,000.00
<b>Mobiliario y Equipo de Oficina</b>		
Mobiliario y equipo	Q	40,000.00
Imprevistos	Q	4,000.00
<b>TOTAL INVERSIÓN FIJA</b>	<b>Q</b>	<b>3,176,000.00</b>
<b>B. Inversiones en Activos Circulantes</b> (Capital de trabajo considerado durante los tres primeros meses de operación )		
Materia prima y gastos de extracción	Q	65,000.00
Mano de obra directa	Q	31,500.00
Lubricantes, energía eléctrica y agua	Q	4,700.00
Sueldos administrativos	Q	146,400.00
Materiales de oficina	Q	3,000.00
Alquiler	Q	61,200.00
<b>TOTAL INVERSIONES ACTIVO CIRCULANTE</b>	<b>Q</b>	<b>311,800.00</b>
<b>TOTAL INVERSIONES (A+B)</b>	<b>Q</b>	<b>3,487,800.00</b>

Como se indicó al inicio de este capítulo se consideran dos alternativas, la alternativa A, que toma en cuenta la compra de terreno y la construcción de la planta industrial y la alternativa B, que solo considera el pago de alquiler, lo que influye en los gastos de operación.

#### 4.4 Proyección de los ingresos

El presente trabajo de graduación sin pretender ser muy ambicioso, establece la producción anual en toneladas producidas, en base al estudio de mercado que se describe en detalle en el Capítulo I.

En la tabla XX, se muestran los ingresos proyectados anualmente de acuerdo al programa de producción anual estimado en los cinco años iniciales del proyecto, considerando como premisa principal que lo que se producirá es lo que se venderá. El precio propuesta se estableció en el precio promedio a nivel internacional del mineral perlita de US \$ 692 por tonelada con una tasa de cambio de \$1 = Q 8.10<sup>11</sup>, por lo obtenemos que el precio del mineral perlita sería de: Q5, 605.20/tonelada.

**Tabla XX. Proyección de Ingresos**

	PROPUESTA DE INGRESOS				
	año 1	año 2	año3	año 4	año 5
<b>Precio propuesto</b>	Q5,605.20	Q5,605.20	Q 5,605.20	Q5,605.20	Q5,605.20
<b>Toneladas del mineral perlita</b>	600	630	662	695	729
<b>TOTAL</b>	<b>Q3,363,120.00</b>	<b>Q3,531,276.00</b>	<b>Q3,710,642.40</b>	<b>Q3,895,614.00</b>	<b>Q4,086,190.80</b>

Nota: Estos resultados son cifras indicativas y su reflejo estará en función a las leyes del mercado de oferta y demanda.

---

<sup>11</sup> Tipo de cambio de referencia según Banco de Guatemala al 28/04/09

#### 4.5 Punto de nivelación o equilibrio

Con esta estimación de ingresos, el proyecto resultaría atractivo para cualquier inversor, toda vez que la utilidad marginal irá en constante incremento, no afectando a la inversión inicial en activo fijo, pues se tiene el objetivo inicial de cumplir con los cálculos de ventas previstos. Se considera que 600 toneladas producidas para el primer año es el límite mínimo de producción necesario para que sea económicamente rentable. El criterio de punto de equilibrio no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo ni la inversión alta de activos fijos, por lo que esta refleja únicamente cuando los ingresos igualan a los egresos. Los flujos netos de efectivos FNE muestran que el proyecto es muy seguro en su período de vida útil, desde esta perspectiva, al trabajar con el doble de la capacidad instalada (maquinaria y equipo básicamente), el proyecto aún es económicamente rentable sin financiamiento.

Tabla XXI. Punto de equilibrio opción A

CONCEPTO	PUNTO DE EQUILIBRIO ALTERNATIVA A				
	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Costos Fijos	610,448.88	626,109.86	641,298.78	655,030.93	673,323.67
Costo Variable Unitario	1,019.33	1,019.33	1,019.33	1,019.33	1,019.33
Precio	5,605.20	5,605.20	5,605.20	5,605.20	5,605.20
Punto de Equilibrio Contable (Toneladas)	133	137	140	143	147

Tabla XXII. Punto de equilibrio opción B

CONCEPTO	PUNTO DE EQUILIBRIO ALTERNATIVA B				
	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Costos Fijos	630,848.88	646,509.86	661,698.78	675,430.93	693,723.67
Costo Variable Unitario	1,019.33	1,019.33	1,019.33	1,019.33	1,019.33
Precio	5,605.20	5,605.20	5,605.20	5,605.20	5,605.20
Punto de Equilibrio Contable (Toneladas)	138	141	144	147	151

## 4.6 Evaluación económica

A continuación se presenta la evaluación económica para las opciones que se presentan en este estudio. Para el cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR), se fijó una tasa activa del 15.16%<sup>12</sup>, una tasa de inflación anual del 7.17%<sup>13</sup> y 5% de costo de oportunidad, por lo que se utilizará una TMAR del 27.33%, la cual es congruente con las tasas de rendimiento que se ofrecen en el sistema bancario, las cuales según los valores de inversión del proyecto, son inferiores.

**Tabla XXIII. Flujo de fondos y cálculo del VAN y TIR  
(Flujo en quetzales) Escenario “A”**

ESCENARIO "A"							VAN
CONCEPTO	0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
INGRESOS POR VENTAS	0.00	3,363,120.00	3,531,276.00	3,710,642.40	3,895,614.00	4,086,190.80	<b>Q 63,398.29</b>
COSTOS TOTALES (Egresos)	-5,514,900.00	1,382,046.88	1,431,287.78	1,480,894.78	1,530,265.28	1,585,215.24	
FLUJO NETO DE FONDOS (Utilidad)	-5,514,900.00	1,981,073.12	2,099,988.22	2,229,747.62	2,365,348.72	2,500,975.56	
Valor de Rescate al 5to año	0	0	0	0	0	0	

TIR = 28%

Tasa rendimiento promedio actual del sistema bancario. 15.16%

**Tabla XXIV. Flujo de fondos y cálculo del VAN y TIR  
(Flujo en quetzales) Escenario “B”**

ESCENARIO "B"							VAN
CONCEPTO	0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
INGRESOS POR VENTAS	0.00	3,363,120.00	3,531,276.00	3,710,642.40	3,895,614.00	4,086,190.80	<b>Q 2,039,182.77</b>
COSTOS TOTALES (Egresos)	-3,487,800.00	1,402,046.88	1,451,287.78	1,500,895.24	1,550,265.28	1,605,215.24	
FLUJO NETO DE FONDOS (Utilidad)	-3,487,800.00	1,961,073.12	2,079,988.22	2,209,747.16	2,345,348.72	2,480,975.56	
Valor de Rescate al 5to año	0	0	0	0	0	0	

TIR = 52 %

Tasa rendimiento promedio actual del sistema bancario. 15.16%

<sup>12</sup> Tasa activa según referencia La Superintendencia de Bancos de Guatemala 24/4/09

<sup>13</sup> Inflación promedio del primer trimestre del año 2009 según Banco de Guatemala

#### **4.6.1 Tasa interna de retorno (TIR)**

Según los análisis anteriores se tiene para el escenario “A” una tasa interna de retorno del 28% la cual está por encima del interés del sistema bancario que es de aproximadamente 15.16%.

Mientras que para el escenario “B” se tiene una tasa interna de retorno del 53 %, refleja un mayor porcentaje al escenario “A”.

Las matrices que se refieren al flujo de fondos que considera el proyecto planteado inicialmente a través de los escenarios A y B, tienen una vida útil de cinco años, generando los ingresos que en dicha matriz subyacen, para lo cual presentan una TIR aceptable de rendimiento para ambos escenarios; capital que permanece invertido al comienzo del año, generando, además, un flujo que permite reembolsar anualmente una parte del capital de modo tal que al final de la vida útil recupere toda su inversión original y redituado un rendimiento positivo. Un aspecto importante en el presente análisis es que debe considerarse la demanda como condición única para maximizar los beneficios durante los cinco años iniciales proyectados.

Como nota final se puede concluir que el proyecto es atractivo porque en cualquiera de las dos alternativas en que se decida el inversor su TIR es mayor a la TMAR, esto en el caso que el financiamiento para la inversión inicial sea del 100. En el caso que el inversor decida autofinanciar su proyecto, entonces su TIR disminuirá y el proyecto se hará mucho más atractivo, siempre y cuando el capital prestado sea menor que el costo de capital propio.

