

01122  
2



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**"EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE  
TRAVERTINO DE SAN MARTÍN ESPERILLA  
PUEBLA, PUE."**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA**

**P R E S E N T A :**

**JORGE DE JESÚS VIZCAÍNO LIMÓN**

**DIRIGIDA POR:**

**M. EN C. JOSÉ DE JESÚS HUEZO CASILLAS**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**2003**

M. 0325848

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TESIS  
CON  
FALLA DE  
ORIGEN**

**PAGINACION**

**DISCONTINUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-1220

**SR. JORGE DE JESÚS VIZCAÍNO LIMÓN**  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en C. José de Jesús Huevo Casillas y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero de Minas y Metalurgista:

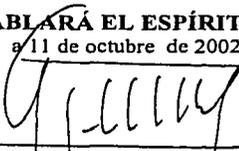
**EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE TRAVERTINO DE SAN MARTÍN ESPERILLA  
PUEBLA, PUE.**

- I INTRODUCCIÓN
- II GENERALIDADES
- III GEOLOGÍA Y CÁLCULO DE RESERVAS
- IV DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN
- V TRATAMIENTO Y CÁLCULO DE EQUIPO
- VI ANÁLISIS FINANCIERO
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, D. F., a 11 de octubre de 2002  
EL DIRECTOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB\*RLLR\*gtg



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo excepcional.  
NOMBRE: Jorge de Jesús Vizcaino Limon  
FECHA: 19 de octubre 2003  
FIRMA: 

**A mis padres, Jorge Vizcaíno Pacheco y Ma. Amparo Limón García, (q.e.p.d.) por su apoyo durante tanto tiempo, para poder lograr una meta importante en mi vida.**

**A mis hermanos, por su cariño y comprensión.**

**A mi esposa Lucy y mis hijos Jorge David y Lucero, por todas las privaciones que tuvieron que pasar para lograr lo que parecía imposible.**

**Al Dr. José Guadalupe Carrera Domínguez, por su inmenso apoyo desinteresado que sin él no hubiese sido posible concluir este esfuerzo.**

**A los Ing. José de Jesús Huevo Casillas y Carlos Garnica por su dirección y tiempo en el presente trabajo.**

**A mis amigos por su apoyo constante en mi formación profesional.**

**A todas las personas que de alguna forma participaron conmigo para la realización de este trabajo.**

**Y en especial a Dios por darme la vida, y las fuerzas para seguir adelante.**

# INDICE

Pág.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	i
<b>1.- GENERALIDADES</b> .....	1
1.1.- LOCALIZACIÓN.....	1
1.2.- VÍAS DE ACCESO.....	1
1.3.- SERVICIOS Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	2
1.4.- CLIMA Y VEGETACIÓN.....	3
1.5.- FISIOGRAFÍA.....	3
1.5.1.- Subprovincia sur de Puebla.....	4
1.6.- MÁRMOL, DEFINICIÓN Y USOS.....	5
1.6.1.- Definición.....	5
1.6.2.- Historia.....	6
1.7.- CARACTERÍSTICAS DEL MÁRMOL.....	6
1.7.1.- Usos.....	7
1.7.2.- Precios.....	8
1.7.3.- La ley minera y el mármol.....	9
1.7.4.- Producción Mundial.....	9
1.8.- PRINCIPALES FORMAS DE COMERCIALIZAR EL PRODUCTO.....	10
1.8.1.- Ventajas para Desarrollar la Actividad Marmolera en México.....	10
<b>2.- GEOLOGÍA Y CÁLCULO DE RESERVAS</b> .....	11
2.1.- ANTECEDENTES.....	11
2.2.- NATURALEZA DEL METAMORFISMO.....	11
2.2.1.- Metamorfismo.....	11
2.3.- PETROLOGÍA DEL YACIMIENTO.....	12
2.3.1.- Roca caliza.....	12
2.3.2.- Material metamórfico.....	13
2.4.- GEOLOGÍA REGIONAL.....	15
2.4.1.- Mesozoico.....	15
2.4.2.- Cuaternario.....	17
2.5.- GEOLOGÍA LOCAL.....	17
2.5.1.- Geología Estructural.....	17
2.6.- GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	18
2.6.1.- Yacimientos de Minerales No Metálicos.....	19
2.6.2.- Plantas Laminadoras en la zona.....	19

2.7.- RECONOCIMIENTO DEL PREDIO.....	19
2.8.- DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS.....	20
2.9.- CRITERIOS PARA LA CUBICACIÓN DE RESERVAS.....	21
2.10.- CÁLCULO DE RESERVAS DE TRAVERTINO AMARILLO.....	22
2.10.1.- Reservas Positivas.....	23
2.10.2.- Reservas Probables.....	25
2.10.3.- Resumen.....	25
2.11.- PROGRAMA DE EXPLORACIÓN DIRECTA.....	25
2.12.- LIMITANTES TÉCNICO ECONÓMICOS.....	26
2.13.- TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO.....	27

### **3.- DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN..... 28**

3.1.- INTRODUCCIÓN.....	28
3.2.- SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....	29
3.2.1.- Método Tradicional.....	30
3.2.2.- Método de explotación con Hilo Diamantado.....	31
3.3.- PREPARACIÓN DEL TERRENO Y BANCO PRIMARIO INICIAL.....	34
3.3.1.- Preparación del Terreno.....	34
3.3.2.- Obras Civiles.....	34
3.3.3.- Preparación del Banco primario inicial.....	35
3.3.4.- Uso de Pólvora Negra.....	40
3.4.- DESCAPOTE Y PREPARACIÓN DE LA CANTERA.....	41
3.4.1.- Preparación del piso horizontal en la cota 2540.....	41
3.4.2.- Despunte del Cerro.....	42
3.5.- CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL MATERIAL DE DESPERDICIO PARA LA PREPARACIÓN DEL PRIMER BANCO.....	43
3.6.- CUELE DE LA ZANJA PRINCIPAL Y CORTE DE BLOQUES.....	44
3.6.1.- Cuele de la Zanja Principal.....	44
3.6.2.- Corte de los bloques.....	44
3.6.3.- Cortes Secundarios.....	46
3.7.- TALUD DE LA CANTERA.....	48
3.8.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD INSTALADA.....	48
3.8.1.- Limitantes Económicos.....	49

### **4.- TRATAMIENTO Y CÁLCULO DE EQUIPO..... 51**

4.1.- INTRODUCCIÓN.....	51
4.2.- PROCESO DE LAMINACIÓN TRADICIONAL.....	52
4.3.- PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE EL TELAR Y LA MONOHILO FALCON 103.....	53
4.3.1.- Desperdicios especiales.....	54
4.3.2.- Tiempos muertos.....	54

4.3.3.- Costos de Cimientos.....	55
4.3.4.- Producción y Costos.....	55
4.3.5.- Cortabloques.....	55
<b>4.4.- LAMINADO Y PULIDO CON LA MONOHILO Y MAQUINARIA ADJUNTA.....</b>	<b>56</b>
4.4.1.- Procedimiento.....	56
4.4.2.- Pulido.....	58
<b>4.5.- MAQUINARIA Y EQUIPO DE CANTERA.....</b>	<b>59</b>
4.5.1.- Maquinas Perforadoras.....	60
4.5.2.- Equipo de Mantenimiento.....	62
4.5.3.- Explosivos.....	62
<b>4.6.- MAQUINA MONOHILO FALCON 103.....</b>	<b>63</b>
4.6.1.- Introducción.....	63
4.6.2.- Hilo Diamantado.....	64
4.6.3.- Características de la maquina cortadora Falcon 103.....	66
4.6.4.- Cortes especiales.....	69
4.6.5.- Maquina Multihilo Falcon 610.....	70
<b>4.7.- EQUIPO Y MAQUINARIA DE CUADREO Y PULIDO.....</b>	<b>73</b>
<b>4.8.- APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS.....</b>	<b>74</b>
<b>4.9.- EJECUCIÓN DEL PROYECTO. (CANTERA).....</b>	<b>74</b>
<b>4.10.- INSUMOS.....</b>	<b>75</b>
4.10.1.- Combustibles y lubricantes.....	75
4.10.2.- Abrasivos.....	77
4.10.3.- Energía Eléctrica.....	78
4.10.4.- Agua para el proceso y potable.....	79
4.10.5.- Empaque.....	79
4.10.6.- Mantenimiento.....	79
4.10.7.- Regalías.....	80
<b>4.11.- TIEMPOS DE INSTALACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>80</b>
<b>4.12.- IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>81</b>
<b>4.13.- SEGURIDAD E HIGIENE.....</b>	<b>83</b>
<b>4.14.- PERSONAL.....</b>	<b>84</b>
4.14.1.- Mano de obra en general.....	85
4.14.2.- Personal de confianza.....	85
4.14.3.- Departamento de comercialización en el DF.....	85
<b>4.15.- PRODUCTOS.....</b>	<b>86</b>
4.15.1.- Usos.....	87
4.15.2.- Catálogo de ventas.....	88
<b>5.- ANÁLISIS FINANCIERO.....</b>	<b>89</b>
5.1.- ANTECEDENTES.....	89
5.2.- TIPO DE MONEDA DEL PROYECTO.....	90
5.3.- POTENCIAL DEL MERCADO NORTEAMERICANO.....	91
5.3.1.- Producción del Mercado Norteamericano.....	92
5.4.- INVERSIÓN.....	93

5.4.4.- Equipo de oficina.....	96
5.4.5.- Capital de Trabajo.....	96
5.4.6.- Gastos preoperativos.....	98
5.4.7.- Gastos de instalación.....	98
5.4.8.- Análisis de Crédito.....	100
5.5.- COSTOS DE OPERACIÓN.....	101
5.5.1.- Salarios de personal (cantera).....	103
5.5.2.- Planta de Corte y Pulido.....	104
5.5.3.- Personal de Confianza y administración.....	105
5.5.4.- Depreciación y amortización.....	106
5.6.- VENTAS.....	107
5.6.1.- Ingresos por venta de producto.....	107
5.6.2.- Tablas de producción.....	109
5.7.- PUNTO DE EQUILIBRIO.....	110
5.8.- FLUJO DE EFECTIVO (Estado de Resultados).....	112
5.8.1.- Flujo de efectivo con carga financiera.....	112
5.8.2.- Flujo de efectivo sin carga financiera.....	114
5.9.- ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	116
5.10.- GANANCIAS O PÉRDIDAS.....	118
5.10.1.- Tiempo de recuperación.....	118
5.11.- POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	119

## **6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... iii**

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXO DE PLANOS.

ANEXO FOTOGRÁFICO.

ANEXO. (Tablas).

## INTRODUCCIÓN.

La minería tiene la misión de poner a disposición de la Humanidad las materias primas minerales que necesita; o sea, buscarlas en la parte accesible de la corteza terrestre y explotarlas. Por muchos años a la extracción de metales y substancias estratégicas se les ha dado la mayor importancia, quedando los minerales no metálicos en un lugar secundario. En las últimas dos décadas, los metales han sufrido una fuerte decadencia, debido a la caída de las cotizaciones principalmente el Oro y la Plata, por otro lado han disminuido los yacimientos con leyes que permitan su extracción.

La minería no metálica ha representado por mucho tiempo un papel modesto dentro de la Industria Minera. Hoy en día dada la escasez de proyectos viables que involucren minerales metálicos, los minerales no metálicos ofrecen otra opción para la inversión de capitales.

En el estado de Puebla, se han localizado yacimientos no metálicos, de origen metamórfico, como el mármol, en varias de sus presentaciones; travertino amarillo, blanco lechoso y cristalino, a 11 kilómetros de la carretera más cercana en la sierra el Monumento, con un volumen de reservas positivas de  $3'485,152.98 \text{ m}^3$  y  $1'516,822.29 \text{ m}^3$  de reservas probables.

*Mármol*, variedad cristalina y compacta de caliza metamórfica, que puede pulirse hasta obtener un gran brillo y se emplea sobre todo en la construcción y como material escultórico. Comercialmente, el término se amplía para incluir cualquier roca compuesta de carbonato de calcio que pueda pulirse, e incluye algunas calizas comunes; también incluye, en términos genéricos, piedras como el alabastro, la serpiente y en ocasiones el granito.

En la comunidad de San Martín Esperilla, municipio de Tecamachalco, Puebla; se localiza el predio de 150 hectáreas, de propiedad privada, en el cual se encontró material carbonatado, es decir una calcita recristalizada, proveniente de la caliza, roca sedimentaria que envuelve el yacimiento. El yacimiento es un monte de aproximadamente 650 metros de altura, y cercano a la comunidad antes mencionada, el terreno abarca superficie horizontal, y incluye la mitad del monte, hasta la parte más alta. De los estudios de Mineralogía Determinativa, se concluyó que es una variedad de mármol, la que se encuentra en el terreno, llamado Travertino; en México, este material, es también conocido como Ónix Mexicano. El mineral aflora en varios puntos del monte, y del muestreo superficial que se realizó, se llegaron a las conclusiones mencionadas.

Este material, tiene diversos usos, desde la obtención de piezas ornamentales, hasta loseta para el recubrimiento de interiores, su excelente cristalización y textura vítrea, da una apariencia inigualable al usarse en salas, estancias y baños, además su manejabilidad, hace del Travertino, una materia prima ideal, para ser laminado y pulido.

La finalidad de este estudio es analizar la viabilidad técnico-económica, para llevar a cabo una explotación y beneficio de este material, así como la implementación de una nueva tecnología para aserrar los bloques de travertino a base de Hilo Diamantado en nuestro

país, para el corte de mármol, en lugar de los telares tradicionales, utilizados hasta nuestro días a base de discos cortadores, analizando los beneficios técnicos, así como el ahorro por concepto de inversión y costos operativos, en relación a los telares. Para lo cual se propone la adquisición de la máquina Monohilo Falcon 103, maquinaria de origen italiano, que representa un ahorro en la inversión del 80 %, en relación con los telares, así como un sin número de ventajas técnicas comparadas con ésta maquinaria tradicional.

El método de explotación a utilizar en la extracción del Travertino, es mediante el corte de bloques rectangulares utilizando Hilo Diamantado para obtener las caras del bloque, el cual será aserrado por la maquina Monohilo Falcon 103, en la cantera para posteriormente transportar las tablas hasta la planta de pulido y biselado para obtener las especificaciones requeridas por el mercado nacional e internacional.

La capacidad instalada de aserradero es de **12,000 m<sup>3</sup> al año**, de los cuales en primera instancia se utilizará el 66% para la producción propia, y el restante para maquila de material de la zona. Y dependiendo de la aceptación del material en el mercado nacional, se podrá cubrir con el 100% de la capacidad instalada con material propio.

La construcción de la Planta Procesadora, se hará en el mismo terreno del predio, y a escasos 1500 metros lineales de la Comunidad de San Martín, y a 500 metros de la Cantera, teniendo con suficiente terreno para la construcción de las instalaciones necesarias para el proyecto. El personal obrero, será contratado en la comunidad.

El producto terminado será de losetas 30\*30 y 40\*40 principalmente; con acabado de pulido al espejo de un lado, teniéndose un precio de venta de 34.49 Euros por metro cuadrado de loseta en estas medidas se basará el proyecto. La producción mensual será de 23,680 metros cuadrados, obteniéndose un monto de € 816,723.20 Euros al mes por concepto de venta en la Planta Procesadora.

La inversión total para llevar a cabo este proyecto es de **€ 5'864,283.48 Euros.**, que serán recuperados en los **primeros 5 años**, teniéndose una **TIR del 22.59%**, analizando el proyecto sin carga financiera y de **5.88%** con carga financiera.

El estudio de mercado, da como resultado, que este tipo de material, no es común en nuestro país, siendo los mármoles de textura lechosa, los más utilizados y por consecuencia comercializados, visualizándose un campo fértil, para el Travertino.

En el Análisis Financiero, se puede observar, que el proyecto arrojará ganancias desde el 1 año, y se puede establecer la vida del proyecto, ilimitada, pero para fines de cálculo se preverán 11 años, que servirán para amortizar la inversión, así como depreciar la maquinaria y equipo.

## 1. GENERALIDADES.

### 1.1. LOCALIZACIÓN.

El predio en el cual se encuentra el yacimiento de Travertino amarillo, se localiza en la **Sierra El Monumento** a escasos 1,200 metros en línea recta en dirección Norte de la comunidad de San Martín y del Casco abandonado de la Hacienda de Esperilla, esto en el municipio de Tecamachalco, Estado de Puebla.

La **Sierra El Monumento**, esta rodeada al Sureste, por El Cerro los Jarritos, al Noroeste, por la Barranca Zoquiapa, al Este por la Barranca Tlacotepec, y la formación montañosa tiene un rumbo de N46° E, su altitud máxima es de 2,730 m.s.n.m. (Ver anexo fotográfico.)

El municipio de Tecamachalco se ubica en el centro del estado, tiene agricultura de riego. Producción: Cebada, frijol, maíz, trigo y frutales, además de explotación forestal. En el censo de 1990, se determinó una población de 43,369 habitantes.

Sus coordenadas geográficas de la mojonera ubicada en la parte sur del yacimiento en la localidad de San Martín Esperilla son:

**N 18° 48'51.95" Latitud Norte.**  
**W 97° 35'23.02" Longitud Oeste**

El poblado de San Martín Esperilla cuenta con una altitud de **2,200 metros** con respecto al nivel del mar, (Ver plano de localización), y se localiza a 70 kilómetros aproximadamente en línea recta, en dirección SE de la capital del Estado, la ciudad de Puebla. (Información corroborada con GPS, marca Garmin en el lugar, y Carta Topográfica 1:50,000 de INEGI.);

### 1.2. VÍAS DE ACCESO.

Partiendo de la Ciudad de Puebla, y siguiendo la carretera de cuota # 150, México-Veracruz, en dirección Este, en el kilómetro 79 se encuentra el cruce con la carretera de cuota # 135, en dirección a Tehuacán, en este cruce se localiza el poblado de Cuacnopalan, partiendo de éste poblado se toma el único camino rural de 11 kilómetros en dirección Sur, hasta la comunidad de San Martín. El camino rural es transitable todo el año, gracias a los usuarios que lo mantienen en buenas condiciones, extrayendo grava y gravilla de pequeños bancos junto a esta vía de acceso (ver plano topográfico).

Hasta el día de hoy no existe otro camino por el cual se pueda transitar con vehículos, que el camino rural, en mención y el producto a comercializar tendrá forzosamente que salir por esta vía de acceso, hacia la zona central del estado de Puebla.

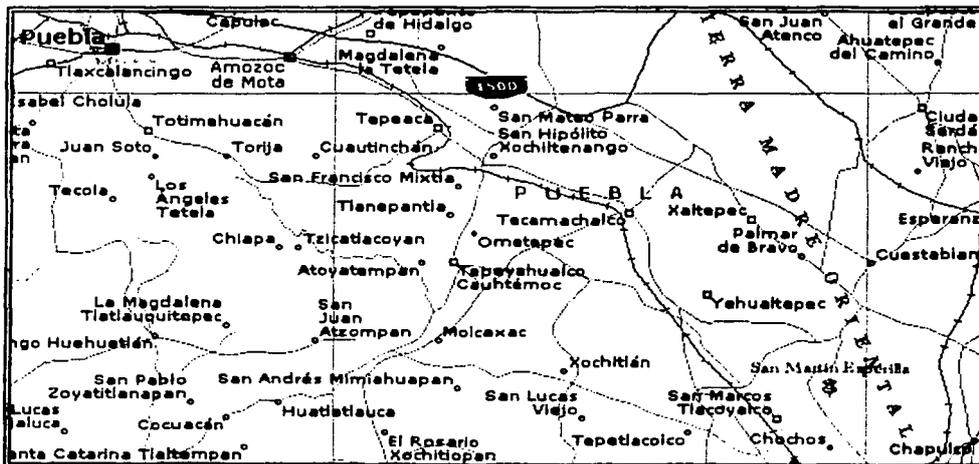
### 1.3. SERVICIOS Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.

San Martín Esperilla cuenta con energía eléctrica y agua potable, careciendo de los demás servicios, como Teléfono, Telégrafo y Correo; gracias a la cercanía con las carreteras de cuota en donde se ubican torres de Telefonía Celular, se cuenta con cobertura de ese servicio en la zona.

Los servicios como educación y salud, son cubiertos hasta el poblado de Cuacnopalan, careciendo la comunidad de una infraestructura de alcantarillado y drenaje.

Esta zona puede ser considerada de alta marginación y pobreza, dadas las condiciones en las cuales viven los habitantes de San Martín, ya sus fuentes de ingresos son limitados, por lo aislado de la zona y la constante sequía.

La población de la localidad es menor a 800 habitantes, predominando las mujeres, niños y gente mayor, ya que la población masculina, sale a trabajar a poblados y ciudades cercanas.



**Figura # 1 Plano del Municipio de Tecamachalco, Puebla.**  
(Ubicación del yacimiento marcado con pincel).

#### 1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN.

El clima de la zona es Semiseco, Semicálido con lluvias en verano, ocupando tres zonas; una situada al norte de Tehuacán, al noreste de Ajalpan y al Este y Sureste de Coxcatlán; otra al Oeste de Zapotitlán Salinas, y la última en el Sureste y Sur del municipio de Tecamachalco. La temperatura media anual de este clima varía entre 18° y 22° C; el



invierno es fresco, pues la temperatura media del mes más frío es menor de 18° C, la precipitación total anual va de 400 a 800 mm. Una de las estaciones meteorológicas con mayor periodo de observación en este clima es la de Caltepec, en ésta la temperatura media anual es de 18.2° C, el mes más cálido es mayo con 21.0° C de temperatura media, el mes más frío es diciembre con 14.9° C, la precipitación total anual es de 431.9 mm en promedio. Junio es el mes en que se concentra mayor cantidad de lluvia con un

promedio de 106.5 mm, febrero es el mes con menos precipitación 3.2 mm en promedio; en ella la lluvia invernal representa entre el 5 y el 10.2 % de la precipitación total anual. La estación El Riego, ubicada cerca de la población Tehuacán, muestra los siguientes datos 19.3° C de temperatura media anual, 21.9° C de temperatura media mensual más alta, en abril, 15.7° C de temperatura media mensual más baja, en enero; 590.8 mm de precipitación total anual en promedio; 126.3 mm de lluvia para el mes mas húmedo, septiembre; 3.8 mm para el mes mas seco, diciembre; y menos de 5% de lluvia invernal.

La fauna del lugar es muy limitada, dadas las condiciones ambientales de la zona, no obstante se crían gallinas, borregos, chivos y ganado vacuno.

El municipio de Tecamachalco, está ubicado en una de las regiones hidrológicas más importantes, localizada al Sureste de Tepeaca, Acatzingo y Palmar de Bravo, donde la agricultura ocupa los terrenos de relieve suave, llanuras y algunos lomeríos, aquí se ubica la Región Hidrológica No. 18 perteneciente al Río Balsas, predominando la vegetación semidesértica en las áreas montañosas.

#### 1.5. FISIOGRAFÍA.

El yacimiento de Travertino Amarillo se ubica en la provincia Sierra Madre del Sur. Limita al Norte con la provincia del Eje Neovolcánico, al Este con las provincias Llanura Costera del Golfo Sur y Cordillera Centroamericana, y al Sur y Oeste con el Océano Pacífico. Abarca parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán de Ocampo, Guerrero, México, Morelos, Puebla y Veracruz-Llave. Forma una franja de aproximadamente 1,000 Km. de longitud con unos 50 Km. de ancho mínimo y 250 Km. de ancho máximo, que se extiende bordeando la costa sur de la República Mexicana.

Esta es una de las regiones más complejas en cuanto a su origen geológico, y debe muchos de sus rasgos particulares a su relación con la placa de Cocos. Esta es una de las placas móviles que hoy se sabe, integran la corteza exterior terrestre. Litológicamente es una región de gran complejidad, en la que cobran una importancia mucho mayor que en las provincias del Norte, las rocas intrusivas cristalinas (especialmente los granitos) y las metamórficas.

Comprende 45.42% de la superficie del estado de Puebla, y está representada parcialmente en siete subprovincias: Cordillera Costera del Sur, Mixteca Alta, Sierras y Valles Guerrerenses, Sierras Centrales de Oaxaca, Sierras Orientales, Sur de Puebla y Llanuras Morelenses. Abarca la mayor parte de la porción Sur de la entidad, aproximadamente desde una línea definida por los poblados de Cohuecán, Atzala, Tochimiltzingo, Santa Clara Huitziltepec, Tecamachalco y Morelos Cañada, hasta los límites con Oaxaca.

### **1.5.1. Subprovincia Sur de Puebla.-**

Se localiza casi totalmente dentro del estado de Puebla, del cual cubre 7.75%. Los municipios que abarca son: Chigmecatitlán, Magdalena Tlatlauquitepec, San Juan Atzompa, Attepeixi y Zinacantepec; además comprende parciales de otros, entre ellos Molcaxac, Tepanco de López, Santa Inés Ahuatempan, Tecamachalco y Tochtepec. Limita con las subprovincias: Lagos y Volcanes de Anáhuac en el Norte, Sierras Orientales en el Este, Sierras Orientales y Mixteca Alta en el Sur, Cordillera Costera del Sur y Sierras y Valles Guerrerenses en el Occidente. Se extiende desde las poblaciones de Santo Domingo Huehuetlán y Yehualtepec hasta el Sureste de San Martín Atecal y el Sur de San José Miahuatlán, a manera de dos franjas más o menos paralelas que se orientan Noroeste-Sureste y que están unidas en el norte.

Es una región de litología diversa, con rocas volcánicas, metamórficas y sedimentarias, dentro de estas últimas se incluyen depósitos de caliche y travertino. En otras porciones, como en la cuenca de Tehuacán, hay aluviones antiguos y materiales metamórficos cubiertos en parte por rocas volcánicas. La altitud de esta zona oscila de 1,500 a 2,000 m aproximadamente.

Los sistemas de topoformas que dominan son los de llanura: unas sin fase limitante como la de Tlacoltepec de Benito Juárez y otras con piso rocoso como en el caso de la ubicada en la zona de Xochitlán, algunas de ellas están asociadas a lomeríos tal como sucede con la de los alrededores de Tehuacán. Los lomeríos también son representativos de esta región, se localizan principalmente en el Norte y Occidente de la Subprovincia, no presentan asociación con excepción de los situados en los alrededores de la localidad Santo Domingo Huehuetlán, a los cuales se asocian cañadas además hay un cañón en la zona de Huatlátlauca.

## 1.6. MÁRMOL, DEFINICIÓN Y USOS.

Geológicamente, el mármol es una roca metamórfica carbonatada, derivada de calizas y/o dolomías que han sido afectadas por metamorfismo ya sea regional o de contacto.

En términos comerciales, la palabra mármol no tiene un sentido petrográfico, aunque a menudo se refiere a rocas calcáreas como a calizas recristalizadas, dolomías, mármol, ónix y travertino; en ocasiones se aplica el término a rocas como tobas, serpentinas y granito. Cada una de estas rocas tiene características propias, a las cuales se le agregan los siguientes requerimientos comerciales comunes y de mayor relevancia referidos generalmente a placas y parquet:

### 1.6.1. Definición.-

Mármol, variedad cristalina y compacta de caliza metamórfica, que puede pulirse hasta obtener un gran brillo y se emplea sobre todo en la construcción y como material escultórico. Comercialmente, el término se amplía para incluir cualquier roca compuesta de carbonato de calcio que pueda pulirse, e incluye algunas calizas comunes; también incluye, en términos genéricos, rocas como el alabastro, la serpentina y en ocasiones, el granito. Solo son mármoles aquellas rocas calizas que presentan una estructura cristalina y granular con granos macroscópicos apreciables a simple vista.

La superficie del mármol se deshace con facilidad si se expone a una atmósfera húmeda y ácida, pero es duradero en ambientes secos si se le protege de la lluvia. El mármol más puro es el mármol estatuario, que es blanco con una estructura cristalina visible. El brillo característico de este tipo de mármol se debe al efecto que produce la luz al penetrar levemente en la roca antes de ser reflejada por las superficies de los cristales internos.

Otros mármoles contienen una cantidad de impurezas, que dan lugar a los modelos jaspeados que tan apreciados son y muchos de ellos, se usan para la construcción, sobre todo en interiores, y también en pequeños trabajos ornamentales, como pies de lámpara, mesas, escritorios, y piezas decorativas. Cuando el contenido de  $\text{CaCO}_3$  es superior al 97% se considera un material casi puro.

Acompañando al  $\text{CaCO}_3$  existen minerales secundarios que se consideran impurezas y que dan la gran variedad de mármoles, es decir, su coloración y su aspecto en bandas. Los minerales accesorios más comunes son: la sílice libre o en silicatos, óxidos de hierro, que se presentan en distintas formas, hematitas, limonitas; óxidos de manganeso, alúmina en forma de silicatos; sulfuro de hierro, (Pirita).

Las impurezas influyen en las condiciones de durabilidad y resistencia, alterando también su coloración, dando diversos tipos de aspectos desde coloraciones uniformes, veteadas o dibujos de aspecto abigarrado.

### 1.6.2. Historia.-

La variedad más famosa de este mármol procede de las canteras del monte Pentelikon, en Ática, que fue el utilizado por los grandes escultores de la antigua Grecia, incluidos Fídias y Praxíteles. La colección Elgin está compuesta de mármol de Pentelikon. El mármol de Paros, utilizado también por los escultores y arquitectos de la Grecia antigua, era extraído fundamentalmente de las canteras del monte Parpessa, en la isla griega de Paros. El mármol de Carrará, que abunda en los Alpes italianos y se extrae en la región de Carrará, Massa y Serravezza, fue utilizado en Roma con fines arquitectónicos en tiempos de Augusto, el primer emperador, aunque las variedades más finas del mármol escultórico fueron descubiertas más adelante. Los mejores trabajos de Miguel Ángel son de este tipo de mármol; es muy utilizado por los escultores contemporáneos.

El mármol es usado según se cuenta con información, de la época de los romanos, en sus edificaciones, además como base de las grandes esculturas que fueron talladas en ese tiempo. Actualmente el mármol se sigue utilizando para el recubrimiento de interiores y exteriores y para tallar figuras escultóricas dependiendo de su tamaño y su pureza.

### 1.7. CARACTERÍSTICAS DEL MÁRMOL.

Los mármoles están compuestos principalmente por carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$  y su contenido varía entre el 90 y 100% dependiendo de la pureza del material y se pueden clasificar de diversas maneras, por su coloración y apariencia, por su formación y por sus usos.

Los mármoles dolomíticos contienen aproximadamente el 54% de carbonato de calcio y el restante de carbonato magnésico.

Por su formación los mármoles se clasifican en cuatro grupos:

El primer grupo considera los derivados de la roca caliza por recristalización, resultante de la temperatura, presión y fuerza tectónica a que fue sometido.

El segundo grupo incluye a las rocas calizas lo suficientemente homogéneas y masivas para ser pulidas, para darles una presencia atractiva.

El Ónix Mexicano y los Ónix Caverna están considerados en el tercer grupo; son precipitaciones químicas de Carbonato de Calcio. Existe una estrecha afinidad entre estos mármoles y la clase Travertino que también se obtiene como un producto de la precipitación. El mármol travertino se caracteriza por la presencia de numerosas cavidades irregulares. Ambos mármoles, ónix y travertino son utilizados ornamentalmente.

El cuarto grupo consiste en el óxido antiguo o mármol serpentino, su color común es verde pero puede ser blanco.

La primera cualidad que distingue a los mármoles es el color; es una de las principales características para su valoración comercial; esto incluye las bandas y los cambios de tonalidades dentro del mismo material.

Según su coloración, los mármoles se pueden clasificar en:

- Los mármoles de color se clasifican en Monocromos, esto es una sola tonalidad, (blanco) y los Policromos; que tienen más de dos colores, diferentes a los del fondo. En el caso de los mármoles amarillentos, estos deben su color a la presencia de arcillas hasta en un 10%.
- Y mármoles blancos.

La coloración se debe a materiales colorantes dispersos en el  $\text{CaCO}_3$ . Son compuestos químicos que fueron arrastrados por fenómenos exógenos, sobre todo por el agua, durante la formación del yacimiento y cuando la masa estaba todavía en estado incoherente, es decir, los elementos no estaban cristalizados.

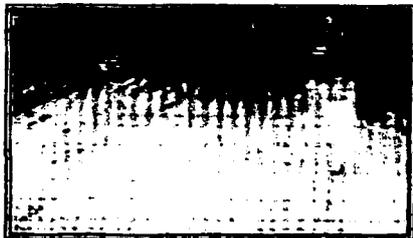
Una vez definido el material como mármol, se deben determinar las siguientes constantes:

- Peso volumétrico.
- Porosidad.
- Resistencia a la compresión
- Corte y Pulido al espejo.

### 1.7.1. Usos.-

El mármol tiene diferentes usos de acuerdo a su pureza, aspecto y dimensiones; en la industria de la construcción, en la industria química, y en la elaboración de esculturas y piezas de ornato.

En la industria de la construcción se usa:



- ✓ En bloques superiores a 1 metro, su corta y pule, para la elaboración de placas y losetas, para recubrimiento de interiores como paredes, pisos, chimeneas y en exteriores en fachadas y columnas. El recibidor esta construido por piezas de travertino de 1.5X0.3 metros en corte por cara y un tipo de tratamiento que hace mostrar el dibujo de unas aguas sobre la superficie. La chimenea y la mesa están construidas con ladrillo del mismo material producto de los desperdicios de los cortes principales. Superior a los 30 cm., es utilizado como roca de construcción, para rellenos y colados. En tamaño que varía entre 1 y 25 cm., es utilizado en agregados para el cemento, balastro y estuco. En tamaños que varía entre 3 y 8 mm. es utilizado para rellenar gallineros, y gravilla para ceniceros. La casa esta

recubierta con losetas de Travertino de 60X30 y adornada con columnas de 2 metros de largo y 40 cm de diámetro, como cerco de la casa se colocaron piezas residuales de travertino.



interiores y chimeneas; obteniéndose estancias y baños con terminados de calidad, ya que al ponerlo en contacto con rayos de luz, la refleja produciendo efectos de singular belleza.

- ✓ En la industria Química es utilizado en tamaño que puede variar de 0.2 a 5 cm.; como fundente, y menor a 2 mm., como relleno en plásticos, papel, abrasivos y asfaltos. Cuando es considerado casi puro se usa para la Industria Alimentaria, en complemento de forraje y alimento para aves mezclado con otras sustancias.

El mármol para la escultura es seleccionado por su tamaño, es decir, que dependiendo del volumen del bloque obtenido es el valor comercial que se le asigna, a su vez los expertos determinan si las vetas, manchas y otras características del mármol son apropiadas para este fin.

Con el mármol en pedacería se fabrican losetas artificiales, a base de pedacería y matriz del polvo, también es utilizado como grava para la elaboración de concretos en tamaños que varían de ¼" a 1 ½". El mármol en polvo es usado como relleno o abrasivo. La marmolita es una roca elaborada con potasio y marmolina.

El mármol ornamental es utilizado en la elaboración de estatuas, figurillas, pedestales de lámparas, monumentos, piezas de ornato y lápidas.

### 1.7.2. Precios.-

El precio de una roca puede variar ampliamente de negociador a negociador. En general, el precio de las rocas se determina por factores como calidad del bloque, costo de producción, flete, tipo de cambio y costos de almacenamiento.

El precio de la roca aumenta si cuenta con buenas características y baja cuando no las tiene. Una apropiada explotación y subsecuente procesamiento puede realzar las características físicas de las rocas.

Los costos de almacenamiento y venta en grandes compañías que dirigen múltiples sucursales pueden ser altos, pero es muy probable que estas empresas tengan mejores precios de venta para sus almacenes en comparación con las pequeñas.

### 1.7.3. La Ley Minera y el mármol.-

La Ley Minera, en su artículo 4º y 5º, menciona los minerales que deberán sujetarse a esta normatividad. En particular el Artículo 4º que define los minerales y rocas sujetos a la aplicación de la Ley Minera, no menciona en específico al mármol. Por otra parte, el Artículo 5º, en su Párrafo IV, menciona que se exceptúan de la aplicación de la Ley Minera las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin, siendo este el caso de las rocas objeto de estudio.

### 1.7.4. Producción mundial.-

Las canteras más grandes en el continente europeo se encuentran en Italia, España, Francia, Portugal, Alemania y Países Escandinavos. En Asia, China e India son los grandes productores de mármol. En el Mediterráneo Grecia y Turquía, y en el Medio Oriente Israel, Irán, Egipto y Arabia Saudita son los que se distinguen en la producción de diversas variedades de mármol. En América sobresalen Estados Unidos, Canadá, México y Brasil.

Los principales países productores de mármol son:

**España.-** Es el mayor productor de pizarra ornamental en el mundo y es el segundo en la producción mundial de mármol. Como segundo productor mundial de mármol, España cuenta con 1,100 canteras y más de 3,000 fabricantes.

**Italia.-** Italia es indiscutiblemente el líder mundial en la producción de rocas dimensionables. Uno de los aspectos que mantienen a la industria italiana en el liderazgo es la tecnología, especialmente la maquinaria de talla industrial y herramientas de diamantes. Otro aspecto importante es la especialización. Existen empresas especializadas en la extracción, otras en el transporte, otras especializadas en diferentes tipos de pulidos, etc. El acceso a tecnología de punta y la especialización colocan a la industria de la roca italiana como líder a nivel mundial.

**Grecia.-** Otro productor importante es Grecia que registra una producción anual de aproximadamente 2, 000,000 toneladas. La mayor parte de la producción se exporta como productos procesados y terminados. Uno de los aspectos más importantes de la industria de la roca griega es que las compañías pueden satisfacer plenamente las necesidades específicas de sus clientes. El principal mercado del mármol griego se mantiene en Arabia Saudita, Alemania e Italia.

**Otros.-** Otros importantes mercados son: Estados Unidos de América, Austria, España y Reino Unido. Los mercados más pobres para las exportaciones italianas fueron: Hong Kong, Japón, Corea del Sur, Singapur, Indonesia y Malasia.

