

## Presentación

**E**l presente estudio tiene como objetivo analizar las potencialidades que presenta el granate como abrasivo, y sobre todo en sus diversas formas que industrialmente oferta al mercado como producto terminado. Las aplicaciones son variadas dependiendo del tipo de actividad que se desarrolla y de igual forma se dispone de una gama variada de material abrasivo, que industrial y artesanalmente son demandados por la economía guatemalteca. Generalmente, todos los productos abrasivos que se ofertan al mercado local son importados.

**P**ara el efecto, el presente estudio ha sido analizado en tres capítulos. El primero trata acerca de las características físicas del granate, procesos y aplicaciones industriales. El segundo se refiere al análisis de mercado del granate como abrasivo en Guatemala (oferta-demanda), variedades del granate, análisis de precios y aspectos de la comercialización. El tercero está enfocado a un análisis del mercado mundial del granate a nivel industrial.

**E**n la siguiente etapa de este estudio se podrá analizar los flujos financieros y potencialidades del mercado, aunque previamente se considera que con el desarrollo del estudio preliminar, es viable desarrollar un proyecto de esta naturaleza en Guatemala, toda vez que no existe competencia en el mercado local de ningún productor y solamente se tendrá que competir en calidad, precios y en la sustitución gradual de algunos productos abrasivos que son importados por la economía guatemalteca con los beneficios y efectos colaterales para el inversor.

Finalmente, se agradece la colaboración del ingeniero Oscar Rosal, por sus importantes sugerencias y comentarios.

# CAPITULO I

## 1. EL GRANATE COMO ABRASIVO

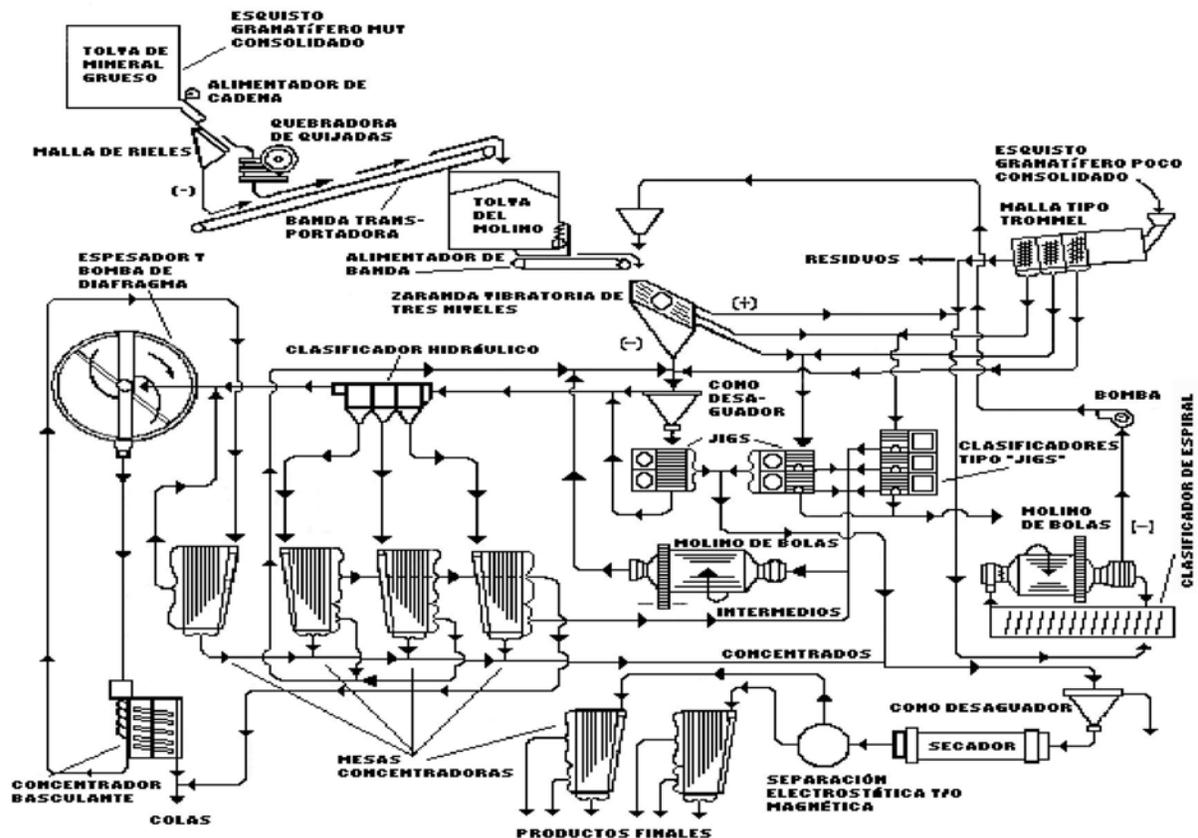
### 1.1 Características del granate

El granate no es un mineral sino un término que comprende un complejo grupo de minerales que tienen características parecidas en general, pero que difieren de su composición química. El granate se encuentra como un mineral accesorio en muchas rocas, pero su emplazamiento común es en las rocas metamórficas denominadas esquistos.

Desde el punto de vista químico, los granates se pueden considerar como silicatos que contienen calcio, aluminio, hierro y más raramente magnesio, manganeso y cromo.

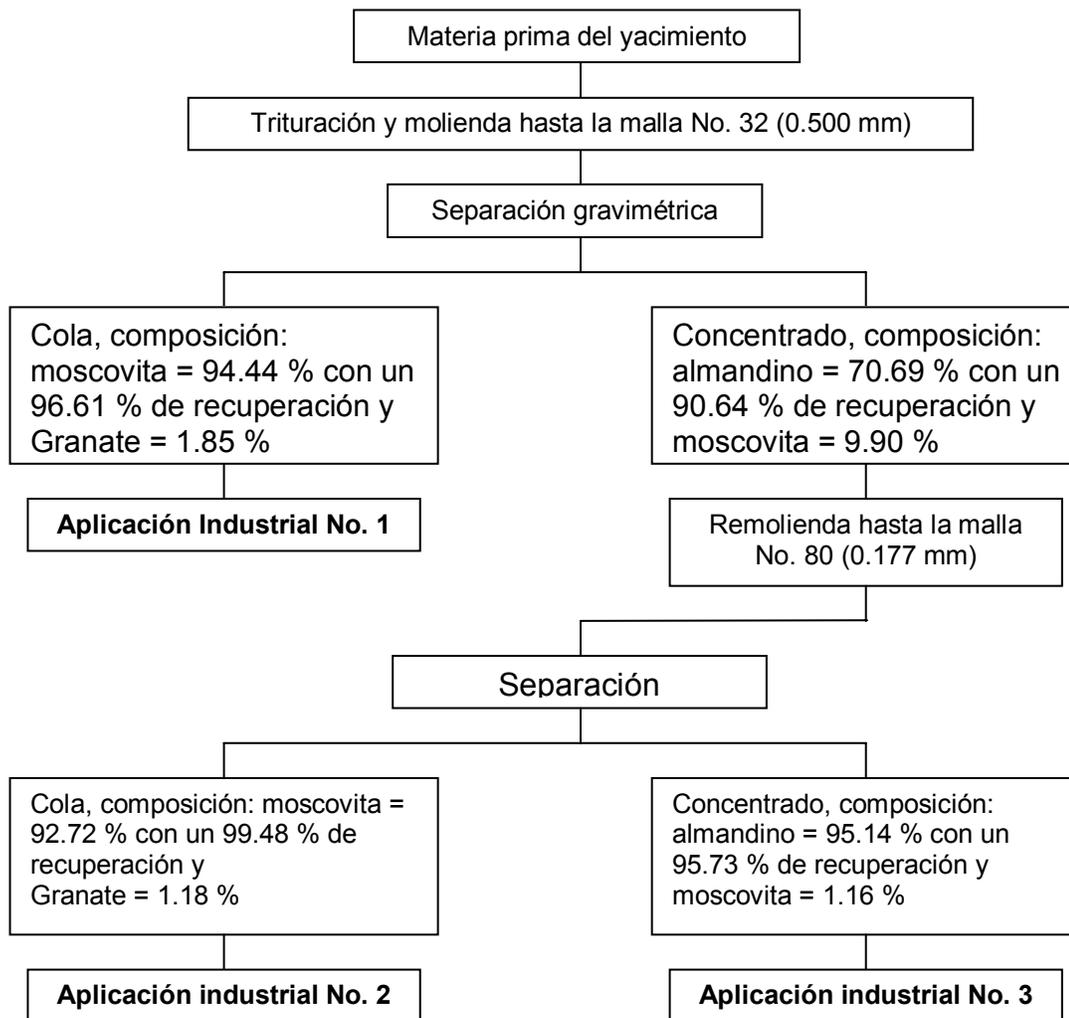
### MINERALES DE GRANATE Y MICA. PLANTA DE PROCESAMIENTO, APLICACIONES INDUSTRIALES Y SUS VARIEDADES