#### **4.6.2 Valor actual neto (VAN)**

Según los análisis anteriores, se cuenta para el escenario "A" con un valor actual neto de Q. 63,398.29 tomando en cuenta que para este escenario se contempla la compra de un terreno y la construcción de una planta industrial. Mientras que para el escenario "B" se tiene un valor actual neto de Q.2,039,182.77.

Las opciones de inversión que se presentan a través de los dos escenarios A y B, presentan un punto clave que son las diferencias incrementales entre las mismas, es decir, las diferencias incrementales de los flujos de efectivo de dichos escenarios.

En consecuencia, al comparar las dos opciones en mención, se determinó que el flujo de efectivo que representa menor flujos es el escenario "A", por cuanto constituye un incremento deseable económicamente por la adquisición de activos fijos y porque presenta un VAN positivo menor al escenario B. También, garantiza que el proyecto absorberá la inversión del terreno y planta industrial en un periodo de 5 años.

La segunda opción presenta un escenario optimista "B" el cual indica que también le generará beneficios directos al inversor, sin embargo, en su vida útil el proyecto tendrá erogaciones producto de sus costos de operación, dentro de los cuales se contempla el alquiler de una planta industrial entre otros.

### 4.6.3 Análisis de resultados

Las necesidades de capital necesario para la inversión se desglosan en el plan de inversiones e instalaciones para la operación de la planta industrial. En el escenario "A" se plantea el supuesto en que los inversores compren el terreno así como la construcción de la planta industrial teniendo con ello una inversión inicial más elevada la cual se ve reflejada en la diferencia del VAN de la alternativa "A" con la alternativa "B".

Si se analizan las dos alternativas a largo plazo, a partir del quinto año cuando ya se ha cancelado el valor del terreno y la planta industrial, el flujo de efectivo de la alternativa A será menor que el de la alternativa B, además de poseer un mayor patrimonio por la adjudicación de estos activos fijos. Por el contrario si se decide optar por alquilar una planta industrial, la inversión inicial fija se reduce alrededor del 40% (Q2, 088,300.00) además de poder trasladar la planta de una localidad a otra según convenga por la cercanía con nuevos yacimientos o el mercado objetivo. Con lo que se concluye que ambas alternativas son viables dando con ello la factibilidad económica del proyecto.

Los gastos que por concepto de adquisición de maquinaria, equipo e insumos según el presente estudio están disponibles en el mercado internacional, en este caso es factible importarlo a través de alguna empresa comercial.

La matriz de estimación de ingresos proyectados pretende comparar los ingresos totales que se generarán en el período con los gastos de ejecución y de operación del proyecto, con la finalidad de mostrar el movimiento de caja resultante de las operaciones financieras corrientes.

De conformidad al estudio de mercado se comprobó que existe una demanda suficiente del mineral perlita para usar este nuevo método de cultivo hidropónico en el país, toda vez que este tipo de mineral es explotado en gran escala localmente, y que dadas ciertas condiciones del mercado interno y externo presentan una demanda que justifica la puesta en marcha de un determinado programa de producción en el corto plazo, de conformidad a cada alternativa de inversión y evolución previsible de un consumo aparente.

Durante la fase de ejecución del proyecto serán percibidos los ingresos de capital provenientes del financiamiento inicial del proyecto, los cuales deberán totalizarse en forma anual; y durante la fase de operación que corresponde al período de diseño, tendrán lugar los ingresos por concepto de las ventas que se harán, tomando en consideración las variaciones de la demanda y de la oscilación de precios indicados en la matriz de ingresos por ventas anuales. Las variaciones en los precios de los productos en el período mejorarán los ingresos de efectivo totalizándolos año por año; los escenarios A y B muestran los flujos de efectivo que se generará a través de la vida útil del proyecto.

## **5 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

El estudio de impacto ambiental tiene la finalidad de determinar el tipo de alteraciones que causaría en el ambiente, la mina y la planta de expansión del mineral perlita en el municipio de Quezaltepeque departamento de Chiquimula, así como áreas aledañas a la mina. Además proporciona la información necesaria para la elaboración de un plan de mitigación ambiental que ayude a contrarrestar cualquier incidente de dicha naturaleza.

### **5.1 Evaluación de impacto ambiental**

La explotación que se espera se ejecute en un momento dado en las áreas o depósitos seleccionados, como ya se mencionó con anterioridad, será con una retroexcavadora y camiones de volteo, por lo que se espera que el tipo de contaminación que pudiera haber en un momento dado es de polución<sup>14</sup> y ruido. Al tratarse de una explotación a cielo abierto no es necesario hacer excavaciones para extraer el mineral lo cual disminuye considerablemente el efecto al ambiente.

Cuando se habla del impacto ambiental, representa la alteración que se produce en el ambiente al ejecutar determinada actividad o proyecto, sin embargo, dicha alteración no siempre es negativa, pues por el contrario en diversas situaciones favorece al medio.

---

<sup>14</sup> Contaminación por polución es por partículas de polvo en el aire

En los impactos o efectos sobre el ambiente se debe considerar:

- Si sirve para mejorar la zona, es positivo
- Si degrada la zona, es negativo
- Si causa destrucción, considerar su intensidad (total, baja, etc.)
- Si es mitigable, reversible o irrecuperable
- Su periodicidad, si es continuo o de vez en cuando

Dentro de la matriz de efectos negativos y positivos se procura establecer una valoración preliminar de los efectos que causaría al medio ambiente la instalación de una planta industrial así como la extracción de la materia prima, en el departamental de Chiquimula, la cual operará mediante las especificaciones descritas en el Estudio Técnico del presente proyecto.

**Tabla XXV. Matriz de efectos ambientales**

<b>RECURSO</b>	<b>EFECTO NEGATIVO</b>	<b>EFECTO POSITIVO</b>	<b>EFECTO INDEFINIDO*</b>
<b>Agua:</b> Su uso no interviene directamente en la producción, Por lo que no se requiere de grandes cantidades del mismo		No es parte fundaméntela del proceso productivo por lo que su uso no representara un efecto negativo.	Porque el uso que se hará de éste recurso es como el que se realiza en cualquier hogar.
<b>Aire:</b> el aire no será afectado ya que no existe químicos o sustancias nocivas en el proceso de expansión.		No existen gases o humos perjudiciales que genere el proceso de expansión por el horno.	No se tiene contemplado el uso de maquinaria que emane gases nocivos.
<b>Suelo:</b> parte fundamental para la instalación del taller y de la extracción de la materia prima.	Existe modificación del suelo en el área de extracción aunque con un impacto leve		La construcción de la planta es de esta clasificado como una nave industrial de tipo A.

---

\* Término utilizado en los casos en que no se sabe el tipo de efecto que produciría

### **5.1.1 Trámite de aprobación del estudio de impacto ambiental en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

Para el trámite de aprobación del estudio de impacto ambiental se debe llevar a cabo una evaluación de impacto ambiental que tiene como propósito proporcionar suficiente información documentada para el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), que pueda determinar si un proyecto, obra, industria o actividad propuesta produce impacto sobre el medio ambiente y/o los recursos naturales, y especifique el grado del mismo, así como proponer las medidas de monitoreo y mitigación aceptadas.

El interesado podrá gestionar directamente ante la Unidad Ambiental del Ministerio de Energía y Minas así como al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la determinación ambiental del proyecto, obra, industria o actividad, al presentar una solicitud inicial que contenga información básica según corresponda, sobre:

- a) Datos de la persona individual o jurídica.
- b) Tipo de proyecto (descripción general).
- c) Localización.
- d) Procedencia de la materia prima.
- e) Producto resultante.
- f) Mercado del producto (especialmente en caso de químicos).
- g) Procedencia de la maquinaria (nueva o usada).
- h) Métodos, sistemas y procedimientos empleados para obtener el producto final proyectado.
- i) Tipo, disposición y utilización de desechos y subproductos; plan de contingencia y medidas de seguridad humana y ambiental.

## **5.2 Plan de mitigación ambiental**

Se conoce como plan de mitigación ambiental a las medidas descriptivas a tomarse en situaciones de emergencia, el cual es un acto, condición o situación imprevista e inesperada ambiental que de no atenderse de inmediato podría ocasionar daños a la salud, seguridad o bienestar de los organismos, incluyendo al ser humano o a la calidad del medio ambiente.

El plan de mitigación ambiental es una herramienta necesaria para este tipo de proyectos, debido a la naturaleza del mismo. Dentro del plan se toman en cuenta los desechos sólidos y el plan de acción ante este caso.