## 1.8. PRINCIPALES FORMAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

Bloque	Con dimensiones que dependen de los requerimientos del cliente, generalmente mayores a 1m <sup>3</sup> . Para la fabricación de parquet, los bloques para exportación pueden tener desde 5m <sup>3</sup> .
Placas y láminas	Con dimensiones que dependen de los requerimientos del cliente, generalmente son mayores a las del parquet, con espesores de 2 cm o ¾ generalmente.
Parquet	Se presenta en medidas estándares en el mercado nacional e internacional, con algunas pequeñas diferencias de espesor en algunos mercados europeos. Las siguientes medidas estándar son requeridas por el mercado estadounidense (fueron mencionadas por los empresarios nacionales que exportan estos materiales). Además en el mercado nacional se manejan las medidas de recuperación, las cuales provienen de los materiales sobrantes después de la obtención del parquet de medida estándar.
Medida estándar	12"x12"x3/8" (30.5x30.5x0.95 cm.) 16"x16"x3/8" (40.0x40.0x0.95 cm.) 18"x18"x3/8" (45.7x45.7x0.95 cm.) 24"x24"x3/8" (61.0x61.0x0.95 cm.)
Medidas de recuperación	10x20x0.95 cm. 10x30x0.95 cm.

El mármol fragmentado se emplea como agregado en concretos y como materia prima en la producción de cal viva y el desperdicio superior a las 5 pulgadas su utiliza en la elaboración de estatuas, figurillas, pedestales de lámparas, monumentos, piezas de ornato y lápidas.

### 1.8.1. Ventajas para Desarrollar la Actividad Marmolera en México

El potencial y en algunos casos la disponibilidad de yacimientos de mármol, con las calidades requeridas y los colores y las texturas apropiados para su venta al exterior. Actualmente se tiene capacidad instalada ociosa para el proceso del mármol. Experiencia de algunos productores en la exportación de mármol. Posibilidad de establecer nuevas formas de asociación. Posibilidad de complementar las inversiones nacionales con recursos externos. Cercanía al mercado de Estados Unidos.

## 2. GEOLOGÍA Y CÁLCULO DE RESERVAS.

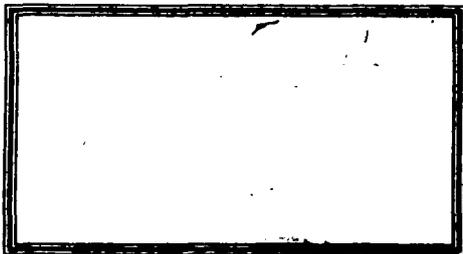
### 2.1. ANTECEDENTES

Desde la época romana se tienen información sobre las edificaciones de mármol, y de las diferentes tonalidades que existían; la localidad de Travertina, Italia, tenía una gran importancia por la belleza de la roca que ahí se extraía y trabajaba, para usarla como piedra decorativa de interiores, por su agradable textura y su estructura en drusas. En nuestro país este material se utiliza principalmente para tallar piezas ornamentales, y es conocido con el nombre de Ónix Mexicano, por su aspecto vítreo y su parecido con el ónix. El Travertino es una variedad del mármol; dentro de la clasificación del Travertino, se cuenta con una gran variedad de materiales, que pueden variar desde su color textura y hábito del mineral; una definición menos formal sería: Calcita recristalizada, debido a un metamorfismo de contacto, provocado por un intrusivo.

El mármol es una roca de origen metamórfico, que proviene de la alteración de una roca sedimentaria, (Caliza), que se compone esencialmente de carbonato de calcio, con pequeñas cantidades de carbonato magnésico, sílice, arcilla, óxido de hierro o material carbonoso.

### 2.2. NATURALEZA DEL METAMORFISMO

#### 2.2.1. Metamorfismo.-



Se define como la suma de los procesos que ocasionan el ajuste mineralógico y estructural de las rocas a los ambientes circundantes físicos y químicos que ocurren abajo de la zona del intemperismo y la cementación.

A las rocas han sufrido modificaciones y ha quedado destruida en gran parte su estructura original, o que han sufrido cambios considerables en su carácter mineralógico, se clasifican como **Rocas Metamórficas**. En la ilustración se observa como la roca caliza es transformada en Travertino alterando su aspecto, textura pero no su composición química original.

Las tres fuerzas motivadoras del metamorfismo son el calor, la presión y los fluidos o gases químicamente activos. La temperatura aumenta al aumentar la profundidad de la tierra. A una profundidad de unos cuantos kilómetros en regiones de actividad ígnea, la temperatura es tan elevada que las rocas estables en la superficie pueden ser

cambiadas considerablemente por el calor. El calor puede ser producido por fricción, cuando dos masas de roca son empujadas una sobre otra.

Factores que influyen en un Metamorfismo de este tipo son:

- Calor
- Fluidos, descenso magmático
- Presión hidrostática.

Procesos que dan origen a una marmolización de la caliza, fueron:

- Recristalización de la roca madre.
- Reacción entre minerales.
- ó
- Reacción entre minerales y fluidos, (con o sin eliminación y/o adición de otros materiales).

El tipo de recristalización del travertino, y los rasgos de la roca caliza encontrados en la zona, llevan a la conclusión de que se trata de un **Metamorfismo de Contacto**, provocado por un intrusivo, localizado por debajo de la maza metamorfozada, al no encontrarse ninguna formación de este tipo en la zona, el mármol se encuentra dentro de una formación de roca caliza del Terciario Inferior, tipo de roca que rodea la formación es un Suelo Aluvial del Cuaternario en gran parte de sus límites, localizándose cuerpos más pequeños aislados en la parte Sur del cuerpo, como es el caso de Q(lgeb) roca ígnea extrusiva básica del Cuaternario; Ks(Cz-lu) Caliza lutita del Cretácico superior y Ti(ar-cg) Arenisca conglomerado del terciario inferior.

## 2.3. PETROLOGÍA DEL YACIMIENTO.

### 2.3.1. Roca Caliza.-

La caliza, la dolomía y rocas afines son las más importantes de las rocas sedimentarias de carbonatos. Las calizas han recibido este nombre porque la cal se fabrica a partir de ellas quemando las rocas para quitarles el bióxido de carbono y dejar la cal.

Las **calizas** son aquellas rocas compuestas principalmente por calcita; el término dolomita (o dolopiedra) es para aquellas rocas que están compuestas principalmente por el mineral dolomita. A las rocas de composición intermedia se les puede nombrar como Caliza dolomítica, Dolomita calcítica y Caliza magnesiana. Muchas sustancias, además de los carbonatos, ocurren en las calizas y rocas afines. Estas son fragmentos detríticos o piro clásticos arrastrados por el agua hasta la cuenca de depositación y mezclados mecánicamente con los carbonatos.

La composición química de las calizas, como podría esperarse, refleja muy de cerca su composición mineralógica. Las calizas están formadas principalmente por calcita, y el contenido de CaO y CO<sub>2</sub> es muy alto, formando en algunos casos más de 95%. La

textura de la caliza son variable e inigualable por cualquier otro grupo de rocas, algunas son clásticas y otras son el resultado de acrecencia orgánica; aún otras se forman por cambios posdeposicionales, como recristalización y diagénesis.

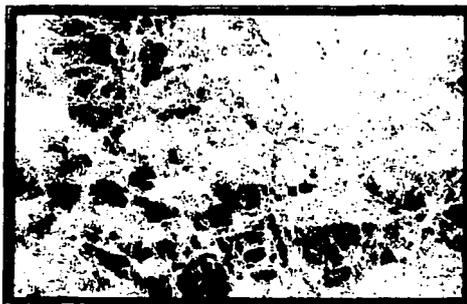


La caliza encontrada en el yacimiento es de color azul, como se observa en la fotografía, compacta de grano fino y sin alteraciones, con vetillas de calcita, presenta un ancho de estratos que varía de 0.70 a 0.90 metros, esta roca envuelve el cuerpo metamórfico como una cáscara de naranja, con un ancho que varía de 0.50 a 1.10 metros. En la base del cerro se localizan unas caleras abandonadas en donde se procesaba la caliza, para producir Cal viva. Esta roca es la base del Travertino

y se observa los límites de recristalización en algunos afloramientos del mármol.

### 2.3.2. Material metamórfico.-

Las propiedades físicas y químicas del Travertino amarillo necesarias para la identificación del tipo de material por medio de la Mineralogía Determinativa son las siguientes:



**Travertino Amarillo. (Mineralogía Descriptiva).**

Características del mineral, propiedades físicas.

Calcita recristalizada,  $\text{CaCO}_3$  + agua + impurezas, principalmente hierro, que debido a la oxidación que presenta de la coloración amarillenta.

Fractura normal, plano de cruceo bien definido.

Color. Amarillo claro.

Raya: blanca.

Dureza: 3.2

Peso específico 2.72, (material carbonatado, Calcita cristalizada).

Habito: Cristalino

Textura: Vítreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Observaciones: Efervescencia al contacto con ácido clorhídrico.

Las propiedades físicos-mecánicas, necesarias para obtener parámetros como la durabilidad, resistencia al medio ambiente, compactación, etc.

ENSAYO	TRAVERTINO AMARILLO	MÁRMOL BLANCO
Porosidad (%)	4,02	5,72
Absorción (%)	1,65	2,48
Pe aparente	2,43	2,30
Pe aparente en H <sub>2</sub> O	2,53	2,43
Compresión (Kg./cm <sup>2</sup> )	479,45	
Compresión T (Kg./cm <sup>2</sup> )	716,00	503,91
Flexión (Kg./cm <sup>2</sup> )	150,00	101,12
Resistencia al choque	35 cm.	20 cm.
Resistencia al desgaste (%)	40	40
Dilatación Térmica	4,9x10 <sup>-6</sup> °C	4,7x10 <sup>-6</sup> °C
Micro dureza	1,63	

Cuando el agua subterránea que contiene disuelto dióxido de carbono procedente de la atmósfera entra en contacto con la caliza, el carbonato cálcico pasa fácilmente a la disolución en forma de bicarbonato soluble, CaH<sub>2</sub> (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Por esta acción, en muchas regiones calizas se han encontrado grandes cavernas. El bicarbonato es inestable y la reacción es reversible. El dióxido de carbono se pierde y se vuelve a formar carbonato de calcio insoluble que precipita en las cuevas en forma de estalactitas y estalagmitas y en bandas que se conocen con el nombre de Ónix de cueva o mármol de Ónix. El carbonato cálcico insoluble se deposita también alrededor de fuentes en lechos de corrientes o lagos, en forma celular llamada toba calcárea.

Incluso los mármoles blancos contienen impurezas. Los mármoles se pueden clasificar en cinco grupos. El primer grupo comprende los derivados de la roca caliza, por recristalización resultante de la temperatura y presión y fuerza tectónica a que fue sometido. El segundo grupo considera aquellas calizas que son lo suficientemente homogéneas y macizas para ser pulidas, adquiriendo así una presentación atractiva.

Además del Travertino amarillo, se puede encontrar en la zona, material metamórfico, como mármol blanco, mármol cristalino y hacia el Noroeste un material carbonatado de color verdoso, siguiendo la formación de calizas.

TESIS COM  
FALLA DE ORIGEN

## **2.4. GEOLOGÍA REGIONAL.**

### **2.4.1. Mesozoico.-**

Del Cretácico Inferior y Medio hay grandes afloramientos de rocas marinas dentro de la porción poblana de la Sierra Madre Oriental. Las unidades aparecen cartografiadas conjuntamente con la clave Ki(Cz) y forman sierras altas y alargadas de una orientación general Nornoroeste-Sursureste. La secuencia rocosa está integrada por sedimentos carbonatados marinos, formados como depósitos de borde de plataforma y talud. La facies de borde de plataforma se encuentra constituida por estratos calcáreos de textura wackestone a grainstone, de 10 cm. a 1 m de espesor, que contiene fósiles del Berriasiano. Corresponde a la cima de la formación Pimienta y a la base de la formación Tamaulipas Inferior. La facies de talud está formada por calizas de color gris claro de textura mudstone a wackestone, que forman estratos de 30 cm. a 1 m de espesor; contienen fósiles del Albiano-Cenomaniano y se correlacionan con la formación Tamaulipas Superior. Existen también lentes de caliza en capas delgadas de facies lagunares. Estos depósitos descansan concordantemente sobre las rocas del Jurásico Superior y subyacen de la misma forma a la serie del Cretácico Superior. El Cretácico Superior esta representado principalmente por rocas sedimentarias Calcárcillosas de origen marino, entre las que se cuentan a las Unidades Ks(Cz-lu), Ks(lu) y Ks(Cz).

En el sur del estado, el Cretácico Inferior está representado, principalmente, por caliza, Ki(Cz), y por secuencias de lutita y arenisca, Ki (lu-ar); existen también conglomerados; Ki(cg), y otros cuerpos menores de limolita-arenisca e incluso andesita.

La primera de ellas Ks(Cz-lu), está formada por una secuencia de Caliza arcillosa y Lutita dispuesta en estratos delgados. Presenta bandas y nódulos de pedernal negro, con horizontes de radiolarios y globigerinos. Aflora hacia la parte norte del estado y corresponde a las formaciones San Felipe y Agua Nueva, las cuales señalan un marco sedimentológico regresivo.

En la mitad Sur de la entidad (Tecamachalco y Palmar de Bravo), dicha Unidad está integrada por partes de las formaciones Maltrata, Atoyac y Mexcala. La primera consiste en una intercalación de Caliza y Lutita Calcárea, amarillentas, intensamente deformadas. La parte de la formación Mexcala incluida en esta Unidad, está integrada por estratos de 10 a 70 cm de espesor, compuestos por Caliza grisácea, de textura mudstone, intercalados con Lutita Calcárea. La unidad Ks(lu), esta representada en los extremos Norte y Sureste del estado, por la formación Méndez. Formada por Lutita Calcárea, algunos horizontes de marga y localmente, por capas delgadas de bentonita de tono blanco. Se presenta en estratos que varían de 5 a 30 cm. de espesor; contiene abundante microfauna del Campaniano. Sobreyace concordantemente a la formación San Felipe y subyace a los materiales arcillosos del Paleoceno de la zona.

En el centro y Sur del estado, la unidad Ks(Cz), incluye a las formaciones Guzmantla, Maltrata y Tehuacán. La primera de ellas, aflora en la zona centro-oriental del estado, en áreas de Tepeaca y San Martín Esperilla, consiste en Caliza microcristalina color gris gema, de facies que varían de talud a prearrecifal. Está dispuesta en estratos medianos y delgados; contiene nódulos, lentes y bandas de pedernal negro, en algunas áreas, con fauna integrada por foraminíferos miliólidos, radiolarios y fragmentos de organismos bentónicos, presentan también estilolitas y cavidades de disolución; en algunas zonas muestra fuerte recristalización y fracturamiento. (Ver Plano Geológico, anexo)

La unidad de caliza mapeada como Ki(Cz), incluye a la formación Miahuatepec, parte de las formaciones Xonamanca, Morelos y Orizaba. La primera de ellas, de edad Aptiano, está constituida por caliza gris muy plegada y fallada, con fracturas rellenas de calcita. Forma estratos gruesos a los que ocasionalmente se intercalan capas arcillosas que incluyen nódulos y bandas de pedernal y marga. Descansa de manera discordante sobre unidades del Paleozoico Superior y sobre las lutitas y areniscas del Cretácico Inferior, además, está cubierta por sedimentos del Terciario Inferior. La porción de la formación Xonamanca corresponde al Neocomiano, consta de caliza y dolomía, así como de escasa toba, limolita y grauvaca.

La formación Morelos, pertenece al intervalo Albiano-Cenomaniano, y está formada por caliza masiva de color gris, fosilífera, con gasterópodos, rudistas y microfósiles. Esta unidad sobreyace a rocas del Jurásico y Cretácico Inferior y subyace a sedimentos continentales del Terciario. La formación Orizaba, aflora al sureste del estado, y es correlacionable con la formación Morelos. Consiste en calizas dolomitizadas, masivas, que contienen rudistas, miliólidos y fragmentos de briozoarios; descansa sobre unidades del Cretácico Inferior y está cubierta por calizas del Cretácico Superior.

La segunda unidad Ki(lu-ar), está formada por lutita calcárea intercalada con gruesos bancos de caliza fosilífera, y por lutita y arenisca calcárea con abundante fauna de moluscos, equinodermos, celenterados y otros organismos marinos. Comprende a las formaciones Zapotitlán, Chivillas, San Juan Raya y Capolucan, del Aptiano.

El conglomerado Ki(cg), está constituido por líticos subangulosos de esquisto y fragmentos de cuarzo lechoso; presenta algunas intercalaciones de areniscas de ambiente marino, cercano a la costa. Pertenece a la formación Zapotitlán, sobreyace discordantemente al Complejo Acatlán y subyace por contacto transicional a la unidad de lutitas y areniscas de la formación San Juan Raya.

#### **2.4.2. Cuaternario.-**

Dentro de la unidad Q(la) se incluyen sedimentos constituidos por limo, arenas y materia orgánica, que forman lechos lacustres en la región de Oriental. En estos suelos es común la precipitación de sales por evaporación.

## 2.5. GEOLOGÍA LOCAL.

Es un macizo muy compacto, pero heterogéneo, ya que va de cristalino a lechoso y de amarillo claro a blanco, pasando por cristalino blanco. El área en la cual se localiza el cuerpo metamórfico, esta determinada como Roca Caliza, del Cretácico Inferior Ki(Cz), con un rumbo  $N51^{\circ}W$ , y sus dimensiones aproximadas son: longitud 38.9 kilómetros por ancho promedio de 7.6 kilómetros.

La zona de San Martín Esperilla, (Sierra El Monumento) y zonas aledañas, están compuestas principalmente por rocas metamórficas en un rango de 4 kilómetros siguiendo la formación de calizas.



Sierra El Monumento, Yacimiento de Travertino

### 2.5.1. Geología Estructural.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El cuerpo mineralizado presenta una forma geométrica irregular, pronunciándose ésta en la parte superior, (cota 2600) hasta  $45^{\circ}$  aproximadamente. El área de interés se localiza en la zona **SE** del cono, de la cota 2460 a la cota 2580, con una distancia horizontal de 50 metros del centro del Cono. (Ver Plano General), en donde se concentra el travertino amarillo, y constituye un área horizontal de aproximadamente 25 hectáreas, representando un 17% del total del predio. Dejando la superficie restante para estudios posteriores, ya que al valor únicamente esta área, se cuentan con reservas más que suficientes para realizar un proyecto de extracción.

El macizo rocoso no presenta fracturas, en su masa, y las capas producto de los estratos de la roca madre, varían entre los 70 a 90 cm. de espesor, con echado de 10° Oeste.

**Geometría del Yacimiento.**- El yacimiento presenta una forma geométrica parecida a un cono circular invertido, de un radio aproximado de 500 metros en la base y una inclinación de 30° con respecto a la horizontal, pronunciándose ésta en la parte superior (cota 2600) hasta 45° aproximadamente. (Ver anexo fotográfico).

El área de interés se localiza en la zona SW del cono, de la cota 2440 a la cota 2560, a una distancia 177.5039 metros de la mojonera del predio. (Ver Plano topográfico de la Sierra el Monumento).

La zona de travertino amarillo constituye un área horizontal (proyección) de aproximadamente 11.2 hectáreas, representando un 7.47% del total del predio.

**Análisis Geológico del Área.**- De los archivos del INEGI se tomó la información geológica y topográfica necesaria para la elaboración del anexo de planos, y se cotejó la información obtenida en campo, (*Levantamiento topográfico con GPS marca Garmin, modelo Vista*), con la carta topográfica 1:50,000 de esta misma institución, para verificar los rasgos topográficos y geológicos de la zona.

El yacimiento se encuentra localizado en una pequeña cordillera, **Sierra El Monumento** y de acuerdo al muestreo efectuado en la zona, está compuesto de material carbonatado, tanto el área en cuestión como las colinas aledañas al **E** y **W**. Por lo que se sugiere una misma aureola metamórfica producida por un intrusivo, (metamorfismo de contacto). Esta teoría, se justifica por el tipo de material metamórfico encontrado en toda la zona, (Mármol Blanco, Mármol Serpentino y Travertino Amarillo), que de acuerdo a la teoría de formación, son producidos por el tipo de Metamorfismo antes mencionado.

## 2.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la entidad, hay una marcada diferencia en cuanto a los recursos minerales, ya que predominan las zonas en donde se explotan minerales no metálicos y son escasos los afloramientos o manifestaciones de yacimientos metálicos. La producción de minerales no metálicos es bastante significativa; Puebla ha sido el único estado productor de magnesita a nivel nacional durante el periodo 1985-1994; de igual forma ocupa el primer lugar en la extracción de feldespato, perlita y talco.

### 2.6.1. Yacimientos de Minerales No Metálicos.

La explotación de materiales carbonatados dentro del estado de Puebla se lleva a cabo desde hace varias décadas. Dentro del Estado, la Dirección General de Minas de la SE tiene inventariadas 109 plantas de beneficio, para el procesamiento de minerales no metálicos. La mayoría de ellas se encuentran distribuidas dentro de nueve municipios. Los municipios colindantes a Tecamachalco se consideran importantes en este estudio ya que dependiendo de los resultados de inversión para el procesamiento del Travertino Amarillo, se podrán evaluar las posibilidades de enviar el material a alguna de estas plantas para su laminación y pulido, en caso de que no se cuente con los recursos necesarios para la instalación de una planta procesadora de corte y pulido en San Martín.

### 2.6.2. Plantas Laminadoras en la zona.-

Los principales municipios en donde se localizan plantas laminadoras de mármol u otro material son: Amozoc, Tehuacán y Tepeyahualco; y se mencionan a continuación:

En el municipio de Amozoc, existen 10 plantas para el corte, laminado, parqueado y pulido de rocas calcáreas. De estas, seis son plantas para mármol; dos para mármol y ónix; una para mármol y carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y una para caliza. La capacidad de procesamiento de estas plantas es variable; la de mayor capacidad puede procesar 1 933.33 ton/día de mármol y ónix.

El municipio de Puebla cuenta con 30 plantas: 10 para mármol, 10 de mármol-ónix-granito, cinco para piedra pómez, agregados y tezontle, dos para caliza, dos de carbonato de calcio anhidro y una planta de cemento. La capacidad de estas plantas va desde 3 hasta 1 933.33 ton/día. El procesamiento de estos materiales consiste en el corte, laminado, labrado, pulido, y en algunos casos, triturado y molienda.

Tepeaca tiene 11 plantas: cinco procesan mármol, tres caliza, una caliza y ónix, una mármol y granito y una  $\text{CaCO}_3$ . El procesamiento incluye el laminado, labrado y pulido, para los materiales rocosos, y triturado para el carbonato de calcio. La capacidad de las plantas va desde 0.24 hasta 200 ton/día.

Tehuacán es otro municipio con buen número de plantas de este tipo. Aquí existen cuatro para el labrado y laminado de mármol, dos para caliza, una para  $\text{CaCO}_3$ , una para ónix y una para el corte y pulido de lajas pétreas. La capacidad de las plantas va desde 5 hasta 208 ton/día.

### 2.7. RECONOCIMIENTO DEL PREDIO

El predio es su totalidad consta de 150 hectáreas, es un rectángulo de 1,500 X 1,000 metros; medidos de la parte más alta del monte (Noreste) y en dirección Suroeste

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1,500 m. y los 1,000 metros son medidos de **E** a **W**; de cuenca a cuenca de ríos. (Ver Distribución y utilización del predio, (Figura # 01 Plano topográfico de la sierra el Monumento)).

El yacimiento ocupa **63.35** hectáreas aproximadamente, quedando las **88.65** hectáreas restantes en un área horizontal, que será dispuesta una parte para la construcción de la Planta Procesadora, almacén, comedor, oficinas, así como garaje para maquinaria y equipo. El camino rural que comunica a San Martín con Cuacnopalan pasa a escasos 2,000 metros, mismos que se tendrá que construir un camino de conexión con el predio de 1,690 metros de longitud.

El área horizontal, es irregular es decir no es plana, para lo cual se emparejará con la motoconformadora principalmente la zona de la cota 2400, donde se construirán los cimientos de la planta y demás edificios.

En los límites del predio, de zona horizontal se instalará una malla ciclónica con postes de tubería de hierro de 2" de diámetro, para reguardar las instalaciones y maquinaria.

## **2.8. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS.**

La zona de interés estará delimitada en las áreas donde el material comienza a decolorarse, buscando con esto la mejor calidad de roca. Al Sur la cota 2440 es el límite inferior; al Norte la cota 2560 es el límite superior; tomando el rumbo **NW** de la Sierra El monumento y la mojonera como punto de referencia, el material es amarillo a los 177.5 metros y empieza a decolorarse a los 487 metros en esta dirección, quedando una distancia aproximada de 300 metros, (secciones **f**, **g** y **h**). Estos parámetros delimitan el cuerpo mineralizado de interés dejando para estudios posteriores, la zona de Mármol Blanco y Mármol Cristalino Blanco. (Ver plano topográfico de la sierra el monumento, anexo)

La zona delimitada es donde la roca presenta mayor coloración, menos fragmentación y la capa de caliza que envuelve al travertino no sobrepasa un espesor de 0.90 metros, por estos argumentos se considerará la zona de interés.

El proyecto inicial de San Martín Esperilla de explotación y beneficio de mármol, con la construcción de una Planta Procesadora, presenta limitantes y la principal es la carencia de recursos económicos para llevarse a cabo, por lo que se estimarán las reservas y producción de forma de que la inversión inicial sea mínima, para que tenga mayores alternativas, en cuanto al ingreso de inversionistas o posibles créditos para su financiamiento.

Por otro lado, para determinar un precio venta de material in-situ y terreno, se tendrá que evaluar el potencial de Reservas de Travertino Amarillo y Mármol Blanco, tomando la consideración inicial la delimitación del terreno de 150 hectáreas y la zona de interés

de **61.35** hectáreas tomando como límite la falda del cerro y la parte más alta de éste, donde termina la propiedad según escrituras.

## **2.9. CRITERIOS PARA LA CUBICACIÓN DE RESERVAS.**

Los indicios que se obtuvieron en el yacimiento para determinar una valoración de reservas son los afloramientos localizados por debajo de la cota 2580; en la zona no se tienen antecedentes de trabajos de exploración como barrenos, donde se pueda obtener información sobre la roca a profundidad; por lo que siguiendo los planos de estratificación de la roca caliza y del travertino, que son continuos de la cara Sur del cerro hasta la cara Norte, su rumbo y echado, se propondrá una profundidad de influencia de 50 metros.

El predio fue dividido en tres zonas principales, mármol blanco, mármol cristalino y travertino amarillo, (Ver plano topográfico de la Sierra el Monumento), el rumbo del área en específico es de **N51°W** y presenta un echado promedio de 16°20' Sur, con respecto a la horizontal; se realizaron 21 cortes transversales a una distancia de 50 metros uno del otro, dando un rectángulo de estudio de 1000 metros de ancho por **613.5162** metros de largo y una área total de estudio de **61.3516** hectáreas; las curvas de nivel se levantaron con una altura promedio de 20 metros.

Para determinar la zona de interés dentro del cuerpo mineralizado, se siguieron los siguientes razonamientos:

- Ubicación de los afloramientos del travertino amarillo.
- Ocurrencia de los afloramientos
- Calidad del material.
- Pendiente menos pronunciada 30°.
- Distancia mínima de la base del Cerro al banco primario.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- a) La zona **SE** del cuerpo mineral, se caracteriza por tener travertino amarillo recristalizado, en mayor abundancia y de mayor coloración ya que como se mencionó al virar hacia el **W** el material va perdiendo coloración, hasta alcanzar el aspecto vítreo y transparente en algunas zonas, y blanco lechoso en otras.

Partiendo de la mojonera como punto de referencia y en dirección al Oeste (Ver Plano topográfico) hasta el área de influencia de la sección h, se miden 153.125 metros, posteriormente la zona de interés de 300 m. que incluye los cortes transversales **f, g y h** con sus respectivas áreas de influencia. El área es delimitada hacia el Norte, de la cota 2440 hasta la cota 2560, dando una superficie horizontal de **113,084.32 m<sup>2</sup>**, unas 11 hectáreas del total del predio.

- b) Los afloramientos son continuos, dejando el material al descubierto, de 20 a 30 metros de distancia uno del otro; el capote de la roca Caliza es mínimo en ésta zona, aproximadamente 1.00 metro, facilitando la limpieza del cuerpo mineral para la preparación de los bancos de extracción.
- c) El área en cuestión en su totalidad cuenta con una pendiente de 30° aprox. de la cota 2440 a la cota 2560, facilitando los trabajos de preparación de los bloques al desperdiciarse menos porcentaje de material, que al tener una pendiente más pronunciada, como sucede en cotas más elevadas, (cota 2600 en adelante).
- d) La cota 2560 se localiza a una distancia inclinada de 469.097 metros de la base del cono, aumentando la pendiente y por consiguiente la distancia inclinada, este aspecto favorecerá a los costos de preparación de los bloques, al subir maquinaria y equipo hacia esta zona para la extracción.



*Cota 2500, el travertino aflora en un área grande.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Estos criterios de selección de material dejan observar que el cuerpo mineral en su totalidad presentan Reservas Minerales para proyectos más ambiciosos o la estimación de una explotación a muchos más años de vida.

### **2.10. CÁLCULO DE RESERVAS DE TRAVERTINO AMARILLO.**

El yacimiento carece de exploración directa, como barrenos de exploración o catas, pero se cuenta con un gran número de afloramientos que se localizan cada 25 metros, en promedio. Contando con los afloramientos y la estructura en capas de la roca en la parte Sur, mismas que se pueden observar en la parte posterior del Cerro, se

determina que la estructura presenta el mismo rumbo y echado de las capas denotando una continuidad en la estructura del material; no obstante, se propondrá un programa de exploración directa en el área de interés.

Partiendo de estos puntos, las reservas serán clasificadas en 2; Reservas Positivas y Reservas Probables. Esta clasificación se obtuvo bajo los siguientes criterios.

### 2.10.1. Reservas Positivas.-

Para llevar a cabo el cálculo de las superficies se apoyó en los levantamientos topográficos con GPS, y en los planos topográficos escala 1:50,000 del INEGI; la diferencia mínima calculada entre la lectura del GPS y dichos planos de aproximadamente 0.026%, en una área de 200 km<sup>2</sup>, que fue el área en la cual se realizaron los estudios topográficos y de exploración.

Se cubicarán en este inciso todo el volumen de material, localizado entre las secciones de interés (f, g y h) considerando una área de influencia 50 metros que es la profundidad inclinada perpendicular a la superficie.

Con la ayuda del Software Autocad, se obtuvieron las áreas de las secciones (f, g y h) perpendiculares a la superficie, por un valor de 12,276.7255 m<sup>2</sup>, 14,922.7650 m<sup>2</sup> y 18,042.6386 m<sup>2</sup> respectivamente; dando un total de 45,242.1291 m<sup>2</sup>. Este valor es afectado por los 100 metros del área de influencia que se asignaron a cada sección, teniendo así un volumen de 4'524,212.91 m<sup>3</sup>, de material explotable.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sección "f" = 12,276.7255 m<sup>2</sup>

Longitud real = 596.7863 metros lineal

**Corte Transversal de la Sección "f".**

A este resultado se le resta, el material de desperdicio obtenido del empareje de los bancos de preparación, más un porcentaje del 10%, por el material fracturado en las voladuras y el material localizado en la superficie que ha sufrido alteraciones, el objetivo es obtener el travertino lo más fresco posible y con un mínimo de alteraciones y fracturamientos.

Sección "g" = 14,922.7650 m<sup>2</sup>

Longitud real = 697.7951 metros lineales

#### ***Corte Transversal de la Sección "g".***

El área total de los triángulos de empareje de las tres secciones es de 10,390.5993 m<sup>2</sup>; representando un volumen de material a desperdiciar de 1'039,059.93 m<sup>3</sup>, mismo que serán descontados a 4'524,212.91 m<sup>3</sup>, quedando un total de **Reservas Positivas** de **3'485,152.98 m<sup>3</sup>** de Travertino Amarillo; volumen en el cual se basará la inversión y por ende la realización del Proyecto de Explotación.

Sección "h" = 18,042.6386 m<sup>2</sup>

Longitud real = 726.9424 metros l

#### ***Corte Transversal de la sección "h".***

**2.10.2. Reservas Probables.-**

Se determinará el resto del volumen, que se localicen entre los planos perpendiculares de proyección de las cotas límites (2560 y 2440), las fronteras de las secciones f y h, y la proyección de la superficie a 50 metros de profundidad que representa el área de influencia de las reservas positivas. (Ver cortes transversales)

Los volúmenes totales obtenidos por medio del Software *Autocad*, que están delimitadas por los planos perpendiculares la superficie y las fronteras de las secciones de interés son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Sección f} &= 1'673,792.89 \text{ m}^3 \\ \text{Sección g} &= 1'722,942.64 \text{ m}^3 \\ \text{Sección h} &= 2'644,299.67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dando un total de  $6'041,035.2 \text{ m}^3$ , este sería el valor de la suma de reservas, positivas y probables, por lo que restando las positivas obtenidas con anterioridad se tienen:

$$6'041,035.2 \text{ m}^3 (-) 4'524,212.91 \text{ m}^3 = 1'516,822.29 \text{ m}^3.$$

**2.10.3. Resumen.-**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

<b>VOLUMEN TOTAL</b>	<b>6'041,035.20 m<sup>3</sup></b>
<b>VOLUMEN A DESPERDICAR</b>	<b>1'039,059.93 m<sup>3</sup></b>
<b>RESERVAS POSITIVAS</b>	<b>3'485,152.98 m<sup>3</sup></b>
<b>RESERVAS PROBABLES</b>	<b>1'516,822.29 m<sup>3</sup></b>

Como se puede observar los volúmenes de reservas son abundantes para justificar la inversión y una larga vida de proyecto de extracción y beneficio de mármol travertino.

**2.11. PROGRAMA DE EXPLORACIÓN DIRECTA.**

Debido a la falta de obras de exploración en el área de interés; se propone un programa de exploración directa, a base de barrenación vertical con un mínimo de 5 barrenos a una profundidad de 100 metros aproximadamente y una distancia entre cada uno de ellos de 200 metros, para reforzar la información de los afloramientos y de los rasgos petrológicos que se observaron en la exploración superficial.

Las principales áreas a explorar serían los cortes transversales **f, g y h**; con un barreno desde la cota **2500**, así como los cortes **c y d**; en donde se localizó el mármol blanco; de las muestras obtenidas en los últimos cortes, se determinó una calidad sobresaliente para este material, por lo que valdría la pena establecer un rango de reservas para futuras explotaciones, o incursionar con este tipo de material en el mercado a corto plazo.

## **2.12. LIMITANTES TÉCNICO-ECONÓMICOS.**

El proyecto no presenta limitaciones por concepto de *reservas* pero se tiene que considerar las pocas oportunidades de financiamiento que existen actualmente, para poner en marcha un nuevo proyecto de esta magnitud, por lo que se evaluarán las condiciones técnico-económicas óptimas en las cuales podría llevarse a cabo este proyecto y se analizará una inversión más austera que pudiese estar apegada a la realidad, dando de esta forma 2 parámetros para justificar la viabilidad del proyecto.

La capacidad instalada de la maquinaria y equipo en el mercado, será la principal limitante para considerar, ¿Cuánto material se puede procesar diario y cuanto cuesta producirlo?; de modo de que las utilidades soporten la inversión y una ganancia superior a la que se tendría si se invirtiera el capital en un Banco, sería la constante inicial de todo el estudio, ya que de aquí se podrá derivar, la maquinaria y el equipo de la Cantera.

La otra alternativa es analizar una inversión menor, y estaría basada en cuanto se pudiese conseguir en créditos (Fideicomisos y Bancos), para tener una constante económica y cuanto se puede adquirir con esa cantidad; de esta manera se planearía con un programa austero la producción de Travertino.

En Resumen, el cuanto se va a producir diario, tanto en la Cantera con en la Planta dependerá de dos factores:

- La capacidad instalada en el mercado.
- Facilidades de financiamiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La producción de Travertino Amarillo en el país está limitada a piezas ornamentales, no se producen losetas para pisos, acabados y recubrimiento de exteriores,

**2.13. TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO.**

Un telar moderno puede producir al mes de 3.000 a 4.000 metros cuadrados de tablas de 2 cm. de espesor; si de un metro cúbico se obtienen 26 m<sup>2</sup>, aproximadamente con este ancho, un telar puede procesar 192 m<sup>3</sup> de travertino amarillo mensuales, en un año se procesan 2,880 m<sup>3</sup>.

**Tentativas: 10 años.**

Durante 10 años se tendrá una extracción de **72,156 m<sup>3</sup>/10 años.**

20.04 m<sup>3</sup> promedio al día.

20.04 m<sup>3</sup>/día (X) 360 días (X) 10 años = 28,800 m<sup>3</sup> en 10 años.

La producción de Travertino será aserrada con una nueva tecnología italiana a base de hilo diamantado, con una maquina Monohilo Falcon 103, que produce un promedio de **10,000 m<sup>3</sup> al año.**

Evaluando la producción dentro de parámetros reales, por motivos económicos (inversión y comercialización) se extraerá el **2.07%** de las reservas evaluadas, con las tentativas expuestas: Ahora si se aumenta el tiempo o la vida del proyecto se podría evaluar contra 20, 30 o 40 años.

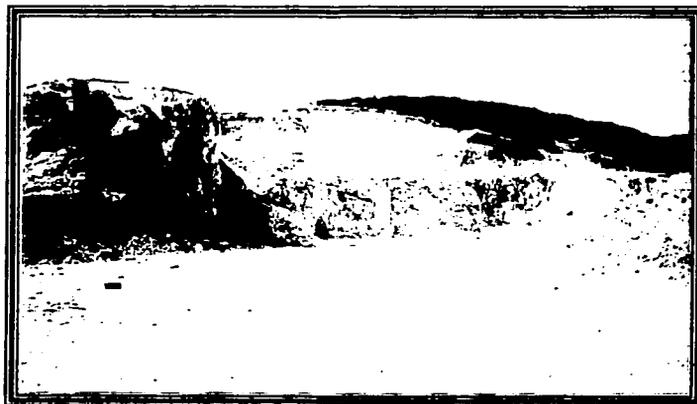
Dependiendo de la oferta y la demanda de los productos que se pretenden producir, se podrá evaluar la producción diaria de la cantera; lo importante recalcar es que el yacimiento cuenta con reservas suficientes para soportar un gran proyecto de inversión con mirar a la exportación de losetas de Travertino Amarillo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3. DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.