Figura No. 1 Planta de procesamiento de granate.



### Proceso del Granate en Laboratorio

A nivel planta piloto de bajo costo y libre de desechos químicos contaminantes, para separar y concentrar el granate almandino de su roca envolvente. Se recomiendan las aplicaciones industriales de cada componente, según su tamaño y pureza.



**Aplicación industrial No. 1:** según Rutley, F.<sup>1</sup>, “por el tamaño de partícula, la moscovita puede usarse como aislante eléctrico en muchos aparatos. Se usa simplemente en hojas o bien en paquetes o bloques, consistentes en una serie de hojas cementadas entre sí con resinas sintéticas; de tal modo que puede darse al bloque la forma que convenga para su uso. También se puede usar como aislante térmico”.

<sup>1</sup> Elementos de mineralogía, 3ª. edición. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1996.

**Aplicación industrial No. 2:** según, Rutley, “la moscovita molida se utiliza en gran escala para recubrimientos que impidan la adherencia de unos objetos con otros; en las manufacturas de lubricantes y piedras artificiales; para dar brillo a los papeles de las paredes; finamente molida sirve para dar el efecto de la helada y simular la nieve en las tarjetas, árboles y adornos de Navidad”.

**Aplicación Industrial No. 3:** el principal uso que puede darse al almandino, obtenido en este proceso, radica principalmente en su alta dureza y en la pureza del concentrado. Puede usarse como abrasivo en telas y papel, abrasivos encubridores; cortado hidráulico a alta presión y acabado en madera, cuero, hule y plásticos; para el acabado de las superficies metálicas, y usos similares, que incluyen la limpieza y el acondicionamiento del aluminio y otros metales suaves.

El uso del granate para limpieza por chorro abrasivo (blast cleaning), ofrece excelentes resultados y bajos costos hasta el punto que ha sido un magnifico sustituto de la arena silícea y escoria volcánica. El polvo de granate posee un alto peso específico, es decir, es fácil de limpiar por que no es arrastrado por corrientes de aire como la arena silícea y de escoria, además se puede reutilizar o reciclar en el proceso hasta ocho veces obteniendo excelentes resultados.

A continuación se describe una formula matemática que puede usarse para calcular el costo total en el proceso de limpieza por chorro a presión<sup>2</sup>:

$$\text{Costo Total} = \frac{\text{abrasivo} + \text{mano de obra} + \text{equipo}}{\text{razón de producción}} + \text{otros costos}$$

Esta formula puede colocarse como:

$$\text{Costo Total} = \frac{(A \times B) + C + D}{Y} + \text{otros costos} \quad \text{Total en Q / Pie}^2$$

Donde:

- A es el costo del abrasivo (granate, arena silícea o escoria volcánica), en Q / ton
- B es la razón o tasa de uso, manejo o empleo
- C es el costo de la mano de obra en Q/ hr.
- D es el gasto del equipo en Q/hr.
- Y es la razón o tasa de producción, usualmente en pie<sup>2</sup> / hr
- Otros Costos pueden ser calculados y agregados como se desee

El costo total de la limpieza abrasiva a presión es la suma del material abrasivo, mano de obra, los costos incurridos por equipo entre la razón de producción y el cociente más otros costos que incluyen gastos contenidos en monitoreo medio ambiental, limpieza y eliminación de basura, entre otros.

<sup>2</sup> Fuente: [www. Westerngarnet.com/emerald-fullcost.html](http://www.Westerngarnet.com/emerald-fullcost.html).

Se plantea el siguiente ejemplo para comparar entre los costos incurridos al usar la arena silíceea y al usar el polvo abrasivo de granate en la limpieza por chorro a presión.

|  | Arena silíceea | Granate       |
|--|----------------|---------------|
| A Costo del abrasivo puesto en la empresa US\$ / ton | 40.00          | 285.00        |
| B Velocidad de operación del eyector en ton / hr     | 0.85           | 0.38          |
| C Costo de la mano de obra en US\$ / hr              | 50.00          | 50.00         |
| D Gasto del equipo en US\$ / hr                      | 50.00          | 50.00         |
| Y Rendimiento calculado en pie <sup>2</sup> / hr     | <u>158.00</u>  | <u>261.00</u> |
| <b>Costo total directo en US\$ / pie<sup>2</sup></b> | <b>0.85</b>    | <b>0.80</b>   |

Si se analiza el rendimiento junto con el costo directo puede obtenerse el ahorro:

- ◆ Granate:  $0.85 \text{US\$} / \text{pie}^2 \times 158 \text{pie}^2 / \text{hr} = 134.30 \text{US\$} / \text{hr}$
- ◆ Arena silíceea:  $0.80 \text{US\$} / \text{pie}^2 \times 261 \text{pie}^2 / \text{hr} = 208.80 \text{US\$} / \text{hr}$

Además, debe tomarse en cuenta que el 85% del polvo de granate se puede reciclar hasta ocho veces, obteniéndose una reducción del costo arriba de US\$ 0.40 / pie<sup>2</sup>.

### El granate de Guatemala

El mineral de granate almandino analizado proveniente de Pachalum y Joyabaj, resultó tener una dureza de 6.5 a 7.5; un peso específico promedio de 4.21; color rojo pardusco, translúcido en pequeñas secciones pulidas y en granulometrías finas menores a la malla 60, sub-translúcido u opaco y cristales rojizos traslucidos. Además de los resultados cuantitativos de la composición química que resultaron ser muy favorables, las aristas que formó el mineral al ser molido fueron filosas. El proceso de separación y concentración por gravedad resultó ser muy eficiente y sencillo como lo demuestra la formula del criterio de concentración<sup>3</sup>, debido a la gran diferencia de pesos específicos que existe entre los minerales componentes de la roca. Este mineral se recomienda para ser usado como material abrasivo, ya sea en polvo o montado sobre papel para lija.

### Lijas, abrasivos y lanas

Los abrasivos se clasifican por el tamaño del grano y van identificados en la parte posterior de la hoja: cuanto más pequeño es el número más basto es el abrasivo.