Los desechos sólidos que pueden existir se derivan en el procesamiento de trituración del mineral. Al realizar esta actividad se generaría polvo del mineral perlita con una granulometría demasiado fina para las especificaciones de su uso como sustrato. Vale la pena mencionar que este material pudiera comercializarse en el sector de construcción ya que puede servir para la fabricación de concreto liviano (ver otros usos del mineral perlita en el Capítulo I).

### **5.2.1 Apertura y cierre de minas**

La etapa de apertura de la mina, puede ser inmediatamente ya que cuenta con las condiciones adecuadas para hacerlo. Las dos condiciones favorables con las que cuenta la mina son: buenas vías de acceso y disponibilidad del mineral, ya que se trata de una mina a cielo abierto, por lo que no requiere de excavaciones para su extracción.

Se requiere de un programa de capacitación en algunos oficios que se requerirán con mayor frecuencia durante la construcción para que la mano de obra local tenga mayores oportunidades de trabajo. Las actividades a realizar e instalaciones que será necesario construir incluyen:

- a) Descubrir el área donde se ubica el mineral perlita.
- b) Determinar el área donde se depositará el material que no posea valor comercial – escombrera,
- c) Descubrir de vegetación y preparar el área donde se depositará la roca triturada o procesada – depósito de colas. Se construirá la primera etapa del dique de colas, el cual tendrá dos ampliaciones durante la operación del proyecto.
- d) Mejoras al camino de acceso al área del proyecto, por donde llegarán materiales de construcción,
- e) Construcción de caminos internos en terrenos que posee en usufructo,
- f) Construcción de las instalaciones industriales, que incluyen las instalaciones de proceso, área de administración (oficina de administración, oficina de la mina, primeros auxilios y área de capacitación), área para actividades diversas (bodega y talleres)
- g) Revegetación y medidas de control de la erosión alrededor del proyecto.

Cuando finalice la operación, las instalaciones principales se cerrarán y el sitio se restaurará. El objetivo del cierre y la recuperación es mitigar los efectos de las perturbaciones originadas por el proyecto reduciendo al mínimo o eliminando los peligros a la seguridad pública y a la vez ofreciendo oportunidades para un uso productivo que concuerde con el uso potencial de la tierra.

El cierre del tajo, el depósito de colas y la escombrera se realizará conforme las prácticas de minería el mineral perlita internacionalmente aceptadas. Las actividades durante el cierre incluirán:

- Remoción de estructuras físicas que no puedan ser de utilidad (infraestructura);
- Cierre de la instalación tajo, escombreras y depósito de colas, de modo tal que reduzca al mínimo el potencial de contaminación de los recursos hídricos y el riesgo de accidentes para los pobladores del área;
- Renivelación, reemplazo del suelo y revegetación y
- Monitoreo ambiental.

### **5.2.2 Manejo de desechos sólidos**

El manejo de los desechos sólidos, producto de la actividad minera debe garantizar el menor daño posible a la salud humana o de otros organismos, para ello hay que definir lo que significa residuos peligrosos. “Residuos peligrosos son los desechos que requieren precauciones especiales para su almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento o eliminación para evitar daños a personas o propiedades, e incluye explosivos, inflamables, volátiles, radioactivos, tóxicos y patológicos.”

En este caso el mineral perlita no requiere de ningún químico ni sustancia tóxica para su procesamiento ya que es un mineral que se encuentra puro en la naturaleza, además no genera ningún residuo peligroso que se requiera cuidado especial. El tipo de producción no requiere la implementación forzosa de algún sistema complejo de manejo de residuos.

### **5.2.2.1 Procesamiento de residuos**

Los residuos generados por la producción del mineral perlita para usos hidropónicos no requiere ningún proceso especial, ya que se trata de polvo del mineral perlita que por el tamaño no cumple con las especificaciones, por lo que no requiere ningún tratamiento especial más aun es un mineral que tiene potencial en otros usos o aplicaciones.

### **5.2.3 Estrategias de protección ambiental**

Como se estableció anteriormente es necesario prevenir, controlar. Mitigar y rehabilitar los efectos de los impactos ocasionados por el simple hecho de existir una intervención del hombre, para lo cual se dan las siguientes recomendaciones:

- Almacenamiento de los químicos y líquidos inflamables en un área segura y protegida para evitar derrames nocivos al ambiente. Dichas sustancias deben estar bien identificadas para evitar algún accidente.
- Aplicar el reciclaje de los desechos sólidos, los cuales deben de identificarse previo al desecho.
- Implementar un sitio adecuado de almacenamiento temporal de los desechos para evitar algún esparcimiento.
- Utilizar a determinadas horas maquinaria y equipo que provoque más de 100 decibles.

### **5.3 Preparación y respuesta ante situaciones de emergencia**

La empresa ejecutora del presente trabajo de graduación, tiene la responsabilidad de minimizar los riesgos y asegurar la planificación eficaz de la respuesta, aunque normalmente sean las entidades estatales (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), los cuerpos de bomberos, las autoridades de salud y de ambiente y policía) las que tengan la obligación legal de atender emergencias dentro y fuera de los límites de las instalaciones industriales.

El plan de preparación y respuesta ante situaciones de emergencia, considerará como mínimo las siguientes situaciones:

- Derrames de Combustible: Los combustibles que se emplearán en el Proyecto, pueden constituir un riesgo al ambiente y a las personas si llega a producirse un derrame.
- Deslizamiento de material inerte acumulado, se generarán grandes cantidades de roca que contienen niveles subeconómicos de mineral. Mucho de este material puede ser usado durante las nivelaciones, sin embargo, también queda bastante apilado, que podría eventualmente deslizarse.
- Incendios y/o explosiones: El proyecto almacenará y usará fluidos inflamables en operación. Los explosivos serán controlados y almacenados en polvorines. En el sitio del proyecto también se almacenarán sustancias inflamables, que incluye combustibles, solventes, etc.

- Desastres naturales: el sitio del proyecto podría ser afectado principalmente por un terremoto. La ubicación geográfica del sitio del Proyecto no permite que fácilmente pueda ser afectado por un huracán u otro tipo de tormentas.

Otras situaciones para las cuales sea necesario contar con planes de contingencia, la definirá un grupo coordinador de contingencias, cuya integración y objetivos se deben documentar en un manual de seguridad industrial el cual establecerá su alcance y responsabilidades de cada miembro que lo integre.

Este plan se referirá principalmente a los casos más probables que puedan presentarse como son los derrames de combustibles y/o lubricantes, quemaduras por el manejo del horno y mutilación por la operación con el molino. De los tres el de mayor riesgo es el de derrames de combustibles, necesarios para la operación del horno, que se puede controlar mediante el uso de adsorbentes. Una vez contenido el derrame, los adsorbentes se retirarán y almacenarán en contenedores apropiados en el sitio de la planta industrial a la espera de su eliminación final.

Se recomienda la implementación de un sistema de seguridad industrial y ocupacional con el fin de disminuir las condiciones inseguras de los trabajadores de la planta de proceso como en la mina, así como la capacitación adecuada con el fin de reducir los actos inseguros en los lugares antes mencionados, establecer un control estadísticos de los accidentes e implementar acciones correctivas a los mismos.



## CONCLUSIONES

1. Basados en los hallazgos antes descritos y de los objetivos propios del trabajo de graduación, se consideró que el mineral perlita, puede ser desarrollado para promover una nueva actividad económica, que puede traer beneficio económico a la región, además de introducir un nuevo método de cultivo en nuestro país aprovechando responsablemente nuestros recursos minerales y aumentando la productividad en el sector agrícola que lo utilice.
2. El mineral perlita tiene gran potencial en el mercado agroindustrial guatemalteco, debido a las inadecuadas condiciones del suelo en la mayor parte del territorio nacional y la falta de recursos hidrológico tanto para cultivos permanentes como para cultivos temporales.
3. Con la información geológica obtenida en La Dirección General de Minería, se determinó la existencia de yacimientos en el municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula, con suficiente mineral perlita que justifique su explotación a nivel industrial
4. Se realizaron pruebas a una muestra extraída en el área en estudio, a la cual se le aplicó el proceso de trituración, clasificación y expansión a nivel de planta piloto, dando como resultado un producto que cumple con las especificaciones volumétricas y granulométricas necesarias para utilizarla como sustrato en cultivos hidropónicos.