#### 3.1. INTRODUCCIÓN.

La explotación de minerales no metálicos presenta una perspectiva diferente para obtener materiales de un yacimiento; siendo una variante de la explotación a cielo abierto que generalmente se utiliza en la extracción de minerales metálicos o carbón. En la explotación de metálicos, generalmente el tamaño del material quebrado está en función de la barrenación, el uso de explosivo y de la capacidad de alimentación de la Quebradora Primaria; no así para el caso que nos ocupa que es el de producir bloques de material, ya que en este caso se busca dañar lo menos posible el material, de esta manera el bloque presentará un menor fracturamiento en sus caras para posteriormente ser cortado y pulido; el barrenar representa desperdicio de material, y esto se traduce en pérdidas económicas. Se pueden enumerar varias diferencias; desde el uso de explosivos, la colocación y dimensiones de los barrenos, altura del banco de extracción; daño a las aristas de los bloques, y gastos extras como corte de cuadréo para alinear los bloques que serán tratados en la planta, estos son algunos aspectos que hacen la diferencia entre la explotación de materiales que dependiendo de su uso, serán triturados y molidos, a materiales que mientras más grande sea su tamaño es mejor; el término Cantera es utilizado para nombrar un banco de extracción de minerales no metálicos exclusivamente.



*Banco de explotación de material carbonatado.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La Cantera es una variante de la explotación a cielo abierto, y el equipo empleado varía dependiendo del tamaño del producto, para la obtención de gravas, con perforadoras y compresor puede ser suficiente, pero para obtener bloques, el hilo diamantado es una excelente alternativa. La diferencia estriba en los materiales extraídos que regularmente

suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. En general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que se obtiene menos material de desecho. A su vez, esto significa que al final de la vida útil de la cantera queda una gran excavación que puede ser utilizada como área de servicio común. No obstante, debido a los bajos precios que suelen tener los productos de la mayoría de las canteras, éstas tienen que estar situadas cerca de los mercados. Si no fuera así, los gastos de transporte podrían hacer que la cantera no fuera rentable. Por esta razón, muchas se encuentran cerca de aglomeraciones urbanas.



*Vista panorámica de la cantera de travertino, maquinaria y Bloques.*

Las cavidades creadas por muchas canteras adquieren un cierto valor como vertederos de residuos urbanos. En las cercanías de las grandes ciudades, puede ser que la excavación creada por la cantera tenga un valor superior al del material extraído. Debido al bajo costo actual del transporte marítimo, se están abriendo nuevos tipos de grandes canteras costeras. Estas canteras pueden servir a mercados alejados porque los gastos de transporte son lo bastante bajos como para que sus productos sigan siendo competitivos.

El predio en estudio y sus alrededores son de propiedad privada y esto facilita la posible futura explotación de estos materiales.

### **3.2. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para la obtención de bloques de Travertino, se cuenta con 2 métodos de extracción a Cielo Abierto, que se diferencian en la última etapa del proceso que es la separación del bloque:

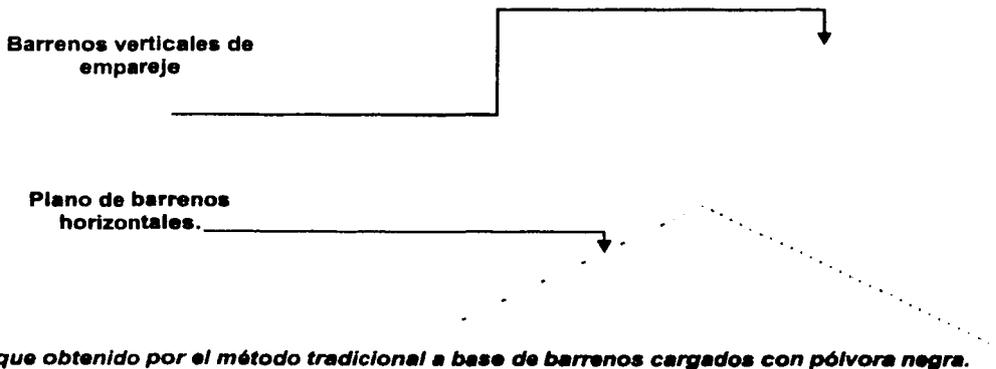
- Método Tradicional, (a base de explosivos.)
- Método de Corte con Hilo Diamantado.

En los dos métodos se prepara el banco con el cuele de una zanja primaria a base de barrenos cargados con explosivos para proporcionar espacio de trabajo a la maquinaria que se va a utilizar y para el movimiento de los bloques ya separados, la diferencia estriba

en la forma de cortar las caras del bloque; en el método tradicional se barrenan los límites y son cargados con pólvora negra; y utilizando el Hilo Diamantado se perforan 2 barrenos perpendiculares en los cuales se introduce el hilo y éste es conectado a la máquina y montado sobre poleas, con movimiento circular el hilo corta el mármol para de ésta manera obtener la cara separada del bloque.

### 3.2.1. Método tradicional.-

El bloque es separado por medio de barrenos cargados con pólvora negra, a una distancia que puede variar de 15 a 20 cm., dependiendo de las características del yacimiento, la maquinaria disponible y de las dimensiones que se deseen obtener, la profundidad de los barrenos es variable, este tipo de explosivo es utilizado para dañar al bloque lo menos posible por las ondas de choque que produce la pólvora negra, se cargan dos barrenos por uno vacío, de esta forma con los barrenos vacíos se obtendrán más caras libres para la liberación de las ondas de choque y los gases. Utilizando explosivos se produce más desperdicio que si se utiliza otro método; por este motivo el bloque es necesario cuadrarlo, para limpiarlo de fracturas y darle una forma geométrica definida, Después de la detonación de los barrenos, el bloque se separa a base de cuñas, aprovechando la fractura que se obtuvo con la detonación, posteriormente el bloque es acarreado hasta la planta de laminación por medio de gatos neumáticos o rodándolo sobre tubos.



#### Ventajas y desventajas de este Método.

##### Ventajas.

- No requiere de mano de obra calificada.
- Obtención de bloques de mayores dimensiones.
- Mínimo consumo de energía eléctrica.
- Nulo consumo de agua en el proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Menos maquinaria, (en relación al Hilo Diamantado).

### **Desventajas.**

- Mayor volumen de material fracturado (desperdicio).
- Tiempo de barrenación
- Consumo de explosivos
- Mayor tiempo para preparar el bloque.
- El bloque se debe cuadrar a base de marro y cincel.
- Precio y demanda menor por m<sup>3</sup>.

El método de explosivos es utilizado actualmente, en materiales con mayor dureza que el mármol, como el granito en algunos lugares del país, siendo innecesaria la inversión para adquirir una nueva tecnología y modernizar el proceso.

Este método se puede utilizar con algunas variantes, en lugar de usar pólvora negra se cargan algunos barrenos con agua, reduciendo el uso de explosivos, también se puede utilizar oxígeno, mejorando la extracción pero aumentando los costos considerablemente.

Para la obtención de bloques, se utilizan barrenos cargados con pólvora negra, colocados a una distancia que puede variar de 15 a 20 centímetros entre ellos, el diámetro de los barrenos es de 2.5 cm., y el largo estará en función de la altura del bloque

### **3.2.2. Método de explotación con Hilo Diamantado.**

#### **a) Descripción del Método.**

Partiendo de que no se cuenta con obra alguna en el terreno a explotar, se procede a prepararlo, primero barrenando verticalmente el área superior. Posteriormente se realiza la misma operación (barrenación vertical) en una elevación inferior, para proporcionar superficie horizontal que sirva de piso para la maquinaria que se va a utilizar en la extracción dependiendo de la altura que se pretenda dar al banco; de esta forma se obtienen las áreas de trabajo, en donde se instalará la maquinaria y el equipo necesario para las obras siguientes.

Preparado el primer escalón del banco se procede al cuele de la zanja primaria, en el centro de la superficie limpiada, todavía utilizando barrenación y explosivos; las dimensiones de la zanja dependen de la altura del escalón y el largo que se quiera dar al banco, el ancho de la zanja es de 12 metros; se perforan líneas de barrenos cada 2 metros, con un espaciamiento entre barrenos de 0.25 metros, medidos de centro a centro; el bloque obtenidos se separan con cuñas y cinceles, dejándolo caer en una cama de gravilla.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las dimensiones mencionadas varían dependiendo del tipo de roca a explotar y de las condiciones estructurales del yacimiento.



Ancho de la zanja 12 metros, altura 6 metros.

#### *Diseño del cuele de la zanja primaria.*

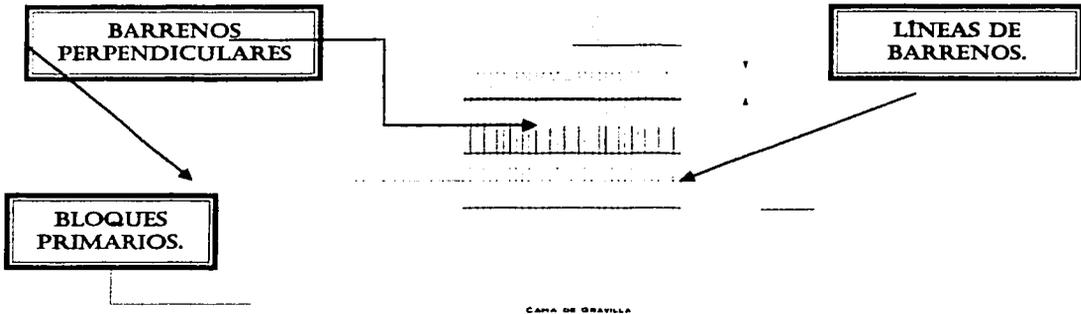
Este método de extracción hasta éste paso presenta similitudes con el método tradicional; como el cuele de la zanja y la preparación de las superficies horizontales, ya que se tiene que utilizar el mismo procedimiento en ambos, que es el de barrenar y cargar los barrenos con explosivos; la diferencia estriba en la separación total del bloque, con estas obras al bloque se le dan 3 caras libres para poder utilizar la máquina cortadora de hilo diamantado.

Una vez obtenido el espacio para la máquina cortadora se procede a perforar dos barrenos perpendiculares entre si por cara para introducir el hilo diamantado, obteniéndose la primera cara del bloque, posteriormente se procede a cortar las caras restantes, para utilizar el hilo diamantado es necesario instalar poleas para que pueda deslizarse, además necesita ser enfriado periódicamente con agua, para evitar un rompimiento prematuro; el consumo de agua es de 8.2 m<sup>3</sup> de agua en un turno de 8 horas. La máquina cortadora es instalada en un riel y poleas para que pueda deslizarse.

Al ser desprendido el bloque es su totalidad es separado del macizo rocoso con gatos hidráulicos o por medio de cojines inflables, y rezagado en un área abierta en donde se puedan realizar los cortes necesarios hasta obtener las dimensiones para la Planta de Procesamiento.

Los siguientes bloques, se desprenden de la misma forma, ya que están provistos de las 3 cara libres necesarias para perforar los barrenos perpendiculares y utilizar el Hilo Diamantado en cada corte.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*Preparación de la zanja, por medio de líneas de barrenos verticales.*

El tamaño original del bloque obtenido de la cantera, tiene dimensiones mayores a las necesarias en la Planta Procesadora regularmente, por lo que es necesario separar el bloque del yacimiento, éste es rezagado hacia un espacio abierto, para proseguir con cortes secundarios para dar el tamaño óptimo para su traslado y tratamiento, este tamaño dependerá del equipo de acarreo con el que se cuente y el tipo de maquinaria que se esté utilizando en el proceso de aserradero.

#### b) Características Técnicas del Hilo Diamantado.

La tecnología del hilo diamantado es un método revolucionario para hacer cortes en la roca con precisión. Las perlinas de diamante, montadas en un cable continuo de acero recubierto de resortes y accionado por la polea motriz del equipo de corte, giran a gran velocidad por la roca realizando cortes precisos, horizontales o verticales dependiendo de la colocación de los barrenos guías.

#### Ventajas:

- ✓ Mínimo fracturamiento del material. (desperdicio)
- ✓ Menor consumo de barretas y explosivos.
- ✓ Mínimo desperdicio del mineral.
- ✓ El tiempo de corte es menor, que el barrenar y cargar los barrenos.
- ✓ Mayor demanda y precio por  $m^3$ .
- ✓ La calidad del material es mayor para ser tratado y comercializado.
- ✓ El bloque no necesita ser cuadrado.
- ✓ Mayor demanda y mejor precio por  $m^3$ .

#### Desventajas.

- ✓ Mayor consumo de agua.
- ✓ Mayor consumo de energía eléctrica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- ✓ Mano de obra calificada.
- ✓ Mayor inversión en maquinaria y equipo.

Valorando las ventajas y desventajas de los 2 métodos, se selecciona el Corte con Hilo Diamantado, por las grandes ventajas que presenta con respecto al método tradicional; en Italia y España que son los países que van a la vanguardia en la producción de mármol, el Hilo Diamantado, es utilizado con gran éxito en la explotación de Canteras, representando un bajo costo y mejorando la calidad del producto.

A continuación se describirán las principales constantes operativas del Método de Explotación utilizando el Hilo Diamantado.

### **3.3. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y BANCO PRIMARIO INICIAL.**

#### **3.3.1. Preparación del terreno.**

En la zona de San Martín Esperilla, actualmente no se explotan minerales marmolizados, ubicando además del predio en estudio, otras áreas con este tipo de mineral y de otra variedad; (verdoso, blanco lechoso y cristalino), teniendo así una extensión de terreno más grande de marmolización.

Esta información parte del muestreo superficial, que se efectuó en la zona de interés y áreas aledañas, en donde predominan los afloramientos a poca distancia entre ellos, (de 15 a 25 metros aproximadamente), de donde un 90 % de las caras, el mineral presenta una buena textura y excelente compactación para los fines que se persiguen.

La primera obra que se tiene contemplada, es un camino de terracería de 1.5 Km. de largo, que comunique al predio con el camino rural existente. El camino terminará en la superficie horizontal del predio (cota 2400) donde se ubicarán las oficinas, talleres y Planta de Procesamiento. El ancho es el mínimo para que pueda circular un camión de carga (5 metros) y su mantenimiento se hará con material de desperdicio producido por la preparación de los bancos de extracción; esta obra será consignada a un contratista, evitando tener que adquirir maquinaria para este tipo de trabajo, que no será utilizada posteriormente en la cantera o en la unidad y la contratación de personal.

El empareje de la superficie donde se construirán las Obras Civiles, se hará con un Buldózer y un trascabo rentados; para nivelar horizontalmente la zona.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.3.2. Obras Civiles.

**Obras de Servicios.-** El cableado de la energía eléctrica será tomado de la comunidad de San Martín, instalando un transformador de 1,200 Kw, cubriendo con la necesidades de la maquinaria y equipo, la energía eléctrica de las instalaciones (almacén y oficinas) y del alumbrado en general de la unidad.

- ✓ Para cubrir los requerimientos de agua, es necesario la construcción de dos cisternas para captar y recircular el agua, la primera de una capacidad de 100 m<sup>3</sup> se utilizará con las máquinas cortadoras, en el enfriamiento constante del Hilo Diamantado, la segunda con una capacidad de 20 m<sup>3</sup> para suministrar líquido a baños, riego; el agua potable será adquirida en garrafones de 20 litros.
- ✓ Para el acceso de personal y transporte de equipo a la cota 2540, así como el acarreo del material explotado hasta la planta procesadora será necesaria una rampa, con las siguientes características: 6 metros de ancho y contará con una pendiente del 10%, con una vuelta en la sección b, a una altura de 70 metros con respecto a la base del yacimiento; iniciará en la cota 2420 y terminará en la cota 2540, su longitud total inicial será de 1,700 metros esto será ajustado dependiendo del área de explotación variando su trazo y longitud.
- ✓ Polvorín para almacenar el explosivo necesario para las obras de preparación de los bancos; este polvorín está conformado por dos partes, la sección de agentes explosivos y la de los explosivos de alta intensidad; las normas de seguridad establecen que entre las dos secciones se procure una distancia de 30 metros, para evitar una explosión en cadena en caso de un posible accidente.

**Obras de Cimentación.-** Las obras de mampostería para la instalación de maquinaria y base de las edificaciones, cimentación y pisos, se realizará de la siguiente manera:

- **Planta de Procesamiento.-** La superficie donde se instalará la maquinaria y equipo de la Planta, es rectangular con una superficie cuadrada de 2,500 m<sup>2</sup>; 25 metros de ancho por 100 metros de largo y 4.5 metros de alto; teniendo la forma de una Nave Industrial, y una estructura metálica, con piso exclusivamente para la instalación de la Máquina Monohilo. La superficie será colada con mezcla y malla ciclónica; instalando las bases metálicas para cada máquina; los cimientos serán zapatas de 2 metros de profundidad, donde se colocarán los Castillos (Estructuras Metálicas), para la instalación de las Grúas Viajeras.
- **Almacén y Oficinas.-** La construcción del Almacén y de las oficinas, (Ver ubicación en plano del predio) será realizada por un contratista, para evitar tener que

contratar más personal, y equipo, de esta manera, estas obras se realizarán a la par de las de la Planta de Procesamiento.

### 3.3.3. Preparación del Banco primario inicial.-

Las condiciones topográficas que prevalecen en el yacimiento como ya se mencionó, tienen las siguientes características; rumbo de **N51°W** y un echado de **30° Sur** aproximadamente en donde el primer paso será proporcionar una superficie horizontal para establecer los límites del banco de la Cantera.



*Bloques en la cantera, listos para su laminación*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

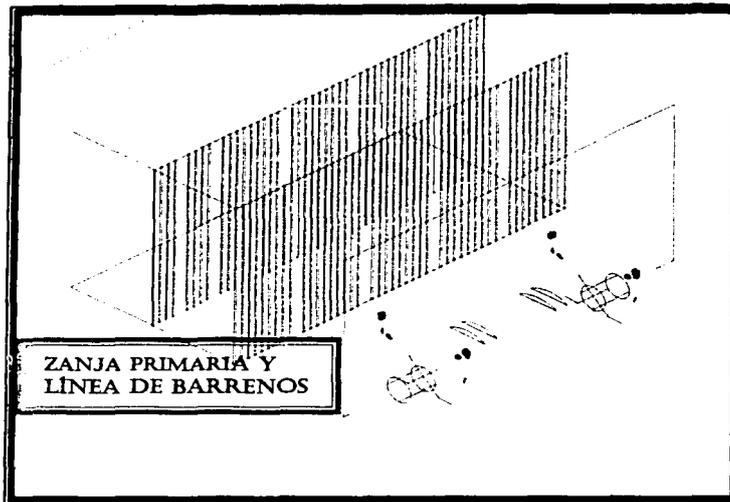
El inicio de las obras será a una altura de **140 metros** con respecto a la cota 2400, que es la altura donde las características del Travertino comienzan a cambiar, la coloración disminuye, y los afloramientos cotas arribas en esta zona son menos continuos. Proyectando una posible expansión del proyecto las reservas positivas que se obtuvieron son suficientes para la explotación de material por varias décadas, así que no es necesario ampliar el radio de acción de la zona de interés pensando en una ampliación futura del diseño del banco.

Para poder implementar este método de extracción se deben cumplir ciertos requisitos en la zona de explotación.

- ✓ Espacio suficiente en la base del banco para instalar las máquinas.
- ✓ Una cara libre lateral, para instalar el hilo diamantado.

Partiendo de que se cuenta con el banco preparado y limpio, se procede a barrenar la primera sección en el centro del banco, los barrenos serán de 2.5 cm. de diámetro y un espaciado de 0.3 metros; dando una distancia total de 0.325 metros; de centro a centro de los barrenos. El bloque tendrá un ancho de 24 metros por lo que se utilizará un

promedio de 24 barrenos para separar la primera cara, del macizo rocoso, la altura del banco será de 6 metros y el largo de 3 metros, por la razón que se tiene que colar una zanja en el centro del banco, que servirá para la instalación de la máquina Cortadora de Hilo Diamantado.



*Corte de los primeros bloques en el despunte del cerro.*

El banco primario será en la sección "g", que es el área central de la zona cubicada y partiendo de la Cota 2540 hacia abajo, buscando con esto la zona del cuerpo mineral, en donde la coloración del travertino se acentúa y el material presenta menor fragmentación; en esta cota se establece una plantilla de barrenación, con 228 barrenos verticales con una rejilla de 9"X 9", el diámetro de los barrenos es de 3", la altura de los barrenos de la última línea es de 11.7848 metros y de la primera línea es de 0.8039 metros; el total de metros barrenos por plantilla es igual a 1,435.48 metros, se ha experimentado con diversas longitudes en bancos de la zona y han llegado a la conclusión de que esta distancia es la apropiada para el volumen de material que se desea producir,

La plantilla de barrenación tendrá una forma de 3 bolillo, con salida hacia el centro del terreno, que es el punto más frágil del terreno por las perforaciones, los barrenos estarán cargados con Hidrogel, Córdón detonante y Nitrato de amonio, las líneas estarán iniciadas con cañuela, entre línea y línea se conectará un retardador de 125 milisegundos, para garantizar la salida del material quebrado, buscando con esto limpiar toda la superficie del terreno para evitar bordes posteriores, que retrasen la instalación del equipo que se utilizará en las siguientes operaciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

De los 228 barrenos, se cargarán un 40% es decir 2 de cada 5 con explosivo, dos con agua, para amortiguar las ondas de choques, el restante vacío, para proporcionar cara libre.

**CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE  
LA PLANTILLA DE BARRENACIÓN DE  
EMPAREJE.**

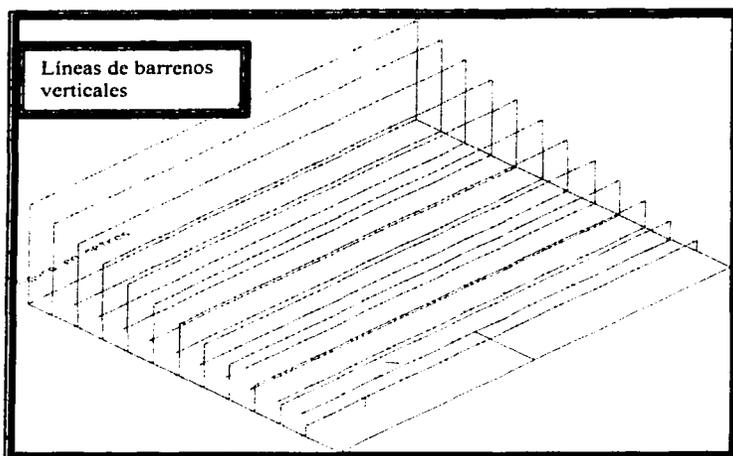
1	12	2.637	31.649	9.647
2	12	4.667	56.000	17.069
3	12	6.637	79.648	24.277
4	12	8.667	104.000	31.699
5	12	10.637	127.648	38.907
6	12	12.667	152.000	46.330
7	12	14.637	175.648	53.537
8	12	16.667	200.000	60.960
9	12	18.637	223.648	68.168
10	12	20.667	248.000	75.591
11	12	22.657	271.883	82.870
12	12	24.658	295.893	90.188
13	12	26.659	319.904	97.507
14	12	28.660	343.914	104.825
15	12	30.660	367.925	112.144
16	12	32.661	391.936	119.462
17	12	34.662	415.946	126.780
18	12	36.663	439.957	134.099
19	12	38.664	463.968	141.417
<b>Totales.</b>			<b>4709.567</b>	<b>1435.476</b>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Partiendo de la topografía del yacimiento, el banco inicial estará situado en la cota 2540, a una elevación de la base del Cerro de 140 metros, que será la altura máxima a la cual se tendrá que desplazar la maquinaria y equipo.

El ancho total que se va a preparar es de 300 metros, que representa las tres secciones propuestas para el proyecto, cada sección es de 100 metros, la altura total de la zona en la cual se encuentran las reservas es de 120 metros. Para fines de cálculo de áreas, se evaluará un modelo geométrico, desechando las pequeñas diferencias que se pudiesen producir a momento de cuadrar la roca a figuras geométricas preestablecidas.

La plantilla de barrenación de empareje estará calculada en unidades del sistema inglés, facilitándose para la especificaciones técnicas de la maquinaria de perforación.

*Plantilla de barrenación*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Ventajas y Desventajas de ubicar el primer banco en la Cota 2540.**

La ubicación del banco inicial pudiese variar dependiendo de las necesidades del proyecto, tanto de mayor o menor producción, la explotación de otra variedad de mármol, que se encuentra dentro del predio,

#### ***Ventajas:***

- a) Obtención del material con mejor calidad.
- b) Costos menores de preparación, en comparación con Cotas más elevadas.
- c) Menor descapote.
- d) Zonas de capas de hasta 6° de inclinación.
- e) Menor distancia de acarreo de los bloques hacia la planta procesadora, en comparación con Cotas más elevadas.
- f) Mejor manejo y menor maltrato del bloque al tener una pendiente y distancia menor.
- g) Las curvas de nivel son menos cerradas, dando bancos más lineales y homogéneos.

#### ***Desventajas:***

- a) Menor avance en obras de preparación del primer banco, ya que el volumen descubierto en su primera etapa es menor que el descapotado y es desperdiciado por concepto de preparación.
- b) Construcción de la rampa de acceso hacia el área de trabajo.
- c) Mayor distancia inclinada de movimiento de la maquinaria en una etapa inicial.

Las ventajas son mayores, justificando de esta manera el diseño del primer banco de extracción en la cota 2540.

**3.3.4. Uso de Pólvora Negra.**

La pólvora negra será utilizada únicamente en el cuele de la zanja primaria; los barrenos verticales serán colados a 25 cm. uno del otro, con un diámetro de 3.1 cm.; las dimensiones de la zanja son: 12 metros de ancho por 6 metros de alto y un espaciamiento entre líneas de 2 metros, permitiendo con estas longitudes la maniobrabilidad en la instalación de las máquinas perforadoras, cortadora y compresores. El volumen de los bloques separados es de 96 m<sup>3</sup>; dependiendo de su fracturamiento o quebrado podrán ser utilizados para cortar y cuadrar con la cortadora, para recuperar material, y ser enviado a la Planta Procesadora; recuperándose un 50% promedio del bloque, por el daño provocado por el uso del explosivo.

Los barrenos serán cargados en un 33.34% de su volumen obteniéndose un volumen por barreno de:

$$V_b = \pi \cdot r^2 l$$

Con las constantes anteriores el volumen del barreno es = 0.1599 ft<sup>3</sup> = 4,528.606 cm<sup>3</sup>.

Al ser cargado únicamente 1/3 del barreno se tiene: 1,509.535 cm<sup>3</sup>.

La  $\delta$  de la pólvora negra = 680 Kg. /m<sup>3</sup>.

(0.001509) X (680) = 1.02648 Kg. Por barreno.

Considerando 32 barrenos por frente y una distribución de 2 cargados por 1 vacío, se considera 21 barrenos cargados por frente.

Peso de Explosivo por frente = (21) X (1.02648 Kg.) = 21.556 Kg. /frente.

**Cálculo paralelo sobre la pólvora negra.**  
(Manual de Dupont)

$\delta$  de la pólvora negra = 1.5 gr. / cm<sup>3</sup> y 0.8 gr. /cm<sup>3</sup>.

Se calcularon las dos densidades.

Volumen de la frente = 31,700.24 cm<sup>3</sup>.

P<sub>1</sub> = (0.8 gr. / cm<sup>3</sup>) X (31,700.24 cm<sup>3</sup>.)

P<sub>1</sub> = 25,360.1925 gr.

P<sub>2</sub> = (1.5 gr. /cm<sup>3</sup>) X (31,700.24 cm<sup>3</sup>.)

P<sub>2</sub> = 47,550.361 gr.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Promedio aritmético = 36,455.2768 gr.

Se necesitarán 36.455 Kg. de pólvora negra (+) 15% por pérdidas en manejo y desperdicio (5.45527 Kg.)

$P_{\text{promedio}} = 36.455 + 15\% = 41.923$  Kg. de pólvora negra.

Se necesitará **42 Kilogramos de pólvora negra por línea.**

El diámetro de los barrenos y el cargado con pólvora negra únicamente será utilizado en el cuele de la zanja central, para de esta manera utilizar el material obtenido en los bloques, e ir empezando a producir tablas, para la elaboración de losetas.

### **3.4. DESCAPOTE Y PREPARACIÓN DE LA CANTERA.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### **3.4.1. Preparación de piso horizontal en la cota 2540.**

Para la obtención de la superficie horizontal se calcula el volumen de material de desperdicio por este concepto, ya que este material ira en disminución de las reservas positivas; el total de metros barrenados por plantilla, cuantos metros cuadrados de superficie se obtendrán por plantilla, consumo de explosivos, tiempo de barrenación y tiempos muertos por concepto de movilización de equipos y cargado de plantilla; rezagado y limpia de la superficie horizontal obtenida, posible moneo.

La finalidad de descapotar y limpiar el área de interés, es eliminar la escasa vegetación existente, quitar la roca caliza que cubre una gran parte del yacimiento; eliminar la roca alterada (fragmentada) producto del intemperismo para dejar libre el material a explotar; tanto la vegetación como la roca caliza que cubre el material metamórfico no exceden los 1.3 metros de espesor, por lo que las obras se iniciarán directamente con la barrenación vertical, y la conformación de plantillas de barrenación.

Para limpiar la totalidad del área de interés (118,507.0 m<sup>2</sup>) se tendrá que minar un volumen aproximado de 237,014.0 m<sup>3</sup> de material (roca caliza y material metamórfico).en su totalidad.

La vegetación semidesértica que posee el yacimiento facilita el descapote y preparación del primer banco de extracción, como ya se mencionó el descapote es mínimo (0.7 a 1.0 metros) en los bancos, la roca caliza será limpiada para dar paso al mineral metamórfico travertino. Se procederá a descapotar un ancho de 2 metros, para limpiar la caliza y el mineral superficial intemperizado y fracturado. El descapote se realizará por etapas, limpiando el yacimiento en áreas de 2.6 hectáreas (260 metros de longitud inclinada por 100 metros a lo ancho del yacimiento), en la primera etapa (cota 2560 a cota 2540 metros); por la razón que se tiene que limpiar las 2 caras del banco; posteriormente se descapotará 1.3 hectáreas promedio para las etapas posteriores (cota 2520 y cota 2500).

El costo del primer banco de extracción es muy superior al de los bancos posteriores, pero una vez preparado el primero, el piso del primero será el techo del segundo para realizar este trabajo se utilizará equipo de barrenación y explosivo convencional, como estopines, hidrogel, nitrato de amonio, cordón detonante y retardadores de 125, milisegundos. El cargado de los barrenos se hará de la siguiente manera; 2 con explosivo intercalados por 1 cargado con agua y cada 9 barrenos 1 vacío; en la practica las condiciones del terreno y de la roca misma, pueden variar el cargado, buscando mejores resultados.

El programa de preparación de bancos, contemplará 3 tiempos, en los cuales se separará el área por secciones de 12 metros de una altura en donde se pueden obtener 2 bancos de 6 metros de alto cada uno; por lo que la superficie inicial a limpiar será de la cota 2560 a la 2548 y la sección g; la central, buscando con esto minimizar las distancias de movimiento de maquinaria y equipo en la parte superior del banco. La altura esta limitada por la longitud de la barrena de perforación que utiliza la perforadora **SLIM BAR**.

### 3.4.2. Despunte del Cerro.-

Partiendo de la cota 2540, el terreno se dividirá verticalmente en 3 secciones de 6 metros c/u, hasta la cota 2558; de esta forma se obtendrán 2 escalones preparados y limpios para su explotación, la base de la plantilla de barrenación a utilizar tendrá un área de 288.2493 m<sup>2</sup>, esta superficie será el techo del primer escalón; la segunda plantilla estará hacia abajo a 6 metros verticales, siguiendo la topografía del terreno, la relación de descapote para el primer escalón es de 1:1, un metro cúbico de material removido por un metro cúbico de material preparado y limpio para su extracción, esta relación disminuirá conforme se vaya descendiendo en el relieve del terreno; en 18 metros esta relación disminuye de 1:1 a 1:3, por la razón de que el piso obtenido en la extracción del escalón superior es el techo del siguiente escalón y las superficies obtenidas aumentarán de 288.2493 m<sup>2</sup> a 863.7478 m<sup>2</sup>; conforme la explotación vaya en descenso la relación ira en ascenso.

El declive del área (30°) aproximadamente no permite el asentamiento óptimo de la máquina perforadora vertical **TBC 90/2** que será utilizada para proporcionar superficies horizontales y barrenar los cortes de la franja primaria. Por lo que utilizando la versatilidad de la perforadora **SLIM BAR**; al estar diseñada para perforar en lugares con inclinaciones pronunciadas, por su tamaño se puede instalar en áreas pequeñas además de fácil transportación.

Se iniciará la primera voladura con las siguientes constantes operativas:

Brocas de 2" (pulgadas) de diámetro.

Profundidad máxima 12 metros

Espaciamiento entre barrenos (50 cm.) de centro a centro.

Espaciamiento entre líneas de barrenos (1 metro)

Carga de barrenos 66.67%

Cargado 2 de explosivo por 1 de agua y cada 9 barrenos 1 vacío.

Longitud de las líneas 27.7368 metros.

La plantilla de barrenación además de limpiar el terreno tiene la finalidad de proporcionar superficie horizontal, por lo que la profundidad de las líneas, se reducirá gradualmente conforme se vaya avanzando hacia abajo.

El rezagado del material quebrado se hará con una pala neumática (trascabo) y el acarreo por medio de camiones de volteo de 10, 12 ó 25 m<sup>3</sup>, dependiendo de la disponibilidad de la Unión de Transportistas de la zona.

### **3.5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL MATERIAL DE DESPERDICIO PARA LA PREPARACIÓN DEL PRIMER BANCO.**

El primer banco se ubicará por debajo de la cota 2560, hacia arriba, el travertino se empieza a cambiar, manteniendo su misma textura pero perdiendo coloración (amarilla), por lo que se delimita el bloque en esta cota. En la parte inferior el muestreo se realizó de la cota 2440 en adelante, lo que da el límite inferior. Horizontalmente dado lo continuo de los afloramientos y muestreos se detectó que el material perdía color en el corte e, por lo que las secciones a determinar su volumen, son f, g y h con sus respectivas áreas de influencia, logrando una distancia total de las áreas de influencia de 300 metros lineales.

Es un cuerpo mineral homogéneo en cuanto a la compactación de la roca, en algunos afloramientos se puede observar material quebrado, producto del intemperismo principalmente, pero al limpiar el material quebrado y el descapote que es menos del 1 metro de ancho, en las partes más anchas de la roca caliza, la roca fresca tiene una presencia inmejorable.

De las 3 secciones triangulares de terreno, se obtendrá un volumen aproximado de 28,824.93 m<sup>3</sup> de material quebrado, mismos que serán cargados con pala neumática, en camiones de volteo de 10, 12 ó 25 m<sup>3</sup> de capacidad; debido a la topografía y la inclinación del terreno, 1/3 del material quebrado rodará, hacia la base del cerro, por lo que no todo el material obtenido de las voladuras será acarreado en camiones. En caso de quedar superficies irregulares o la obtención de grandes bloques de material, se procederá a monearlos con cargas de hidrogel y cordón detonante.

El volumen obtenido por sección triangular, no varía mucho, ya que la topografía del terreno se comporta de manera constante en estas secciones.

El material producto de las voladuras, será utilizado en el recubrimiento de los caminos, tanto en la rampa, como en el camino que conecta la unidad con el camino rural, buscando con esto reforzar el buen estado de estas vías de acceso, para que estén en buen estado en toda época del año.

### **3.6. CUELE DE LA ZANJA PRINCIPAL Y CORTE DEL BLOQUES.-**

#### **3.6.1. Cuele de la Zanja Principal.-**

Una vez limpiado el terreno se procede al corte de la zanja principal, ésta estará ubicada en el centro de la Sección g; con la ayuda de la perforadora vertical, **SLIM BAR**, se procede a perforar una línea de barrenos, cada barreno tendrá un diámetro de 3", y un distanciamiento entre barrenos de 0.25 metros medidos de centro a centro, la longitud total de la línea es de 12 metros que será el ancho necesario para la instalación de la Máquina cortadora de hilo diamantado, la distancia entre líneas es de 2.5 metros, de esta manera se obtendrán bloques de 12X2.5X6 metros, con un volumen de 180 m<sup>3</sup>; el bloque será volteado sobre una cama de gravilla, con ayuda de gatos neumáticos, para después, cortar el bloque a lo largo en 4 partes iguales para obtener caras de 2.5X3 metros de sección, que son las medidas que acepta la Monohilo Falcon 103, de donde se obtendrán láminas con un grueso variable de 1 a 5 cm. dada la versatilidad de esta máquina. El largo del bloque estará en función de la disponibilidad de transporte de carga para acarrear el bloque hasta la máquina Monohilo. Con esto se busca aprovechar al máximo el material que se va explotando de la cantera, desde el obtenido en el cuele de la zanja, y obviamente el que se tendrá de los bloques preparados. Esta operación se repite cada 2.5 metros, con un total de 49 barrenos por línea, dando 294 metros barrenados por línea.

#### **3.6.2. Corte de los bloques.-**

Una vez colada la zanja primaria, se procede a cortar los bloques próximos a ésta, las dimensiones de los bloques son: 20 m de ancho, 25 m de largo y 6 m de alto, para lo cual se procede a la instalación de las máquinas perforadoras (vertical y horizontal) para perforar 2 barrenos perpendiculares por cara en los cuales se introducirá el hilo diamantado que se colocará sobre poleas para su rotación y corte de la cara deseada.

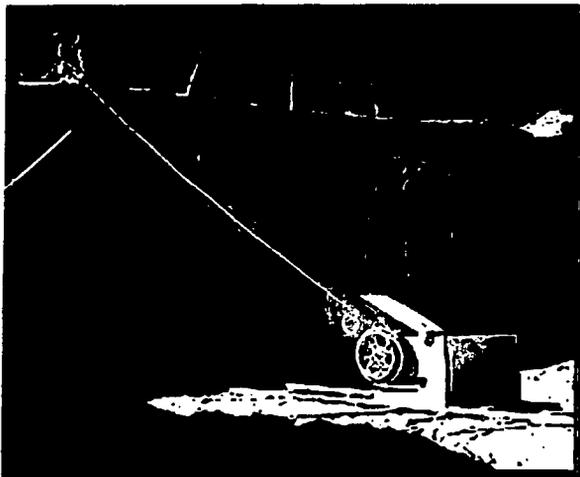
El hilo diamantado esta compuesto por un cable de acero, recubierto de plástico especial inyectado a alta presión o resortes, sobre éste van fijadas perlinas de acero, el ancho utilizado en la cantera puede variar de 100 a 11 mm, dependiendo del tipo de material a cortar.