Para un correcto preparado de superficie suele bastar con tres pasos: comenzando con un abrasivo de grano 100, cambiando después a uno de 180 y terminando con uno de 240.

<sup>3</sup> Este criterio se explica en la sección de Análisis de los resultados de las pruebas de separación por gravedad.

Entre los materiales más utilizados están los papeles de lija flexibles ideales para zonas curvas o perfiladas, papeles con autolubrificantes de silicio para eliminar asperezas entre capas, grano de vidrio para lijado a fondo de madera, la lija con granate para el pulido entre distintas capas, el polvo de piedra pómez para deslustrar barnices, estropajos de alambre para deslustrados a la cera y, para finalizar, los papeles con óxido de aluminio (alox), muy utilizado en trabajos de preparación de sustrato.



Entre los pegamentos que se utilizaban hace algunas años para el pegado de la arena de granate en el papel de lija se encuentra el que se conocía como RAYMOND 250-2 que era un pegamento de urea fabricado en frío y se utilizaba también para el ensamblado de planchas de plywood.

También podemos encontrarnos con cepillos de cerda metálica útiles para decapar o abrir la veta cuando se aplican acabados enlacados.

Actualmente también existe un amplio abanico de lijadoras eléctricas, promocionándonos la potencia necesaria para conseguir un desgaste rápido y un buen acabado.

#### **Corte de chapas de acero con chorro de agua y abrasivo (granate) a presión**

El procedimiento consiste en que miles de partículas minerales, pequeñísimas, rojas y cristalinas, rodeadas de litros de agua bajo una presión altísima, explotan a una velocidad de miles de kilómetros por hora. En el movimiento, las partículas, parecidas a piedras preciosas, corroen el material, dejando algunas de las partículas más pequeñas al comienzo de su viaje. Estos granos pequeñísimos raspan las partículas del material corroído, dejando un túnel de espacio roído detrás de ellos. Las partículas raspadas caen, junto con el granate, dentro de un gran tanque de agua. El proceso de corrosión es violento, pero cualquier persona puede acercarse a observar este fenómeno sin recibir más daño que un vapor fino en sus gafas protectoras. Esta corrosión acelerada se controla con una máquina tecnológicamente avanzada con una memoria tremenda y habilidad para calcular. Quienes conozcan la cortadura del chorro de agua con abrasivo reconocen, seguramente, esta descripción.

Las máquinas cortadoras de agua pueden cortar casi cualquier material existente. Durante más de una década, las máquinas cortadoras de agua han cortado materiales tan diversos como plásticos, piedra, mármol, aluminio, acero y titanio. Las máquinas cortadoras de agua se controlan con una computadora llamada controlador, que usa programas especializados para cortar. La cabeza de la máquina que contiene el orificio y el tubo de enfoque se montan en un sistema cortador para una movilidad de hasta 6 ejes. Durante el corte con abrasivo, se usa

entre 272.2 g y 2 Kg. por minuto de abrasivo (generalmente se trata del granate), dependiendo del tamaño de la bomba y de la velocidad de la cortadura. La presión del agua puede alcanzar hasta 4136.88 bar.

Las ventajas de la cortadura de la máquina cortadora de agua con abrasivo son numerosas. Este tipo de cortadura no deja una zona afectada por el fuego, no crea agujeros grandes del comienzo, no hay ninguna distorsión del fuego y no existe ningún peligro serio para el operador. Algunos materiales no se pueden cortar con el fuego, porque afectaría al material de una manera destructiva. Con la cortadura de abrasivo, las partes se pueden cortar en una línea común, guardando el material caro. Cuanto más lenta sea la velocidad de la cortadura, más fina será la calidad en los dos lados de la abertura. La computadora incluso puede ser programada para retardarse en las esquinas y asegurar así una cortadura de alta calidad. Los consumibles en la cortadura de fuego son los gases, los cuales se queman y no se los pueden recuperar ni recircular. Esto es lo que pasaba con el abrasivo en la cortadura del chorro de agua, de manera que las empresas gastaban miles de dólares estadounidenses cada mes para usar, alejar y desechar el granate.

### La nueva era de cortadoras de agua con abrasivo recirculado

El Waterjet Abrasive Recycling Dispenser (WARD), desarrollado en el año 2000, permite ahora quitar el lodo mineral del tanque de la máquina cortadora de agua y recircularlo. Los operadores de la máquina han alcanzado un 50% o más de recirculación del abrasivo para poder usarlo de nuevo. Este adelantamiento promete revolucionar toda la industria de máquinas cortadoras de agua. Las compañías que desechaban su abrasivo usado ahora pueden recircularlo, ahorrando miles de dólares cada mes. Este ahorro se puede aplicar a las ganancias de las compañías, puede servir para comprar equipo nuevo o puede transmitirse al cliente en forma de precios más bajos.



Pero, exactamente, ¿cómo se puede pasar del lodo mineral mojado y sucio al abrasivo seco y limpio para usarlo de nuevo?

El WARD utiliza una serie de tubos de enfoque patentados, todos encendidos automáticamente, para extraer el lodo del tanque y transportarlo a la máquina, donde se lava y se pasa por varias Cribas. El granate que resulta demasiado pequeño y los pedazos pequeños del material cortado se caen en la criba principal. A veces, este abrasivo corta más rápido que el abrasivo nuevo, debido a un porcentaje más bajo de partículas corrompidas. Durante los lavados, el agua del tanque de la máquina sólo usa 1.9 -3.8 l. de agua fresca por minuto durante el enjuague final. Toda el agua se devuelve al tanque.



**Máquina de corte de chapas de acero inoxidable por chorro de agua y abrasivos (Abrasive Waterjet Cutting)**

El abrasivo recirculado se puede usar de nuevo inmediatamente o mezclar con abrasivo nuevo, según la necesidad de cortar.

Una empresa de máquinas cortadoras de agua con una bomba de 75 Kw. puede consumir 1.36 Kg. de abrasivo cada minuto. Si la compañía compra el granate a 0.35 dólares por libra, gastaría 63.00 dólares por hora en abrasivo, lo que costaría 630 dólares por cada 10 horas de operación. Con un WARD 24 y cortando materiales más suaves, esta misma empresa podría reclamar el 70% del abrasivo, ahorrando más de 9000 dólares cada mes. Con estos ejemplos de ahorros mensuales, la recirculación del abrasivo es clave para las oportunidades comerciales.

Aparte de los ahorros obvios del abrasivo asociado con el WARD, están los ahorros en los gastos disminuidos de la limpieza del tanque y del alejamiento del lodo mineral. En este momento, las compañías de máquinas cortadoras de agua tienen que parar su producción por un periodo suficiente para permitirles vaciar el tanque del lodo, lo que crea bastantes horas de malgasto. El alejamiento del lodo es otra expensa sufrida por la empresa, que se ve reducido gracias al WARD.

El número que sigue a la palabra WARD, simboliza la talla de la criba en pulgadas. Entonces, un WARD 24 usa una criba de 24 pulgadas/60.96 centímetros durante el proceso de lavar y separar. El WARD 24 es el primer sistema de

recirculación en el mercado comercial, sin importar la clase de máquina cortadora de agua que se use.

### Nuevos diseños y desarrollos para corte de chapas de acero con chorro de agua y abrasivo a presión

● **Compendio:** El proceso convencional de corte de chapas de acero inoxidable, es por medio de plasma. Este tipo de corte presenta los siguientes inconvenientes: a) Deja escoria. b) La zona de corte está sometida a calentamiento (zona afectada por el calor [ZAC]), lo cual origina cambios estructurales y c) En la ZAC aparece una aureola que perjudica su terminación estética.