5. El mineral perlita guatemalteco puede utilizarse en el ramo agrícola como sustrato en cultivos hidropónicos, en el ramo de la construcción como agregado en la fabricación de concreto liviano y en aplicaciones industriales como medio de filtrado para productos farmacéuticos, comestibles, químicos y agua para los sistemas municipales y piscinas.
  
6. Se determinó mediante el uso de herramientas como diagramas de flujo de operaciones, los procesos de minado y transformación para la obtención de la materia prima y el proceso de transformación (extracción, trituración, clasificación y expansión). Tomando en cuenta que los procesos de extracción y transformación propuestos, puede variar en función de las especificaciones técnicas de la maquinaria necesaria para estos procesos.
  
7. Para determinar la factibilidad económica del proyecto se evaluaron dos alternativas, la primera contempla la compra de un terreno y la construcción de una planta industrial ubicada cerca del área de explotación, en la segunda opción se contempla el alquiler de una planta industrial ubicado en el sector de Quezaltepeque, mismo sector que la opción anterior. de los escenarios A y B, tienen una proyección de cinco años, el proyecto es factible debido a que en cualquiera de las dos alternativas en que se decida el inversor la TIR es mayor a la TMAR. Los resultados económicos son los siguientes. Para la alternativa "A", el  $TIR_A = 28 \%$   $VAN_A = Q. 63,398.29$ . Para la alternativa "B"  $TIR_B = 52 \%$   $VAN_B = Q. 2, 039,182.77$ . esto muestra que cualquier alternativa que se ejecute es viable, tomando en cuenta que la comercialización de este tipo de mineral tiene un aumento en su demanda en el mercado internacional.

8. Dentro del marco administrativo legal, se determinaron los procedimientos, normas y leyes que deben tomarse en cuenta a la hora de ejecutar el presenta trabajo de graduación, así como una propuesta de la organización para el funcionamiento de la misma.
  
9. El estudio de impacto ambiental presenta elementos básicos que debe tomarse en cuenta para la implementación de este tipo de proyectos. La responsabilidad social empresarial de la empresa que ejecute el proyecto por medio de medidas que mitiguen el impacto ambiental, con el fin obtener verdadero desarrollo sostenible.



## RECOMENDACIONES

1. El apoyo al desarrollo de la minería el país por parte del gobierno como de la comunidad Internacional es fundamental para el desarrollo económico sostenible de la sociedad guatemalteca, es por ello que proyectos de esta índole son beneficiosos desde todo punto de vista, sobre todo en el marco de la generación de empleos y aperturas económicas para regiones con potencial.
2. Se recomienda hacer estudios de mercado más analíticos, que permitan identificar nuevos segmentos de mercado en el que el mineral perlita pueda ser utilizado como sustrato en cultivos hidropónicos, proyectar la demanda del mineral de manera más exacta, por medio de información de fuente primaria, previo a su comercialización en función a las variables de mercado. Además se debería realizar campañas de divulgación a nivel nacional e internacional por parte de instituciones estatales como el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Minería, sobre el potencial minero en el país, en este caso del mineral perlita, para su explotación, procesamiento y comercialización,
3. Es importante que La Dirección General Minería, colabore con estudios geológicos más profundos para detectar nuevos yacimientos del mineral, para atraer a inversionistas nacionales y extranjeros a la implementación de este tipo de proyectos.

4. Se requiere hacer más pruebas de laboratorio a muestras del mineral perlita localizado en los yacimientos encontrados, para medir sus propiedades volumétricas y granulométricas necesarias para su uso como sustrato, además se recomienda pruebas de cultivo con el mineral perlita a diferentes cultivos y medir su eficiencia en comparación con los métodos tradicionales de cultivo.
5. Es de suma importancia considerar que el proceso de explotación y expansión del mineral perlita presentados en el presente trabajo de graduación, son a nivel de propuesta, por lo que se recomienda conocer las especificaciones técnicas de la maquinaria y herramientas a utilizar así como las distancias entre la mina y la planta de proceso, para determinar la secuencia, tiempo, distancias y capacidad instalada en cada procesos necesarios para su ejecución.
6. Se requiere de una evaluación económica en función de las variables de mercado en el momento de la ejecución del presente trabajo de graduación, así como intereses de financiamiento y los costos de la alternativa que utilicen para la implementación del mismo.
7. Se recomienda a los inversionistas tomar en cuenta todos los aspectos legales necesarios para la implementación del proyecto referente al ramo minero y laboral, así como los aspectos administrativos necesarios para el funcionamiento del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Calderón Enríquez, Edgar Francisco. La pequeña minería una posibilidad de desarrollo para el altiplano occidental de Guatemala. Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería USAC.
2. **Código de Trabajo** (1971). Decreto No.14-41 del Congreso de la República de Guatemala. Edición Alenro.
3. Denver Equipment Company, **Mineral Processig Flowsheets**. Denver Colorado, Estados Unidos, 1962.
4. Koontz, H. y Weihrich, H. (2004). **Administración una perspectiva global**. (12ª. Edición). México: McGraw – Hill.
5. **Ley de Minería**, Acuerdo Legislativa número 48-97, Acuerdo Ministerial número 176-2001.
6. **Ley del IGSS** (1946). Decreto No. 295 del Congreso de la República de Guatemala. Edición Alenro.
7. **Ley del Impuesto al Valor Agregado IVA** (1997). Decreto 27-92 del Congreso de la República de Guatemala. Edición Alenro.
8. **Ley del Impuesto Sobre la Renta ISR** (1997). Decreto No. 26-92 del Congreso de la República de Guatemala. Edición Alenro.
9. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Minería. **El mineral perlita de Guatemala**. Inédito, Guatemala, 2003.
10. Young, George J. **Elementos de Minería**. Segunda Edición. España: Editorial Gustavo Gili, 1961.