Por cada cara que se desee cortar se necesitará perforar un par de barrenos, por lo que para desprender un bloque en su totalidad la operación se repite 3 ocasiones por cara, dos verticales, y una horizontal, en la base del bloque.

El bloque cortado es separado con cuñas y gatos neumáticos, para realizar los cortes secundarios, que consisten en cortar con hilo diamantado el bloque hasta alcanzar las dimensiones necesarias (área de corte) para que pueda ser cortado por la Monohilo Falcon 103; la sección requerida por esta máquina, es de 3.5X2.5 metros como máximo, el

largo del bloque puede ser variable, y estará en función del equipo de carga y transporte con el que se cuente y fluctúa entre 3.0 y 3.55 metros de longitud.

*Poleas sobre el  
bloque in situ.*



*Máquina Cortadora  
de Hilo Diamantado  
en la Cantera*

*Instalación del Hilo Diamantado en la Cantera.*

Al ir desprendiendo los bloques cortados, el material in situ queda preparado para seguir con el proceso, con las 3 caras libres necesarias, que es preparar con barrenos perpendiculares para introducir nuevamente el hilo diamantado, y así obtener bloques con caras casi perfectas.



*Perlas utilizadas en el hilo diamantado.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El Hilo diamantado varía dependiendo del material que se pretenda cortar, para el caso del mármol Travertino, las perlas diamantadas son fijadas tradicionalmente sobre un cable de acero mediante resortes pretensados, distanciadores y prensadores, en algunos casos por cuestiones de seguridad se utiliza la inyección plástica; en la cantera el diámetro utilizado es de 12 mm. Los hilos diamantados son disponibles a anillo cerrado sin empalmes, de cualquier largo, para ser utilizados en máquinas para recuadratura de los bloques en la máquina Monohilo Falcon 103, con un diámetro de 8 mm, y un hilo

sinterizado plastificado, siendo éstas las características óptimas que se utilizan en este proceso.

Para seguir el proceso de laminado utilizando la cortadora Monohilo Falcon 103; el bloque debe de tener las siguientes dimensiones: ancho 2.50 m; altura 2.10 m; longitud 3.55 m; que es el máximo tamaño que se puede alimentar a la Falcon 103; estas dimensiones serán obtenidas por la cortadora Monohilo in situ instalada en la cantera.



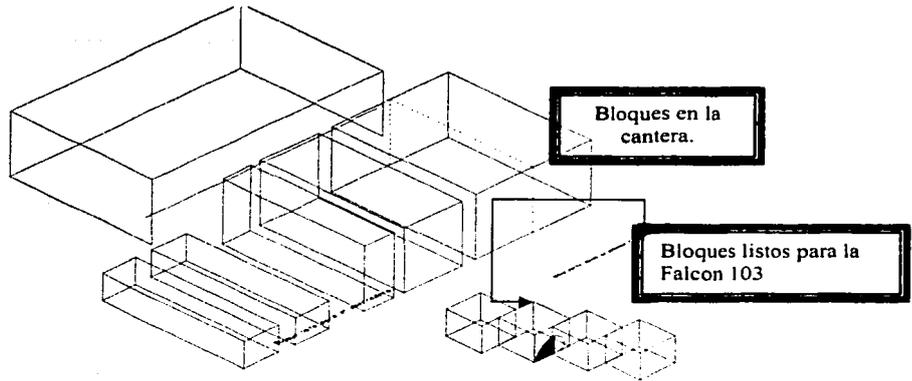
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Hilo diamantado compuesto por cable recubierto por plástico reforzado.*

### 3.6.3. Cortes Secundarios.

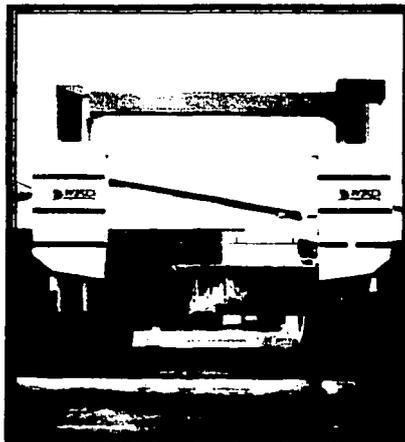
Una vez cortado el bloque primario, se procederá a dividirlo en 4 partes iguales por medio de la cortadora Monohilo; los cortes serán perpendiculares entre sí quedando un bloque secundario de 6X4X4.5 metros. Este a su vez será cortado en dos para obtener un tercer bloque de dimensiones 4X4.5X3 metros y por último se cortará en 3 partes iguales para obtener un bloque de 4X1.5X3 metros que será el bloque que se mandará para su laminación a un telar o a la cortadora Monohilo Falcon 103.

En estos trabajos solo se utilizará la máquina cortadora y área para maniobrarla así como espacio para voltear los bloques con gatos neumáticos, tubos y trascabo, dependiendo el corte que se vaya a realizar. El hilo diamantado debe estar en contacto con agua para garantizar su máxima duración, por lo que en la cantera se deberá tener este líquido en tanques de almacenamiento para tenerlo a la mano en cada corte, así como mangueras para su dosificación en el bloque que se esté cortando.



***Cortes dentro de la cantera para lograr el tamaño de la Monohilo Falcon 103.***

En esta vista se puede observar las características físicas del la Monohilo Falcon 103, el bloque va puesto en un carro sobre rieles, así como el mínimo espacio que utiliza en relación a los telares.



***Vista frontal de la Monohilo Falcon 103.***

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las láminas obtenidas en la Monohilo Falcon 103, están listas para seguir en el proceso de corte, pulido y biselado, dependiendo de las dimensiones que se requieran para su comercialización.

En los siguientes incisos se expondrán las características físicas de la máquina cortadora Monohilo, sus ventajas, desventajas y sus principales constantes operativas, además de un comparativo en relación con la instalación de un telar convencional.

La máquina Monohilo Falcon 103, es una nueva tecnología italiana, que actualmente no está en operación en México, además de las innovaciones de los hilos diamantados utilizados por esta tecnología tanto en la cantera como en la Monohilo, que mejora el rendimiento del hilo en sí, la calidad del corte, traduciendo en disminución del costo de operación.

### **3.7. TALUD DE LA CANTERA.**

Dadas las características de la cantera, en donde las reservas positivas, sobre pasan por mucho la producción estimada en los próximos 10 años, por lo que diseñar y calcular un talud final, o tratar de justificar como va a quedar la cantera después de la explotación, no tiene sentido, aún programando una explotación a gran escala, las reservas del yacimiento y la calidad del material, están muy sobradas. Por lo que no se llegará al límite del material, pero en los primeros cortes la altura y la inclinación del terreno, hacen que la sección se reduzca, esto no pasa líneas abajo, en donde conforme vaya avanzando la explotación, las superficies horizontales cada vez serán mayores, por lo que en la cota 2500, la explotación estará limitada por una sección vertical con la cota 2540 como plano inicial, y el talud será de  $75^\circ$  buscando con esto una mayor seguridad para las obras inferiores.

Una vez iniciada la explotación y limpiando la roca y llegando a 10 o 15 metros de profundidad, se podrá analizar y clasificar si es que existen diferencias notables en la roca, y entonces se podrá determinar una cota más baja para seguir la explotación, en caso contrario, se explorarán zona baja, como la cota 2460, en donde se podrá instalar la máquina Monohilo Falcon 103, y así facilitar los trabajos de acarreo de los bloques para su laminado.

### **3.8. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD INSTALADA.**

El yacimiento en su totalidad cuenta con un volumen más que suficiente de material susceptible de extracción, desde el travertino amarillo, hasta el mármol blanco, localizado dentro del yacimiento, pero el área con material carbonatado no termina en el lote minero en estudio, las formaciones rocosas adyacentes al yacimiento también contienen mármol, por lo que la planta procesadora tendría uso durante muchos años. Si se toma en cuenta únicamente el área de travertino amarillo se tiene un volumen utilizable de  $8'406,250 \text{ m}^3$  de éste material, teniendo material para varias generaciones a un ritmo de producción elevado. Por ejemplo, se laminaran  $8,000 \text{ m}^3$  al año: dando un total de 80,000 en 10 años, tiempo para determinar la viabilidad del proyecto

Si por necesidades de oferta y demanda, la producción requiere se aumentada, el yacimiento cuenta con el volumen necesario para duplicar o triplicar la capacidad instalada del proyecto, esto si tener que disminuir la calidad de la roca, tanto en su coloración como en su textura.

Otra constante con la que se puede jugar es cerrar el área de interés para disminuir el volumen a estudiar y se puede llegar a la conclusión que con un 3% del área horizontal de las 150 hectáreas es suficiente para justificar tanto el banco de extracción como la Planta Procesadora.

En el estado de Puebla existen hoy en día, 30 plantas laminadoras con una capacidad instalada que varía de 3 hasta 1,933.33 ton/día por planta, únicamente en el poblado de Amozoc, Pue., existen 10 plantas para el corte, laminado, parqueado y pulido de rocas calcáreas

Con la adquisición de 2 máquinas Monohilo Falcon 103, se pretende obtener una capacidad instalada de corte tablas de 16,000 m<sup>3</sup> al año, por las características propias de la máquina, que se puede instalar en la cantera, y el peso total de 5,500 kilogramos, por lo que puede mover dependiendo los costos de transporte de material. Y planeando una posible explotación de mármol blanco lechoso a corto plazo, dependiendo de las condiciones del mercado.

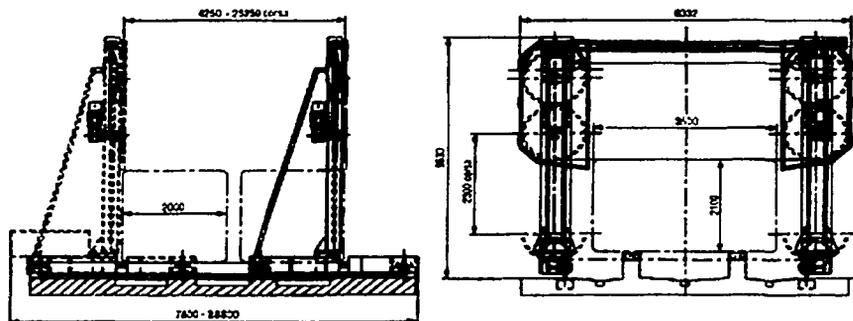
### 3.8.1. Limitantes Económicos.-

Como se a observado el proyecto no presenta limitaciones por concepto de reservas, pero se tiene que considerar las pocas oportunidades de financiamiento que existen hoy en día, para echar en marcha un nuevo proyecto, por lo que se evaluará el proyecto en condiciones óptimas, es decir, sin limitaciones económicas y posteriormente se evaluará una inversión menor que pudiese estar más apegada a una realidad, dando así 2 parámetros que pudiesen justificar la viabilidad del proyecto.

La capacidad instalada de la maquinaria en el mercado, será la limitante para considerar el proyecto en condiciones óptimas, ajustando la planta de laminación en primer término, y posteriormente la maquinaria de la cantera. De esta forma se planteará una opción más apegada a la realidad del yacimiento, llegando a visualizar hasta que parámetros puede llegar la extracción, la laminación y las utilidades que se estimarán por la producción de losetas de travertino.

La segunda máquina, estará en la nave industrial; ésta máquina al inicio prácticamente estará de repuesto, ya que no se puede depender todo el proceso de una sola máquina; primero por la refacciones, alguna reparación, ya que es una máquina italiana, dependiendo de la garantía, el tiempo en el cual se pudiese realizar una reparación es tiempo perdido, y la planta no puede para por completo.

En el capítulo de reservas se menciona que toda la Sierra el Monumento es material metamorfizado, por lo que no se debe descartar la posibilidad de que propietarios de predios aledaños, al ver la explotación, quisieran iniciar una exploración y explotación de sus terrenos, por lo que esta segunda máquina también puede cumplir funciones de maquila de mármol.



*Principales dimensiones de la Falcon 103.*

Por el momento se evaluará un acabado que es el pulido, pero posteriormente dependiendo de las condiciones de mercado se analizarán los tipos de acabados más comunes para este tipo de material como son:

- Al corte
- Pulido
- Pulido con masilla
- Pulido con resina
- Envejecido
- Reforzado

Para lo cual se procederá a evaluar la inversión de maquinaria y equipo para estos procesos así como su introducción en el mercado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 4. TRATAMIENTO Y CÁLCULO DE EQUIPO.

### 4.1. INTRODUCCIÓN.

El predio de San Martín Esperilla, se encuentra aislado de la zona donde se localizan las plantas de laminación en el estado de Puebla; la planta más cercana se ubica a 35 Km. aproximadamente del yacimiento. El traslado y la maquila de los bloques de travertino amarillo representan un costo elevado por las condiciones del camino rural, el alquiler o compra de transporte adecuado y las características propias del material. Las dimensiones comerciales de la loseta de travertino no son muy comunes en el mercado nacional, por lo que el ajustar la Planta para dar esas medidas, puede representar un problema si se piensa en maquilar el material en otra planta.

El volumen de producción programado del proyecto, más la propia producción de las plantas más cercanas, hacen que no se cuente con la capacidad instalada de laminación, necesaria para cubrir la demanda que representaría tratar los dos materiales; el propio y el de maquila.

La instalación de una Planta de Biselado y Pulido representará más empleos para los habitantes de San Martín ayudando a la economía del lugar, disminuirá los costos por concepto de fletes hasta la planta más próxima o en la cual se llegue a un arreglo de maquila y se promoverá la explotación de mármol en predios aledaños que contengan material metamórfico carbonatado.

La tecnología utilizada en nuestro país para la obtención de losetas de mármol está limitada hacia los telares o Plantas de Laminación y Pulido, independientemente del método de extracción de los bloques de material; La empresa Litos-online, con residencia en España; cuenta con una nueva tecnología utilizada en países que van a la vanguardia en la explotación de materiales para la construcción como Italia y España misma, que además de cortar el bloque por medio de Hilo Diamantado, es capaz de laminario en la cantera obteniendo tablas con espesores iguales o menores a los cortados en un Telar; reduciendo notablemente la inversión inicial, los costos de producción y el tiempo de procesamiento de producto terminado.

El hilo diamantado es un método revolucionario para hacer cortes en la roca con precisión, en donde las perlinas de diamante, montadas en un cable continuo de acero recubierto de goma y accionado por una polea motriz del equipo de corte giran a gran velocidad por la roca realizando cortes precisos, horizontales o verticales.

En este capítulo se mencionará el proceso de laminado, biselado y pulido del travertino, hasta concluir el proceso y obtener producto terminado; de la misma manera se expondrá la maquinaria y equipos necesarios para la explotación en la cantera, así mismo la maquinaria que será necesaria para cortar, y pulir las losetas de travertino para su comercialización.

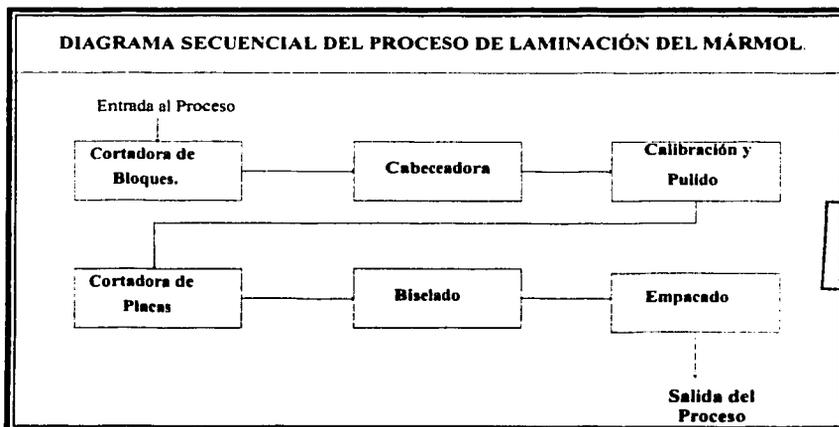
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se hará especial énfasis en la máquina Cortadora Monohilo Falcon 103, así como en las ventajas y desventajas de implementar esta tecnología en relación a la instalación de un telar tradicional.

## 4.2. PROCESO DE LAMINACIÓN TRADICIONAL.

Para tener un parámetro técnico y económico comparativo que sirva para analizar los dos procesos, primero se mencionará el proceso considerando el uso de una batería de telares en la laminación de los bloques, posteriormente se considerará el corte con la Monohilo Falcon 103.

Una vez cortado el bloque es transportado hasta la planta, por medio de una transportadora y se coloca en el carro porta-bloques de la máquina cortadora; aquí se obtienen laminas que son retiradas por medio de un brazo mecánico con ventosa, hasta la mesa de rodillos que las transportará hacia la máquina Cabeceadora; en este proceso se tiene un consumo de agua que varía de 150 a 200 litros/min., dependiendo del volumen del bloque. En la máquina cabeceadora se realiza el cuadréo que es uniformizar los bordes de la lámina, el material sale por la mesa de rodillos hasta la máquina calibradora-pulidora lineal, en donde la lámina es calibrada y pulida, esta operación se lleva a cabo utilizando discos de abrasión para devastarla dejando la placa del mismo espesor en cada punto mientras pasa por una cinta transportadora y la calibración con un calibrador electrónico: el pulido se realiza con otro abrasivo diferente al utilizado con anterioridad, hasta obtener el pulido de espejo. Por último la placa es cortada y biselada al tamaño que se desea obtener, (40X40, 30X30 cm., etc.) para posteriormente empacar las losetas y enviarlas al consumidor o a los centros de comercialización.



TESIS CON  
CALLA DE ORIGEN

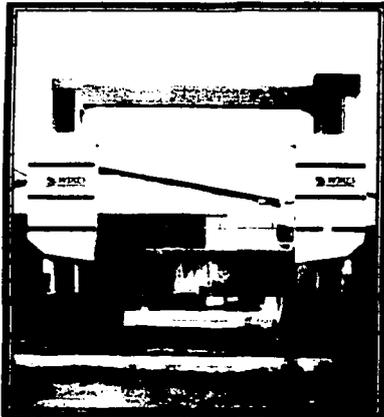
En el diagrama anterior se muestra la secuencia que se tendría al contar exclusivamente con máquinas Cortadoras de Hilo Diamantado y los telares convencionales.

La inversión que se tendría que hacer para la adquisición de las máquinas cortadoras y el telar propiamente, se verá disminuida, con la introducción de la Monohilo que hace las funciones de 5 telares.

### **4.3. PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE EL TELAR Y LA MONOHILO FALCON 103.**

El Hilo Diamantado y la máquina Monohilo, en Europa han tenido una gran aceptación; al grado de reemplazar en muchos lugares a los telares por esta nueva tecnología, debido a las ventajas que ofrece, elevando la producción reduciendo los costos de instalación, mantenimiento y mejorando la calidad de los productos terminados, al cortar el mármol con hilo diamantado.

La producción del hilo diamantado equivale a la de 5 lamas es decir un hilo produce 5 veces más que una lama. El costo de corte con el hilo es inferior alrededor del 30% con respecto a la lama. Esto se debe a que el telar o lama con el motor alternado no puede alcanzar la velocidad periférica ideal al corte con diamante (10 metros por segundo máximo), mientras que con el hilo diamantado se puede alcanzar una velocidad de hasta 35 metros por segundo para el mármol.



**Monohilo Falcon 103.**

Una de las principales diferencias entre estas dos máquinas es el precio, ya que con una máquina Monohilo se puede laminar en un año lo que se obtendría con 5 telares; por lo que representa en cuestión de inversión un ahorro considerable si se toma en cuenta que en promedio el costo de un telar es de aproximadamente el 50% de la Monohilo.

Los parámetros de costo más importantes a considerar para calcular el costo de corte son:

- ✓ Amortización de los costos de las máquinas de producción y cimientos relevantes.
- ✓ Amortización de los costos de maquinaria auxiliar (depuradoras, filtros de prensa, grúas, palés, equipos de embalaje).
- ✓ Amortización de los costos de construcción y terreno.
- ✓ Costos de mantenimiento (de maquinaria de producción y auxiliar).
- ✓ Costos fijos anuales de energía.
- ✓ Energía consumida.
- ✓ Herramientas consumibles.
- ✓ Costos de mano de obra directa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- ✓ Deshacerse de lodos.
- ✓ Rendimiento neto de producto elaborado por metro cúbico de material bruto empleado.
- ✓ Gastos generales.

La tecnología de corte con multidisco produce bandas cuando se definen dos dimensiones (grosor y anchura), mientras que la tecnología del telar produce tableros cuando solo se define el grosor. Esto hace que los elementos procedentes de bloques cortados con multidisco requieren costos más bajos a la hora de realizar labores de acabado.

Los tradicionales telares para el corte de mármol, aunque son cada vez más grandes y de mejor tecnología, todavía trabajan con un sistema bastante primitivo, es decir, con discos de acero que con la ayuda de granalla corta tablas a una velocidad de 3, 4 o 5 cm por hora. Esto cuando los discos están dentro del bloque y la máquina puede *empujarlos*. Además los bloques tienen que ser necesariamente grandes para que la capacidad productiva de los telares no se vea drásticamente reducida, La cortadora Monohilo corta a una velocidad media de 30 a 40 cm por hora, con una producción media de **10 a 12 metros cuadrados de tablas por hora**. Los telares tradicionales deberían, teniendo en cuenta cómo han sido concebidos, cortar todo el bloque obligando al usuario ha *adivinar* el grosor de las tablas de las que aún no hay pedido y deben ser almacenadas al aire libre con la esperanza de que el siguiente pedido sea del espesor cortado. La máquina Monohilo puede, cortar el bloque sólo parcialmente, es decir, permitir cortar las tablas que ya están pedidas, evitando así, el almacenamiento y pérdidas por deterioro de las mismas; contando con los gastos por concepto de transporte del bloque hasta el telar, y manejo de las tablas cortadas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.3.1. Desperdicios especiales.-

Los telares tradicionales crean un volumen de pérdidas especiales (calcio, granalla, restos de los discos) que pueden llegar hasta 6 Kg. por metro cuadrado. Esto significa que para 5,000 metros cuadrados de corte los desperdicios especiales serán más de 30,000 Kg. La máquina Monohilo sólo crea desperdicio de hilo de diamante que es del orden de 0.010 Kg. por metro cuadrado.

#### 4.3.2. Tiempos muertos.-

Los telares tradicionales requieren varias horas de preparación de las vagonetas de discos y además, varias horas para el lavado de las máquinas y de las propias tablas.

La Monohilo Falcon 103, cambia las dimensiones del corte es 5 ó 10 minutos, Si no hay que cambiar el espesor del corte, la máquina está inmediatamente preparada para

comenzar un nuevo corte. La sustitución de un hilo de diamante se estima que hay que realizarla cada 3 ó 4 meses en un ritmo de producción de 24 horas al día. No hace falta limpiar las tablas a alta presión. Las tablas cortadas con diamante tienen una superficie más suave, lo que facilita el pulido en términos de tiempo y dinero.

#### **4.3.3. Costos de Cimientos.-**

El cimiento e instalaciones periféricas para la máquina Monohilo son menores comparados con un telar. En la práctica esta comprobado que el costo de los cimientos de una máquina Monohilo son menores en una quinta parte del costo de cimientos de un telar. Además, hay que tener en cuenta que la Monohilo no necesita una nave y que incluso puede ser instalada muy cercana a la cantera.

#### **4.3.4. Producción y Costos.-**

Comparando un telar moderno que puede producir de 3,000 a 4,000 metros cuadrados de tablas de 2 cm de espesor. La Monohilo puede producir de 5,000 a 6,000 metros cuadrados de tablas cortados a cualquier espesor entre 1 y 5 cm.

El telar tiene un costo alto si los bloques son pequeños e irregulares y si las tablas tienen un espesor superior a 2 cm. La máquina Monohilo mantiene constantes los costos de corte, independientemente del espesor que puede variar como se mencionó de 1 a 5 cm y esto es porque los costos fijos son mínimos y aproximadamente el 80% de estos costos están determinados por el hilo a diamante. El cambio de espesor no aumenta el costo de producción, en resumen, los costos de producción son más o menos similares a los del telar para tablas de 1 a 2 cm de espesor, mientras que los costos de corte en la Monohilo son menores para espesores de 3,4 o 5 cm.

#### **4.3.5. Cortabloques.-**

La comparación entre la Monohilo y el Cortabloques es difícil por la razón de que la primera produce tablas y la segunda strips (tiras), por lo que estas máquinas son distintas. Pero una comparación sustancial es que la tabla permite todo tipo de elaboración y producción sucesiva, mientras que el cortabloques permite sólo la producción de formatos pequeños.

La Monohilo Falcon 103, es la máquina ideal para producir tablas y paneles de gran formato con la posibilidad de producir también tablas de cualquier tamaño y espesor.

#### 4.4. LAMINADO Y PULIDO CON LA MONOHILO Y MAQUINARIA ADJUNTA.

El bloque obtenido de la cantera, tendrá las siguientes dimensiones: **12.5X20X6** metros; con un volumen de **1,500 m<sup>3</sup>**, aproximadamente **4,110 toneladas por bloque**, masa que para moverla se tendría que contar con maquinaria especial de carga, por lo que el bloque es separado del banco por medio de cuñas y cortado por la mitad en el mismo sitio con Hilo diamantado.

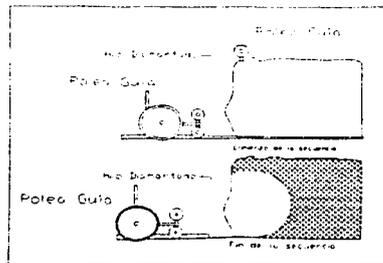
La primera limitante para determinar la superficie de las tablas que se producirán es el área de alimentación de la Falcon 103, que es de **2.5X3.5** metros. El bloque se dividirá en 5 ocasiones hasta obtener el bloque necesario para alimentar la Monohilo, las dimensiones son las siguientes:

Ancho	3.0 metros
Largo	12.5 metros
Alto	2.5 metros

Estos cortes se llevarán a cabo en la cantera utilizando la máquina Cortabloques y el hilo diamantado. El bloque obtenido tiene un volumen promedio de **31.25 m<sup>3</sup>** y un peso aproximado de **85.625 toneladas**. Utilizando el hilo diamantado, se pueden cortar un promedio de **50 a 80 metros cuadrados al día**, con una velocidad de 35 metros por segundo para este tipo de material, la tabla obtenida tendrá un área de **7.5 m<sup>2</sup>**, por lo que se podrán cortar **6.5 tablas al día**, tomando en cuenta el valor inferior.

##### 4.4.1. Procedimiento.

Una vez cortado el bloque inicial del yacimiento, es separado con cuñas y gatos neumáticos para posteriormente instalar las poleas necesarias a la mitad del bloque en las cuales es montado el hilo alrededor del bloque ajustándolo a la máquina cortabloques; el bloque es dividido 3 ocasiones hasta obtener varios bloques secundarios de dimensiones, **2.5X12.5X6** metros, un penúltimo corte a todo lo ancho da un tamaño de **2.5X12.5X3** metros; este último bloque es seccionado a lo largo en 4 partes iguales, obteniéndose de esta manera el tamaño necesario para alimentar la Falcon 103.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Operación de la Cortadora de Hilo Diamantado.

Al utilizar el hilo diamantado, como se mencionó en el comparativo con el uso del explosivos, se obtendrán ventajas considerables además de la calidad de material, que al ser tratado por este método se daña en lo más mínimo, se tienen cuerpos geométricos bien definidos, evitando pérdidas de material por cuadréo ó fragmentación del bloque.

Los bloques de alimentación se almacenarán en la cantera, a una distancia mínima de donde se instalará la máquina Monohilo. De esta manera no será necesario tener un almacén de producto terminado, esperando que el próximo pedido sea de las características en que ha sido cortado el travertino.

Con la máquina Monohilo Falcon 103, se obtendrán tablas de un área constante de 2.5X3.0 metros; y un espesor que puede variar de 1 a 5 cm, debido a su rapidez de corte, se pueden tener las tablas, sobre pedido, evitando el almacenamiento y las pérdidas por transporte.



*Bloque cortado con la Falcon 103, listo para ser cortado y biselado.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

De una tabla se pueden obtener **72 losetas de 30X30 centímetros**, además de 8 losetas de 22.8X30 centímetros y 19 ladrillos de 3.6X3X15 centímetros, estos ladrillos, se incluirán en el catálogo de productos, para recubrimiento de interiores, como chimeneas, escalones, guarda polvos, bancos fijos de mármol para terrazas, etc. Todas estas piezas deberán tener un acabado brillante, es decir, tendrán que ser pulidas.

Para el corte final y acabado, se necesitará la instalación de una nave tipo industrial, con los pasos necesarios para transformar una tabla en losetas, calibración y pulido, para su entrega, estos últimos pasos se describen a continuación, no representando cambio alguno del método tradicional con que se realiza habitualmente.

#### 4.4.2. Pulido.-

Las máquinas de pulido se encuentran dentro de la planta de procesamiento, construida con bases reforzadas de concreto armado y techo de lámina galvanizada. Dentro de la misma se colocaron dos grúas viajeras de puente con capacidad de 6 toneladas cada una para efectuar el movimiento de losas de travertino y equipo pesado.

El material que proviene de la Monohilo se transporta hasta la planta y dentro de ésta, es colocado en el carro de transferencia *TM-2*, ahí se cargan las tablas con la grúa de puente, donde posteriormente son repartidas por un sistema *BRL-1/s* que es un cargador automático de tablas. (Losas)

Este cargador coloca las tablas una a una en la mesa motriz de rodillos *BRL*, esta mesa desliza a las tablas a una banda transportadora que a su vez introduce el travertino en placa de 2 o 3 cm de espesor, dependiendo del grueso de la tabla que se este tratando hacia el interior de la pulidora.

El travertino que entra a las pulidoras pasa por sensores que miden el espesor de la placa, miden también las dimensiones y los perfiles que la delimitan. En el caso de que la placa tenga errores de corte o partes fracturadas, inclinaciones u ondulaciones mayores de 1 mm en la distancia de un metro, la máquina inmediatamente enviará señales de alerta e inclusive se detendrá y describirá el defecto. La pulidora tiene la capacidad de ajustarse para estos casos, pero se corren riesgos de desgaste prematuro de los componentes para el pulido en una losa con deformaciones.

Las tablas, son emparejadas en caso de que no vengan cuadradas, para lo cual se contara con una máquina cabeceadora, esta máquina trabaja a base de un disco diamantado, las tablas son alimentadas por medio de rodillos, y salen de la misma forma, en el proceso de corte se tiene un consumo de agua de aproximadamente 25 litros por minuto, que es rociada sobre el material y el disco. La potencia estimada de la máquina es de 5 KW.

La tabla es pasada por la máquina **Calibradora-Pulidora Lineal** con un consumo de energía de **144 KW** y de agua de **165 litros por minuto**, esta operación se realiza utilizando abrasivos devastando la placa para uniformizar el espesor en cada punto mientras pasa sobre una cinta transportadora. En esta operación son utilizados discos de abrasión independientes con calibrador electrónico. El pulido se realiza con abrasivos diferentes al del devastado, hasta llegar a un pulido de espejo, por una cara.

La pulidora posee una barra de transmisión del movimiento y una barra libre de balanceo, para permitir los levantes de las cabezas que se salen de la superficie de trabajo sin sufrir alteraciones, este sistema constituye una garantía del correcto funcionamiento de la máquina en el tiempo y conservación constante de la calidad en el pulido.

Una vez obtenido el pulido y calibrado de la tabla, se procede a cortarla para obtener el tamaño de las losetas deseadas, para esta operación se utiliza otra tipo de **Máquina Cortadora de discos**, esta máquina tiene un movimiento en sentido longitudinal y

transversal, para cortar la tabla en dos direcciones, en este punto se decide el tamaño de la loseta. El consumo de energía eléctrica es de 15 KW, y de agua 80 litros por minuto. Por último se procede al biselado, para dar otro acabado a la loseta, dependiendo de como lo pida el consumidor y el uso que se le vaya a dar, el biselado puede ser redondeando las aristas o empalmándolas, para lo cual se cuenta con un dispositivo en la máquina para girar la loseta en todas direcciones.

El producto se somete a un proceso de selección en el cual son separadas las piezas defectuosas aquellas que tienen un cambio marcado de estructura, bandeado de estrato, decoloramiento, posibles fisuras o fracturas que puedan presentar (que se presenta homogéneo), de esta manera el producto elegido es empacado en huacales de madera y llegado el caso en armazones especiales de madera dependiendo del volumen del producto. Las losas se recubrirán con una capa de plástico adherible sobre su superficie trabajada, para evitar posibles rayones en el transporte. El producto no elegido, se destinará para la venta a bajo precio.

Dependiendo de las necesidades del consumidor, antes de empacar las losetas, se pueden encerar, siendo recomendado que este paso se realice una vez colocada la loseta, en donde vaya a lucir.

Las máquinas utilizadas en esta parte final del proceso, sufren desgaste en las herramientas de contacto (*discos cortadores*), así como en los materiales (abrasivos) que son utilizados para lograr un acabado de primera, por lo que se requiere de una sustitución periódica, programándose la adquisición de repuestos que serán guardados en el almacén para su posterior sustitución

#### **4.5. MAQUINARIA Y EQUIPO DE LA CANTERA.**

Para la preparación del terreno, se necesitarán los siguientes equipos de empareje y perforación como:

- a) Equipo de topografía.- Para determinar la zona en la cual se iniciará la explotación, elevación y ubicación de las secciones.
- b) Trasacabo.- Para emparejar y ensanchar la brecha existente.
- c) Perforadoras verticales Slim Bar.- El corte del terreno para proporcionar superficie horizontal, se realizará a base de barrenos verticales exclusivamente.
- d) Compresor de aire comprimido.- Para el funcionamiento de las perforadoras
- e) Barretas de perforación de varias longitudes.- Para obtener una máxima eficiencia al perforar la roca, (Roca Caliza y Travertino).
- f) Equipo de mantenimiento, (llave, pinzas, desarmadores).- Para la instalación del equipo y mantenimientos posteriores.

Para llevar a cabo las obras de perforación y corte del mármol en la cantera, se necesitarán los siguientes equipos especializados, que garantizarán la obtención del material en bloques y de las dimensiones especificadas en los incisos anteriores;

máquinas perforadoras vertical y horizontal, Cortadora de Hilo Diamantado, equipos secundarios, de ajuste y calibración, así como de instalación del hilo y herramientas en general.

**4.5.1. Máquinas Perforadoras.**

- ✓ **Máquina Perforadora TBC 90/2 Pellegrini Atlas Copco.-** Que consiste en dos (2) perforadoras **BBC 16W** sobre una guía vertical y traslación sobre rieles horizontales con regulación automática de empuje, motor neumático para la traslación y lubricador incorporado.

**Características.**

Peso total sin perforadoras .....	450 Kg.
Peso de la vía horizontal .....	98 Kg.
Longitud de vía .....	4.0 m.
Altura de la guía vertical .....	3.5 m.
Inicio de operación con barrena de: .....	2.4 m.
Consumo de aire por perforadora .....	3.75 m <sup>3</sup> /min.
.....	125 ft <sup>3</sup> /min.

Este equipo será utilizado para barrenar las líneas de la zanja desde la parte superior del material en forma vertical hacia abajo, permitiendo en algunos casos una inclinación muy ligera de la superficie en donde sea instalada.

- ✓ **Máquina HORIZON Pellegrini Atlas Copco.-** Con perforadora **BBC 16W**, colocada de forma horizontal que realiza una serie de perforaciones paralelas y de reducida altura con respecto al nivel del piso.

**Características.**

Peso sin perforadora .....	155 Kg.
Longitud de la guía .....	4.0 m.
Inicio de la perforación con barrena de .....	3.20 m.

Este equipo opera exclusivamente de forma horizontal.

- ✓ **Perforadora Slim Bar Super SB Pellegrini, Atlas Copco.-** Conocida como corta bloques ligera sobre una guía vertical con regulación automática de empuje, motor neumático para traslación sobre rieles horizontales y lubricados incorporado.

**Características.**

Peso total sin perforadora .....	180 Kg.
Peso de los rieles .....	150 Kg.
Longitud de los rieles .....	3.4 m.
Altura de la vía .....	3.0 m.
Inicio de perforación con barrena de: .....	2.0 m.

La perforadora Slim Bar es similar a la TBC 90/2.- Con la diferencia de que la segunda tiene dos perforadoras conectadas a la vía vertical y la Slim Bar solo una. El peso de la Slim Bar es menor, la hace más versátil para barrenaciones en lugares con inclinación pronunciada.

- ✓ **Perforadora BBC 16W Atlas Copco** de 26 Kg. de peso y un consumo de aire comprimido de 3.75 m<sup>3</sup>/min. (125 ft<sup>3</sup>/min.)

### Datos Técnicos de las perforadoras.

Velocidad de penetración para el mármol. 0.54 m/min.

Demoras por barreno, (promedio 8min.)

Tiempo auxiliar.

Tiempo para mover las perforadoras 1 hora.

Longitud de barrenas, corte primario 6 metros.

Volumen recuperado.

Vida útil de las barrenas 286 m. (lineales barrenados).

- ✓ **Central Óleo-dinámica con dos gatos, Pellegrini Atlas Copco.**- Con una bomba eléctrica de 2.24 Kw. (3 Hp) y 220 volts que suministrará aire a dos gatos llamados Titano con una presión de hasta 700 atmósferas con el fin de separar y voltear sobre el piso los bloques previamente cortados.
- ✓ **Dos compresores** de tornillo de 21.93 m<sup>3</sup>/min. (731 ft<sup>3</sup>/min.) Portátiles, marca Atlas Copco.