El objetivo del diseño que aquí se explica es eliminar las dificultades apuntadas en el proceso anterior realizando el corte (de chapas de acero inoxidable austenítico hasta 2 mm de espesor) por medio de un chorro de fluido a elevada velocidad.

El proceso de corte solamente se puede llevar a cabo con el agregado, en el flujo de agua, de partículas de material abrasivo {M-K}. Se puede emplear como elemento elevador de la presión del agua, una bomba inyectora lineal (motor Diesel), para lo cual se debe realizar una serie de transformaciones para adaptarlo al uso específico. Con respecto al circuito: a) se debe realizar el correcto filtrado del agua para prolongar la vida útil de la tobera de agua {URI}. b) La válvula reguladora de presión protege al circuito de sobre presiones y c) El acumulador de gas mantiene la presión constante.

● **Introducción:** Para realizar el corte de un material determinado necesitamos de una cierta cantidad de energía. En el proceso de corte se produce lo que denominamos: transformación de la energía, la energía que se entrega se transforma en energía de deformación del material a cortar. Ahora, todo fluido en movimiento lleva asociado una determinada cantidad de energía (cinética). Por lo tanto este fluido deberá tener una energía mayor o igual a la necesaria para realizar el corte.

Como medio portador de energía en general, podemos utilizar casi todos los elementos líquidos: agua, aceites, alcoholes y hasta metales líquidos como por ejemplo el mercurio. Ahora, *el agua* presenta una serie de ventajas con respecto a los demás: a) Existe en cantidad suficiente y en calidad requerida (potable), en casi todos los lugares. b) Ínfimo costo, en su empleo, con respecto a los demás fluidos. c) Fácilmente accesible. d) No genera fuego o incendio. e) Buenas condiciones de fluidez (baja viscosidad), de lo contrario sería muy dificultoso lograr la salida del chorro por un pequeño orificio a alta velocidad.

Por otro lado, el aire también está totalmente descartado como fluido portador de energía: a) Elevado costo para lograr altas velocidades en el fluido (túnel de viento). b) Muy baja energía cinética (Densidad del aire = Densidad del

agua / 1000). c) Muy difícil de lograr un efecto puntual, por lo tanto alta dispersión al salir de la tobera.

El diseño está acotado al corte de chapas de acero inoxidable austenítico hasta 2 mm de espesor.

● **Desarrollo:** Para el corte de chapas de acero inoxidable austenítico (AISI 310) de 2 mm de espesor se necesita de un valor muy elevado de presión de agua, esto se debe a la baja densidad del fluido. Al agregar un elemento elevador de la densidad (partículas de metal) al flujo de agua, la presión necesaria de la bomba se ve reducida a un tercio del valor anterior. Pero la misma aun sigue siendo elevada.

La alternativa adecuada es agregar partículas de material abrasivo (alúmina, granate, etc.) al flujo de agua {M-K}, las cuales producen el microvirutamiento del material a cortar {E-M}. Ahora la presión necesaria de la bomba de agua se sitúa en 400 atmósferas.

Con respecto al sistema de mezclado del agua y del abrasivo se puede decir: la succión del abrasivo, desde la tolva que lo contiene, se efectúa por vacío (efecto Venturi) a través de una placa orificio calibrada, siendo necesario una depresión de una décima de atmósfera para obtener el caudal adecuado (3.4 gr. /s).

El material de construcción más adecuado para el tubo mezclador, con alúmina como abrasivo, es el carburo de boro con carbono 5 % ( $B_4C-C$  5 %). El perfil interior del tubo debe ser suavemente convergente desde la boca de entrada (diámetro 4 mm) hasta la boca de salida (diámetro 0,8 mm). Una mayor longitud del tubo (76 mm) trae aparejado una mejor aceleración de las partículas de abrasivo.

Se puede emplear como elemento elevador de la presión del agua una bomba inyectora lineal (motor Diesel), a la misma se le debe realizar las siguientes transformaciones: a) Cambiar el material de construcción de los émbolos, cilindros, válvulas, asientos de válvula y racores por acero inoxidable martensítico (AISI 440). b) Se omite el sistema de variación del caudal. c) Se modifica el perfil de cada leva (árbol de levas) para que el caudal de agua sea continuo y no pulsante (propio de la inyección Diesel). d) Se talla en cada émbolo una ranura circunferencial con lo cual se logra un sello hidrodinámico para evitar la caída del rendimiento con la elevación de la presión.

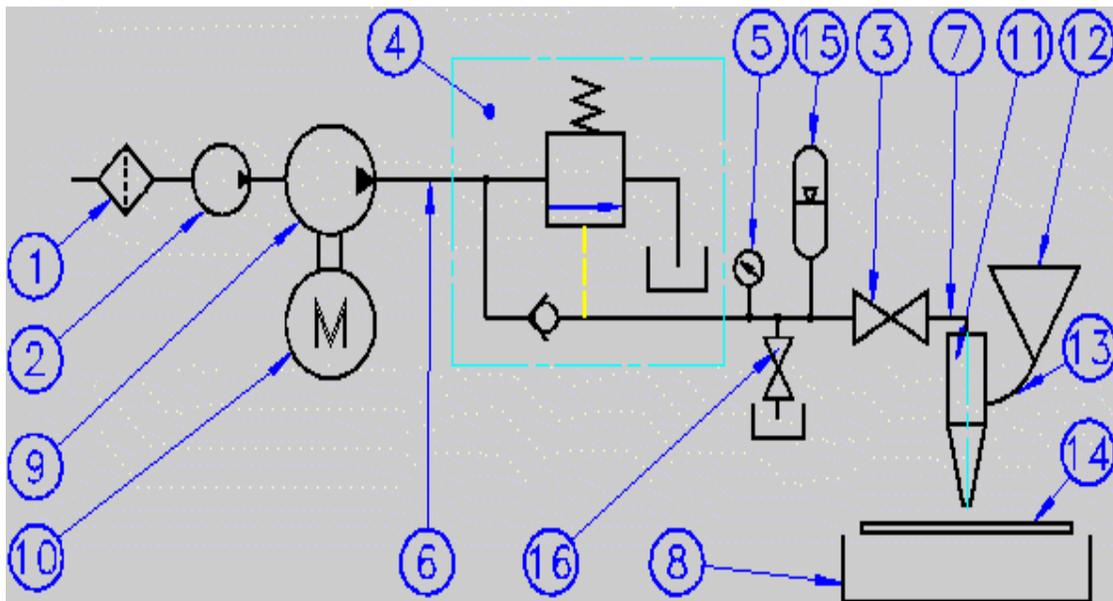
Es fundamental realizar el correcto filtrado del agua {URI} para prolongar la vida útil de la tobera de agua.

Se coloca una válvula reguladora de presión en el circuito de alta presión para:

- a) Proteger al circuito de la sobre presión en el momento de cerrar momentáneamente la válvula solenoide de bloqueo.
- b) Que la bomba trabaje a baja presión durante ese período.

Se coloca un acumulador de gas (tipo membrana) para: a) Absorber las pequeñas variaciones de presión, consecuencia del caudal discontinuo que entrega la bomba principal, haciéndola más constante. b) Absorber los picos de presión debida al cierre brusco de la válvula solenoide de bloqueo y c) Mantener el circuito (entre la válvula de anti-retorno y la válvula solenoide de bloqueo) a la presión de trabajo (400 atmósferas), mientras la bomba principal trabaja a baja presión (cierre momentáneo de la válvula solenoide de bloqueo).