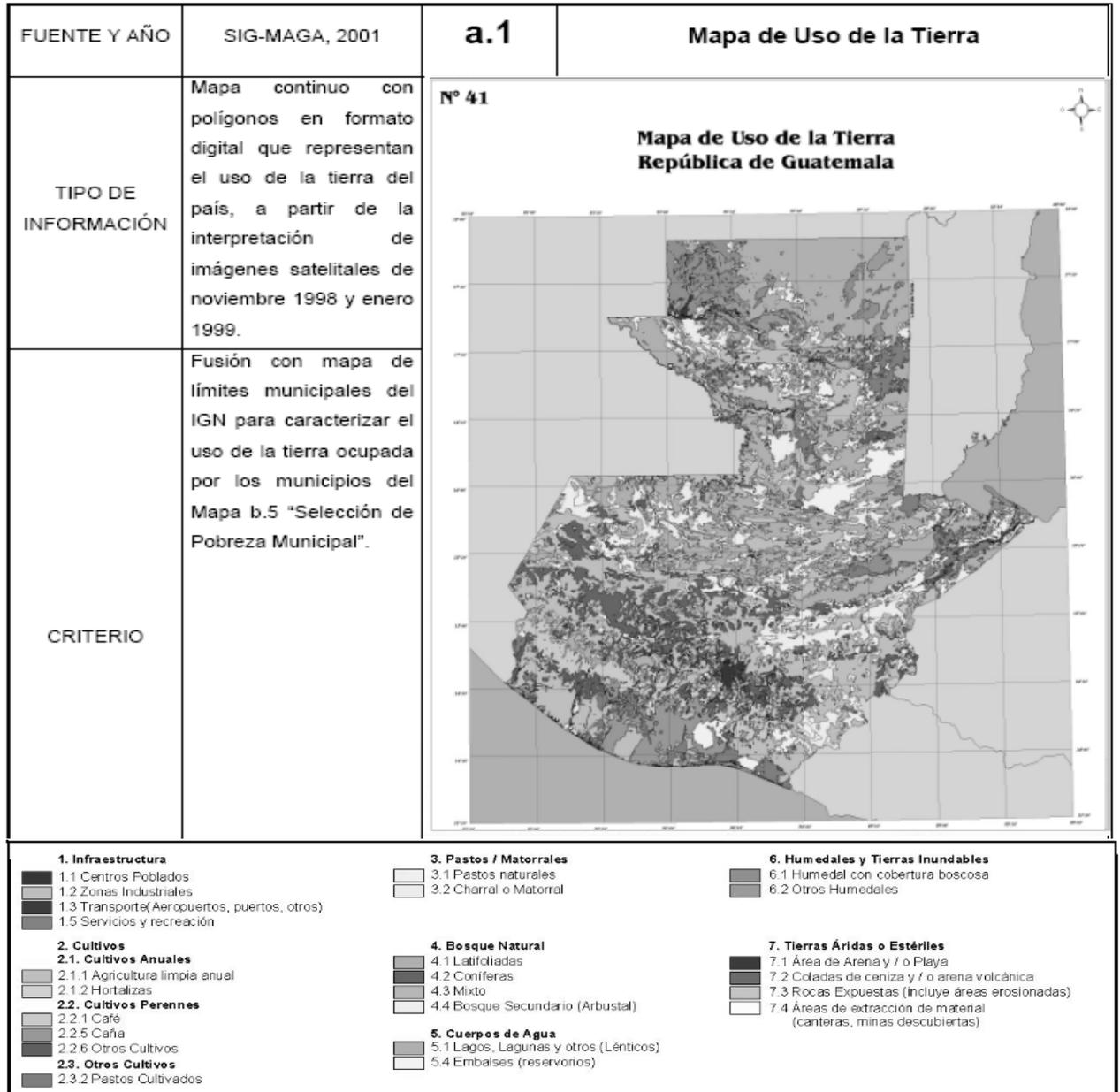


# ANEXOS



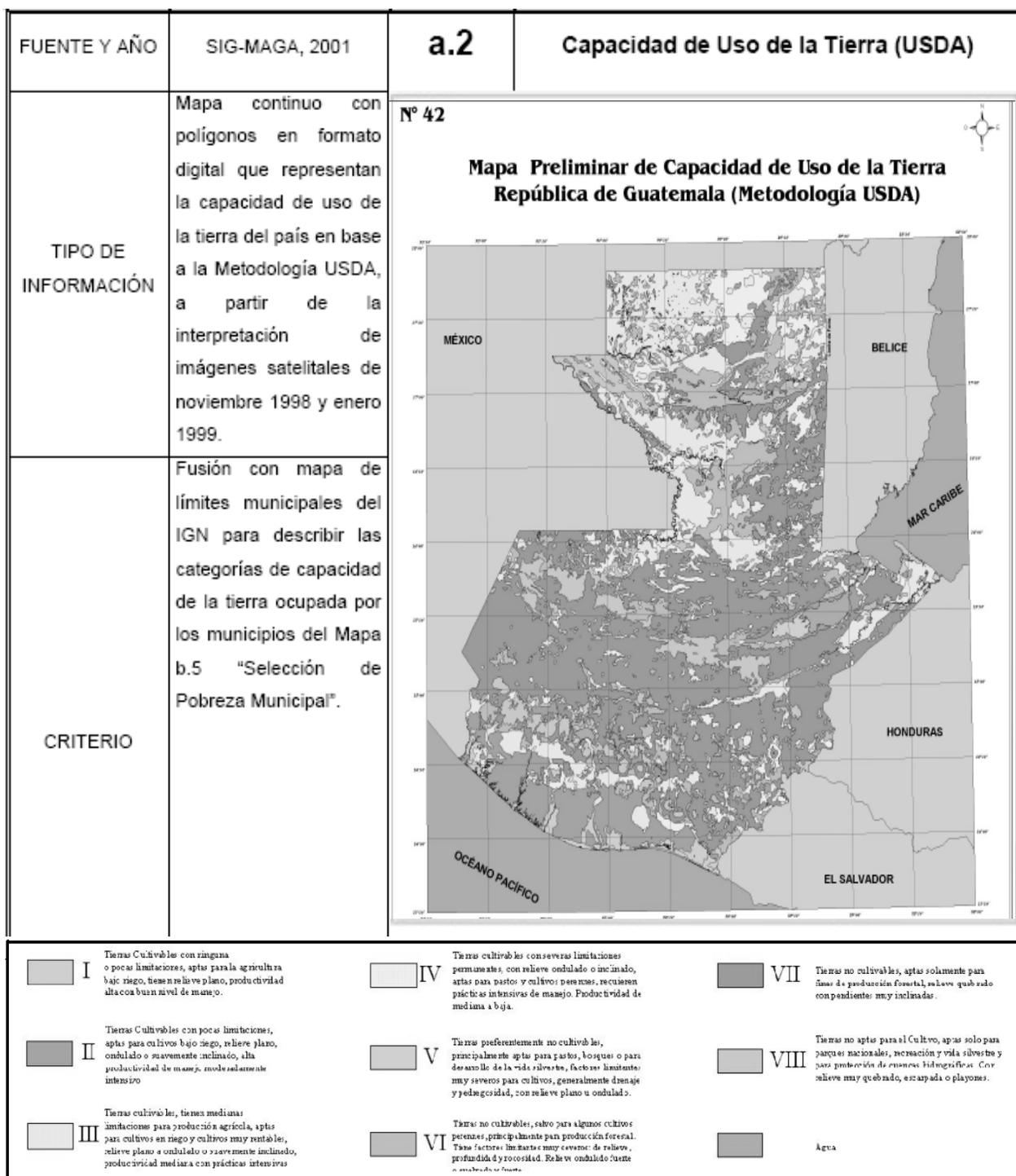
**ANEXO 1**  
**MAPAS CON VARIABLES BIOFÍSICAS Y SOCIOECONÓMICAS DE LA TIERRA**

**Figura 34. Mapa del uso de la tierra**



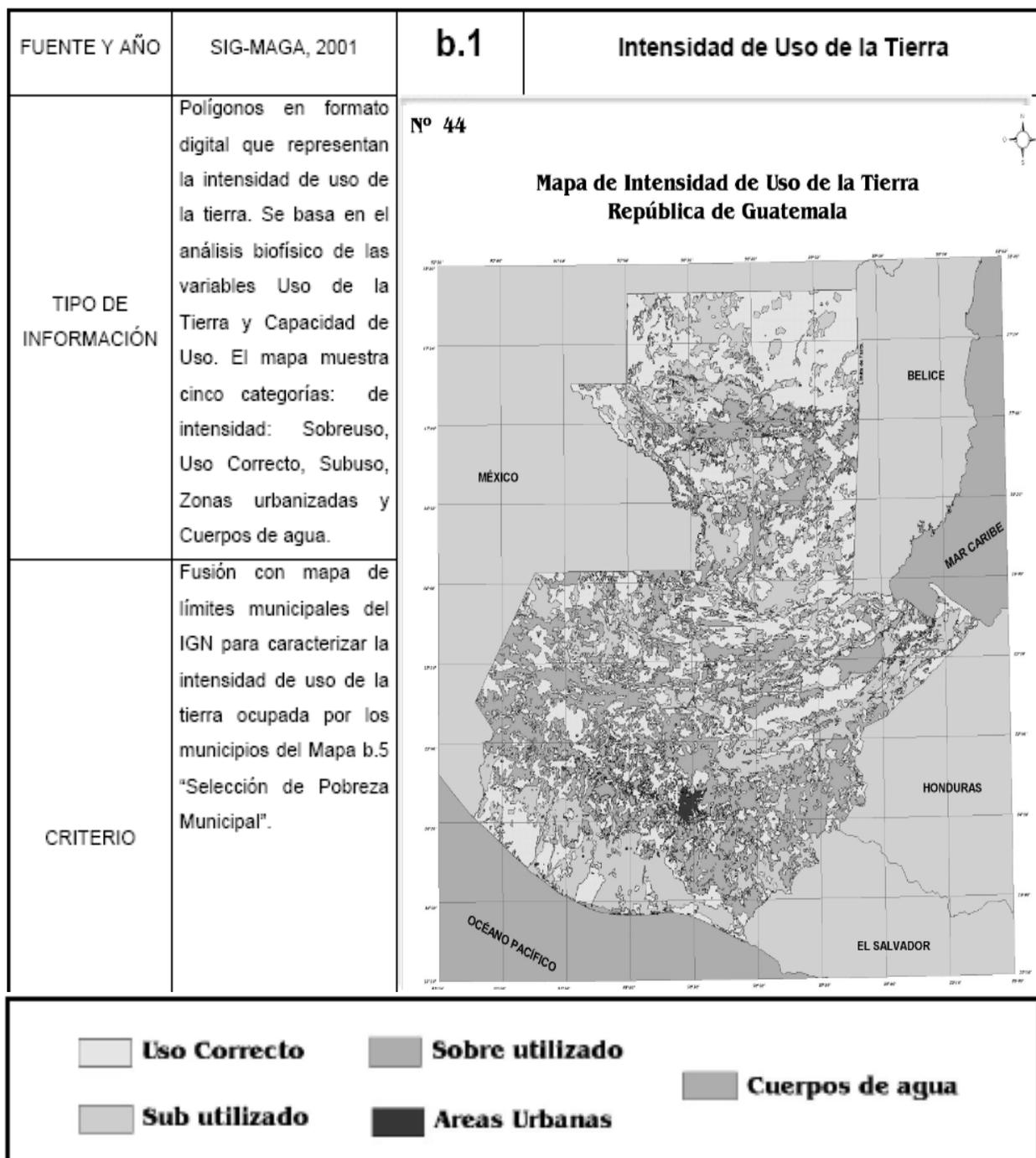
Fuente: página de Internet [www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)