*Compresor.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- ✓ **Hilo Diamantado** de 2 diámetros de 12 mm y 8 mm.
- ✓ **Dos moto-generadores** de 50 Kw. (67.05 hp) marca **Otto-motores**.
- ✓ **Máquina Cortadora de Hilo Diamantado.**
- ✓ **Máquina Cortadora Monohilo Falcon 103.**

#### 4.5.2. Equipo de Mantenimiento.

La instalación y construcción de la unidad, hace necesario la adquisición de equipos para realizar este tipo de trabajos, ajenos a la explotación pero necesarios para el mejor funcionamiento tanto de la maquinaria como de las instalaciones.

**Soldadora** de 250 amperes marca Millar con accesorios.  
**Equipo de Oxiacetileno** marca Smith's, modelo Vikings. Con accesorios.  
**Taladro** de banco marca Vimallest de ½ hp. (0.373 Kw.)  
**Esmeril** de banco marca Paramount de ½ hp.  
**Esmeril** manual Black&Decker de 600 r.p.m.  
**Taladro** manual Black&Decker.  
Voltiamperímetro de gaucho.

**Herramientas en general.**- Juegos de desarmadores, pinzas, martillos, cintas métricas, llaves inglesas de varios tamaños, llaves stilson, etc.

#### Equipo de Transporte.

Camioneta Pick-up Marca Ford; F250 4X4 todo terreno.  
Camión de 3 ½, toneladas Marca Ford, F350

#### Instalaciones.

Tuberías de aire comprimido de 3", 2" y 1.5".  
Tuberías para agua de 1".  
Fosa séptica (Construcción).  
Cufias rompedoras de 34.359 mm. De Pellegrini.  
Cufias rompedoras de 34.600 mm.  
Un lote inicial de barrenas para la perforadora **HORIZON**.  
Cable para lima eléctrica.  
Refacciones de los equipos italianos.

#### 4.5.3. Explosivos.

Para determinar que marca de explosivo se va a utilizar se procederá a realizar pruebas con diversas marcas que se encuentran en el mercado, para verificar que marca y tipo de explosivos dan los mejores resultados tanto técnicos como económicos.

- Pólvora negra.
- Cordón detonante.
- Cañuela
- Estopines
- Hidrogel

➤ **Nitrato de Amonio.**

El explosivo que se va a utilizar deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- ✓ Menor desperdicio de mineral al ser utilizado en la zanja principal
- ✓ Menor consumo de Explosivos.
- ✓ Mayor facilidad y seguridad en el manejo, transporte y almacenamiento.
- ✓ Especificaciones en general, para determinar una mejor fragmentación en la roca que se va a limpiar, y que posteriormente se va a utilizar.
- ✓ Menor precio por m<sup>3</sup>.

Por lo que se convocará a los proveedores disponibles para realizar las pruebas de campo necesarias y determinar el mejor rendimiento y precio más bajo por m<sup>3</sup>.

## **4.6. MÁQUINA MONOHILO FALCON 103.**

### **4.6.1. Introducción.**

La forma tradicional para laminar materiales como el mármol o granito en nuestro país, es a base de telares con discos cortadores para seccionar los bloques y obtener Strips, posteriormente las losetas calibradas, pulidas y biseladas. Las constantes operativas de un telar, los tiempos muertos para ajustar las máquinas cortadoras cuando se quiere tener diferentes espesores o se pretende con esta misma maquinaria procesar materiales diferentes del mármol como el granito, se traducen en pérdidas económicas, pérdidas en mano de obra efectiva y tiempos muertos para ajustar la maquinaria a las nuevas necesidades que se requieren; repercutiendo estos parámetros en el costo final del producto a comercializar.

Una nueva alternativa para laminar el material ya sea dentro de la cantera, o fuera de ella es la **Máquina Monohilo Diamantado Falcon 103**; la cual además de cortar el bloque de travertino del banco y sin la necesidad de transportar el bloque a la planta, lamina o corta en secciones que varían de 1 a 5 cm. si fuese necesario y una Cortadora de Hilo Diamantado convencional no puede hacer este tipo de cortes, ahorrando tiempo de procesamiento, costos de acarreo, y principalmente la inversión de maquinaria para laminar el material (telar), para realizar este trabajo.

Actualmente se debe considerar que la tecnología apropiada para cada tipo de producto que se decida elaborar, da mejores resultados que si se emplea una tecnología equivocada y costosa y que está fuera de mercado.

La cortadora Monohilo, puede cortar mármol, granito, serpentina y cualquier otro tipo de roca. Por lo tanto, una misma máquina puede hacer varios trabajos mientras que el caso de los telares y cortabloques se necesitan al menos dos máquinas diferentes. Además de los tiempos muertos utilizados en los telares para ajustar la máquina para realizar un corte diferente.

#### 4.6.2. Hilo Diamantado.-

El Hilo Diamantado, hecho de acero recubierto de plástico a alta presión, anteriormente para cortar mármoles se utilizaba recubierto de resortes; hoy en día el plástico inyectado a alta presión representa una mayor durabilidad y resistencia, sobre el plástico van prensadas las perlinas de acero, que son las que realizan el corte de la roca, dependiendo el tipo de roca y corte que se pretenda realizar la perlina varía tanto en su composición, forma y diámetro, ya que para cortes en la cantera se utilizan normalmente perlinas de 10 a 12 mm., y para el corte en la Monohilo, se utiliza un diámetro de 8 mm.



*Hilo diamantado con perllas montadas sobre plástico y resortes.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### ¿Cómo funciona la tecnología del hilo diamantado?

Es un método revolucionario para hacer cortes en la piedra con precisión. Las perlinas de diamante, montadas en un cable continuo de acero recubierto de goma y accionado por la polea motriz del equipo de corte, giran a gran velocidad por la piedra realizando cortes precisos, horizontales o verticales.

Los separadores de goma, dan como resultado una fuerte unión de la perlina y el cable central, obteniéndose las siguientes ventajas:

**Minimiza la corrosión.-** Limitando la exposición del cable al agua y al polvo que se desprende de la piedra aserrada.

**Limita el hacinamiento de las perlinas.-** Para reducir el tiempo de parada y los costos de la operación.

**Aumenta la flexibilidad del cable.-** Para asegurar un desgaste regular de las perlinas diamantadas y conseguir una eficacia de corte máxima.

**Funcionamiento limpio y eficiente.-** Bajos niveles de ruido, contaminación de polvo o daño estructural.

**Selección de formulaciones estándares para las perlinas.-** 30 ó 50 perlinas por metro (bpm) para adaptarse a todas las aplicaciones convencionales y prestaciones de las máquinas.

**Servicio de formulación a medida para las perlinas.-** Configuraciones especiales de perlinas por metro diseñadas para aplicaciones más complejas.

**Duración.-** Resistencia a la abrasión excelente gracias a la combinación de diamante-goma.

**Facilidad de manejo.-** Tanto en la cantera como en el aserradero, el transporte e instalación del hilo se realiza con facilidad.

**Equipo de accesorios de mantenimiento.-** Una gama de accesorios para asegurar el buen funcionamiento del hilo, que incluye tenazas de sujeción, cortadores, casquillos, raspadores, cepillos y poleas de desvío.



*Corte transversal del Hilo Diamantado.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Una red internacional de venta y asesoría.-** En México y en otras partes del mundo, existe un equipo de técnicos expertos, para ayudar en la instalación y apoyo sobre la utilización de esta tecnología, los niveles de rendimiento óptimo y asesoría en general.

Gracias a su rápida y limpia acción de corte, el aserrado por hilo se presenta como un sistema extremadamente eficiente para las operaciones de minería de extracción y de demolición, no destructivas. Nacido en las canteras del mundo, el hilo diamantado se ha convertido en un requisito esencial para mejorar los niveles de aprovechamiento en la extracción de piedra.

### **4.6.3. Características de la Máquina Cortadora Falcon 103.** *Alternativas para utilizar una nueva tecnología.*

## **DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA MÁQUINA "FALCON 103"**

La máquina está constituida por las siguientes partes:

- A) grupo de corte en el que se produce el corte del bloque;**
- B) grupo de transmisión y atirantamiento de los hilos diamantados;**
- C) cuadro electrónico de control;**
- D) carros de traslación y de transporte de bloques;**
- E) instalación a ciclo cerrado de depuración y tratamiento fango.**

A continuación se suministra la descripción de los componentes que constituyen las distintas partes.

#### **A) Grupo de corte**

El grupo de corte de las máquinas Falcon está constituido por 2 columnas de acero de grandes dimensiones con 4 guías de acero inoxidable elaboradas mecánicamente. Una viga de acero realiza la unión de las dos columnas. Sobre éstas últimas se deslizan los carros principal y secundario de la máquina.

En el carro principal de acero aleado electro soldado está instalado el grupo de mando, el volante de 2300 mm y una rueda guía-hilos; en el carro secundario, también de acero aleado electro soldado, están instaladas 2 ruedas guía-hilos.

El volante principal (2.300 mm) es de fundición de una aleación especial y está cubierto con un material anti-abrasión; las ruedas guía-hilo (800 mm), también de fundición de una aleación especial y recubiertas con un material anti-abrasión, han sido elaboradas mecánicamente y adaptadas para determinar los grosores de corte en medidas decimales o en pulgadas (1-2-3- etc. cm.; ½ ", 1");

El motor del volante principal es asíncrono trifásico autofrenante y funciona por medio de inverter. El motor de subida y bajada de los carros es asíncrono trifásico autofrenante y está conectado a un grupo moto reductor con tornillo patrón trapecial.

Cárter de protección ejecutado en aleación ligera y resistente para volante de 2.300 mm y para volantes de 800 mm con puertas para el cambio de los hilos.

**B) Grupo de transmisión y atirantamiento**

- 1) grupo de atirantamiento con 10 guías para volantes de atirantamiento;
- 2) 10 volantes de 1.200 mm para atirantamiento hilos;

**C) Cuadro Electrónico de control.**

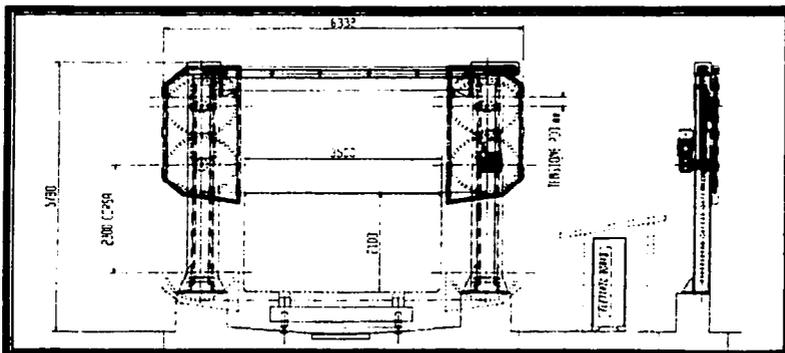
- 1) cuadro eléctrico-electrónico con accionamientos del motor principal de 55 KW, motor traslación carro de 0,75 KW y motor subida/bajada brazo de 4,5 KW;
- 2) sistema de control de la posición de los volantes en el grupo de atirantamiento (10 unidades), vídeo y teclado para la programación de los parámetros de corte (descenso, velocidad periférica hilos, etc.), todo ello controlado por un PLC.

**D) Carros de traslación y de transporte de bloques.**

- 1) 2 carros de transporte de bloques con 40 toneladas de capacidad de carga; moto reductor para traslación activado con batería de 12 volts;
- 2) 1 carro de traslación y de transporte de carros con reductor y motor especial para traslación gestionada desde el cuadro de control y visualizada;
- 3) 12 + 12 metros de carril elaborado, 1 con perfil de prisma, 1 superficie para el deslizamiento de carro de traslación;

**E) Instalación a ciclo cerrado de depuración y tratamiento fango**

- a) Tamaño adecuado a la capacidad constante de 250 lt/ min.
- b) Volumen total de agua en la instalación igual a 5 metros cúbicos (5000 lt);
- c) Pérdida máxima de agua en los fangos igual a 1 lt/día.



**Diagrama básico de la Monohilo Falcon 103.**

La instalación Falcon 103 completa prevé la presencia de todas las partes arriba indicadas necesarias para el funcionamiento semiautomático. No obstante, se puede suministrar también una versión manual de la máquina que no incluye el cuadro electrónico de control. Además, no todas las partes arriba descritas son estrictamente indispensables y, por lo tanto, el cliente podrá elegir en función de sus necesidades.

#### a) Ventajas del Hilo Diamantado.

- Minimiza la corrosión.- Limita la exposición del cable al agua y al polvo que se desprende de la piedra aserrada.
- Limita el hacinamiento de las perlinas.- Para reducir el tiempo de parada y los costos de operación.
- Aumenta la flexibilidad del cable.- Para asegurar un desgaste regular de las perlinas diamantadas y conseguir una eficacia de corte máxima.
- Funcionamiento limpio y eficiente.- Bajos niveles de ruido, contaminación de polvo o daño estructural.

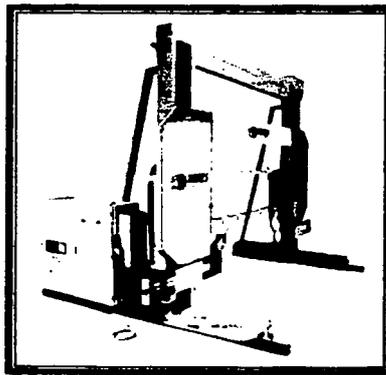
#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MONOHILO FALCON 103.

CONCEPTO	UNIDADES
Altura de la máquina	5,530 mm
Ancho de la máquina	7,400 mm
Largo de la máquina	6,250 mm.
Longitud máxima de los bloques	3,500 mm
Altura máxima de los bloques	2,100 mm
Traslación de la máquina en los rieles	4,250 mm
Hilo diamantado	16.8 metros
Diámetro del hilo	8 mm
Utilidad de máquina verticalmente	2,300 mm
Recuperación del hilo	200 mm
Potencia del motor principal	15 kW
Peso de máquina	5,500 Kg.
Potencia del movimiento vertical	1.5 kW
Potencia del motor movimiento horizontal	0.35 kW
Velocidad del Hilo Diamantado	0- 33 m/seg.
Potencia total instalada	20 kW
Voltaje	380 Volt – 50 Hz.

Además viene equipada con los siguientes componentes.

- Con 7 + 7 rieles especiales.
- Calibrador para el orden del ajuste de la velocidad del hilo diamantado de 0 a 33 metros por segundo.
- Dispositivos electrónicos para automatizar el corte de las tablas
- Compresor.

Por todo lo expuesto líneas arriba, la máquina Monohilo Falcon 103, es una nueva alternativa para la producción de materiales no metálicos destinados a la decoración de interiores y exteriores, debido a sus características que mejoran los tiempos de producción, la calidad de los productos, ya que es muy superior en relación al método tradicional, minimiza el costo de producción, su colocación tanto en la cantera, como en una zona previa, la hace muy versátil y por último el precio, ya que utilizando telares, se necesitarían 5 máquinas, para producir lo que una sola Monohilo puede producir. Haciendo rentable la compra e instalación de esta nueva tecnología.



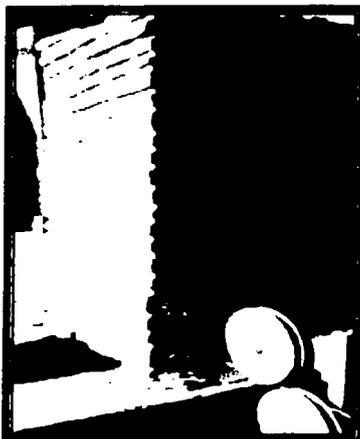
*Monohilo Falcon 103 automatizada*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Con la utilización de la máquina Monohilo Falcon 103, se obtendrá un ahorro considerable por concepto de almacenamiento de tablas, al aserrarse éstas sobre pedido, evitando pérdidas por fracturamiento del material, al ser transportado y almacenado en espera de su comercialización, de esta manera, al realizarse el pedido, se procederá a cortar el material con las especificaciones del comprador.

#### 4.6.4. Cortes especiales.-

Con la Monohilo además de realizar cortes lineales, se pueden realizar corte en diferentes ángulos, por lo que se pueden producir piezas sobre pedido desde peldaños, pestañas para techos, y piezas con características especiales dependiendo del consumidor.



*Corte a capricho en la Máquina Monohilo Falcon 103.*

En la fotografía se puede observar la versatilidad de corte de la Monohilo, esto se reflejará en el catálogo de productos para venta, ya que se pueden obtener piezas únicas, para usos muy especiales.

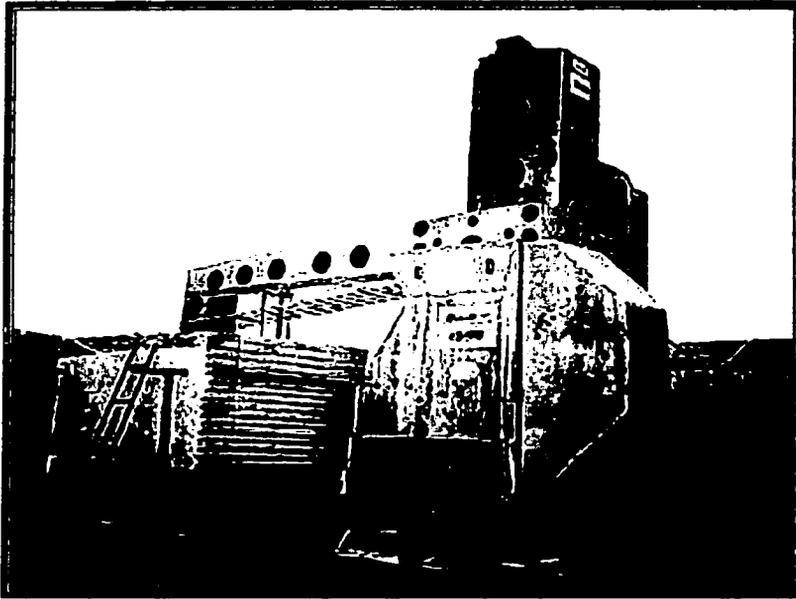
#### 4.6.5. Máquina Multihilo FALCON 610.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Otra alternativa utilizando esta nueva tecnología, para la obtención de tablas, tanto en la cantera como en la planta, es la máquina Multihilo Falcon 610, la diferencia con la anterior estriba en que con esta máquina se pueden realizar *10 cortes a un tiempo*, mientras que con la Falcon 103, es solo uno por tiempo. La capacidad de esta máquina es muy superior a la Monohilo (**72,000 m<sup>2</sup> al año**), pero la calidad y efectividad de corte es la misma; la posibilidad de la adquisición de esta máquina, dependerá de cuanto se pretenderá invertir en el proyecto y de una entrada al mercado nacional e internacional satisfactoria en donde la demanda de los productos pueda sobrepasar la capacidad instalada que hasta el momento se propone, las características técnicas más importantes se mencionan a continuación:

El hilo diamantado recubierto con plástico a alta presión con perlinas de 8 mm., son la base del sistema de corte de esta máquina, el consumo de agua es mínimo, ya que se pierde en todos 1 litro al día del total del empleado para enfriar el hilo, y la eliminación de

polvos, los espesores que se pueden obtener son de 1 a 5 cm., con un tiempo para realizar su calibración mínimo en relación a un telar, obteniéndose tablas del espesor deseado listas para el pulido y corte de losetas.



*Aserradero de la Multhilo Falcon 610.*

### ✓ DATOS TÉCNICOS

#### DIMENSIONES DEL GRUPO DE CORTE:

Ancho 8,00 m; altura 5,80 m; longitud 1,65 m

#### DIMENSIONES DEL GRUPO ATIRANTADOR:

Ancho 2,25 m; altura 2,30 m; longitud 3,10 m

#### ESPACIO TOTAL OCUPADO POR LA MÁQUINA:

Ancho 6,00-9,00 m; altura 5,80 m; longitud 25,00-33,50 m

EMBALAJE: 1 CONTAINERS DE 40 PIES OPEN TOP + 1 CONTAINERS DE 20 PIES OPEN TOP.

PESO DE LA INSTALACIÓN: 20.000 Kg.

#### MÁXIMO TAMAÑO DEL BLOQUE A CORTAR

Ancho 2,50 m; altura 2,10 m; longitud 3,55 m

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**POTENCIA MOTOR PRINCIPAL: 55 Kw.**

**POTENCIA MOTOR SUBIDA-BAJADA: 4,5 Kw.**

**CARGA DE TENSIÓN EN CADA VOLANTE: 300 Kg.**

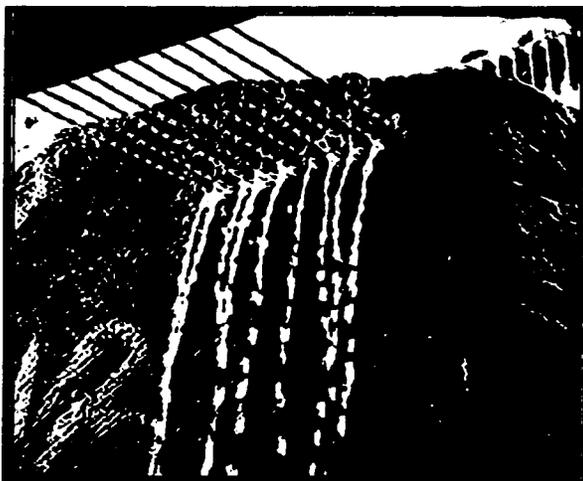
**NUMERO MÁX. DE HILOS: 10**

**VELOCIDAD PERIFÉRICA DE LOS HILOS EN FASE DE CORTE: de 15 a 33 m/seg.  
Máquina versión automática**

**- FALCON 610 - VERSIÓN AUTOMÁTICA.** Comprende: grupo de corte, grupo de transmisión, carro de translación, cuadro electrónico de control y accionamientos motores (motor principal 55 Kw., motor carro de translación 0,75 Kw, motor subida y bajada 4,5 Kw.);

**- 2 CARROS DE TRANSPORTE DE BLOQUES MOTORIZADOS A BATERÍA,** capacidad de carga de 40 toneladas y control con pulsador; versión a batería 12 voltz

El costo de esta máquina en relación a la Falcon 103, es del 100% aproximadamente, ya que una Falcon 103, esta en el mercado en \$ 86,780.00 Euros, mientras que la Falcon 610 en \$ 190,000.00 Euros.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

***Máquina Multihilo Falcon 610 en acción, corte de hasta 10 hilos a la vez.***

Esta propuesta de cambiar la tecnología del telar por el corte del material a base de hilo diamantado, representa un avance tanto tecnológicamente como un ahorro económico notable tanto en la inversión como en los costos de operación, una máquina Falcon trabaja con un operador, y comparativamente los 5 telares que se necesitan para igualar la producción de la Falcon, se necesitan mínimo 5 operadores, ahorro en energía eléctrica, agua, las piezas de desgaste de los telares son por mucho más caras, que el hilo diamantado que se utiliza con esta tecnología, los riesgos de accidentes se pueden controlar en mayor medida con una máquina que con varias, el área de trabajo se ve reducida. **Por mucho las ventajas de la adquisición de una máquina Falcon, ya sea la 103 o la 610, se verán reflejadas en las utilidades de la empresa, de manera sustancial, ya que también los productos obtenidos por esta tecnología tienen un mejor mercado, en comparación con el material tratado por medio de telares.**

#### **4.7. EQUIPO Y MAQUINARIA DE CUADREO Y PULIDO.**

La ubicación de esta maquinaria, será en la nave industrial, ubicada dentro del predio en la cota 2440, en la superficie horizontal preparada para este fin. La nave tipo industrial tendrá una superficie de 1,500 m<sup>2</sup>, y un altura máxima de 7.5 metros; en donde se instalarán las grúas viajeras para la transportación de las tablas desde su llegada de la máquina Monohilo.

Para el proceso de obtención de losetas de travertino amarillo se requiere del equipo que a continuación se describe:

- Tres cortabloques (parqueteadoras) automáticas, con capacidad de disco de un diámetro de 1,600 mm equivalente a una posibilidad de corte de 600 mm de ancho en el corte de material. Con motor principal y otro para el disco horizontal. Con cuadro eléctrico de todas las funciones que realiza. Carro portabloques motorizado de 2X3 m
- Tres mecanismos manuales con ventosas para descarga del material.
- Una línea de rodillos de entrada a la línea del proceso.
- Tres máquinas cabeceadoras, con capacidad de corte de hasta 600 mm de ancho, con su correspondiente central de mando.
- Dos máquinas calibradoras pulidoras lineales automáticas, para losa de travertino con posibilidad de calibrado de hasta 650 mm, con dos cabezales calibradores y ocho cabezales pulidores para abrasivo convencional con posibilidad de pulido de hasta 650 mm. Cuadro eléctrico de control con paneles independientes para cada cabezal.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Dos cortadoras múltiples para plaqueta de travertino, con cabezales independientes.
- Dos máquinas calibradoras y biseladoras, con presión de trabajo neumática, con capacidad de trabajo de 150 mm x 150 mm a 600 mm x 600 mm; equipadas con un dispositivo para girar plaquetas, banco de control y selección de producto terminado en cada máquina.

#### **4.8. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS.**

De la preparación de la superficie horizontal en toda la sección **g** se obtendrán **505,607.43 m<sup>3</sup>** de material quebrado, que podrá ser utilizado en diversas formas; en la fabricación de concreto para la colocación de las losetas; en el revestimiento de los caminos de acceso y rampa. La capa de caliza que envuelve el cuerpo metamorfozado es mínima, por lo que para estos usos no representa problema.

En el caso de pedacería mayor a los 15 cm., se pepeará para su venta a artesanos de la zona para la elaboración de piezas ornamentales.

La marmolina es utilizada en la elaboración de cemento como materia prima, dependiendo de la coloración de este material será el color del cemento producido, por lo que se analizará el material y las características necesarias para este fin, pretendiendo con esto ofrecer al público un cemento para la colocación de la loseta del mismo material y color. La marmolina es la pedacería del mármol que se muele y se utiliza en la construcción en acabados de fachadas, en suelos y como se mencionó en la elaboración de cemento.

Otra aplicación es la producción de granito artificial que básicamente son los fragmentos de mármol cementados y vaciados en moldes; se usa para lápidas, monumentos o en losetas para piso y fachadas; para lo cuál será necesario evaluar la adquisición de un molino y una pulidora para obtener el tamaño adecuado y pulir el granito. Con esto se disminuirán las pérdidas al incrementar el aprovechamiento del travertino y se buscará la generación de más empleos en la zona.

#### **4.9. EJECUCIÓN DEL PROYECTO. (CANTERA)**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La planeación de las obras iniciales, la preparación de los bancos y el acondicionamiento del terreno para la instalación de la maquinaria y el equipo necesarios para la explotación, se realizará en los primeros 5 meses, contados a partir de que se tenga el capital necesario para llevarlas a cabo.

En el primer mes se realizarán las contrataciones de la maquinaria y equipo de transporte, así como la renta de oficinas en el poblado de Cuacnopalan. La dirección del proyecto se hará desde este lugar hasta que se tenga un lugar adecuado en la unidad.

Los siguientes 4 meses se destinarán para la reparación del camino rural y el trazo de los 1,800 metros restantes hasta el predio, la construcción de las oficinas, almacén, taller y puesta en marcha de los equipos de perforación. Entre el segundo y tercer mes se iniciarán los trabajos para cercar el predio e iniciar el empareje del área horizontal en la cota 2,400.

La preparación de la cantera comenzará a partir del tercer mes de dar inicio las compras del equipo, por el embarque, el pago de la aduana y el transporte terrestre. Las obras para el cuele de la rampa de acceso a la cantera se iniciarán entre el tercer y cuarto mes; de acuerdo con ésta es posible iniciar las operaciones en el sexto mes y obtener el principio de la producción.

### Diagrama de ejecución del proyecto

Terreno horizontal y Cantera.

- Maquinaria de importación
- Preparación de la cantera
- Equipo Co-fr. plast. de Italia
- Explotación
- Oficinas y halla ciclónica periférica
- Camino rural y empareje de terreno
- Talleres y Almacén
- Preparación de la rampa de acceso

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13  
Tiempo en meses.

#### 4.10. INSUMOS.

##### 4.10.1. Combustibles y Lubricantes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El consumo de combustibles y lubricantes necesarios para el funcionamiento de la maquinaria y equipo, se establecerá a partir de las características como caballaje y horas de trabajo; partiendo de los apuntes de la Facultad de Ingeniería, UNAM, Movimiento de Tierras, (1997), se calcularon los siguientes consumos:

##### Equipos que consumen Diesel.-

Se tiene un total de 1418.3 Hp, que representan considerando un consumo de Combustible de 0.16 litros por Hp. Por cada hora de trabajo y tomando en cuenta que los

equipos trabajarán un solo turno, además la entrega total en el caballaje no se efectúa durante todo el turno, calculando un promedio de 4 horas de trabajo efectivo.

EQUIPO	Hp.
Dos compresores	410.0
Planta de Energía	37.3
Camión de volteo	175.0
Camioneta de 3 ½ toneladas.	175.0
Camión Torton	210.0
Cargador Frontal	411.0
total	1,418.3

Para los lubricantes se tomará como factor, el obtenido del Fideicomiso de Fomento Minero, de esta manera se asignará un 30% del consumo de combustible tanto para vehículos diesel como para los de gasolina.

Según datos del fabricante los motores de gasolina (camioneta pick up) rinden 10 Km. /l en condiciones ideales, estos motores transitarán un 80% del tiempo sobre el camino rural, por lo que se tomará un rendimiento de 8 Km. /l en condiciones reales; además se considera un trayecto diario de 72 Km., quedando el cálculo de los consumos expresados en la tabla siguiente:

Consumo de diesel = (horas /día) X (Hp. del equipo) X {0.16 (l/hr)/Hp.}

Consumo de gasolina = {(Km. recorridos diarios) / (8 Km. / l)} X (# de vehiculos)

Equipos	Combustible litros	Precio (\$/l)	Costo (\$)	Lub. y filtros (\$) 30%	Costo Mensual.
Dos camionetas Pick Up	468.00	6.02	\$2,817.36	\$ 845.21	\$3,662.57
Un camión Torton.	4368.00	4.84	\$21,141.12	\$6,342.34	\$3,662.57
Un camión de volteo.	3640.00	4.84	\$17,617.60	\$5,285.28	\$3,662.57
Cargador Frontal.	8548.80	4.84	\$41,376.19	\$12,412.86	\$3,662.57
Dos compresores.	8528.00	4.84	\$41,275.52	\$12,382.66	\$3,662.57
Una camioneta de 3 1/2	3640.00	6.02	\$19,182.80	\$5,754.84	\$3,662.57
Planta de energía	775.84	4.84	\$3,755.07	\$1,126.52	\$3,662.57
			<b>Total mensual</b>		<b>\$25,637.99</b>

El consumo de combustible se afectará por un 20% más por imprevistos, ya que además de las necesidades propias de la producción se consideran las actividades del personal.

\$ 25,637.99 X 1.2 = \$ 30,765.59; convirtiendo los pesos a Euros.

\$ 30,765.59 pesos / (\$ 11.80/ Euros) = 2,607.25 Euros por mes.

**Consumo de Lubricantes.-** Considerando un 30% del consumo de combustibles.

2,607.25 Euros por mes. X 0.3 = 782.18 Euros por mes

**Llantas.-** De los datos del fabricante basado en el tipo de trabajo, transporte en camino rural, y carretera, y las horas de uso del equipo.

Equipo	Cantidad	Costo unitario (\$)	Vida útil	Costo mensual (\$)
Dos camionetas Pick Up	8	1044.00	18 meses	464.00
Un camión Torton.	10	2760.00	6 meses	4600.00
Un camión de volteo.	6	2760.00	8 meses	2070.00
Cargador Frontal.	4	36735.60	18 meses	8163.47
Dos compresores.	8	549.60	24 meses	183.20
Una camioneta de 3 1/2	6	2760.00	6 meses	2760.00
<b>Total Mensual</b>				<b>\$18,240.67</b>

Costo mensual \$ 18,240.67 / (\$ 11.80/ Euros) = Euros 1,545.82 / 375 m<sup>3</sup> = 4.12 Euros/ m<sup>3</sup>.

**Fletes.-** Costo para transportar una tonelada \$ 26.50 pesos por tonelada, (precio que puede variar dependiendo del contratista que realice los viajes), la distancia máxima a recorrer es al poblado de Cuacnopalan (12.5 kilómetros) donde pasa la carretera pavimentada y el producto será transportado hasta ese lugar en caso de estar especificado en el contrato de compra-venta. Por lo que no se puede determinar un costo mensual, dado que no se tiene un parámetro de cuantos metros cúbicos en promedio se transportan de la planta hasta el poblado mencionado.

#### 4.10.2. Abrasivos.-

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los abrasivos se componen principalmente de carborundo más aglomerante magnesiano o resinoide, estos se clasifican mediante el tamaño de grano de la pasta que la forma por ejemplo el grano # 20 equivale a uno de los tamaños mayores de grano que se utilizan principalmente para el desbaste inicial en el pulimentado y grano 1200 o Lux para dar el acabado final del pulido o acabado de espejo de agua.

Consumo de **abrasivos para travertino** de dureza media (Fuente BRA).

**Abrasivo de Grano Consumo Piezas/mes.**

20	824
24	476
30	476
36	380
46	816
60	568
120	1,136
220	476
280	408
400	284
600	180
800	88
1,200	72
Lux	14

Este tipo de abrasivos con resinas o magnesiano está debidamente cotizado por el fabricante de los equipos e inclusive garantizado, siempre y cuando los materiales a pulir sean de las características de dureza especificada (dureza media). Si los materiales corresponden a otras durezas se hará el mismo tratamiento y dependiendo de los resultados se ajustarán los abrasivos y las presiones de los cabezales sobre la superficie de travertino.

#### 4.10.3. Energía Eléctrica.-

Considerando la energía necesaria para el funcionamiento de la maquinaria y equipo, el alumbrado exterior, energía para las instalaciones, y derivado de la entrevista con el personal de la CFE., se obtuvo para un consumo aproximado de 1,400 Kw., el factor de 1.93 dólares/m<sup>3</sup>; considerando que 1 dólar es igual a \$ 11.02 pesos, se tiene la siguiente conversión de dólares a Euros:

$$(1.93 \text{ dólares /m}^3) \times (11.02 \text{ pesos/dólares}) = 21.27 \text{ pesos/m}^3.$$

$$(21.27 \text{ pesos/m}^3) / (11.80 \text{ pesos/€uros}) = 1.8 \text{ €uros/m}^3.$$

Por lo tanto el costo por concepto de Energía Eléctrica por m<sup>3</sup> es = **1.8 €uros/m<sup>3</sup>**

**4.10.4. Agua para el proceso y potable.-**

La máquina Falcon 103 tiene un consumo de agua para enfriar el hilo diamantado de 5 metros cúbicos, 5,000 litros, y una pérdida de 1 litro al día en lodos, considerando 2 máquinas y una reserva prudencial del 30 %. Para el consumo de las oficinas e instalaciones de los empleados, el consumo de los baños, se utilizará un factor calculado utilizando las tablas de Technical Output Report; en donde se establece un consumo de **1,823 litros por metro cuadrado**; para el aserradero; y un consumo de 229,65 litros por metro cuadrado, en el proceso de corte en la cantera y en los procesos de pulido y corte, por último el agua potable para consumo, será comprada en garrafones de 20 litros, en la localidad más cercana.

(10,000 litros) X (2) = 20,000 litros de reserva para el proceso de la Monohilo.

4 garrafones al día = 60 litros diarios de agua potable;

Por lo que de (4 garrafones) X (\$ 20.00/garrafón) = \$ 80.00/ diarios.

La producción promedio en m<sup>2</sup> es de 200,000 al año, por lo tanto:

(200,000 m<sup>2</sup>) X (1.823 litros/m<sup>2</sup>.) = 364,600 litros al año.

364,600 + 20,000 = 384,600 litros / 200,000 m<sup>2</sup>.

El costo en la zona es de \$ 12.00 por metro cúbico.

El costo total es de:  $\frac{[12.00 * 229.65]}{1000} = 2.7558 \text{ pesos/ m}^2$ .

Convirtiendo, (\$2.7558/m<sup>2</sup>) / (\$11.80 /Euro) = **0.2335 Euros/ m<sup>2</sup>**.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**4.10.5. Empaque.-**

El costo para empacar un metro cuadrado de losetas, se cotiza en **1.25 Euros/m<sup>2</sup>**, debido a que el tipo de empaque reúne requisitos especiales para el transporte de las losetas de travertino amarillo pulido considerado como carga de tipo A o de material frágil (dato obtenido de la empresa Transportes Marítimos Mexicanos, TMM)

Costo por concepto de empaque = **1.25 Euros/m<sup>2</sup>**.

**4.10.6. Mantenimiento.-**

Para determinar el costo del mantenimiento de la los equipos, se estima un valor del 8 % anual del valor de la maquinaria y equipo del proceso, tomando en cuenta que la mayoría

de los equipos son importados de (EEUU e Italia). La cual es de 3'557,482.09 Euros quedando un costo anual de:

$$3'557,482.09 \text{ Euros} \times 8 \% = 284,598.57 \text{ Euros/año.}$$

$$(284,598.57 \text{ Euros/año.}) / (12 \text{ meses/año}) = 23,716.55 \text{ Euros/mes.}$$

Mantenimiento preventivo (40 %) = 9,486.62 Euros/mes. (Fuente BRA)

Mantenimiento correctivo (60 %) = 14,229.93 Euros/mes. (Fuente BRA)

Total de Mantenimiento = (23,716.55 Euros/mes.) / (18,247.84 m<sup>2</sup>/mes) = **1.30 Euros/m<sup>2</sup>.**

#### 4.10.7. Regalías.-

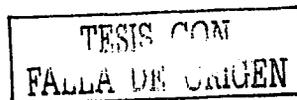
De acuerdo con el contrato establecido con el dueño del terreno donde se ubica el yacimiento, se pagarán regalías por la cantidad de \$ 100.30/ m<sup>3</sup> (8.50 Euros/m<sup>3</sup>)

$$(8.50 \text{ Euros/m}^3) \times (375 \text{ m}^3) = 3,187.50 \text{ Euros/mes.}$$

#### 4.11. TIEMPOS DE INSTALACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

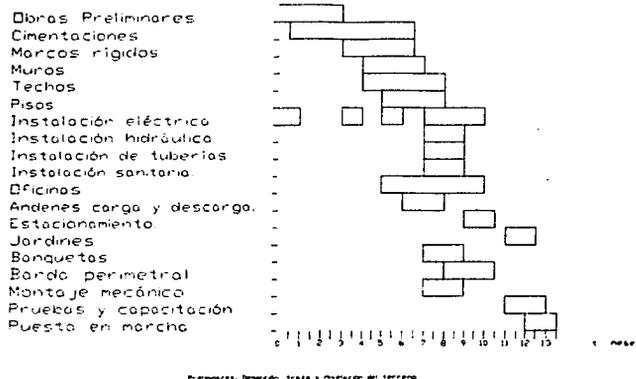
La planificación total del proyecto estará dividida en 5 actividades:

- a) **Obras preliminares**
- b) **Cimientos y edificaciones**
- c) **Adquisición e instalación de maquinaria y equipo.**
- d) **Cantera**
- e) **Recursos Humanos.**
- f) **Puesta en Marcha.**



- a) **Obras preliminares.-** Son las obras relacionadas principalmente con la preparación del terreno, camino de acceso, rampa de la cantera, Superficie horizontal para la construcción de oficinas y talleres, Planta de corte y pulido, alambrado periférico del predio y entrada.
- b) **Cimientos y edificaciones.-** Una vez preparada la superficie horizontal y los caminos de acceso, se procederá a la construcción de las cimentaciones necesarias para la instalación de la maquinaria, la construcción de oficinas, talleres, almacén y obras necesarias para el almacenamiento y distribución de agua para el proceso, transformador y cableado de energía eléctrica.