En el diagrama adjunto se puede observar los componentes principales del circuito.



Referencias:

- 1) Filtro de agua (diámetro de partícula = 0,45 a 0,5 micrones).
- 2) Bomba auxiliar de la bomba de alta presión.
- 3) Válvula solenoide de bloqueo (primaria).
- 4) Válvula de seguridad y descarga.
- 5) Manómetro.
- 6 y 7) Tubo de acero inoxidable sin costura.
- 8) Unidad colectora.
- 9) Bomba de alta presión de émbolos (400 Kg. /cm<sup>2</sup>).
- 10) Motor eléctrico de accionamiento de la bomba de alta presión.
- 11) Cabezal abrasivo compuesto por:
  - a) Tobera de agua a presión. Diámetro = 0,254 Mm., material = zafiro (o diamante).
  - b) Cámara de mezcla del agua y el abrasivo (por succión = efecto Venturi).
  - c) Tubo mezclador o de aceleración de partículas abrasivas. Diámetro (de salida) = 0,8 mm
- 12) Tolva con abrasivo (para una capacidad de 24 kg).
- 13) Tubo flexible, vínculo entre la tolva y la cámara de mezcla (Diámetro Nominal = 6 mm)
- 14) Chapa a cortar (acero inoxidable austenítico, hasta un espesor de 2 mm)
- 15) Acumulador de gas.
- 16) Válvula solenoide (secundaria).

● **Resultados:** Para realizar el corte de chapas de acero inoxidable austenítico (hasta 2 mm de espesor) por medio de chorro de agua, se debe agregar al fluido un caudal determinado de partículas de abrasivo produciendo lo que denominamos microvirutamiento del material, ya que dichas partículas inciden sobre el material a una elevada velocidad (460 Km /h).

Se puede emplear una bomba inyectora lineal (motor diesel) como elemento elevador de la presión del agua, para ello se debe realizar ciertos cambios para garantizar su adecuado desempeño.

Un correcto filtrado del agua prolonga la vida útil de la tobera de agua. Al incluir en el circuito hidráulico una válvula reguladora de presión: a) se protege al mismo de sobre presiones, b) se ahorra energía y c) disminuye el desgaste de la bomba.

Por otro lado, el acumulador de gas ayuda a mantener constante la presión del agua.

## **CAPITULO II**

### **2. EL MERCADO DEL GRANATE COMO ABRASIVO**

#### **2.1 ASPECTOS DE LA DEMANDA Y OFERTA**

En Guatemala actualmente no existe una industria establecida para la extracción de granate y elaboración de piezas de joyería con este recurso, menos para actividades de uso industrial. De hecho, se sabe la existencia de este mineral en el país en cantidades abundantes<sup>4</sup>; previamente ya se evaluó la posibilidad de utilizarlo en el corto plazo en actividades artesanales tal como la joyería fina. Sin embargo, a nivel industrial su aplicación inmediata puede ser como abrasivo, por considerarse un granate del tipo almandino por ser de alto valor y alta calidad ha sido utilizado principalmente para el pulido de lentes ópticos y placas de vidrio; además, es ampliamente usado como abrasivo en telas y papel, lijas, abrasivos encubridores; cortado hidráulico a alta presión y acabado en madera, cuero hule y plásticos. En el mercado de los polvos abrasivos, compite con los diamantes industriales y los óxidos de aluminio.

Se ha establecido que en nuestro país existen más de un centenar de almacenes, ferreterías y algunas empresas que se dedican a la importación de estos productos que generalmente no produce el país, estas más bien se constituyen en distribuidores al por mayor y menor, así como al consumidor final.

#### **2.2 CONSUMO NACIONAL APARENTE**

Para la evaluación de la demanda del granate como abrasivo, se consideró oportuno analizar las aplicaciones y/o usos industriales y artesanales que el país desarrolla, producto de ello es que se estableció que la demanda se centra en las actividades siguientes: desgastar, alisar y pulir mármol, piedra, granito, cerámica, vidrio, madera, acero y materiales varios que precisen un acabado de sus superficies.

Actualmente, se oferta al mercado local lijas, bandas, pliegos, discos, rollos y especialidades para madera, metal, vidrio, hule, cuero, plásticos y otros; así como máquinas lijadoras. Se calcula que un centenar de almacenes y ferreterías importantes distribuyen estos productos, sin embargo, se calcula que sólo el 9% como empresas comerciales agremiadas a la Cámara de Comercio de Guatemala, se constituyen como importadores directos de gran cantidad de estos productos antes indicados (ver matriz de referencia No.1).

**MATRIZ No. 1****ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES DE LIJAS, BANDAS, DISCOS Y PLIEGOS A NIVEL NACIONAL, AÑO 2002 PRINCIPALES OFERENTES**

| <b>NOMBRE COMERCIAL DE LA EMPRESA</b>        | <b>PRODUCTO COMERCIAL</b>  | <b>DIRECCION DE LA EMPRESA</b>  | <b>TELEFONO</b>                               |
|--|--|---|---|
| <b>BAPISA</b>                                | Lijas, bandas, pliegos, discos, etc.   | Entrada km 22 carretera al Pacífico "MAGA" Col Covinta Lote 301 Bárcenas, Villa Nueva.          | Telefax: 6305660/61                           |
| <b>CORSA (Lijas Fandeli)</b>                 | Bandas, rollos, discos, pliegos, ruedas y especialidades; para: madera, metal, vidrio, hule. cuero, plástico y otros | 20 avenida 13-00 zona 7, Kaminal Juyú II.   | Telefax: 4713856/2942448                      |
| <b>LIJA HERMES ALEMANA</b>                   | Importadores directos de lijas de banda, pliegos para diferentes usos.   | 5a. calle 13-67 zona 1, ciudad capital  | 2207179/2537142, Telefax: 2516208             |
| <b>FANDELI-GUATEMALA</b>                     | Pliegos, discos, rollos, bandas y especialidades.  | 11 avenida 41'33 zona 8, ciudad capital   | PBX: 4722344 FAX: 4722343                     |
| <b>IMPORCOMP</b>                             | Lijas 3M en todos los granos y formas, máquinas lijadoras DYNABRADE, etc.  | Ruta 2, 6-62 zona 4.  | 3328500/3324275<br>8121409/8115995            |
| <b>REPRESENTACIONES &amp; SERVICIOS JAME</b> | Lijas ITA para metal, madera y la verdadera roja 36 Italiana.  | 22 calle 16-32 zona 12  | 4767756-4422126 Fax: 4422195                  |
| <b>FERRETERIA LA PALMA</b>                   | Ferretería en general e importadora de material abrasivo (lijas)   | 2a. avenida 6-57 zona 4   | 3323067                                       |
| <b>FERRETERIA EL TEJAR</b>                   | Ferretería en general e importadora de material abrasivo (lijas)   | Proceres 18 calle 3-39 zona 10; Centro 11 avenida 10-47 zona 1; Tivoli 5a. avenida 2-28 zona 9. | Teléfonos:<br>3672697,3672701;<br>2306302,230 |
| <b>SIGMA DE GUATEMALA</b>                    | Ferretería en general e importadora de material abrasivo (lijas)   | 7a. avenida A 7-88 zona 4   | 3322384-334114                                |

Fuente: Directorio Telefónico de Guatemala, año 2003.