Figura 35. Mapa preliminar de capacidad de uso de la tierra en Guatemala



Fuente: página de Internet [www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)

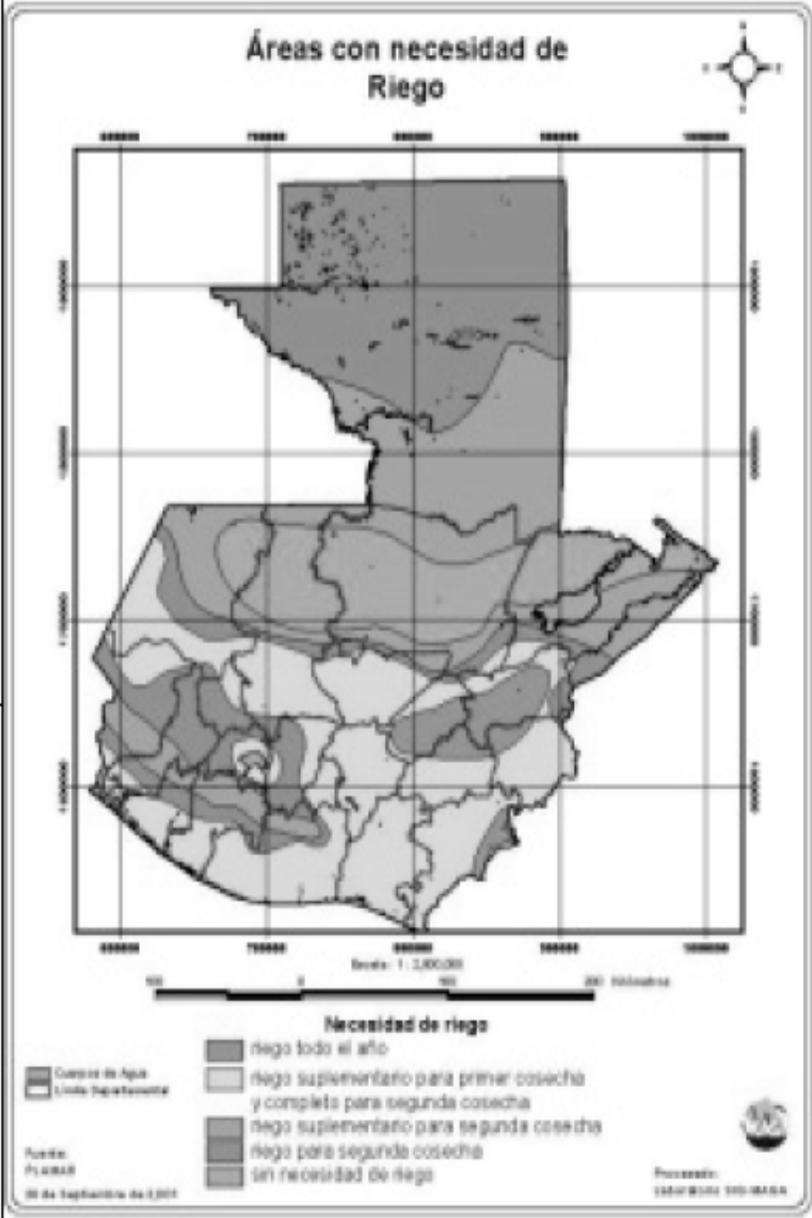
**Figura 36. Mapa de intensidad de uso de la tierra en Guatemala**



Fuente: página de Internet [www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)

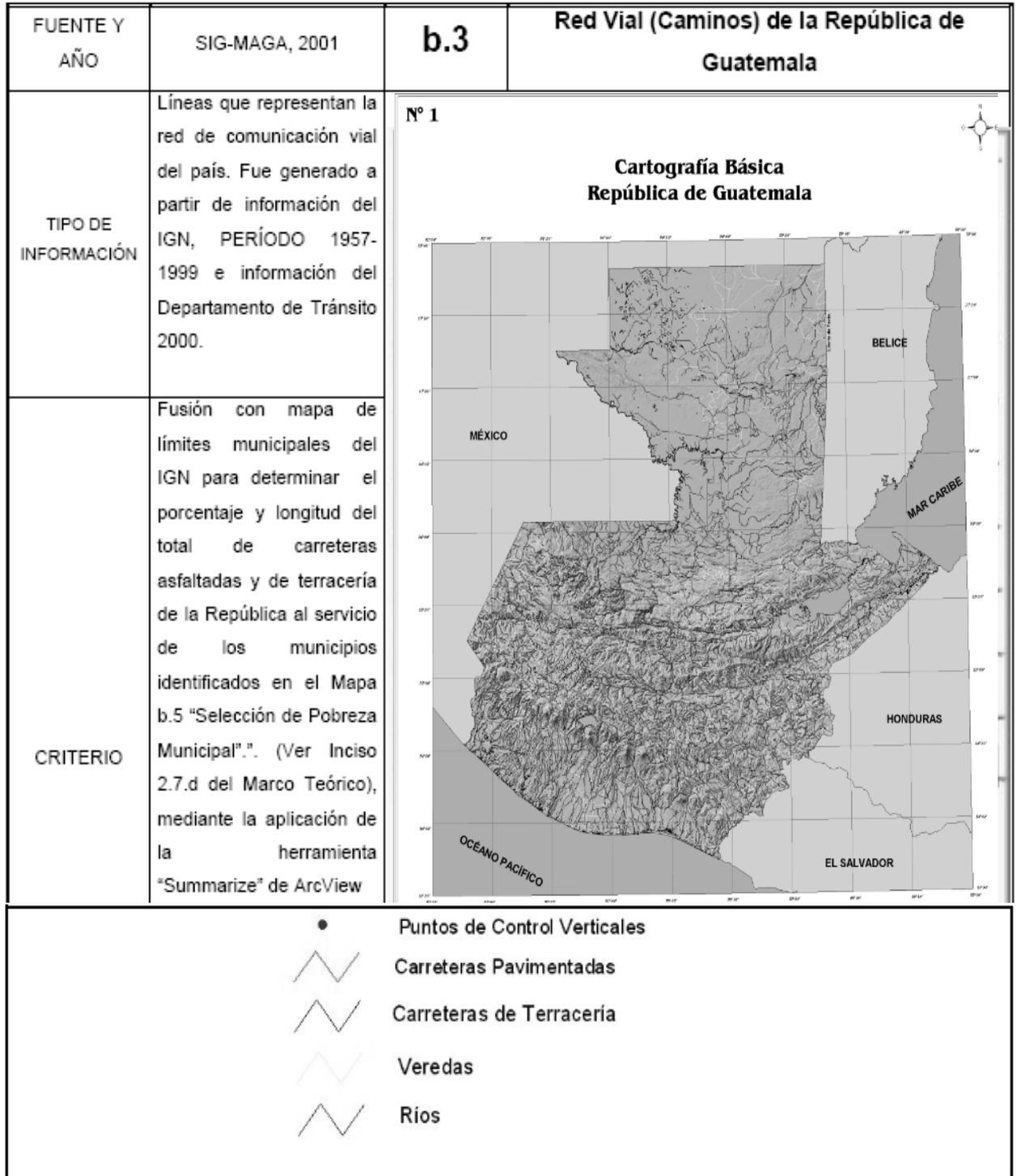
**Figura 37. Mapa de áreas con necesidad de riego en Guatemala**