**Diagrama de ejecución de la planta y edificios adyacentes**  
Terreno horizontal.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- c) **Adquisición e Instalación de maquinaria y equipo.-** Pedidos y tiempo de entrega de maquinaria y equipo nacional y extranjero (Italia), así como su instalación y pruebas de arranque; (Calibración y ensayos de corte).
- d) **Cantera.-** Todas las obras necesarias para la preparación del banco de producción; tuberías de aire comprimido, tuberías y depósitos de agua en la cantera; área del personal
- e) **Recursos Humanos.-** Contratación y capacitación del personal para la Cantera, Manejo de la Falcon 103, Planta de corte y pulido, (personal calificado y obreros en general), área de administración y comercialización.
- f) **Puesta en Marcha.-** Una vez realizadas todas las acciones mencionadas con anterioridad se procederá a poner en marcha la unidad.

**4.12. IMPACTO AMBIENTAL.**

Las obras de explotación en la cantera, afectarán en forma mínima el medio ambiente de la zona, ya que se trata de un suelo que no es factible de ser utilizado para actividades ganaderas o de agricultura, por el tipo de suelo que presentan y la topografía del lugar; las fotografías muestran la sierra El Monumento, con la vegetación existente, que básicamente es un suelo de tipo semidesértico, por lo que no será necesario alguna

reforestación, o empareje del terreno, ya que el volumen que se pretende explotar en los próximos 10 años, no representa ni el 5% del total de material del cerro.

Para determinar el estudio de impacto ambiental, se desarrollará el cuestionario emitido por la SEMARNAT, en donde se determinarán los tipos de flora y fauna existentes en la región, así como el peligro que según normas de ecología colocar a las especies en posible peligro de extinción. La ley establece una restauración en las zonas afectadas por los trabajos de exploración y explotación que se realicen en los sitios designados. La misma Secretaría tomará en cuenta el tipo de contaminantes que se utilizarán para cada trabajo, como son el uso de explosivos, reactivos, grasas, etc. que actúen directamente con la operación y que en su momento puedan afectar el entorno. Una vez evaluada la zona, la misma SEMARNAT emitirá un documento en aprobación o desaprobación para continuar con los trabajos a realizar. En primer lugar llevará a cabo una visita con personal especializado para revisar las zonas que se afectarán, donde podrán evaluar de forma práctica los riesgos que traen consigo las operaciones mineras en tal sitio.



*Vista panorámica de la sierra el Monumento.*

Los siguientes aspectos se evaluarán para la realización del estudio de impacto ambiental:

1. Aspectos legales y de Asociación.
2. Información general del proyecto.
  - a) Selección del sitio.
  - b) Etapas de preparación, exploración, construcción y operación.
3. Posibles accidentes y Planes de emergencia.
  - a) Derrames del material producto del corte del Travertino.
  - b) Derrames de combustibles y aceites.
  - c) Derrames de productos químicos. (Abrasivos, y grasas)
  - d) Polvorín
  - e) Equipo de Alta tensión
  - f) Derrame de agua de proceso y doméstica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4. Planos de localización y cartas informativas del INEGI.
5. Tipo de clima y en la zona de interés.
  - Clasificación del clima según la zona.
  - Estadísticas de temperatura, mínima, media y máxima de la estación de climatología más cercana.
  - Estadísticas de precipitación pluvial, mensual y máxima en 24 horas.
  - Estadística de número de días con precipitación pluvial igual o mayor de 0.1 mm.
  - Estadísticas de evaporación.
  - Estadísticas de velocidad, dirección e intensidad de los vientos predominantes de la zona de interés
6. Estudio socio-económico de la zona.
7. Estudio de suelo.
8. Estudio de rasgos biológicos.
9. Identificación de impactos ambientales.
  - Parámetros ambientales
  - Actividades.
  - Por etapa del proyecto.
10. Normatividad.
11. Plan de abandono y restitución al término de la vida útil del proyecto (Reubicación de especies).

#### **4.13. SEGURIDAD E HIGIENE.**

La implementación de una nueva tecnología tiene como consecuencias accidentes provocados por los trabajos nuevos a realizar, por lo que será necesario implementar un programa de Seguridad e Higiene, que además de contemplar los tipos de accidentes más comunes que se pueden presentar en la cantera por la utilización de explosivos, se adicionarán los provocados por la máquina de Hilo Diamantado, como rompimientos del hilo, manejo de maquinaria y equipo, los provocados por la máquina Monohilo, y los más comunes en la planta de corte y biselado. Además de las enfermedades con mayor recurrencia en la zona, que pudiesen ser provocados por la fauna, y las condiciones climáticas de la zona.

A los obreros se les proporcionarán cascos, orejeras, lentes protectores, guantes de carnaza y botas con casquillo, tanto en la Cantera como en la planta, con esto se busca proteger en buena medida la incidencia y accidentes en la unidad. Para este efecto se hará la compra de 70 equipos, para el personal así como para visitantes. Este equipo será

guardado en el almacén llevando un control del mismo por un encargado de este departamento con experiencia en primeros auxilios en caso de algún accidente.

Se contará con un botiquín de primeros auxilios, para atender los accidentes más comunes, así como la colaboración de un medico cirujano en el poblado más próximo para llevar un seguimiento de la salud del personal, así como curso de prevención de accidentes.

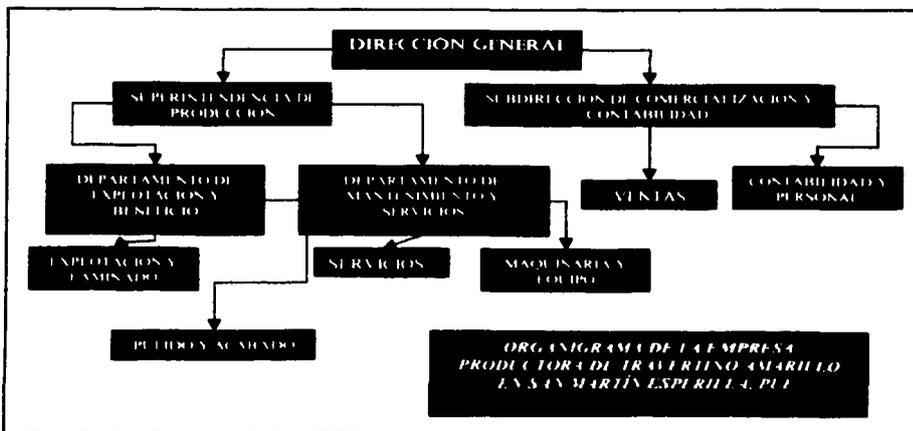
Las instalaciones estarán provistas de un área para el personal con gavetas y baños, en donde se puedan cambiar de ropa, bañar y guardar su equipo y objetos personales.

#### 4.14. PERSONAL.

El personal administrativo y operativo necesario para el funcionamiento de la empresa, esta constituido por 2 departamentos principales; el departamento de Producción y el de Contabilidad y Comercialización.

El personal tanto de la Cantera, aserradero de las tablas y en los departamentos de mantenimiento de maquinaria y planta de pulido, serán especializados que garanticen la planeación y ejecución de las diversas actividades necesarias para arrancar y mantener el proyecto de producción.

A continuación se presenta el organigrama de la empresa.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

#### **4.14.1. Mano de obra en general.-**

Una cantera normal en operación ocupa de 6 a 10 operarios, una planta o telar opera con 10 a 15 en promedio; pero con la implementación de la Monohilo, se reduce el personal, ya que una Monohilo opera con una sola persona.

Si a este personal se le suman los transportistas y demás obreros de tareas periféricas (administración, arreglo de caminos, talleres mecánicos, repuestos, etc.), se puede asumir que están relacionados con la minería de mármol travertino unos 120 trabajadores.

#### **4.14.2. Personal de confianza.-**

El personal de confianza esta constituido esencialmente por 5 elementos, además de la dirección general que estarán constituidos de la siguiente manera;

- **Ingeniero encargado de la cantera.-** Para el diseño y corte de los bloques, dentro de las funciones de este puesto estará el acarreo de los bloques hasta la máquina Monohilo; además de llevar la supervisión de programas de exploración en el predio y en la zona en general,
- **Ingeniero encargado de la Monohilo y la planta de corte y biselado.-** Persona encargada del proceso de laminación, corte y pulido de las losetas y productos secundarios, control de calidad, estudios de materiales, todo lo relacionado con el material visto como producto.
- **Ingeniero de Mantenimiento y Servicios.-** Persona encargada de dar mantenimiento y servicio a la maquinaria y equipo tanto en la cantera como en la planta, incluyendo los vehículos de transporte; así como el responsable de llevar el control y guardado de las herramientas de la unidad.
- **Contador Público.-** Encargado del flujo de dinero dentro de la empresa, es decir, control de gastos, contrataciones, compras de insumos y equipos, nómina, pago de impuestos
- **Licenciado en Comercialización.-** Persona encargada del departamento de ventas, en donde se llevará el control de los clientes; así como las necesidades de producción, tanto en el volumen, como en el catálogo de productos a ofrecer al público.

#### 4.14.3. Departamento de Comercialización en el DF.-

Los principales consumidores potenciales se encuentran en la Ciudad de México, dado el auge de construcciones principalmente de grandes consorcios y el travertino amarillo explotado y producido cerca de esta ciudad da la posibilidad de entrar en el mercado de la construcción con excelentes perspectivas, ya que el precio de venta se puede establecer debajo de lo establecido en el mercado actual. Por lo que será necesaria por lo menos una persona con experiencia en la venta de materiales para la construcción, en los inicios, posteriormente y dependiendo de los resultados de comercialización esperados en este sitio, se podrá planear la instalación de una oficina de ventas.

#### 4.15. PRODUCTOS.

Con las características de la maquinaria propuesta se puede considerar un catálogo de ventas en el cual se puedan manejar varios tamaños y espesores de losetas; así como ladrillos para la construcción de interiores. En el estudio de mercado realizado en diversas casas que se dedican a la venta de losetas, se encontró que los tamaños más demandados por los consumidores son: 30X30X2; 40X40X2; 30X30X3 y 40X40X3; en lo que a losetas se refiere, así como piezas ornamentales únicas sobre pedido; por lo que se tomó la decisión de basar el proyecto de la siguiente manera.

El producto en el cual se basa el proyecto, es la loseta de dimensiones 40X40X2 cm. que es el tamaño que más se exporta a nuestro país procedente de España, utilizado para el acabado principalmente de Salas, comedores; y para Baños se propone un acabado de una cara, loseta que presenta una cara pulida, y otra en bruto, como se obtiene del corte dando un aspecto áspero, pero de gran belleza

La belleza del travertino amarillo, para interiores, hacen de esta variedad del mármol, un material muy demandado por su propiedad de reflejar la luz, y dar al lugar en donde se instala una excelente iluminación, así como la sensación de un piso de hilo amarillo.



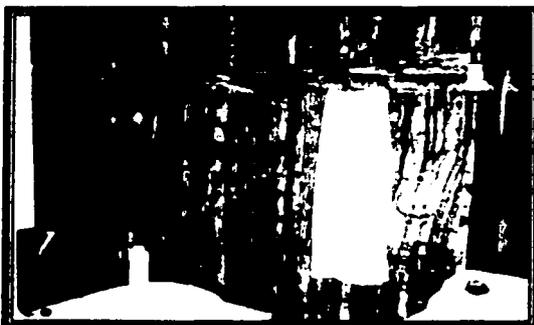
*Loseta de Travertino amarillo oscuro.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Contando con la versatilidad de corte de la máquina Monohilo Falcon 103, se puede pensar en poner en el mercado una gran variedad de tamaños de losetas, para diversos usos, ya sea pulidos de uno y dos caras, ladrillos para construcción en interiores de piezas decorativas, como chimeneas, escaleras, bardas. Utilizando el aspecto vítreo del cristal, en Europa, la loseta de 3 y 4 cm de espesor, tiene una gran demanda, principalmente para piso en plantas bajas, en donde una vez colocada la loseta, se procede a iluminarla con cañones; el cristal absorbe la luz, y la refleja en distintas direcciones dando un fenómeno de gran belleza e iluminación. Las dimensiones de estas losetas, son de 1.5X.6 metros, tratando de evitar con este tamaño las uniones de cuadros en lo más mínimo.

#### **Dimensiones de los productos propuestos.**

El travertino amarillo se procesará inicialmente en losetas para pisos, de 30X30X2 y 40X40X2 centímetros, que son las dimensiones de mayor importación; procedentes de España, además de la loseta de 30X30X2, que es utilizada en baños y cocinas; sobre la producción de estos dos tamaños de losetas se calculará el ingreso por su venta, dejando abierta la posibilidad de producir otros tamaños,



*Baño recubierto con Travertino Amarillo, de 1 cara*

Utilizando la Monohilo Falcon 103, las tablas se pueden cortar de diversos espesores, por lo que las losetas que se pueden ofrecer en el mercado no solo se limitarán a los 2 y 3 cm., logrando así aumentar el catálogo de ventas.

#### **4.15.1. Usos.**

El mármol travertino es utilizado en los últimos tiempos cada vez con mayor intensidad en forma combinada de ornamentación de fachadas integrando las frentes o muros con materiales diversos; mármoles varios, travertino, caliza y lajas o bloques de areniscas, con diseños poligonales multicolores. Con este sistema se pueden obtener una gran cantidad

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

de variantes de forma, tipo y color, con soluciones vistosas y exclusivas, dando elegancia y exclusividad.

Los mármoles travertino han sido utilizados en la construcción de edificios en casas de familia como edificios públicos. Otra forma de utilizarlo es colocarlo en planchas o placas pulidas como revestimiento, especialmente en las frentes de edificios públicos. Un uso muy particular lo constituyen los monumentos en paseos y plazas, así como frente de edificios históricos.

#### 4.15.2. Catálogo de ventas.

La versatilidad y maniobrabilidad del mármol travertino, así como la gran demanda que tiene en Europa, hace pensar en un catálogo, más amplio ya que en nuestro país no se tiene la difusión necesaria.

En pisos para planta bajas, este material es utilizado en espesores de hasta 5 cm. y losetas de 1.5X.6 metros, debido a su apariencia vítrea, la loseta es atacada con cañones de luz, esta es absorbida por el cristal y reflejada en diversas direcciones, dando un fenómeno de refracción de luz desde el piso. Por lo que este material adquiere una gran demanda y por consiguiente un mejor precio que los mármoles lechosos.

Partiendo de lo expuesto líneas arriba, y de lo convencional, losetas de 2 cm de espesor y diversos tamaños, el catálogo de productos se ampliará dependiendo de las necesidades de los compradores, ya que como se mencionó la máquina Monohilo Falcon 103 puede hacer cortes de 1 a 5 cm., teniendo la versatilidad y posibilidad de ofrecer una línea más amplia de productos, en donde se pueden considerar los cortes especiales para obtener piezas únicas.

Losetas obtenidas de la tabla de 3 cm



## 5. ANÁLISIS FINANCIERO.

### 5.1. ANTECEDENTES.

En este capítulo se expondrán y analizarán los precios de la maquinaria y equipo, costos de operación y gastos en general, que influyen de manera directa e indirecta en la Explotación y Beneficio del Travertino Amarillo de San Martín Esperilla, Puebla.

El proyecto de explotación y beneficio se programará a 10 años, que es el tiempo óptimo en donde se podrá observar un buen comportamiento del flujo neto de efectivo, la estimación de las ventas, la amortización de la inversión, los costos de producción y gastos en general, así como el pago del capital y los intereses producidos por el financiamiento necesario para iniciar un proyecto de esta magnitud.

Hoy en día existen pocas posibilidades de un financiamiento que cubra las necesidades de un nuevo proyecto, las instituciones gubernamentales dejaron de prestar estos servicios por conducto del Fideicomiso de Fomento Minero, las empresas privadas pretenden que se garantice una pronta recuperación del capital de inversión, ya que la minería metálica o no metálica esta considerada como de alto riesgo. Pero debido a la calidad y cantidad de las reservas cubicadas en este predio, se pretende buscar un financiamiento adecuado que pueda garantizar la realización del proyecto de explotación de Travertino Amarillo, material que como se ha comentado no se explota en nuestro país con las características que presenta este material.

El Travertino Amarillo en losetas o ladrillos, para decoración de interiores, no se produce en nuestro país, la producción mundial de este tipo de productos es principalmente en países como Italia o España, por lo que el mercado en nuestro país prácticamente esta libre, sin competencia, por lo que la comercialización y venta de este tipo de productos se puede visualizar a corto y mediano plazo con excelentes posibilidades.

El análisis financiero se expondrá de la siguiente manera; primero se plasmará cuanto se necesita para adquirir la maquinaria, equipo, insumos, capital de trabajo y obras preliminares necesarias para iniciar la explotación (Inversión); seguido por el Análisis de Costos de Producción y Gastos de Ventas; al final se tendrá la estimación de las ventas y las utilidades o pérdidas que generará el proyecto. Así como un análisis de sensibilidad, para el cual se calcularon los flujos de efectivo con variaciones de los ingresos y los costos, variando solo un factor a la vez. Para estos cambios se obtuvieron la TIR y el PRI para cada uno de ellos y así poder observar los efectos que las variaciones en estos factores provocarían.

La viabilidad del proyecto se podrá observar en los flujos de efectivo calculados para tal efecto y que a su vez se utilizaron para obtener la tasa interna de retorno (TIR), y el Periodo de retorno de la Inversión. (PRI). Por otra parte se mencionan también las diferentes posibilidades de las fuentes de financiamiento, para llevar a cabo el proyecto, ya

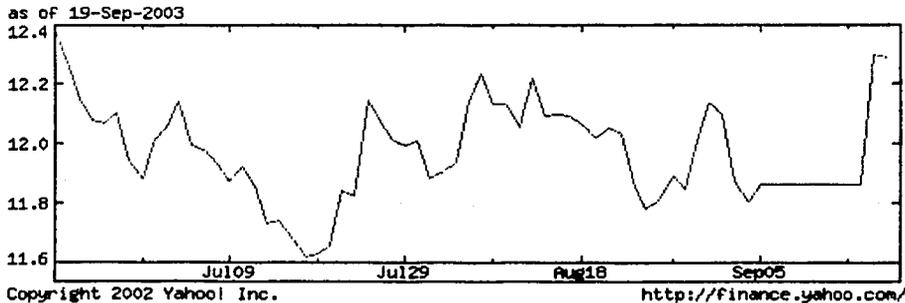
sea capital privado en su totalidad o capital gubernamental, que servirá para elevar el nivel de vida en la zona.

## 5.2. TIPO DE MONEDA DEL PROYECTO.

Los tipos de divisas que se utilizarán en el proyecto son: el dólar norteamericano y el Euro, debido a la estabilidad de estas monedas, que generalmente no sufren cambios drásticos en relación a devaluaciones, el Euro es la moneda en la cual se expresan los precios de la maquinaria que se importará desde Italia, y las cotizaciones de los principales productos comercializados en Europa; ya que éste tipo de material encuentra su principal mercado en este continente, por lo que también estará considerada en este proyecto para cálculos financieros, principalmente en la inversión inicial.

La producción de Travertino en México, asta limitada al material de tipo hidrotermal, que es el que más abunda, no al Travertino Metamórfico, por lo que no existen cotizaciones en pesos o dólares de este producto.

La empresa española Travertino Amarillo, S.L., cuenta con banco de Travertino amarillo de tipo metamórfico en Albox, Almería en Andalucía y cotiza sus productos en Euros, en el anexo se presentan sus cotizaciones enviadas vía Internet, esta es otra razón por lo que se tomará el Euro como moneda principal del proyecto.



### *Comportamiento del Euro en los últimos 4 meses.*

En algunos casos se tomará la cotización en dólares, que es la moneda en la cual están cotizadas la maquinaria de perforación, compresores, y maquinaria de corte y pulido, pero el Flujo de Efectivo y los principales factores económicos serán expresados en Euros.

De acuerdo al comportamiento de la cotización en los últimos meses como se muestra en la gráfica anterior, se tomará un promedio de **11.8 pesos por Euro**; aún cuando la tendencia es a la alza, se puede esperar una estabilización de la moneda nacional en los siguientes 3 años.

### **5.3. POTENCIAL DEL MERCADO NORTEAMERICANO.<sup>1</sup>**

Destaca la importancia del mercado norteamericano para la industria marmolera mexicana, pues tiene una capacidad de importación de 422 mil toneladas en promedio, en las que México aporta sólo el 4.2%.

La competencia de México en Estados Unidos proviene principalmente de Italia, España y Grecia; sin embargo, en esos países el mármol y sus productos tienen un arancel de entre 2 y 6 %, y los costos de transporte son elevados.

Los documentos de entrada al mercado norteamericano son: pedimento de exportación, certificado del transportista, manifiesto de entrada (FAD. 7533), factura comercial, lista de empaque y certificado de origen.

No obstante tales ventajas, es necesario incluir en este apartado el problema que han tenido los compradores norteamericanos al adquirir mármol y otras rocas naturales de México y las medidas adoptadas para resolverlo. Para encontrar suficientes volúmenes, variedad de colores y llenar un pedido, un distribuidor estadounidense tiene que trabajar en un embarque con diferentes productores frecuentemente separados unos de otros por cientos de kilómetros y establecer los parámetros de control de calidad y diferentes formas de negociación.

Con el fin de contrarrestar esta problemática se identifica la siguiente estrategia general:

- ✓ Seleccionar sólo aquellas canteras que cuenten con la técnica de saber como producir bloques con estándares de calidad.
- ✓ Identificar y negociar con empresas financieramente seguras y plantas que tengan suficiente procesamiento con un registro probado de control de proceso estadístico.
- ✓ Desarrollar e implementar un sistema de inspección de la producción y control de calidad para asegurar que todo el material reúna las normas estrictas requeridas en el mercado internacional.

<sup>1</sup> Datos obtenidos en SE (antes SECOFI).

- ✓ Asegurar un inventario adecuado de todos los materiales en un almacén central cerca de la frontera.
- ✓ Desarrollar e implementar un sistema de promoción y comunicación para informar al mercado y compradores potenciales de una amplia variedad de nuevos colores y excelente calidad del material.

### **5.3.1. Producción del Mercado Norteamericano**

La producción de rocas dimensionables en Estados Unidos en 1998 se situó en 1.08 millones de toneladas con un valor de U.S. \$205 millones. En este periodo la producción de mármol sumó 40,500 toneladas, valuadas en U.S. \$10.4 millones. Los principales estados productores fueron Vermont, Tennessee, Georgia, Colorado y Arkansas; la producción se llevó a cabo por 7 empresas operando 9 canteras. Las principales empresas marmoleras son: Tennessee Marble Co., Georgia Marble Co. y Vermont Quarries Co.

Los principales usos del mármol fueron bloques de mármol en bruto para construcción (28%), roca tallada para monumentos (12%) y losas y bloques de mármol tallado para construcción (11%) estimado en toneladas.

El valor promedio de las rocas dimensionables en 1998 fue de U.S. \$198 por tonelada, registrando un incremento de 4% respecto a 1997; el precio promedio del mármol se ubicó en U.S. \$247 por tonelada. Los precios varían ampliamente no sólo por el tipo de roca sino también por la presentación; en el precio se toman en cuenta cualidades como: color, estructura granular, perfección en el acabado, etc.

El mercado al cual esta contemplada la producción de travertino amarillo es el nacional principalmente y en segundo término el norteamericano, por lo expuesto líneas arriba. La calidad del material y la tecnología con la cual se procesara, hacen que el producto sea altamente competitivo para poderse exportar, siendo EE. UU., el principal prospecto, una vez que se cumplan los requisitos establecidos para comercializar las losetas producidas.

## 5.4. INVERSIÓN.

En los capítulos anteriores se mencionó la maquinaria y equipo que se utilizará en el proceso de explotación y beneficio del travertino, así como todas las obras necesarias para la instalación de dichos equipos tanto en la cantera como en la planta, a continuación se presenta la cotización en Euros de cada concepto.

### 5.4.1. Maquinaria y equipo de la unidad.-

Equipo	Unidades	Costo por unidad	Costo total. €
Perforadora neumática vertical	4	€ 10,939.73	€ 43,758.92
Perforadora neumática horizontal	2	\$ 5,469.86	€ 10,939.72
Maquina Multihilo Falcon 103	2	€ 86,780.00	€ 173,560.00
Rieles para carro porta bloques	120 m	€ 137.50	€ 16,500.00
Hilo diamantado sinterizado	800	€ 520.00	€ 416,000.00
Trascabo	1	€ 240,000.00	€ 240,000.00
Camión tórton	1	€ 17,000.00	€ 17,000.00
Camioneta pick up	2	€ 14,000.00	€ 28,000.00
Camioneta de 3 ½ ton.	1	21,000.00	€ 21,000.00
Compresor	2	€ 12,000.00	€ 24,000.00
Gatos ferrocarrileros	3	€ 2,154.79	€ 6,464.37
Gatos hidráulicos	3	€ 720.00	€ 2,160.00
Cortadora de parquet	1	€ 66,243.80	€ 66,243.80
Calibradora biseladota	1	€ 97,417.35	€ 97,417.35
Grúa	2	€ 120,000.00	€ 240,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>€ 1,403,044.16</b>

\* (€) Euros. Las cotizaciones están tomadas a octubre del 2003.

### 5.4.2. Obras preliminares y de preparación de la cantera.-

La construcción de las edificaciones, (oficinas y nave industrial) donde se ubicará la maquinaria, serán realizadas por un contratista, en donde se considera la mano de obra y materiales (cementos), cableados para instalaciones eléctricas, ladrillos, varillas, etc. La preparación del camino para comunicar a la planta con el camino rural, que llega a San

Martín Esperilla, con Cuacnopalan, es de 1,800 metros, el precio incluye una cama de gravilla, las edificaciones y el camino dan un presupuesto total de **€ 1'449,152.54 Euros**.

La limpieza del terreno horizontal en donde se pretende instalar tanto la planta como las oficinas tendrán un costo de **€ 12,527.12** por concepto de renta de maquinaria y pago al personal necesario para esta obra.

La construcción de la rampa de acceso a la cantera tendrá un costo de **€ 12,711.86 Euros** el trazo de esta obra será la vereda existente, que es utilizada por el ganado para escalar el cerro en busca de pastizales; por lo que se requiere ampliarla hasta 5 metros de ancho y recubrirla con gravilla, para que sea el principal acceso a los bancos de explotación y a la máquina Monohilo.

El cableado para llevar energía eléctrica a la unidad, tendrá una longitud de 2,500 metros por las desviaciones que tendrá para evitar pasar por terrenos privados, este cable partirá de la comunidad de San Martín, hasta un transformador colocado dentro del predio, todas estas obras tendrán un costo de **€ 18,945.76 Euros**

Cisternas de agua, con una capacidad mínima de **10 m<sup>3</sup>**, para el consumo de la Monohilo; y estaciones de bombeo, hasta el área de trabajo en la cantera, y cisterna con una capacidad de **8 m<sup>3</sup>**, para el consumo del personal y de la planta y oficinas; estas obras en conjunto tienen un costo de **€ 21,186.44 Euros**.

Compra e instalación de tubería para aire comprimido para el uso de las perforadoras y máquina Monohilo, así como herramientas para su instalación y mantenimiento, con un costo de **€ 15,677.97 Euros**

#### **- Equipo de seguridad y cursos de prevención de accidentes.**

La seguridad del personal y la protección de la maquinaria y equipo de la unidad son los dos aspectos técnicos más importantes, por lo que se proveerá a los obreros y personal de confianza que ingresen a las instalaciones, de cascos protectores, botas con casquillo; a los obreros de cantera, se les dotará con tapones para los oídos, así como dependiendo de las actividades a realizar guantes de carnaza. El costo aproximado del equipo es de **€ 3,389.83 Euros**.

En el caso de accidentes se contará con un Botiquín de Primeros auxilios con medicamentos y artículos necesarios, (vendas, algodón, alcohol, etc.) para 50 personas con un costo de **€ 120.51 Euros**.

Otra de las medidas a tomar son cursos de prevención de accidentes, que estarán encausados a dos aspectos principales, los obreros de la zona que no han tenido contacto con este tipo de trabajo y a los posibles accidentes causados por la maquinaria nueva y, el uso del hilo diamantado, además de las enfermedades, causadas por el clima, la flora y fauna propias de la zona.

### 5.4.3. Equipo de mantenimiento.-

En el equipo de mantenimiento estarán considerados los principales equipos que son necesarios para el óptimo funcionamiento de la maquinaria principal; con el inicio de los trabajos de producción, se podrán considerar algunos equipos complementarios necesarios para la maquinaria nueva.

#### ➤ Cantera.

Unidad	Concepto	Precio Euros
1	Soldadora de 250 amperes	€ 726.60
1	Juego de herramientas, (250 pzs.)	€ 608.35
1	Equipo de oxiacetileno	€ 545.98
1	Taladro de banco Vimalert de ½ hp	€ 812.73
1	Esmeril de banco de Paramount de ½ hp	€ 113.79
1	Esmeril manual Black & Decker 600 rpm	€ 374.15
1	Taladro manual Back & Decker	€ 109.33
1	Voltamperímetro de gancho	€ 177.86
1	Aspiradora industrial	€ 411.76
	<b>Total</b>	<b>€ 3,880.55</b>

#### ➤ Planta procesadora.

Unidad	Concepto	Precio Euros.
1	Soldadora de 250 amperes	€ 726.60
1	Equipo de oxiacetileno	€ 545.98
1	Taladro de banco Vimalert de ½ hp	€ 812.73
1	Esmeril de banco de Paramount de ½ hp	€ 113.79
1	Esmeril manual Black & Decker 600 rpm	€ 374.15
1	Taladro manual Back & Decker	€ 109.33
1	Voltamperímetro de gancho	€ 177.86
1	Juego de herramientas, (250 pzs.)	€ 608.35
	<b>Total</b>	<b>€ 3,468.79</b>

El total de los gastos de mantenimiento es de: **€ 7,349.34 Euros.**

#### 5.4.4. Equipo de oficina.-

La necesidad de una pronta comunicación con el exterior, vía telefónica, Fax, y de carreteras de rápido acceso, hace necesaria la instalación de una oficina en la población de Cuacnopalan, en donde se rentará un local o casa habitación para tal efecto, aquí se instalará el equipo de oficina, como escritorios libreros, mesas, equipo de cómputo, sillas, etc. Todo el material necesario como papelería, facturaciones, departamento de contabilidad, el equipo necesario para los trabajos de Ingeniería, como la planeación y diseño de la cantera, y seguimiento de la producción estimada y real. También se consideran las oficinas de la unidad, en donde se ejecutarán las actividades de control de personal, trabajos de Ingeniería, Contabilidad, etc., por lo que será necesario la adquisición de escritorios archiveros máquina de escribir, equipo de cómputo, etc., en estas oficinas se instalarán los equipos principales de radio con una banda más ancha, para abarcar un radio de 40 kilómetros a la redonda. Las especificaciones de los principales artículos que se necesitan en las dos oficinas son los siguientes:

Unidad	Concepto	Precio Euros.
2	Escritorios con sillón	€ 415.20
2	Archiveros	€ 102.70
2	Máquinas de escribir	€ 496.37
2	Mobiliario y equipo de oficina	€ 10,606.79
1	Mobiliario y equipo de comedor	€ 1,949.49
3	Equipos de computo	€ 3,771.19
	<b>Total</b>	<b>€ 17,341.74</b>

Considerando además € 2,118.64 por concepto de papelería.

#### 5.4.5. Capital de Trabajo.-

Para realizar los primeros trabajos, obras de preparación, pruebas de arranque; hasta lograr un óptimo desempeño de los diversos departamentos del proceso, se necesitará un capital que respalde todas estas operaciones, durante el tiempo que duren esta obras, así como el soporte económico para solventar los Gastos que se generarán desde sueldos de empleados, gastos de energía, teléfono, agua, gasolina; para lo cual se requiere dicho capital en este tiempo y no se producirán ni comercializarán losetas, por lo que no se obtendrá recursos, hasta que estas operaciones hayan sido terminadas.

En la sección de costos de operación se exponen de manera detallada los salarios del personal que conformará la unidad, cuatro meses de salario del personal representa la cantidad de € 167,253.47, cantidad que se gastará hasta que se comiencen a generar recursos por la venta de producto, por lo que esta cantidad será considerada en el Capital de Trabajo.

La compra de insumos y pago de servicios es otro uso para el Capital de trabajo, por lo que enseguida se mencionan los aspectos a los cuales se destinarán estos recursos,

utilizando el método de recuperación del Capital de Trabajo, que consiste en determinar las cantidades a partir de los costos de operación.

➤ Materia Prima.

El pago de regalías al dueño del terreno en primera instancia se considera por un año con un valor de **€ 38,250.00**

Un factor calculado para los primeros 4 meses, es la producción de metros cuadrados, que será de **166,500 m<sup>2</sup>** de tablas al año de Travertino amarillo.

➤ Consumo de Energía Eléctrica.

El pago de la energía eléctrica necesaria para el trabajo de la maquinaria y equipos de la planta de corte y pulido, para los primeros 4 meses es =  $(1.8 \text{ Euros/m}^3) * (4,500 \text{ m}^3/\text{año}) * (1/3) = \text{€ } 2,700.00$

Considerando oficinas, almacén, alumbrado general, maquinaria, equipo e instalaciones de la cantera; por 4 meses = **€ 31,905.00**

Por lo tanto;  $31,905.00 (+) 2,700.00 = \text{€ } 34,605.00$

➤ Consumo de Agua potable

Partiendo de que se tendrá una producción anual de 166,500 m<sup>2</sup>; y un costo de 0.2335 Euros/ m<sup>2</sup>; se tiene lo siguiente:

El consumo de agua potable para los primeros 4 meses de trabajo es de:

$$166,500 \text{ m}^2 \times \frac{1}{3} \text{ meses} \times 0.2335 \text{ Euros/ m}^2 = \text{12,959.25 Euros}$$

➤ Consumo de Diesel, Gasolina y Lubricantes.

Del análisis de insumos del capítulo anterior, se obtuvieron los siguientes datos:

Consumo mensual de combustible	2,607.25 Euros
Consumo mensual de lubricantes	782.18 Euros.
<b>Total</b>	<b>3,389.43 Euros</b>

Considerando los 4 meses de trabajos iniciales =  $3,389.43 \text{ Euros} \times 4 = \text{13,557.72 Euros}$ .

➤ Hilo Diamantado.

En las especificaciones del fabricante, se establece un periodo de 6 meses de duración para el hilo diamantado, por lo que con el juego que de fabrica traen las maquinas será suficiente para solventar los primeros 4 meses.

➤ Discos diamantados.

De la misma manera que el hilo diamantado, los discos diamantados para el corte de las tablas durarán los primeros 4 meses del proyecto.

#### 5.4.6. Gastos preoperativos.

En este rubro, se incluye la asistencia técnica y puesta en marcha, asistencia técnica en operación por 4 meses, Ingeniería de detalle, impuestos de importación de los equipos del proceso, gastos notariales y acondicionamiento del terreno, con una cotización por estos conceptos de € 1'255,185.89.

CONCEPTO	COTIZACIÓN Euros
Asistencia técnica y puesta en marcha	120,098.27
Asistencia técnica en operación 4 meses	51,836.65
Ingeniería de detalle	34,129.25
Impuestos de importación de los equipos del proceso.	1,042,819.38
Gastos notariales	4,437.93
Acondicionamiento del terreno	1,864.41
total	1,255,185.89

#### 5.4.7. Gastos de instalación.

La instalación de las oficinas en el poblado de Cuacnopalan, en donde se tendrá línea telefónica, equipos de radio banda para vehículos y oficinas, escritorios, fax y fotocopiadora. En la unidad se consideran los gastos por concepto de alumbrado fosa séptica, botiquín para 50 personas, montaje mecánico, tuberías de agua de proceso, potable y gas; y por último las conexiones de los equipos, todo esto con un valor de € 150,419.97

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CONCEPTO	COTIZACIÓN	Euros
Líneas telefónicas		830.51
Equipo de comunicación radio banda		3,120.00
Fax y fotocopiadora		1,024.32
Tuberías de agua de proceso, potable, gas		32,949.15
Alumbrado		11,473.04
Fosa séptica		489.90
Conexiones de equipo		5,683.73
Montaje mecánico		94,728.81
Botiquí para 50 personas		120.51
<b>total</b>		<b>150,419.97</b>

Las cotizaciones en pesos se convertirán a Euros a un tipo de cambio de € 11.80, cotización a Octubre del 2003.

La inversión total esta conformada por la suma de la adquisición de la maquinaria y equipo, el costo de las obras preliminares, gastos operativos, preoperativos, de mantenimiento y el Capital de Trabajo, dando un total de 4'551,549.24 Euros.