Nota: Se refieren a empresas comerciales y distribuidores de estos productos.

Actualmente, existen tres empresas comerciales agremiadas a la Cámara de Comercio de Guatemala, las cuales son importadores directos de lijas y otros materiales abrasivos, estas son: Construcentro de Cemaco, S.A; Ferretería el Tejar y Sigma de Guatemala.

Es importante indicar la disponibilidad de productos sustitutivos tal el caso del granate nacional como abrasivo, ya que actualmente este material es importado en su totalidad pero como producto terminado merced a la demanda de un sector de la economía como lo constituye el manufacturero, industrial y fabril.

El estudio determinó que no existen factores limitantes para la explotación y comercialización del granate nacional como abrasivo, ya que como se indicó con anterioridad, actualmente este mineral del tipo almandino aún no ha sido explotado por ningún inversor y aprovechado industrialmente como abrasivo

Por otro lado, es importante indicar que por más de un siglo, el granate almandino de alto valor y alta calidad ha sido utilizado principalmente para el pulido de lentes ópticos y placas de vidrio; posee también, una utilización, aunque modesta, en joyería como gema de bajo valor comercial. Además, es ampliamente usado como abrasivo en telas y papel, lijas, abrasivos encubridores; cortado hidráulico a alta presión y acabado en cuero hule y plásticos. En el mercado de los polvos abrasivos, compite con los diamantes industriales y los óxidos de aluminio.

### **2.3 Principales usos Industriales**

Es importante indicar que entre los usos que posee el granate, como material abrasivo, radican principalmente por su alta dureza (7.5 de la escala de Mohs) y en las afiladas aristas que forma el cristal al ser molido. Es ampliamente usado en infinidad de industrias como material abrasivo en diferentes formas (ver matriz de referencia No. 2).

#### **Como material abrasivo, medio de filtración y otros**

Los abrasivos son todos los materiales, productos químicos o naturales, cuya dureza es mayor que la del objeto a raspar; pueden ser en polvo, líquidos, mixtos (líquidos-polvo), aglutinados en materiales de cemento, resinas sintéticas, aleaciones metálicas y/o montados en soportes, flexibles, rígidos, oscilantes y giratorios.

Los sectores industriales que usan el granate, incluyen a la industria petrolera (el más grande consumidor de granate de grado para explosivos, porque éste ayuda a romper la roca por su grado de dureza y carácter abrasivo), plantas de filtración, fabricantes de motores para vehículos y aviones; edificación y finos acabados en muebles de madera. Pueden ser producidos para allanar, alisar, pulir mármol, piedra, granito, cerámica, vidrio, madera, acero y materiales varios que precisen un acabado de sus superficies.

También las industrias de la edificación y de los aviones de aluminio usan el granate para la limpieza de toberas y el acabado de las superficies metálicas. Usos similares incluyen la limpieza y el acondicionamiento del aluminio y otros metales suaves.

El uso del granate para limpieza por chorro abrasivo (blast cleaning), ofrece excelentes resultados y bajos costos hasta el punto que ha sido un magnifico sustituto de la arena silícea y escoria volcánica. El polvo de granate posee un alto peso específico, es decir, es fácil de limpiar por que no es arrastrado por corrientes de aire como la arena silícea y de escoria, además se puede reutilizar o reciclar en el proceso hasta ocho veces obteniendo excelentes resultados.

A continuación se presenta la disponibilidad de la oferta en un mercado competitivo acerca de las diferentes alternativas de presentación que tiene el granate como abrasivo, desde su fabricación hasta sus principales aplicaciones industriales. Es importante indicar que estos productos no se fabrican en Guatemala, sino que son importados principalmente de México, Estados Unidos y China.

### MATRIZ No. 2 OFERTA EN EL MERCADO<sup>4</sup>

| TIPO MATERIAL                         | DIMENSIÓN GRANUL.                                     | CALIDAD DE FABRICACIÓN  | PRINCIPALES APLICACIONES  | ESTADO |
|---------------------------------------|---|---|---|--------|
| Papel flint "ASA"                     | Hojas<br>Granos:<br>40 al 180                         | Fabricado con cuarzo el cual tiene la propiedad de ser antiestático.  | Se emplea para la limpieza de pinturas, barnices, lijado de maderas suaves, etc.  | Seco   |
| Papel Granate "ASA"                   | Hojas<br>Granos:<br>40 al 220                         | Producto a base de GRANATE, con excelentes resultados en el lijado de todo tipo de maderas.   | Es exigido por conocedores de ebanistería por la calidad de sus acabados.   | Seco   |
| Lija al agua ASALITE WATERPROOF PAPER | Hojas<br>Granos:<br>60 al 2000                        | Fabricada con papel IMPERMEABLE, flexible y con resinas especiales.   | Indispensable en el repintado automotriz sobre masillas y entre capas de pintura  | Húmedo |
| Tela esmeril "ASA"                    | Hojas<br>Granos:<br>36 al 180                         | Tela a base de óxido de aluminio, para metales y otros materiales. También conocida como lija de fierro por su duración y resistencia.  | Se utiliza en lijado de óxidos o herrumbre y sobre masillas duras, maderas, paredes de cemento, etc.  | Seco   |
| Papel/Pape Durasalite                 | Hojas<br>Discos<br>psa/velcro<br>Granos:<br>80 al 800 | Papel abrasivo diseñado para lijar sin tupirse, los granos gruesos se fabrican con óxido de aluminio con el objeto de obtener mayor remoción; los granos finos se fabrican en carburo de silicio para lograr mejor acabado. | Es el producto más adecuado para lijas sobre madera aglomerado (MDF). También sobre todo tipo de recubrimientos, tales como: masillas, selladoras, lacas, barnices, resinas, etc. | Seco   |
| Papel Florex                          | Rollos<br>Discos<br>Granos:<br>16 al 120              | Lija de carburo de silicio fabricada sobre respaldo pesado (laminado con tela); generalmente son los de granos más finos (*).   | Se utiliza en el lijado y pulido de parquet, terrazos, sillar.  | Seco   |
| Papel Asalox                          | Rollos<br>Discos<br>Granos:<br>36 al 400              | Lija de óxido de aluminio sobre PAPEL PESADO para trabajo industrial mecanizado sobre maderas y cueros (*).   | Para lijado de paredes cuando se busca alto rendimiento.  | Seco   |

<sup>4</sup> En el mercado guatemalteco es factible encontrar la mayor parte de estos productos que aquí se describen, a excepción de algunos que se consideran un tanto escasos (pocos oferentes \*).