<p>FUENTE Y AÑO</p>	<p>PLAMAR-MAGA, 2001</p>	<p><b>b.2</b></p>	<p><b>Áreas con necesidad de Riego</b></p>
<p>TIPO DE INFORMACIÓN</p>	<p>Raster que representa zonas con diferentes demandas de riego, asumiendo que la misma unidad de área será cultivada dos veces al año. Ha sido dividido en cinco categorías: Riego todo el año, Riego suplementario para primer cultivo, Riego para segundo cultivo, Riego suplementario para segundo cultivo y Sin necesidad de riego.</p>		
<p>CRITERIO</p>	<p>Fusión con mapa de límites municipales del IGN para identificar el porcentaje de área de cada categoría presente en los municipios del Mapa b.5 "Selección de Pobreza Municipal".</p>		



Fuente: página de Internet [www.maga.gov.gt](http://www.maga.gov.gt)

**Figura 38. Mapa de cartografía básica de Guatemala**

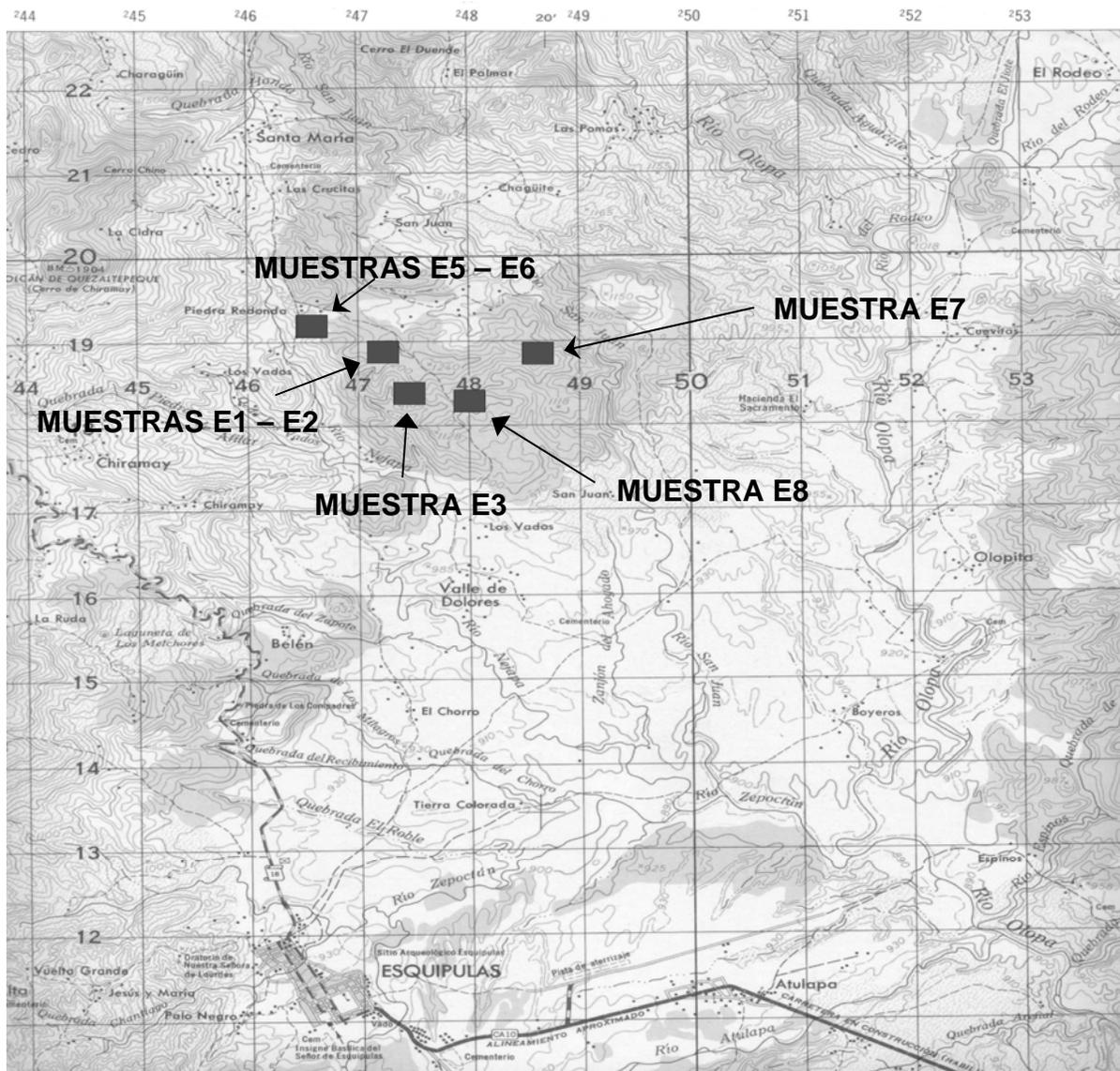


Fuente: página de Internet <http://www.segeplan.gob.gt>

**ANEXO 2**  
**HOJAS TOPOGRAFICAS DE LOS YACIMIENTOS DEL MINERAL PERLITA**  
**ENCONTRADOS**

**Figura 39. Hoja topográfica de Esquipulas 2359-IV**

**HOJA TOPOGRAFICA ESQUIPULAS 2359-IV**

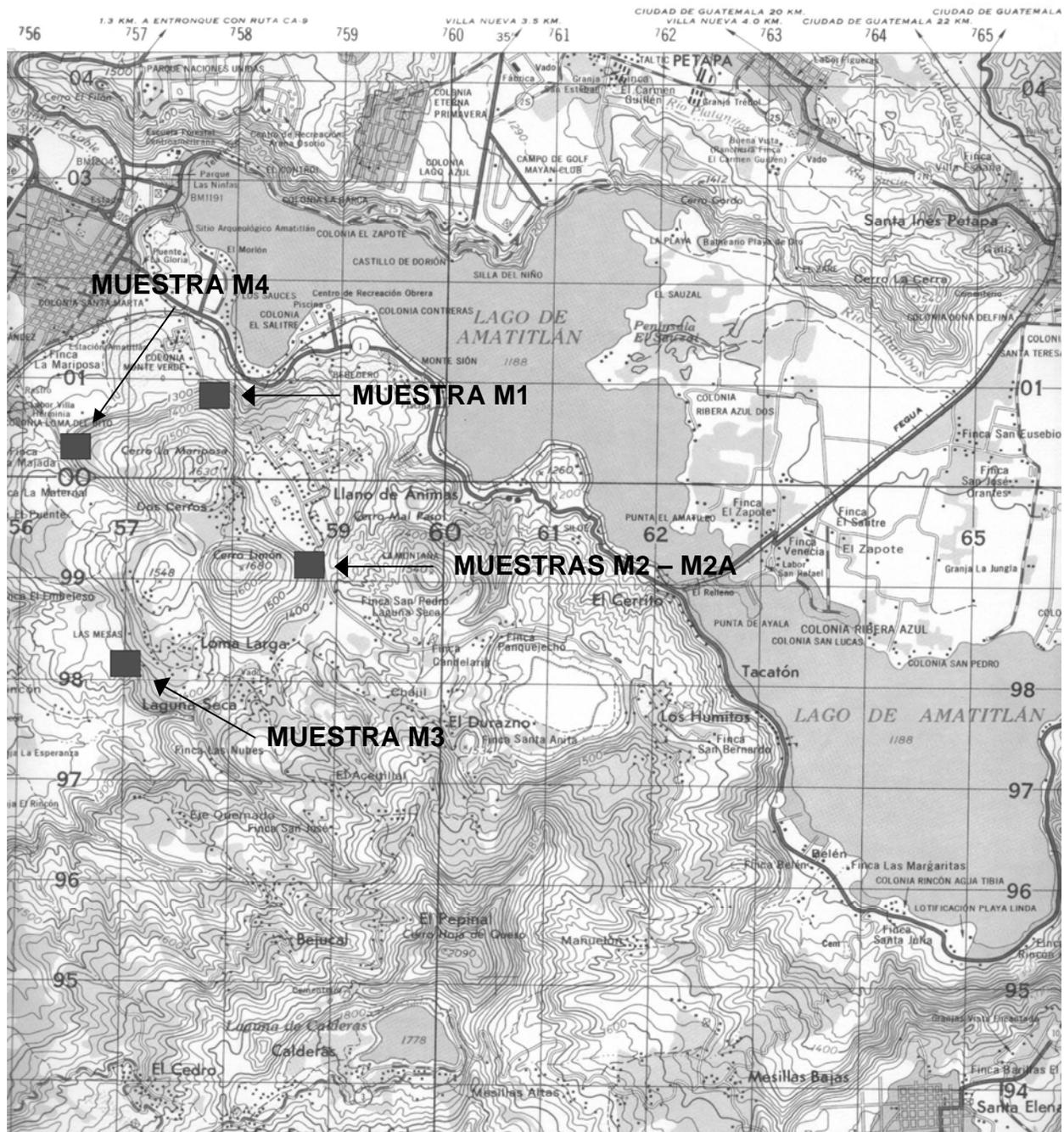


Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)