INVERSIÓN	EUROS
Maquinaria y Equipo	1,426,014.89
Costo de obras preliminares	1,530,201.69
Gastos de instalación	150,419.97
Gastos preoperativos	1,255,185.89
Gastos de mantenimiento.	7,349.34
Capital de Trabajo.	266,625.44
<b>TOTAL</b>	<b>4,635,797.22</b>

Considerando las condiciones de inestabilidad monetaria que existe en México, se considera un incremento del 10% por cambios inesperados en el tiempo en se apruebe el proyecto, así como el impuesto al valor agregado IVA del 15 %, por lo que total de la **INVERSIÓN** es de € 5'864,283.48.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**5.4.8. Análisis de Crédito.-**

Para poder llevar a cabo la inversión, se pedirá un préstamo a un banco, el préstamo representa el 100% de la inversión. La tasa de interés para inversiones de este tipo es del 12%, teniendo un plazo de 7 años contando con 2 años de gracia. (LIBOR + 5 puntos + 2 puntos) aplicada cada año y los pagos a efectuarse serán anuales y durante 7 años.

$$R = \frac{P(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1}$$

P = Total de inversión.  
 i = tasa de interés.  
 n = años a pagar.

P = 5'864,283.48 €uros.  
 i = 5 años.  
 n = 12 %

$$R = \frac{(5'864,283.48) * (1 + 0.12)^5 * (0.12)}{(1 + 0.12)^5 - 1}$$

R = 1'626,809.31 €uros.

	CAPITAL INSOLUTO	INTERÉS CONTENIDO EN EL PAGO	CAPITAL CONTENIDO EN EL PAGO
1	5'864,283.48	703,714.02	---
2	6'567,997.50	788,159.70	---
3	7'356,157.20	882,738.86	744,070.45
4	5'729,847.89	687,521.75	939,287.56
5	4'102,538.58	492,304.54	1'134,504.68
6	2'475,729.27	297,087.51	1'329,721.80
7	848,919.96	101,870.40	1'524,938.91

*Observaciones: En proyectos donde se cuenta con recursos propios y que pudiesen representar un porcentaje mayor al 35 %, se podría pensar en pagos anuales de hasta 10 años que sería el tiempo de vida del proyecto; pero en el caso de un proyecto de alto riesgo y sin recursos, la factibilidad de encontrar un crédito bancario a menor plazo es una garantía para el banco ó posibles accionistas que faciliten el capital.*

**Tasa Libor.-** Es la tasa de referencia internacional para los intereses variables. Está constituida por un promedio de tasas de interés del mercado interbancario de Londres, aplicado a los préstamos de plazo determinados en el mercado internacional del dinero, y fijado con carácter vinculante para todos los bancos participantes. Este tipo de interés sirve como base para muchas operaciones del financiamiento en el Euromercado.

Los periodos de gracia, facilitan al proyecto un arranque sin deuda y a largo plazo, lo que permite capitalizar para soportar los primeros años de pagos de interés y capital de proyecto.

**5.5. COSTOS DE OPERACIÓN.**

Los costos de operación, representan el importe que se tiene que pagar para extraer y beneficiar el mármol, estos costos son divididos en Costos Directos e Indirectos, a su vez los costos directos en; costos de cantera, planta procesadora y gastos de administración; los costos indirectos son generales tanto para la mina como la planta. Se considera todo lo relacionado con la operación; consumo de gasolina, piezas mecánicas de desgaste, diesel, energía eléctrica, agua potable, llantas, gastos misceláneos; todo lo relacionado con la operación de la maquinaria, consumo de energía eléctrica, diesel, pago de nóminas; dispuestas de la siguiente manera:

Los costos directos e indirectos de la unidad incluyen:

AÑOS	0	1	2	3	4
PRODUCCIÓN EN m <sup>2</sup>	Preoperativo	142,105.32 m <sup>2</sup>	142,105.32 m <sup>2</sup>	170,526.38 m <sup>2</sup>	204,631.66 m <sup>2</sup>
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
Regalías		45900.00	45900.00	55080.00	66096.00
Combustible y lubricantes		40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16
Llantas		22248.00	22248.00	26697.60	32037.12
Agua		32684.22	32684.22	39221.07	47065.28
Energía eléctrica		9720.00	9720.00	11664.00	13996.80
Hilo Diamantado		1800000.00	1800000.00	1800000.00	1800000.00
Costo variable por m <sup>2</sup> .		13.73	13.73	11.57	9.77
<b>COSTOS FIJOS.</b>					
Mano de obra.		501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40
Mantenimiento.		184736.92	184736.92	221684.29	266021.16
Depreciación y Amortización.		405,371.92	405,371.92	405,371.92	154,111.63
Misceláneos (imprevistos).		456464.19	456464.19	465322.87	438,264.23
Costo fijo por m <sup>2</sup> .		10.90	10.90	9.35	6.65
<b>Costo total anual</b>		<b>3,499,558.81</b>	<b>3,499,558.81</b>	<b>3,567,475.31</b>	<b>3,360,025.78</b>
<b>Costo por m<sup>2</sup>.</b>		<b>24.63</b>	<b>24.63</b>	<b>20.92</b>	<b>16.42</b>
<b>Costo por m<sup>2</sup> sin depreciación.</b>		<b>21.77</b>	<b>21.77</b>	<b>18.54</b>	<b>15.66</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5	6	7	8	9	10
210,526.40 m <sup>2</sup>					
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
68000.00	68000.00	68000.00	68000.00	68000.00	68000.00
40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16
32960.00	32960.00	32960.00	32960.00	32960.00	32960.00
48421.07	48421.07	48421.07	48421.07	48421.07	48421.07
14400.00	14400.00	14400.00	14400.00	14400.00	14400.00
1800000.00	1800000.00	1800000.00	1800000.00	1800000.00	1800000.00
9.52	9.52	9.52	9.52	9.52	9.52
<b>COSTOS FIJOS.</b>					
501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40
266021.16	266021.16	266021.16	266021.16	266021.16	266021.16
140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	44,764.61
436,972.11	436,972.11	436,972.11	436,972.11	436,972.11	422,550.06
6.39	6.39	6.39	6.39	6.39	5.87
3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,239,550.46
15.91	15.91	15.91	15.91	15.91	15.39
15.24	15.24	15.24	15.24	15.24	15.17

Se tomó un factor del 15% del total de los costos para determinar los misceláneos

En el costo de mano de obra, se incluye todo lo relacionado con los sueldos y salarios del personal necesario para el funcionamiento y supervisión de la unidad.

En la tabla se pueden observar tanto los costos variables como los costos fijos. En los primeros años se tendrá un costo anual por metro cuadrado mayor, desde fenómeno se debe a el aumento que anualmente se reflejará en de la producción, otro factor es el inicio de la unidad, es decir, la instalación de maquinaria, la realización de las obras, etc., en todos estos trabajos no se producirá material, y en cambio si se consumirán insumos y se utilizarán los equipos.

Tomando en cuenta los conceptos antes mencionados, el costo directo por m<sup>2</sup> promedio en la cantera y la planta procesadora es de € 18.60.

Los Costos Variables de la unidad incluyen:

- Material prima, (regalías)
- Combustible y lubricante.
- Liantas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Agua.  
Energía eléctrica.  
Hilo Diamantado.

Los costos fijos de la unidad incluyen:

Mano de obra.  
Mantenimiento.  
Depreciación y primas de seguros.  
Imprevistos generales, (misceláneos).

Dividiendo el total anual, entre 12 meses se obtiene el costo mensual de la unidad,; este costo variara dependiendo la producción de m<sup>2</sup>, que se tenga estimado para el año que se este analizando, como se puede observar en la tabla en cuestión.

### 5.5.1. Salarios del personal (Cantera).-

La tabla siguiente muestra los salarios del personal que se utilizará en la cantera,

Personal de la Cantera	No.	Salario por día	Salario Anual	Prestación Social	Total Anual
Perforistas	4	\$ 250.00	\$365,000.00	\$127,750.00	\$492,750.00
Cortadores	2	\$ 250.00	\$182,500.00	\$63,875.00	\$246,375.00
Motorista	3	\$ 185.00	\$202,575.00	\$70,901.25	\$273,476.25
Tuberos	4	\$ 115.00	\$167,900.00	\$58,765.00	\$226,665.00
Ayudantes	12	\$ 92.00	\$402,960.00	\$141,036.00	\$543,996.00
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>\$ 178.40</b>	<b>\$1,320,935.00</b>	<b>\$462,327.25</b>	<b>\$1,783,262.25</b>

La moneda utilizada en esta tabla son pesos mexicanos.

(1, 783,262.25 pesos)/ (11.8 pesos por Euro) = € 151,123.92 Euros

El costo anual por concepto de salarios del personal de la cantera es de € 151,123.92 Euros

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**5.5.2. Planta de Corte y Pulido.****- Mano de Obra.**

<b>Personal de la Planta</b>	<b>No.</b>	<b>Salario por día</b>	<b>Salario Anual</b>	<b>Prestación social</b>	<b>Total Anual.</b>
Cortadores	4	\$115.00	\$167,900.00	\$58,765.00	\$226,665.00
Operadores de Falcon 103	4	\$172.50	\$251,850.00	\$88,147.50	\$339,997.50
Biselador	4	\$115.00	\$167,900.00	\$58,765.00	\$226,665.00
Pulidor	4	\$115.00	\$167,900.00	\$58,765.00	\$226,665.00
Soldador	1	\$172.50	\$62,962.50	\$22,036.88	\$84,999.38
Mecánico	1	\$172.50	\$62,962.50	\$22,036.88	\$84,999.38
Electricista	1	\$172.50	\$62,962.50	\$22,036.88	\$84,999.38
Obreros	10	\$92.00	\$335,800.00	\$117,530.00	\$453,330.00
Almacenista	1	\$172.50	\$62,962.50	\$22,036.88	\$84,999.38
Dpto. de Seguridad	1	\$172.50	\$62,962.50	\$22,036.88	\$84,999.38
Secretaria	1	\$115.00	\$41,975.00	\$14,691.25	\$56,666.25
Chofer.	5	\$172.50	\$314,812.50	\$110,184.38	\$424,996.88
Encargado de Ventas	1	\$172.50	\$62,962.50	\$22,036.88	\$84,999.38
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>\$ 148.62</b>	<b>\$1,825,912.50</b>	<b>\$639,069.41</b>	<b>\$2,464,981.91</b>

Las cantidades están expresadas en pesos mexicanos, por lo tanto su conversión a Euros es la siguiente:

**(\$ 2'464,981.91 pesos) / (11,8 Euros/pesos) = € 208,896.77 Euros al año.**

El costo anual por concepto del salario del personal de la planta y departamentos adjuntos de la unidad es de **€ 208,896.77 Euros.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.5.3. Personal de Confianza y administrativo.

Partiendo del Organigrama de la empresa, se distribuyeron los puestos y atribuciones de los empleados de confianza, así como sus ingresos y prestaciones según la ley federal del trabajo.

Categoría	Empleados Administrativos	Sueldo Unitario Mensual (\$)	Sueldo Mensual (\$)	Sueldo Anual (\$)
Gerente General	1	18,300.00	\$18,300.00	\$219,600.00
Secretaria ejecutiva bilingüe	1	4,575.00	\$4,575.00	\$54,900.00
Gerente administrativo	1	10,675.00	\$10,675.00	\$128,100.00
Contador	1	7,625.00	\$7,625.00	\$91,500.00
Auxiliares de contabilidad	2	3,050.00	\$6,100.00	\$73,200.00
Jefe de Compras	1	6,710.00	\$6,710.00	\$80,520.00
Almacenistas	2	3,050.00	\$6,100.00	\$73,200.00
Chofer mensajero	1	1,830.00	\$1,830.00	\$21,960.00
Empleado de Limpieza	1	1,372.50	\$1,372.50	\$16,470.00
Secretaria	1	2,745.00	\$2,745.00	\$32,940.00
Gerente de Ventas	1	10,675.00	\$10,675.00	\$128,100.00
Vendedores	4	4,575.00	\$18,300.00	\$219,600.00
Secretaria	1	2,745.00	\$2,745.00	\$32,940.00
Vigilantes	3	1,830.00	\$5,490.00	\$65,880.00
			Subtotal	\$1,238,910.00
			35% de prestaciones	\$433,618.56
			<b>Total</b>	<b>\$1,672,528.56</b>

Las cantidades están expresadas en pesos mexicanos, por lo tanto su conversión a Euros es la siguiente:

$$(1'672,528.56 \text{ pesos}) / (11.80 \text{ Euros/pesos}) = \text{€ } 141,739.71 \text{ Euros al año.}$$

El costo anual del personal administrativo y contable es de **€ 141,739.71 Euros**.

**- Resumen de Salarios de Personal.**

Salarios anuales de personal	Cantidad en €uros
Cantera	151,123.92
Planta	208,896.77
De confianza	141,739.71
Total	€ 501,760.40

Para cubrir las necesidades del capital de Trabajo, se calculan 4 meses de salarios, quedando de la siguiente manera:

$$(501,760.40 \text{ €uros/año}) * (1/3) = 167,253.47 \text{ €uros/4 meses.}$$

**5.5.5. Depreciación y Amortización.**

La maquinaria y equipo de trabajo, se deprecia para fines contables, en los 10 años que durarán las operaciones, así mismo el mobiliario y equipo restante, utilizando el método de la línea recta y los porcentajes emitidos por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público para depreciar los equipos considerando un valor de rescate igual a cero.

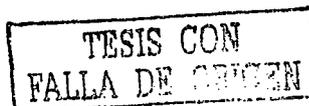
CONCEPTO	INVERSIÓN €uros	FACTOR HACIENDA	0 €uros	1 €uros	2 €uros	3 €uros
Maquinaria y equipo de la cantera	759,823.02	0.05	37,991.15	37,991.15	37,991.15	37,991.15
Obras de preparación	1'530,201.69	0.10	153,002.07	153,002.07	153,002.07	153,002.07
Maquina Monohilo Falcon 103	173,560.00	0.10	17,356.00	17,356.00	17,356.00	17,356.00
Planta de Corte y pulido	403,661.15	0.10	40,366.12	40,366.12	40,366.12	40,366.12
Equipo de mantenimiento	7,349.34	0.10	734.93	734.93	734.93	734.93
Maquinaria y equipo de oficina.	15,689.19	0.05	784.46	784.46	784.46	784.46
Equipo de computo	3,771.19	0.25	1,025.56	1,025.56	1,025.56	1,025.56
Equipo de Transporte	66,000.00	0.20	13,200.00	13,200.00	13,200.00	13,200.00
Equipo de Seguridad	3,510.44	0.10	351.04	351.04	351.04	351.04
Gastos de instalación	150,419.97	0.10	15,042.00	15,042.00	15,042.00	15,042.00
Gastos preoperativos	1'255,185.89	0.10	125,518.59	125,518.59	125,518.59	125,518.59
<b>TOTAL</b>	<b>4,369,171.88</b>		<b>405,371.92</b>	<b>405,371.92</b>	<b>405,371.92</b>	<b>405,371.92</b>

4	5	6	7	8	9	10
Euros	Euros	Euros	Euros	Euros	Euros	Euros
37,991.15	37,991.15	37,991.15	37,991.15	37,991.15	37,991.15	37,991.15
153,002.07	153,002.07	153,002.07	153,002.07	153,002.07	153,002.07	
17,356.00	17,356.00	17,356.00	17,356.00	17,356.00	17,356.00	
40,366.12	40,366.12	40,366.12	40,366.12	40,366.12	40,366.12	
734.93	734.93	734.93	734.93	734.93	734.93	
784.46	784.46	784.46	784.46	784.46	784.46	784.46
13,200.00						
351.04	351.04	351.04	351.04	351.04	351.04	
15,042.00	15,042.00	15,042.00	15,042.00	15,042.00	15,042.00	
125,518.59	125,518.59	125,518.59	125,518.59	125,518.59	125,518.59	
154,111.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	44,764.61

**5.6. VENTAS.**

En este departamento se contemplarán dos aspectos, las ventas y los gastos por concepto de la comercialización, es decir, cuanto se gastará para poder vender los productos, y el importe de la venta, para lo cual se contará con una comercialización por Internet, en una pagina Web, que contenga la información de la empresa y los productos que se ofrecen, así como la versatilidad, para producir material con medidas especiales sobre pedido. Los gastos de personal dedicado a ofrecer los productos en los centros de consumo, (Compañías y Tiendas especializadas en materiales para la construcción); gasolinas, insumos y misceláneos necesarios para una comercialización adecuada de los productos.

Al contar con 2 máquinas Monohilo Falcon 103, la capacidad instalada para aserrar el travertino es de 12,000 m<sup>3</sup> al año, (6,000 m<sup>3</sup> por máquina); pero debido a que en el mercado nacional el travertino amarillo no se comercializa (Anuario del Consejo de Recursos Naturales 2001), no es prudente pronosticar la venta del total de la producción, que se puede obtener de estas máquinas, ya que será necesario primero la introducción del material en el mercado, así como una planeación para su comercialización, y esto lleva tiempo, por lo que se estimó una producción menor a la que realmente se puede obtener con las 2 máquinas Monohilo Falcon 103. Estos argumentos se ven reflejados en el ingreso por ventas de los primeros 4 años, y repercuten negativamente en la TIR, principalmente cuando es afectada por la carga financiera.



### 5.6.1. Ingresos por Ventas de Producto.-

Con la versatilidad de la máquina Monohilo Falcon 103, se puede tener un catálogo de ventas muy amplio desde losetas de 1 cm hasta 5 cm; o piezas únicas como se mencionó con anterioridad, por lo que sería muy complejo, determinar cuanto se pretende vender y de que tipo de losetas. En el mercado europeo, los espesores más cotizados entre las empresas comercializadoras de este producto, son los de 2 y 3 cm, de aquí las dimensiones de las losetas de mayor demanda son las de 30\*30 y 40\*40; independientemente del tipo de acabado que lleve el material. Por lo que para fines de cálculo se tomará la loseta de 30\*30\*2 cm, con un acabado *de corte* que es el más simple y por consiguiente el más económico en el mercado para poder estimar cuanto se espera recibir por la venta de este producto en específico.

Con los datos obtenidos en las tablas de producción, que se expresan en el inciso posterior, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los precios por metro cuadrado de un espesor de 2 cm es igual a **34.85 Euros**, y para un espesor de 3 cm de **34.49 Euros**.
- Si se considera un corte de tablas de 2 y 3 cm en 50% para cada espesor la producción anual reflejada en Euros es la siguiente en los 10 años del proyecto.

Año	Producción anual (m <sup>3</sup> )	Producción anual en Euros
0	0.00	0.00
1	5,400.00	5,244,394.11
2	5,400.00	5,244,394.11
3	6,480.00	6,293,272.92
4	7,776.00	7,551,927.51
5	8,000.00	7,769,472.74
6	8,000.00	7,769,472.74
7	8,000.00	7,769,472.74
8	8,000.00	7,769,472.74
9	8,000.00	7,769,472.74
10	8,000.00	7,769,472.74
<b>Total</b>	<b>73056.00</b>	<b>€ 70,950,825.09</b>

La producción total de los **10 años** es de **€ 70'950,582.09**; repartidos como se expresan en la tabla anterior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se mencionan los diversos tipos de acabados que existen en el mercado así como los principales tamaños de losetas más comercializadas en España.

**5.6.2. Tablas de producción.-**

**Travertino Amarillo 2 cm.**

Acabado	Pesetas. /m <sup>2</sup> .	€uros/m <sup>2</sup>
Al corte	3500	21.03
Pulido	4500	27.04
Pulido con masilla	4900	29.44
Pulido con resina	5800	34.85
Envejecido	5500	33.05
Reforzado	730	4.38

Dimensiones (cm <sup>2</sup> )	Pesetas. /m <sup>2</sup>	€uros/m <sup>2</sup>
60*40*2	4200	25.24
40*40*2	4100	24.64
60*30*2	4000	24.04
40*30*2	3900	23.43
30*30*2	3900	23.43

**Travertino Amarillo 3 cm.**

Acabado	Pesetas. /m <sup>2</sup> .	€uros/m <sup>2</sup>
Al corte	4900	29.44
Pulido	4900	35.45
Pulido con masilla	6300	37.86
Pulido con resina	7900	47.47
Envejecido	6900	41.46
Reforzado	730	4.38

Dimensiones (cm <sup>2</sup> )	Pesetas. /m <sup>2</sup>	€uros/m <sup>2</sup>
60*40*3	5880	35.33
40*40*3	5740	34.49
60*30*3	5600	33.65
40*30*3	5460	32.81
30*30*3	5460	32.81

**Productos con características especiales.**

En el mercado europeo se cuenta con una amplia gama de productos desde el pulido a espejo normal, hasta tratar al mármol con reactivos químicos y darle un aspecto de envejecido, por lo que se mencionan a continuación, para que en un proyecto a corto plazo se pueda incluir en el catálogo de la empresa una vez realizadas las pruebas necesarias para determinar la maquinaria necesaria para el proceso y los costos de operación.

**Escafilado**

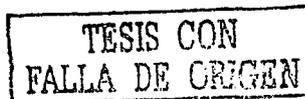
Dimensiones (cm.) 30 x10 // 30 x 14  
 Alero Travertino Rústico  
 Acabado de la Baldosa pulido con masilla a su color 10,82 €/m<sup>2</sup>.  
 Acabado pulido 6,01€/m<sup>2</sup>.  
 Acabado de la baldosa envejecida con masilla 15,03 €/m<sup>2</sup>.  
 Acabado de la Baldosa envejecido 12€/m<sup>2</sup>. Taco envejecido 39,07 €/ m<sup>2</sup>.  
**Precios de material puesto en Cuacnopalan, Puebla.**  
**Al precio de la tabla se le incrementará el reforzado.**

**5.7. PUNTO DE EQUILIBRIO.**

El punto de equilibrio lo determinan los costos de producción contra las ventas. Las ventas ó ingresos deberán ser mayores o iguales al costo de producción, si no el punto de equilibrio estará por debajo del costo de venta. El punto de equilibrio indica el momento o instante en la cual la producción está siendo pagada por el consumo del producto. Esto permite observar si los costos no se encuentran por encima del precio de venta y hasta dónde se pueden reducir las ventas sin afectar a la producción.

De la misma manera para el volumen de producción mínimo, como se describe en la tabla siguiente:

AÑOS	0	1	2	3	4
<b>PRODUCCIÓN EN m<sup>2</sup></b>	<b>Preoperativo</b>	<b>142,105.32 m<sup>2</sup></b>	<b>142,105.32 m<sup>2</sup></b>	<b>170,526.38 m<sup>2</sup></b>	<b>204,631.66 m<sup>2</sup></b>
<b>COSTOS VARIABLES.</b>					
Regalías		45,900.00	45,900.00	55,080.00	66,096.00
Combustible y lubricantes		40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16
Llantas		22,248.00	22,248.00	26,697.60	32,037.12
Agua		32,684.22	32,684.22	39,221.07	47,065.28
Energía eléctrica		9,720.00	9,720.00	11,664.00	13,996.80
Hilo Diamantado		1'800,000.00	1'800,000.00	1'800,000.00	1'800,000.00
Costo variable por m <sup>2</sup> .		13.73	13.73	11.57	9.77
<b>COSTOS FIJOS.</b>					



Mano de obra.	501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40
Mantenimiento.	184,736.92	184,736.92	221,684.29	266,021.16
Depreciación y Amortización.	405,371.92	405,371.92	405,371.92	154,111.63
Misceláneos (imprevistos).	456,464.19	456,464.19	465,322.87	438,264.23
Cargos financieros	788,159.70	788,159.70	1'626,809.31	1'626,809.31
Costo fijo por m <sup>2</sup> .	16.44	16.44	18.89	14.60
<b>Total</b>	<b>3,499,558.81</b>	<b>3,499,558.81</b>	<b>3,567,475.31</b>	<b>3,360,025.78</b>
<b>Punto de equilibrio por m<sup>2</sup>.</b>	<b>24.63</b>	<b>24.63</b>	<b>20.92</b>	<b>16.42</b>
Punto de equilibrio en producción (m <sup>2</sup> ).	94,826.19	94,826.19	96,666.4974	91,045.32
Ventas	5'244,394.11	5'244,394.11	6'293,272.92	7'551,927.51
Utilidad	1'744835.30	1'744835.30	2,725,797.61	4,191,901.73

5	6	7	8	9	10
210,526.40	210,526.40	210,526.40	210,526.40	210,526.40	210,526.40
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
<b>COSTOS VARIABLES.</b>					
68,000.00	68,000.00	68,000.00	68,000.00	68,000.00	68,000.00
40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16	40,673.16
32,960.00	32,960.00	32,960.00	32,960.00	32,960.00	32,960.00
48,421.07	48,421.07	48,421.07	48,421.07	48,421.07	48,421.07
14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00
1'800,000.00	1'800,000.00	1'800,000.00	1'800,000.00	1'800,000.00	1'800,000.00
9.52	9.52	9.52	9.52	9.52	9.52

<b>COSTOS FIJOS.</b>					
501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40	501,760.40
26,6021.16	266,021.16	266,021.16	266,021.16	266,021.16	266,021.16
140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	44,764.61
436,972.11	436,972.11	436,972.11	436,972.11	436,972.11	422,550.06
1'626,809.31	1'626,809.31	1'626,809.31			
14.12	14.12	14.12	6.39	6.39	5.87
4'976,928.84	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,239,550.46
15.91	15.91	15.91	15.91	15.91	15.39
134,857.92	90,776.89	90,776.89	90,776.89	90,776.89	87,780.85
7'769,472.74	7'769,472.74	7'769,472.74	7'769,472.74	7'769,472.74	7'769,472.74
2,792,543.90	4,419,353.21	4,419,353.21	4,419,353.21	4,419,353.21	4,529,922.28

Las ventas superan a los costos reales, dejando una utilidad positiva en cada uno de los años de operación del proyecto, lo que le convierte en un proyecto viable para su inversión, mismo que se determinará en el Flujo de efectivo, dado que al determinar los puntos de equilibrio tanto para precio por m<sup>2</sup>, como para producción m<sup>2</sup> por período por período y resultando todos estos positivos, ya no se calculó el punto de equilibrio para toda la vida del proyecto.

**5.8. FLUJO DE EFECTIVO. (Estado de resultados)**

El comportamiento estimado de las ventas, costos de operación y gastos de venta, darán la pauta para establecer cuanto se espera por concepto de la comercialización de las losetas de travertino, cuanto cuesta producirlas y el costo de los gastos para poder venderlas; de esta manera se proyectarán los 10 años de vida del proyecto, las producciones anuales con sus respectivos aumentos, de ésta manera se obtendrán 2 flujos de efectivo, el primero con carga financiera, que representa la utilidad neta anual menos el pago del préstamo obtenido para llevar a cabo el proyecto; el segundo representa la utilidad neta, sin el pago de la carga financiera que representa el préstamo del capital.

**5.8.1. Flujo de efectivo con carga financiera.-**

El estado de resultados en resumen es la comparación entre los ingresos y egresos del proyecto, con lo cual el flujo de efectivo (la diferencia entre ingresos y egresos) es exactamente la ganancia o pérdida (en Euros) del proyecto al final de cada año y se describe a continuación:

Concepto		1	2	3	4
Inversión	5'864,283.48				
Ingresos	0	5,244,394.11	5,244,394.11	6,293,272.92	7,551,927.51
Costos y gastos de operación		3,443,438.38	3,499,558.81	3,567,475.31	3,360,025.78
Costos financieros		703,714.02	788,159.70	882,738.86	687,521.75
Depreciación	405,371.92	405,371.92	405,371.92	405,371.92	154,111.63
Utilidad bruta		691,869.79	551,303.68	1,437,686.83	3,350,268.35
Impuestos (ISR,PTU)		304422.7076	242573.6192	632582.2052	1474118.074
Utilidad Neta		387,447.08	308,730.06	805,104.62	1,876,150.28
Pago de capital		0	0	744070.45	939287.56
Flujo neto de efectivo		387,447.08	308,730.06	61,034.17	936,862.72

5	6	7	8	9	10
7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74
3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,239,550.48
492,304.54	297,087.51	101,870.40			
140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	44,764.61
3,786,137.04	3,981,354.07	4,176,571.18	4,278,441.58	4,278,441.58	4,485,157.67
1665900.298	1751795.791	1837691.319	1882514.295	1882514.295	1973469.375
2,120,236.74	2,229,558.28	2,338,879.86	2,395,927.28	2,395,927.28	2,511,688.30
1134504.68	1329721.8	1524938.91			
985,732.06	899,836.48	813,940.95	2,395,927.28	2,395,927.28	2,511,688.30

En el flujo de efectivo se puede observar que el tercer año es el más crítico del proyecto, en donde se empiezan a pagar los costos financieros; pero todavía no se alcanza el máximo de producción estimada para los últimos años, en éste análisis

La *tasa interna de retorno*, representa el porcentaje de ganancia sobre la inversión a partir del flujo de efectivo; ya sea positivo o negativo en cada año de operación. Será necesario evaluarla durante los periodos contemplados en el estudio (10 años) para establecer los beneficios con los que retorna a valor presente la inversión. Esta tasa cuando es mayor a cero resulta viable el proyecto a primera vista, sin embargo para ser atractiva deberá ser mayor a la tasa que paga una institución de crédito bancaria por el ahorro de capital a largo plazo.

Utilizando *el método de aproximaciones* para el cálculo del TIR, se tiene la primera aproximación, para lo cual se cálculo con el flujo de efectivo con carga financiera.

**PRIMERA APROXIMACION**

AÑO	FLUJO NETO DE EFECTIVO	FACTOR DE ACTUALIZACION 12%	VALOR ACTUAL
0	-5,864,283.48	1.0000	-5,864,283.48
1	387,447.08	0.8929	345,934.89
2	308,730.06	0.7972	246,117.71
3	61,034.17	0.7118	43,442.92
4	936,862.72	0.6355	595,393.19
5	936,862.72	0.5674	531,601.06
6	985,732.06	0.5066	499,402.54
7	899,836.48	0.4523	407,040.32
8	813,940.95	0.4039	328,737.10
9	2,395,927.28	0.3606	863,995.40
10	2,395,927.28	0.3220	771,424.46
			-1,231,193.87

**SEGUNDA APROXIMACION**

AÑO	FLUJO NETO DE EFECTIVO	FACTOR DE ACTUALIZACION 20%	VALOR ACTUAL
0	-5,864,283.48	1.0000	-5,864,283.48
1	387,447.08	0.8333	322,872.57
2	308,730.06	0.6944	214,395.88
3	61,034.17	0.5787	35,320.70
4	936,862.72	0.4823	451,804.94
5	936,862.72	0.4019	376,504.11
6	985,732.06	0.3349	330,119.67
7	899,836.48	0.2791	251,127.85
8	813,940.95	0.2326	189,296.65
9	2,395,927.28	0.1938	464,346.76
10	2,395,927.28	0.1615	386,955.63
			-2,841,538.72

La formula para calcular la Tasa interna de retorno, una vez realizadas las aproximaciones es la siguiente:

$$TIR = \frac{20\% * (-1'231,193.87) - 12\% * (-2'841,538.72)}{(-1'231,193.87) - (-2'841,538.72)} = 5.88\%$$

**TIRF = 5.88 %**

La TIRF debe ser mayor a cero, para que el proyecto sea rentable.

**5.8.2. Flujo de efectivo sin carga financiera.-**

Concepto		1	2	3	4
Inversión	5'864,283.48				
Ingresos	0	5,244,394.11	5,244,394.11	6,293,272.92	7,551,927.51
Costos y gastos de operación		3,443,438.38	3,499,558.81	3,567,475.31	3,360,025.78
Costos financieros					
Depreciación	405,371.92	405,371.92	405,371.92	405,371.92	154,111.63
Utilidad bruta		1,395,583.81	1,339,463.38	2,320,425.69	4,037,790.10
Impuestos (ISR,PTU)		614,056.8764	589,363.8872	1,020,987.304	1,776,627.644
Utilidad Neta		781,526.93	750,099.49	1,299,438.39	2,261,162.46
Pago de capital		0	0		
Flujo neto de efectivo		781,526.93	750,099.49	1,299,438.39	2,261,162.46

5	6	7	8	9	10
7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74
3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,239,550.46
140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	44,764.61
4,278,441.58	4,278,441.58	4,278,441.58	4,278,441.58	4,278,441.58	4,485,157.67
1882514.295	1882514.295	1882514.295	1882514.295	1882514.295	1973469.375
2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,511,688.30
2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,511,688.30

Utilizando el método de aproximaciones para el cálculo del TIR, se tiene la primera aproximación, para lo cual se cálculo con el flujo de efectivo sin carga financiera.

**PRIMERA APROXIMACION**

AÑO	FLUJO NETO DE EFECTIVO	FACTOR DE ACTUALIZACION 12%	VALOR ACTUAL
0	-5,864,283.48	1.0000	-5,864,283.48
1	781,526.93	0.8929	697,791.90
2	750,099.49	0.7972	597,974.72
3	1,299,438.39	0.7118	924,914.58
4	2,261,162.46	0.6355	1,437,009.62
5	2,395,927.28	0.5674	1,359,513.48
6	2,395,927.28	0.5066	1,213,851.33
7	2,395,927.28	0.4523	1,083,795.83
8	2,395,927.28	0.4039	967,674.85
9	2,395,927.28	0.3606	863,995.40
10	2,395,927.28	0.3220	771,424.46
			<b>4,053,662.68</b>

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**SEGUNDA APROXIMACION**

<b>AÑO</b>	<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>FACTOR DE ACTUALIZACION 20%</b>	<b>VALOR ACTUAL</b>
0	-5,864,283.48	1.0000	-5,864,283.48
1	781,526.93	0.8333	651,272.44
2	750,099.49	0.6944	520,902.43
3	1,299,438.39	0.5787	751,989.81
4	2,261,162.46	0.4823	1,090,452.57
5	2,395,927.28	0.4019	962,869.44
6	2,395,927.28	0.3349	802,391.20
7	2,395,927.28	0.2791	668,659.33
8	2,395,927.28	0.2326	557,216.11
9	2,395,927.28	0.1938	464,346.76
10	2,395,927.28	0.1615	386,955.63
			<b>992,772.23</b>

La formula para calcular la Tasa interna de retorno, una vez realizadas las aproximaciones es la siguiente:

$$TIR = \frac{20\% * 4'053,662.68 - 12\% * 992,772.23}{4'053,662.68 - 992,772.23} = 22.59\%$$

**5.9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.**

Los cambios en los resultados esperados tanto en la comercialización de los productos, como en los costos de producción, influyen directamente en las utilidades estimadas del proyecto por lo que se variarán estos en mayor y menor forma para ver el comportamiento de los flujos de efectivo y determinar el punto de equilibrio del proyecto, en el cual los costos y gastos sean iguales a los ingresos, es decir, se tenga una utilidad cero, ya una vez afectados por todos los conceptos involucrados.

Para realizar este análisis se tomaron dos factores que pueden influir en las ganancias del proyecto, como son:

- La elevación de un 10 % anual en los costos de operación.
- La disminución de las ventas en un 20% anual.

Existen otros factores que no se analizarán en el proyecto pero que se tienen que tomar en cuenta dado lo inestable que es la economía mexicana, como son:

- Inflación anual en México (para el proyecto la moneda preponderante es el Euro).
- Inventarios (sobreproducción o baja en las ventas)
- Caída del precio del producto en el mercado, (afecta de la misma manera que los puntos anteriores).

**TIRF con aumento del 10% anual en los costos de producción.**

<b>INVERSIÓN</b>	<b>EUROS</b>
<b>MINA Y PLANTA</b>	5,557,664.22 €
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	306,619.26 €
<b>TOTAL</b>	5,864,283.48 €
<b>AÑO</b>	
0	5,864,283.48 €
1	194,614.53 €
2	112,754.77 €
3	-138,744.44 €
4	748,701.27 €
5	798,125.37 €
6	712,229.79 €
7	626,334.26 €
8	2,208,320.59 €
9	2,208,320.59 €
10	2,330,273.47 €
<b>TIRF</b>	<b>3.58%</b>

**TIRF con una disminución del 20% en las ventas de producción.**

<b>INVERSIÓN</b>	<b>EUROS</b>
<b>MINA Y PLANTA</b>	5,557,664.22 €
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	306,619.26 €
<b>TOTAL</b>	5,864,283.48 €
<b>AÑO</b>	
1	-5,864,283.48 €
2	4,195,515.29 €
3	4,195,515.29 €
4	5,034,618.34 €
5	6,041,542.01 €
6	6,215,578.19 €
7	6,215,578.19 €
8	6,215,578.19 €
9	6,215,578.19 €
10	6,215,578.19 €
<b>TIRF</b>	<b>35.29%</b>

De las tablas anteriores se desprende que la variación que disminuye el porcentaje de retorno al proyecto es cuando los costos aumentan, esto debido a que las ventas no variarán y también se mantendrá el nivel de producción, ya que material se seguirá vendiendo sin ocasionar una aumento en los inventarios de producción.

## 5.10. GANANCIAS O PÉRDIDAS.

Una vez incorporados todos los factores involucrados en la inversión los costos de operación, gastos de ventas, ingresos por venta, capital de trabajo, intereses del financiamiento, impuestos, etc. Se podrá evaluar las Ganancias o Pérdidas esperadas del proyecto para compararlas con las tasas de interés del mercado vigentes para medir su rentabilidad.

### 5.10.1. Tiempo de recuperación.-

Se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial a través del flujo de efectivo generado por el proyecto. La inversión se recupera en el octavo año con carga financiera, que es cuando el flujo de efectivo acumulado supera a la inversión.

año	Inversión Inicial	Flujos de caja anuales	Flujos de caja acumulados
0	5,864,283.48 €		
1		387,447.08 €	387,447.08 €
2		308,730.06 €	696,177.14 €
3		61,034.17 €	757,211.32 €
4		936,862.72 €	1,694,074.03 €
5		985,732.06 €	2,679,806.10 €
6		899,836.48 €	3,579,642.58 €
7		813,940.95 €	4,393,583.53 €
8		2,395,927.28 €	6,789,510.81 €
9		2,395,927.28 €	
10		2,511,688.30 €	

La inversión se recupera en el quinto año con carga financiera, que es cuando el flujo de efectivo acumulado supera a la inversión.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

año	Inversión Inicial	Flujos de caja anuales	Flujos de caja acumulados
0	5,864,283.48 €		
1		781,526.93 €	781,526.93 €
2		750,099.49 €	1,531,626.43 €
3		1,299,438.39 €	2,831,064.81 €
4		2,261,162.46 €	5,092,227.27 €
5		2,395,927.28 €	7,488,154.55 €
6		2,395,927.28 €	
7		2,395,927.28 €	
8		2,395,927.28 €	
9		2,395,927.28 €	
10		2,511,688.30 €	

### **5.11. POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

La crisis económica por la cual pasa el país en estos tiempos, disminuye las posibilidades para financiar nuevos proyectos, más aún cuando se trata de empresas de alto riesgo como en la minería. En el caso de los minerales no metálicos, su comercialización es más complicada en comparación con los minerales metálicos, ya que la venta de minerales metálicos está en función de su ley (que depende directamente de la calidad de la concentración).