|                                 |   |  |  |                  |
|---------------------------------|---|--|--|------------------|
| Tela Asalox Extra-flex          | Hojas<br>Rollos                         | Fabricado sobre tela liviana y extraflexible más óxido de aluminio de gran filo y alta capacidad de corte, unidos con resinas impermeables y termoresistentes. | Se emplea sobre todo tipo de material, especial en el lijado de superficies irregulares de forma manual. | Seco o lubricado |
| Tela Asalox Resinada            | Rollos<br>Bandas<br>Granos<br>36 al 400 | Lija de óxido de aluminio sobre TELA PESADA para uso industrial sobre metales o madera. Fabricada con resinas altamente resistentes al calor y al desgaste.    | Ideal para confeccionar bandas abrasivas para máquinas lijadoras estacionarias y portátiles.             | Seco o lubricado |
| Tela Asalox premium             | Rollos<br>Bandas<br>Granos<br>36 al 120 | Fabricado con óxido de aluminio semifrías y tratado térmicamente, sobre tela extra pesada.   | Adecuada en trabajos de alta presión no ferrosos, como aluminio, zinc, cobre, etc.                       | Seco o lubricado |
| Tela Asalite Waterproof         | Rollos<br>Bandas<br>Granos<br>36 al 400 | Tela abrasiva PESADA de carburo de silicio, IMPERMEABLE.   | Para uso industrial sobre vidrios, mármol, cerámica, plásticos, materiales no ferrosos, etc.             | Húmedo           |
| Tela Asaziralum                 | Rollos<br>Bandas<br>Granos<br>24 al 120 | Tela abrasiva muy PESADA con zirconia alumina de alta tenacidad y corte autoafilante, permite alta remoción sin sobre calentar el material lijado.             | Se emplea en acero inoxidable, tableros de madera y MDF, aleaciones duras.                               | Seco             |
| Discos Asalox Resin Fiber Discs | Discos<br>Granos<br>16 al 120           | Disco abrasivo de FIBRA VULCANIZADA gruesa, fabricado con óxido de aluminio especial; excelente corte y durabilidad.   | Se utiliza principalmente para lijar metales ferrosos, bronce y aleación de zinc-aluminio y magnesio.    | Seco             |
| Discos Asalite Resin Fiber Disc | Disco<br>Granos                         | Disco abrasivo de FIBRA VULCANIZADA gruesa, fabricado con carburo de silicio.  | Especial para lijar metales no ferrosos, mármoles, terrazos, madera y materiales similares.              | Seco             |
| Ruedas Asaflap                  | Ruedas<br>Granos:                       | Ruedas abrasivas, también conocidas como ruedas de esmeril de 1" a 3" de diámetros surtidos, siendo el más común de 6"   | Se utiliza en el lijado y pulido de piezas de acero inoxidable, limpieza y maquinado de metales.         | Seco             |
| Pasta Esmeril Asarundum         | Latas<br>Granos<br>50 al 600            | Mineral óxido de aluminio inmerso en grasa especial.   | Se emplea en el asentado de válvulas, bridas, juntas y otras piezas metálicas.                           | Lubricado        |

Fuente: [http://www.asaabrasives.com/productos\\_es.htm](http://www.asaabrasives.com/productos_es.htm).

## 2.4 Principales variedades de granate

El mercado internacional presenta una gama variada de granate que son demandados como gemas para la industria de la joyería por su alto valor comercial y calidad en sus diferentes facetados.

Los yacimientos son numerosos y muy productivos. Los más importantes son los asiáticos y los africanos (Madagascar, etc.). Pero también existe abundancia en Brasil. Es poco abundante la producción de Checoslovaquia y aún menor la del Tirol austriaco.

Las principales variedades de granate con sus rocas envolventes más comunes son:

### Principales variedades del granate

| NOMBRE      | ROCAS DONDE SE ENCUENTRA      |
|-------------|-------------------------------|
| ALMANDINO   | Esquistos micáceos            |
| ANDRADITA   | Caliza                        |
| GROSULARITA | Caliza impura                 |
| PIROPO      | Eclogita y esquistos micáceos |
| ESPEARTITA  | Rocas graníticas              |
| UVAROVITA   | Serpentina                    |

Para nuestro estudio únicamente trataremos lo relativo al granate tipo almandino, por ser éste la variedad que se encuentra en Guatemala susceptible de ser aprovechado industrialmente.

### EL ALMANDINO

El almandino, cuyo nombre parece derivar de una antigua ciudad de Asia Menor, a menudo no se puede distinguir a simple vista del piropo, excepción hecha para los ejemplares que en vez de una cierta tendencia al marrón presentan una tonalidad dominante violeta púrpura.

Por más de un siglo, el granate almandino ha presentado una alta calidad y aceptación en el mercado, aunque modesta, en joyería como gema de bajo valor comercial.

## 2.5 ANÁLISIS DE PRECIOS

Inicialmente, el precio se define como el valor de un bien expresado en unidades monetarias. En otras palabras, se entiende como la cantidad que los demandantes están dispuestos a aceptar por la propiedad de un determinado bien.

A continuación se presenta la matriz No. 3 que ilustra el comportamiento de precios de varios productos denominados como abrasivos, variando conforme a la calidad y el tipo de producto que se demande.

Estos precios son los que se dispone al consumidor final en el mercado guatemalteco, una variable exógena que contribuye a la fijación del mismo es que los productos son importados en su totalidad, no habiendo competencia internamente en cuanto a precios se refiere, simplemente porque estos materiales abrasivos no se producen localmente. La demanda establece pequeñas oscilaciones a la baja cuando su consumo es alto, sin embargo, para el mercado guatemalteco representa cada vez una mayor demanda los abrasivos, debido al establecimiento de nuevos talleres artesanales de la madera, herrería, talleres de pintura automotriz, pulidores de piso y otras industrias no de menor importancia.

**MATRIZ No. 3**

**COMPORTAMIENTO DE PRECIOS DE MATERIALES ABRASIVOS  
EN EL MERCADO LOCAL<sup>5</sup>**

| Nombre del producto comercial                           | Precio Unitario Promedio<br>(En quetzales) |
|---|--|
| <b>Lijas: (pliegos)</b>                                 |  |
| Lija grado 80 p/madera                                  | 1.75                                       |
| Lija grado 36 p/madera                                  | 3.29                                       |
| Lija grado 36 p/madera-metal-de papel                   | 5.12                                       |
| Lija grado 36 p/madera-metal-tela                       | 5.85                                       |
| Lija grado 40 p/madera-metal-tela                       | 5.32                                       |
| Lija grado 50 p/madera-metal-tela                       | 5.11                                       |
| Lija grado 60 p/madera                                  | 2.10                                       |
| Lija grado 60 p/madera-metal-tela                       | 4.96                                       |
| Lija grado 80 p/madera-metal-de papel                   | 2.22                                       |
| Lija grado 80 p/madera-metal-tela                       | 4.25                                       |
| Lija grado 100-120 p/madera-metal-de papel              | 1.90                                       |
| Lija grado 100-120-180 p/madera-metal-tela              | 3.84                                       |
| Lija grado 150-180-220-320 madera-metal-de papel        | 1.81                                       |
| Lija grado 60 de agua                                   | 3.20                                       |
| Lija grado 80 de agua                                   | 2.78                                       |
| Lija grado 100 de agua                                  | 2.43                                       |
| Lija grado 120 de agua                                  | 2.20                                       |
| Lija grado 150 de agua                                  | 20.9                                       |
| Lija grado 180 de agua                                  | 1.99                                       |
| Lija grado 220-320-400-500-600 de agua                  | 1.94                                       |
| Lija micro fina de agua 1000                            | 3.63                                       |
| Lija micro fina de agua 1200                            | 3.63                                       |
| Lija micro fina de agua 1500                            | 3.63                                       |
| Bandas de lija: (diámetro aprox. de 3/21" y 3/25").     |  |
| Bandas grado 80   | 30.95                                      |
| Bandas grado 50   | 24.95                                      |
| Bandas grado 40   | 24.95                                      |
| Discos con adhesivo de 6"                               |  |
| Grado 80 de papel                                       | 1.80                                       |
| Grado 80 de tela  | 2.90                                       |
| Grado 100 de papel                                      | 1.60                                       |
| Grado 100 de tela                                       | 2.60                                       |
| Rollos de lija  |  |
| Grado 60 de 1" X 50 Yds                                 | 164.00                                     |
| Grado 80 de 1" X 50 Yds                                 | 157.00                                     |
| Grado 100-120-150-180-220 de 1" X 50 Yds                | 142.00                                     |
| Máquinas lijadoras                                      |  |
| Banda de 3x21 marca Power Tolch                         | 880.00                                     |
| Banda de 3x25 marca Black & decker                      | 800.00                                     |
| Ruedas de esmeril (7x1x1¼" grano 80 carburo de silicio) | 280.00                                     |

Fuente: Encuesta realizada vía telefónica a las principales empresas comerciales, entre ellas:  
Construcentro de Cemaco, S.A.; Corporación Automotriz Sánchez, S.A.; y Lija Hermes Alemana

<sup>5</sup> Observese descripción de materiales abrasivos en la matriz No. 2.