Figura 41. Hoja topográfica de Esquipalas 2059-II

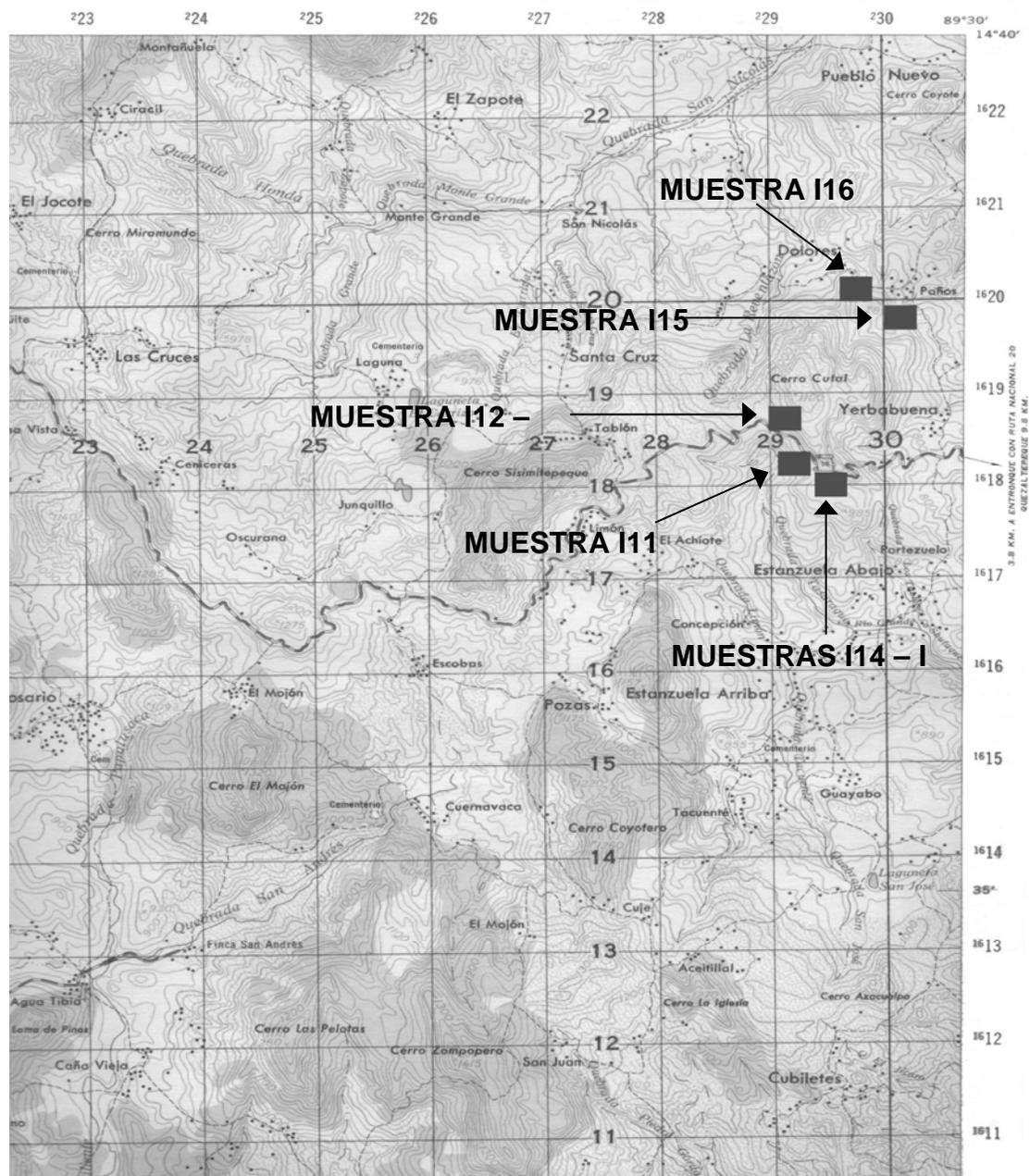
## HOJA TOPOGRAFICA AMATITLAN 2059-II



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Figura 42. Hoja topográfica de Esquipalas 2259-IV

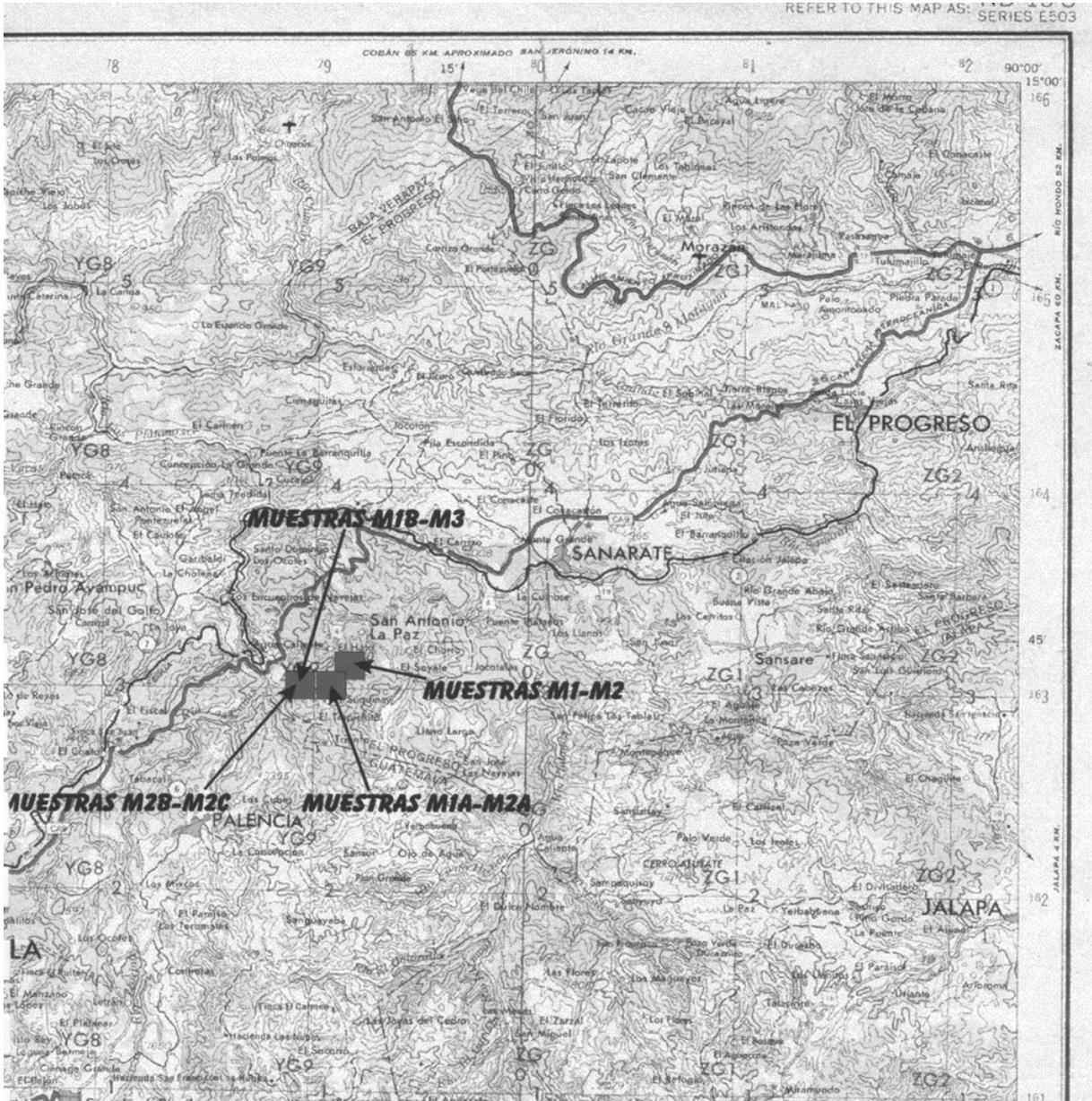
**HOJA TOPOGRAFICA IPALA 2259-IV**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Figura 43. Hoja topográfica Guatemala 1:250,000

HOJA TOPOGRAFICA GUATEMALA 1:250,000



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)