## 2.6 ASPECTOS DE LA COMERCIALIZACIÓN

El mercado del granate en Guatemala, según el Sistema Arancelario Centroamericano agrupa el granate dentro de los siguientes minerales; **esmeril**, **corindón** y en el grupo llamado **demás abrasivos naturales**. Por consiguiente, es difícil poder determinar cuales de los minerales mencionados anteriormente fueron importados o exportados por la economía nacional en los últimos años.

Con respecto a la balanza comercial guatemalteca relativo al sector minero durante los años 2000 y 2002, tanto las importaciones como las exportaciones nacionales, se agrupan en la categoría varios (creta, granate natural, esmeriles y otros), presentando el año 2002 cierta mejoría respecto al año 2000 por el lado de las exportaciones, sin embargo, las importaciones decrecieron sustancialmente denotando una baja en la demanda local en ese rubro. En este sentido los valores y volúmenes fueron los siguientes:

### Importaciones guatemaltecas de la categoría varios

| TIPO DE MINERAL (creta, granate natural y otros) | AÑO 2000 | AÑO 2002 | Relación % |
|--|----------|----------|------------|
| Volumen de Importaciones (en quintales)          | 45,654.1 | 7,575.0  | -83.4%     |
| Valor en US\$                                    | 126,874  | 171,700  | 35.3%      |
| Volumen de Exportaciones (en quintales)          | 13,294.8 | 42,610.0 | 220.1%     |
| Valor en US\$                                    | 154,507  | 509,400  | 229.7%     |

Fuente: Memoria de Labores Banco de Guatemala, año 2000 y 2002.

Como se apuntara con anterioridad el problema radica en que no existe una clasificación individual acerca del granate en Guatemala, producto de ello es que es difícil precisar con detalle cual de los otros minerales tuvo mayor peso en la balanza comercial. Sin embargo, según los resultados del estudio se concluye que la mayor parte de productos abrasivos han sido importados; clasificación que la Intendencia de Aduanas a través de la Superintendencia de Administración Tributaria –SAT- no registra con detalle como lo muestra la matriz No.2.

## CAPITULO III

### 3. MERCADO MUNDIAL DEL GRANATE INDUSTRIAL

#### 3.1 PRINCIPALES OFERENTES

El total de la producción mundial en 2000 fue estimada en cerca de 335,000 toneladas, el más significativo productor fue Estados Unidos con el 20% de los granates industriales. También, Australia, China e India continúan siendo países importantes productores de granate. Rusia y Turkía han tenido explotación de granate recientemente, principalmente para su mercado interno. Adicionalmente el granate como recurso con operaciones mínimas de explotación son localizadas en Canadá, Chile, República Checa, Pakistán, Sudáfrica, España, Tailandia y Ucrania.

#### Producción mundial del granate y sus reservas (cifras en toneladas métricas)

| PAISES               | AÑO 2000       | AÑO 2001       | Reservas           | Base Reservas      |
|----------------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Estados Unidos       | 60,200         | 52,500         | 5,000,000          | 25,000,000         |
| Australia            | 125,000        | 125,000        | 1,000,000          | 7,000,000          |
| China                | 25,000         | 25,000         | 0                  | 0                  |
| India                | 60,000         | 62,500         | 100,000            | 10,000,000         |
| Otros países         | 20,300         | 27,000         | 6,500,000          | 20,000,000         |
| <b>Total Mundial</b> | <b>291,000</b> | <b>292,000</b> | <b>Corto plazo</b> | <b>Largo plazo</b> |

FUENTE: Internet, U.S Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2002.

#### Granate industrial, principales estadísticas de USA (cifras en toneladas métricas)

| VARIABLES                                     | 1997     | 1998     | 1999     | 2000     | 2001     |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Producción (bruto)                            | 64,900   | 74,000   | 60,700   | 60,200   | 52,500   |
| Ventas  | 53,600   | 51,900   | 43,900   | 51,300   | 47,400   |
| Importacions/cons.                            | 10,000   | 20,000   | 12,000   | 23,000   | 25,000   |
| Exportaciones                                 | 12,000   | 12,000   | 10,000   | 10,000   | 10,000   |
| Consumo Aparente                              | 46,300   | 39,900   | 39,100   | 63,800   | 59,600   |
| Precio, rango valor, (us\$/ton <sup>2</sup> ) | 50-2,000 | 50-2,000 | 55-2,000 | 50-2,000 | 50-2,000 |
| Stock de la Producción                        | 19,900   | 39,900   | 46,700   | 47,200   | 50,000   |
| Empleo en la mina                             | 250      | 230      | 220      | 220      | 220      |

Fuente: Internet, U.S Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2002

Toda la producción de los Estados Unidos proviene de seis compañías; tres en New York, dos en Montana y una en Idaho. Estas empresas produjeron 64.9 toneladas métricas de concentrado crudo en 1997, valuado en aproximadamente US\$ 6.1 millones. Sin embargo, durante el año 2001 el consumo mundial del granate decreció en un 8%, en consecuencia la producción interna del granate en

bruto y concentrados decreció para el año 2000, con un monto de 60.2 toneladas métricas.

### Comportamiento histórico del granate industrial en Estados Unidos

| Año  | Producción Bruta          |                        | Ventas <sup>1</sup>       |                        |
|------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
|      | Cantidad en Ton. Métricas | Valor en Miles de US\$ | Cantidad en Ton. Métricas | Valor en Miles de US\$ |
| 1996 | 60,900                    | 5,630                  | 46,200                    | 11,200                 |
| 1997 | 64,900                    | 6,050                  | 53,600                    | 12,500                 |
| 1998 | 74,000                    | 7,070                  | 51,900                    | 12,600                 |
| 1999 | 60,700                    | 6,170                  | 43,900                    | 11,600                 |
| 2000 | 60,200                    | 7,060                  | 51,300                    | 14,000                 |

<sup>1</sup>No incluye los reportes de exportaciones.

Principales usos de los granates en Estados Unidos de América y su estimado mercado compartido son:

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Medio para explosivos en aire/agua | 45 % |
| Filtración de agua                 | 15 % |
| Polvos abrasivos                   | 10 % |
| Corte con agua a alta presión      | 10%  |
| Otros usos variados con abrasivos  | 20%  |

### 3.2 PRECIOS INTERNACIONALES DEL GRANATE

El precio registrado para el granate industrial ha estado basado sobre la variedad, fuente, volumen de compra, calidad y su aplicación. En el año 2000, el valor promedio del concentrado en bruto ha estado registrando variaciones que han oscilado entre US\$53.0 a US\$254.0 por tonelada (tipo almandino), y el valor promedio para el granate refinado para la venta durante dicho año registró precios de US\$61.0 a US\$265.0 por tonelada.