En el caso de los minerales no metálicos, la venta del producto terminado no esta garantizada a corto plazo sino se debe tener un catálogo que sea competitivo en el mercado, y las relaciones públicas necesarias para colocar el producto así como una excelente planeación por parte del departamento de comercialización; para balancear las metas de producción, con su pronta colocación y por consecuencia una recuperación de activos por concepto de la venta del Travertino.

La principal área para comercializar los no metálicos es en la industria de la construcción, en donde además de materiales como el mármol, los granitos y materiales prefabricados son utilizados para el recubrimiento de interiores, por lo que la demanda no es segura y los ingresos varían dependiendo de los proyectos de comercialización de la empresa y en algunos casos hasta del tiempo en los cuales se ejecutan.

Debido a estos aspectos el financiamiento de un proyecto para la explotación de minerales no metálicos, no garantiza la venta en su totalidad de la producción, esto hace que el departamento de comercialización juegue un papel muy importante en el esquema de la empresa, ya que se puede tener el riesgo del almacenamiento de producto terminado por tiempo indefinido, lo que representará una pérdida económica considerable.

El financiamiento por préstamo de instituciones bancarias. Esta fuente no se considera como una opción ya que se requiere contar con garantías que respalden el crédito.

Financiamiento por crédito de FONAES. Los créditos otorgados por este fondo no son superiores a un millón de pesos por lo que resulta insuficiente para el proyecto.

En el estado de Puebla, como se mencionó existen capitalistas nacionales, a los cuales se les propondrá el proyecto, con las ventajas que presenta el travertino y la tecnología que se pretende implantar para su explotación.

Se considera la opción de inversión extranjera que invierta en el proyecto, con una participación minoritaria.

Otra alternativa es buscar financiamiento con los Gobiernos tanto Estatal y Federal, para promover la explotación de mármoles en esta zona del estado de Puebla; mejorando con esto la situación económica de la región, al crearse nuevas fuentes de empleo. Más aún cuando como ya se ha mencionado, no nada más en el predio se encontró mármol, el cuerpo metamorfozido tiene una longitud aproximada de **38,897.1542 metros**. Ésta alternativa mejorará el tiempo de recuperación al disminuir la carga financiera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### CONCLUSIONES.

- ✓ La calidad del Travertino Amarillo, así como el volumen de reservas cubicadas, hacen atractiva la introducción en el mercado; actualmente este material no se comercializa en la industria de la construcción como losetas en el recubrimiento de interiores y exteriores.
- ✓ Las vías de comunicación y la ubicación geográfica del yacimiento facilitan su pronta distribución en el mercado, para consumo nacional o extranjero por la cercanía con el puerto de Veracruz; La explotación resulta atractiva porque los costos de transporte comparativamente con otros yacimientos son menores.
- ✓ El cuerpo marmolizado, se extiende a lo largo de la sierra El Monumento, y toda es propiedad privada, por lo que se puede esperar estudios para reconocimiento de material de los propietarios vecinos, estimando ingresos por maquila de material ya que se cuenta con la capacidad instalada para este fin.
- ✓ Al obtenerse tablas desde la cantera, el ahorro por concepto de acarreo, almacenamiento, tiempos muertos, se ve reflejado al disminuir los costos de operación por este concepto.
- ✓ La máquina Monohilo Falcon 103, mejor las condiciones del bloque extraído, se aprovecha mejor el yacimiento y disminuyen los desperdicios; con la adquisición de 2 máquinas la capacidad instalada es de 12,000 m<sup>3</sup> al año, dejando la posibilidad de un replanteamiento para aumentar la producción, dependiendo de la aceptación y demanda del travertino.
- ✓ La versatilidad de la máquina Monohilo Falcon 103, y la demanda del travertino darán la pauta para ampliar el catálogo con piezas diferentes a las losetas, aprovechado esta cualidad de la máquina de hacer cortes especiales.
- ✓ La inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto es de **€ 5'864,283.48 Euros**, cantidad amortizable en los primeros 5 años del proyecto, teniendo una tasa interna de retorno del 22.59 %.
- ✓ La zona se considera de alto metamorfismo por lo que el proyecto servirá para el desarrollo de San Martín Esperilla, creándose fuentes de trabajo locales.
- ✓ **La Viabilidad y Rentabilidad del proyecto esta garantizada**, no nada más por los 10 años de explotación programada, sino por mucho mayor tiempo por lo abundante de las reservas en el área.

**RECOMENDACIONES.**

- ✓ El área de interés en la cual se basa el proyecto es la Sureste de la sierra el Monumento, por lo que se recomienda la exploración directa de la parte norte y Suroeste, en donde se podrá cubicar mármol blanco lechoso de excelente calidad, abriendo otra posibilidad de comercialización; así mismo zonas aledañas, dado el alto metamorfismo que presenta la roca, en todo el cuerpo carbonatado.
- ✓ La actividad de Explotación de Travertino no es propia de la zona, por lo que se tendrá que capacitar al personal que se contrate.
- ✓ San Martín Esperilla se beneficiara social y económicamente con la puesta en marcha del proyecto y será la punta de lanza para la exploración y explotación de predios adjuntos.
- ✓ La adquisición de la tecnología a base de hilo diamantado tanto para la cantera como para el aserradero, la máquina Monohilo Falcon 103, economizará de manera considerable el proyecto en general.
- ✓ Buscar un crédito nacional y/o extranjero para llevar a cabo el proyecto; la inversión de capital extranjero se podrá analizar siempre y cuando no se mayor del 49% del total de la inversión, buscando con esto la participación mayoritaria por parte de inversionistas nacionales.
- ✓ Buscar apoyo gubernamental, para llevar a cabo el proyecto, ya que se verá beneficiada la zona de San Martín Esperilla, al crearse fuentes de trabajo. Esto se verá reflejado en la disminución de la carga financiera que representa un préstamo del total de la inversión.
- ✓ La máquina multihilo Falcon 610, es una excelente inversión que se deberá valorar a corto plazo dependiendo de las condiciones del mercado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFIA

Barrientos Reyna A. ESTUDIO GEOLÓGICO REGIONAL DE LA SIERRA MAZATECA, VALLE DE TEHUACÁN Y SIERRA DE ATZINGO. Tesis profesional. IPN. 1985. inédito.

Demant A. CARACTERÍSTICAS DEL EJE NEOVOLCÁNICO TRANSMEXICANO. Rev. Instituto de Geología, UNAM. Vol.2, No, 2, p (172-187). 1978

INEGI-UNAM. Geología de la República Mexicana. 1984

Morán Zenteno D.J. BREVE REVISIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE MÉXICO. Geofísica Internacional, Vol. 25, No. 1 p(10-38). 1986

Ortega Gutierrez F. METAMORPHIC BELTS OF SOUTHERN MÉXICO AND THEIR TECTONIC SIGNIFICANCE. Geofísica Internacional. Vol. 20, No. 3, p (177-202). 1981

Corina Schmelkes.- MANUAL PARA LA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTOS E INFORMES DE INVESTIGACIÓN. Editorial Oxford segunda edición 1998.

CARTA GEOLÓGICA DE LA REPUBLICA MEXICANA, Escala 1:1'000,000 INEGI, México, D.F. 1999.

Moreno Salomón R. PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE MÁRMOL NEGRO TIPO "HUICHAPAN" EN LAS COMUNIDADES DE NINTHI Y SAN ANTONIO TEZOQUIPAN, Estado de Hidalgo, Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM, Junio de 1995.

Tena, Nieto A. ANÁLISIS DE UN SITIO PARA LA COLOCACIÓN DE UN COMPLEJO INDUSTRIAL. Facultad de Arquitectura de la Universidad de Guanajuato, Diciembre de 1992.

Manual técnico de BRA Oficien Meccniche SPA Machines for Marble, Granite y Stone Processing. Quinto Valpantena, Verona Italy.

CARTAS TOPOGRÁFICAS DE LA ZONA, escala 1:50,000; INEGI, México, D.F. 1995.

CARTAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA, escala 1:50,000; INEGI, México, D.F. 1995.

Parks, Ronald D. - EXAMINATION AND VALUATION OF MINERAL PROPERTY. The Michigan Mine Appraisal System Addison Wesley Publishing Company, Inc. 1957.

Enciclopedia Encarta, Atlas Mundial, versión 2003.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Medina, Valenzuela Mario, Pineda Ramírez Álvaro, Trejo Repetta Alejandro EXPLORACIÓN METALÚRGICA Y COMERCIALIZACIÓN DE MINERALES NO METÁLICOS EN MÉXICO, 1ª PARTE Consejo de Recursos Minerales, México 1990.

Bateman, Alan M, Jensen, Mead L. ECONOMIC MINERAL DEPOSITS, John Wiley and sons Estados Unidos 1981.

Huang, Ph.D. Walter T. PETROLOGÍA, Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, S.A. de C.V. 1981, México, DF.

Samsó, López Eduardo; PIEDRAS GRANITOS Y MÁRMOL. Ediciones Barcelona España. 1964.

Oller Galera, Roque D. TRAVERTINO AMARILLO ORO, S.L., [Traversa@larural.es](mailto:Traversa@larural.es); comunicación vía correo electrónico, Albox, Almería, España, 2003.

Badini, Norberto, Comunicación por correo electrónico, CO. FI. PLAST WIRE ENGINEERING, Lessolo Italia [marketing@cofiplast.it](mailto:marketing@cofiplast.it). 2003. Folletos e información en CD.

Martínez, David, Cp. Comunicación personal, Departamento de comercialización Luz y Fuerza del Centro. Melchor Ocampo Esq. Marina Nacional, México, DF.

Vargas Salgado Fernando Alejandro. PROYECTO DE EXPLORACIÓN Y BENEFICIO DEL GRANITO. MUNICIPIO DE EL ROSARIO, SAN CARLOS, TAMAULIPAS; Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM. 2000.

Rosas Frías María del Carmen, EXPLORACIÓN DEL YACIMIENTO DE MÁRMOL BLANCO PACÍFICO Y CÁLCULO DE PLANTA LAMINADORA DEL EJIDO DE CARRIZAL DE BRAVO, MUNICIPIO DE LEONARDO BRAVO, GRO. Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM. 2001.

Software utilizados:

- Autocad 2004.
- AutoDesk Map 2004
- Microsoft Office XP
- Adobe Photoshop 7.0.
- MAP SOURCE, Garmin.

## **ANEXO (Tablas).**



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas

Las dimensiones fueron obtenidas del software Autocad,  
 los resultados de las áreas transversales son las siguientes:

**SECCIÓN F**

**Área obtenida con Autocad**

Puntos		dimensiones	
de	a	metros lineales	
1	2	50.9634	
2	3	95.8596	
3	4	52.6931	
4	5	33.0009	
5	6	62.6529	
6	7	37.1021	
7	8	63.2456	
8	9	59.1113	
9	10	59.6998	
10	11	39.7898	
11	12	142.0401	
12	13	46.9176	
13	14	50	
14	15	46.9176	
15	16	142.0401	
16	17	39.7898	
17	18	59.6998	
18	19	59.1113	
19	20	63.2456	
20	21	37.1021	
21	22	62.6529	
22	23	33.0009	
23	24	52.6931	
24	25	95.8596	
25	26	50.9634	
26	1	50	

**12276.7255 m<sup>2</sup>**

**Volumen = 1227672.55 m<sup>3</sup>**

**Perímetro (m) = 1586.1124**

El área obtenida es multiplicada por el radio de influencia de 100 metros por sección



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas

Las dimensiones fueron obtenidas del software Autocad,  
 los resultados de las áreas transversales son las siguientes:

**SECCIÓN G**

**Área obtenida con Autocad**

Puntos		dimensiones	
de	a	metros lineales	
1	2	63.2458	
2	3	98.3404	
3	4	53.8516	
4	5	48.1047	
5	6	74.6057	
6	7	59.6998	
7	8	62.6529	
8	9	114.2639	
9	10	151.3275	
10	11	50	
11	12	151.3275	
12	13	114.2639	
13	14	62.6529	
14	15	59.6998	
15	16	74.6057	
16	17	48.1047	
17	18	53.8516	
18	19	98.3404	
19	20	63.2458	
20	1	50	

**14922.765 m<sup>2</sup>**

**Volumen = 1492276.5 m<sup>3</sup>**

TESIS CON  
 FALLA DE URGEN

**Perímetro (m) = 1552.1842**

El área obtenida es multiplicada por el radio de influencia de 100 metros por sección



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas

Las dimensiones fueron obtenidas del software Autocad,  
 los resultados de las áreas transversales son las siguientes:

**SECCIÓN H**

**Área obtenida con Autocad**

de	Puntos a	dimensiones metros lineales	
	1	2	31.6475
	2	3	110.5738
	3	4	60.289
	4	5	39.7698
	5	6	65.622
	6	7	83.6753
	7	8	89.7566
	8	9	83.6753
	9	10	108.116
	10	11	53.8516
	11	12	50
	12	13	53.8516
	13	14	108.116
	14	15	83.6753
	15	16	89.7566
	16	17	83.6753
	17	18	65.622
	18	19	39.7698
	19	20	60.289
	20	21	110.5738
	21	22	31.6475
	22	1	50

**18042.6386 m<sup>2</sup>**

**Volumen = 1804263.86 m<sup>3</sup>**

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Perímetro (m) = 1553.9538**

El área obtenida es multiplicada por el radio de influencia de 100 metros por sección



Universidad Nacional Autónoma de México.  
Facultad de Ingeniería.  
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
Departamento de Explotación de Minas

### INVERSIÓN

CONCEPTO	COSTO	TOTALES €uros
MAQUINARIA Y EQUIPO	1,403,044.17 €	
EQUIPO DE OFICINA	17,341.74 €	
PAPELERÍA	2,118.64 €	
EQUIPO DE SEGURIDAD	3,389.83 €	
BOTIQUÍN	120.51 €	
<b>TOTAL</b>		<b>1,426,014.89 €</b>
<b>COSTO DE OBRAS PRELIMINARES</b>		
Edificaciones y camino	1,449,152.54 €	
Limpieza del terreno	12,527.12 €	
Rampa	12,711.86 €	
Cableado de energía eléctrica	18,945.76 €	
Cisterna de agua	21,186.44 €	
Tubería y herramientas	15,677.97 €	
<b>TOTAL</b>		<b>1,530,201.69 €</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		
Materia prima	38,250.00 €	
Energía eléctrica	34,605.00 €	
Salarios	167,253.47 €	
Agua	12,959.25 €	
Combustibles y lubricantes	13,557.72 €	
		<b>266,625.44 €</b>
<b>EQUIPO DE MANTENIMIENTO</b>		<b>7,349.34 €</b>
<b>GASTOS DE INSTALACIÓN</b>		<b>150,418.97 €</b>
<b>GASTOS PREOPERATIVOS</b>		<b>1,255,185.89 €</b>
<b>SUBTOTAL</b>		<b>4,635,797.22 €</b>
<b>MAS 10% de imprevistos</b>		<b>5,099,376.94 €</b>
<b>15% de IVA.</b>		<b>764,906.54 €</b>
<b>TOTAL</b>		<b>€ 5,864,283.48</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La inversión total del proyecto, es de

**€ 5,864,283.48**

129



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas

**PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA.**

Espesor de 2 cm.

AÑO	PRODUCCIÓN m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> al día	m <sup>2</sup> por m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> al día	m <sup>2</sup> al año	50 % de la producción (m <sup>2</sup> )	Producción real (m <sup>2</sup> )	Producción real (€)
0	0							0
1	4500.00	15.00	35.5200	532.800	159840.00	79920.00	72335.592	€ 2,521,524.85
2	5400.00	18.00	35.5200	639.360	191808.00	95904.00	86802.7104	€ 3,025,829.82
3	6480.00	21.60	35.5200	767.232	230169.60	115084.80	104163.2525	€ 3,630,995.78
4	7776.00	25.92	35.5200	920.678	276203.52	138101.76	124995.903	€ 4,357,194.94
5	8000.00	26.67	35.5200	947.318	284160.00	142080.00	128596.608	€ 4,482,710.84
6	8000.00	26.67	35.5200	947.318	284160.00	142080.00	128596.608	€ 4,482,710.84
7	8000.00	26.67	35.5200	947.318	284160.00	142080.00	128596.608	€ 4,482,710.84
8	8000.00	26.67	35.5200	947.318	284160.00	142080.00	128596.608	€ 4,482,710.84
9	8000.00	26.67	35.5200	947.318	284160.00	142080.00	128596.608	€ 4,482,710.84
10	8000.00	26.67	35.5200	947.318	284160.00	142080.00	128596.608	€ 4,482,710.84
<b>TOTAL</b>	<b>72158.00</b>	<b>24.05</b>			<b>2562981.12</b>	<b>1281490.58</b>	<b>1159877.108</b>	<b>€ 40,431,810.45</b>

Precio en Euros por m<sup>2</sup> = € 34.86

Factores

Volumen del bloque= 23.4375

De un metro cúbico de material se obtendrán (m<sup>2</sup>) = 35.52

Se considera un 80% de la capacidad instalada, dejando un 20% para maquila y, un aumento programado de la producción dependiendo de la demanda del material

Para preparar el terreno e instalar la maquinaria, se cuenta con el año cero. 1 año se considera de 300 días.

Si se aprovecha el 90.51% del total de la tabla

Producción real de tablas de 2 cm. de espesor 1159877.11

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

130



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas

**PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA.**

Esesor de 3 cm.

AÑO	PRODUCCIÓN m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> al día	m <sup>2</sup> por m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> al día	m <sup>2</sup> al año	50% de la producción	Producción real (m <sup>2</sup> )	Producción real (€)
0	0	0	0	0	0	0	0	
1	4500.00	15.00	26.3158	394.74	118421.10	59210.55	53591.47	€ 1,848,803.57
2	5400.00	18.00	26.3158	473.68	142105.32	71052.66	64309.76	€ 2,218,564.28
3	6480.00	21.60	26.3158	568.42	170526.38	85263.19	77171.72	€ 2,662,277.14
4	7776.00	25.92	26.3158	682.11	204631.66	102315.83	92606.06	€ 3,194,732.57
5	8000.00	26.67	26.3158	701.84	210526.40	105263.20	95273.72	€ 3,286,761.90
6	8000.00	26.67	26.3158	701.84	210526.40	105263.20	95273.72	€ 3,286,761.90
7	8000.00	26.67	26.3158	701.84	210526.40	105263.20	95273.72	€ 3,286,761.90
8	8000.00	26.67	26.3158	701.84	210526.40	105263.20	95273.72	€ 3,286,761.90
9	8000.00	26.67	26.3158	701.84	210526.40	105263.20	95273.72	€ 3,286,761.90
10	8000.00	26.67	26.3158	701.84	210526.40	105263.20	95273.72	€ 3,286,761.90
<b>TOTAL</b>	<b>72156.00</b>				<b>1898842.66</b>	<b>949421.43</b>	<b>859321.34</b>	<b>€ 29,644,948.99</b>

Factores:

Volumen del bloque (m<sup>3</sup>)= 23.4375  
 De un metro cúbico de material se obtendrán (m<sup>2</sup>) = 26.3158  
 Se considera un 80% de la capacidad instalada, dejando un 20% para maquila y, un aumento programado de la producción dependiendo de la demanda del material  
 Para preparar el terreno e instalar la maquinaria, se cuenta con el año cero.

Si se aprovecha el 90.51% del total de la tabla  
 Producción real de tablas de 2 cm 859321.3385  
 Precio Euros por m<sup>2</sup> = 34.49809479

131

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas  
 Tesis Profesional  
 Jorge de Jesús Vizcaino Limón

### INGRESOS POR VENTAS

Catalogo de Productos propuestos.

**Tabla de 3 cm. Espesor.**

Número de Tablas por bloque = **82.2368**  
 Número de m<sup>2</sup> por bloque = **616.776**  
 Número de m<sup>2</sup> por metro cúbico = **26.315776**  
 Metros cuadrados por tabla = **7.5**

**Baldosa Travertino Amarillo 3 cm.**

Dimensiones Estándar (cm.)	Precio por m <sup>2</sup>		No de losetas por m <sup>2</sup>	No de losetas por m <sup>2</sup>	No de losetas por bloque	Precio por m <sup>3</sup>	
	Pesetas por m <sup>2</sup>	Euros por m <sup>2</sup>				Pesetas por m <sup>3</sup>	Euros por m <sup>3</sup>
60x40x3	5880	35.33951174	31	4.2	2549.3408	154736.7629	929.9866748
40x40x3	5740	34.49809479	46	6.3	3782.8928	151052.5542	907.844135
60x30x3	5600	33.65667785	41	5.6	3371.7088	147368.3456	885.7015951
40x30x3	5460	32.8152609	62	8.3	5098.6816	143684.137	863.5590552
30x30x3	5460	32.8152609	83	11.1	6825.6544	143684.137	863.5590552

Acabado		Precio por m <sup>2</sup>		Precio por m <sup>3</sup>		Observaciones
		Pesetas por m <sup>2</sup>	Euros por m <sup>2</sup>	Pesetas por m <sup>2</sup>	Euros por m <sup>2</sup>	
30x30x3	Al corte	4900	29.44959311			
30x30x3	Pulido	5900	35.45971416			
30x30x3	Pulido con masilla	6300	37.86376258			
30x30x3	Pulido con resina	7900	47.47995625			
30x30x3	Envejecido	6900	41.4698352			
30x30x3	Reforzado	730	4.387388362			

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

132



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas  
 Tesis Profesional  
 Jorge de Jesús Vizcaino Limón

**INGRESOS POR VENTAS**

*Catalogo de Productos propuestos.*

**Baldosa Travertino Amarillo 2cm**

**Tabla de 2 cm. Espesor .**

Número de Tablas por bloque = **111.6071**  
 Número de m<sup>2</sup> por bloque = **837.05325**  
 Número de m<sup>2</sup> por metro cúbico = **35.714272**  
 Metros cuadrados por tabla = **7.6**

Dimensiones Estándar (cm)	Precio por m <sup>2</sup>		No de losetas por m <sup>2</sup>	No de losetas por m <sup>3</sup>	No de losetas por bloque	Precio por m <sup>3</sup>	
	Pesetas por m <sup>2</sup>	Euro por m <sup>2</sup>				Pesetas por m <sup>3</sup>	Euro por m <sup>3</sup>
60x40x2	4200	25.24250838	31	4.2	3459.8201	149999.9424	1107.142432
40x40x2	4100	24.64149628	46	6.3	5133.9266	146428.5152	1642.856512
60x30x2	4000	24.04048418	41	5.6	4575.8911	142857.088	1464.285152
40x30x2	3900	23.43947207	62	8.3	6919.6402	139285.6608	2214.284864
30x30x2	3900	23.43947207	83	11.1	9263.3893	139285.6608	2964.284576

tamaño	Acabado	Precio por m <sup>2</sup>		Precio por m <sup>3</sup>		Observaciones
		Pesetas por m <sup>2</sup>	Euro por m <sup>2</sup>	Pesetas por m <sup>2</sup>	Euro por m <sup>2</sup>	
30x30x2	Al corte	3500	21.03542365			
30x30x2	Pulido	4500	27.0455447			
30x30x2	Pulido con masilla	4900	29.44959311			
30x30x2	Pulido con resina	5800	34.85870205			
30x30x2	Envejecido	5500	33.05566574			
30x30x2	Reforzado	730	4.387388362			

Volumen del bloque unitario = **23.4375 metros cúbicos**

1  
3  
3



Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Facultad de Ingeniería.  
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
 Departamento de Explotación de Minas  
 Tesis Profesional  
 Jorge de Jesús Vizcaino Limón

### FLUJO NETO DE EFECTIVO SIN CRÉDITO

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	5 864 283 48										
Ingresos	0	5,244,394.11	5,244,394.11	6,293,272.92	7,551,927.51	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74	7,769,472.74
Costos - gastos de operación		3,443,438.38	3,499,558.81	3,567,475.31	3,380,025.78	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,350,119.53	3,239,550.48
Costos financieros											
Depreciación	405,371.92	405,371.92	405,371.92	405,371.92	154,111.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	140,911.63	44,764.61
Utilidad neta		1,395,583.81	1,339,463.38	2,320,425.69	4,037,790.10	4,278,441.58	4,278,441.58	4,278,441.58	4,278,441.58	4,278,441.58	4,485,157.67
Impuestos - SP, EPTU		614,056.87	589,363.88	1,020,987.30	1,776,627.84	1,882,514.29	1,882,514.29	1,882,514.29	1,882,514.29	1,882,514.29	1,973,469.37
Utilidad neta		781,526.93	750,099.49	1,299,438.39	2,261,162.46	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,511,688.30
Pagos en capital		0									
Flujo neto de efectivo		781,526.93	750,099.49	1,299,438.39	2,261,162.46	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,395,927.28	2,511,688.30

TR = 22.89 %

### FLUJO NETO DE EFECTIVO CON CRÉDITO

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	5 864 283 48 €										
Ingresos		5,244,394.11 €	5,244,394.11 €	6,293,272.92 €	7,551,927.51 €	7,769,472.74 €	7,769,472.74 €	7,769,472.74 €	7,769,472.74 €	7,769,472.74 €	7,769,472.74 €
Costos - gastos de operación		3,443,438.38 €	3,499,558.81 €	3,567,475.31 €	3,380,025.78 €	3,350,119.53 €	3,350,119.53 €	3,350,119.53 €	3,350,119.53 €	3,350,119.53 €	3,239,550.48 €
Costos financieros		703,714.02 €	788,159.70 €	882,738.86 €	687,521.75 €	492,304.54 €	297,087.51 €	101,870.40 €			
Depreciación	405,371.92 €	405,371.92 €	405,371.92 €	405,371.92 €	154,111.63 €	140,911.63 €	140,911.63 €	140,911.63 €	140,911.63 €	140,911.63 €	44,764.61 €
Utilidad neta	-405,371.92 €	891,869.79 €	551,303.68 €	1,437,686.83 €	3,350,268.35 €	3,786,137.04 €	3,981,354.07 €	4,176,571.18 €	4,278,441.58 €	4,278,441.58 €	4,485,157.67 €
Impuestos - SP, EPTU		304,422.71 €	242,573.62 €	632,582.21 €	1,474,118.07 €	1,695,900.30 €	1,751,795.79 €	1,837,891.32 €	1,882,514.30 €	1,882,514.30 €	1,973,469.37 €
Utilidad neta		387,447.08 €	308,730.06 €	805,104.62 €	1,876,150.28 €	2,120,236.74 €	2,229,558.28 €	2,338,679.86 €	2,395,927.28 €	2,395,927.28 €	2,511,688.30 €
Pagos en capital		0.00 €	0.00 €	744,070.45 €	939,287.56 €	1,134,504.68 €	1,329,721.80 €	1,524,938.91 €			
Flujo neto de efectivo	0.00 €	387,447.08 €	308,730.06 €	61,034.17 €	936,862.72 €	985,732.06 €	899,836.48 €	813,940.95 €	2,395,927.28 €	2,395,927.28 €	2,511,688.30 €

TR = 6.88 %

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

134

## **ANEXO FOTOGRAFICO.**

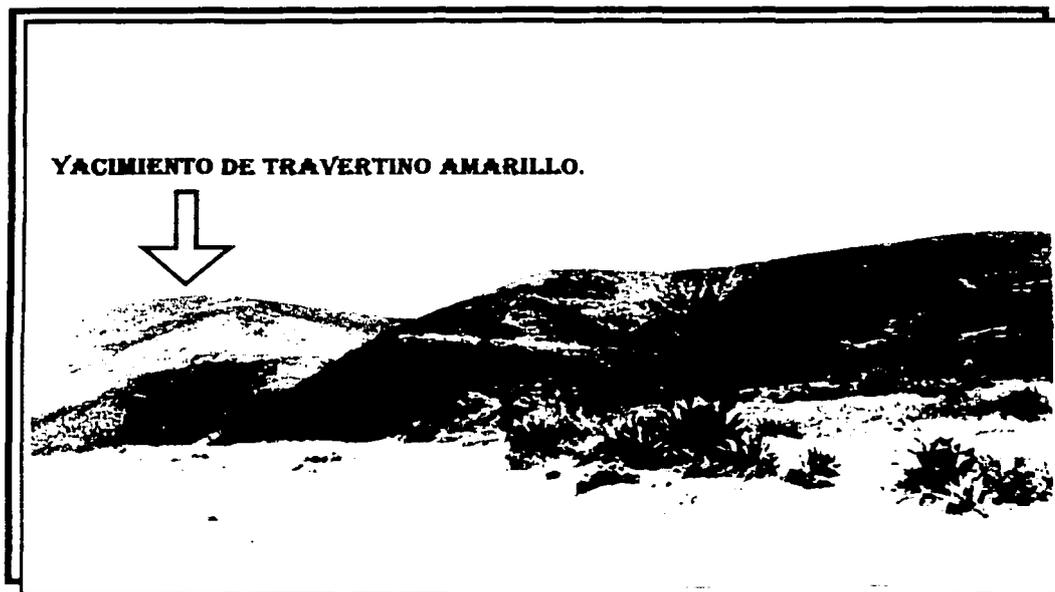


*Foto 1. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

Vista panorámica de la **Sierra El Monumento**, el yacimiento de travertino amarillo, es el cerro central, a los costados se pueden observar formaciones con material metamórfico carbonatado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*Foto 2. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

Otra vista panorámica de la **Sierra El Monumento**, en la exposición se puede observar la vegetación típica de la zona así como el Cerro Los Jarritos, el camino rural pasa a escasos 1,500 metros del yacimiento, aproximadamente de donde fue tomada la fotografía.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



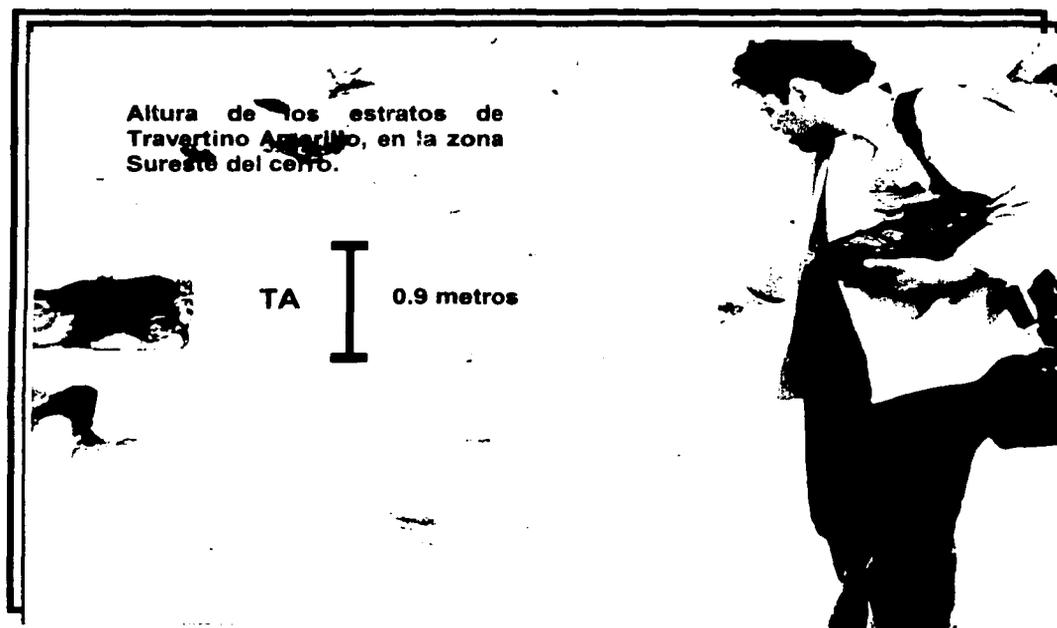
**Mármol cristalino, ubicado en la parte central del cerro.**

*Foto 3. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

Acercamiento al material en el área de Mármol cristalino, el mármol aflora en diferentes puntos del cerro, estimándose un descapote promedio de 50 centímetros aproximadamente, ya que en algunas zonas el material se encuentra aflorando.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*Foto 4. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

Afloramiento del Travertino Amarillo, en la cota 2480, se puede observar los estratos de hasta 0.9 metros de ancho, así como el poco descapote requerido para llegar al material. (TA) Travertino Amarillo.

MINAS CON  
TALLA DE ORIGEN

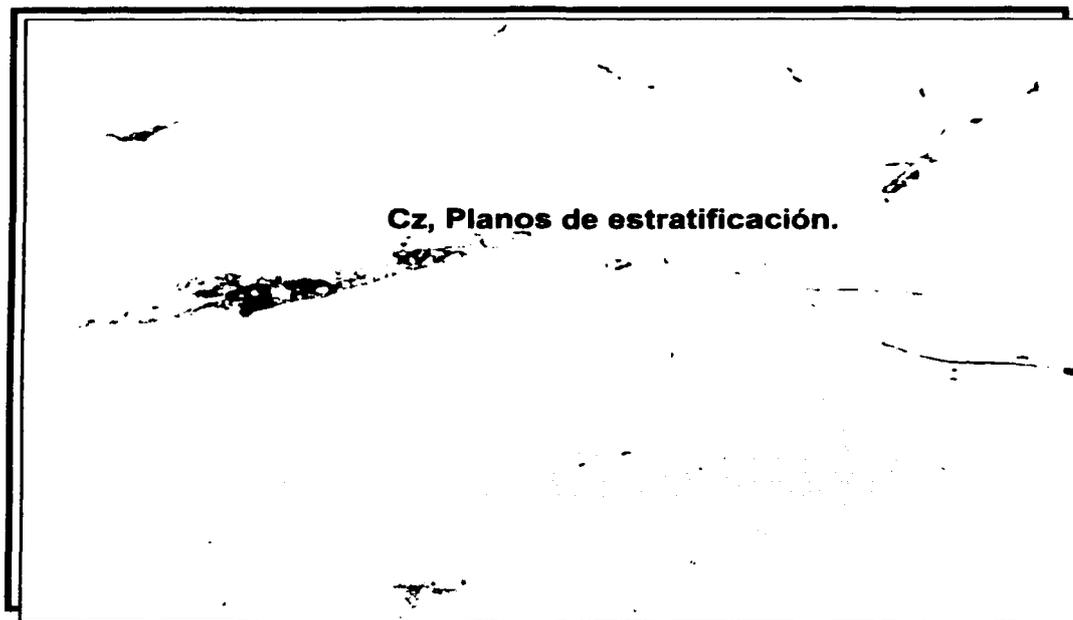


*Foto 5. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

Vista de la roca caliza, (**Cz**) y del Travertino Amarillo, (**TA**) los afloramientos son constantes, ya que se localizan a no más de 25 metros uno del otro. Cota 2440.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*Foto 6. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

Acercamiento de la roca caliza, del Terciario inferior, es una roca sin alteraciones, densa y compacta, que hace tiempo servía para procesar la Cal Viva, en unas caleras localizadas en la base de la cañada Este.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Área donde se ubicarán los primeros  
bancos de explotación de material



*Foto 7. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

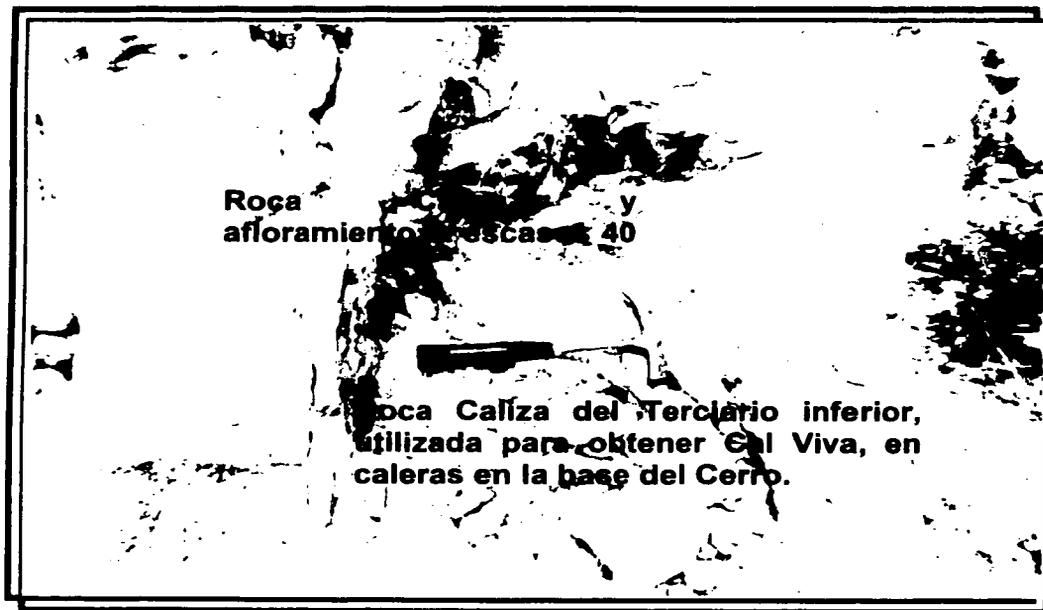
Vista en perspectiva de la parte inferior del yacimiento, en esta zona se ubica el área de Travertino Amarillo, en donde se programa la explotación inicial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*Foto 8. Yacimiento de Travertino Amarillo.*  
San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.  
Acercamiento de la roca caliza, donde se observa las vetillas de calcita, y se logra ver la textura de la roca.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*Foto 9. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

En este acercamiento se puede observar la capa delgada de roca caliza, que cubre a la roca marmorizada, en esta zona el espesor es de 30 centímetros, del mismo modo se observa lo compacto de la roca sedimentaria.

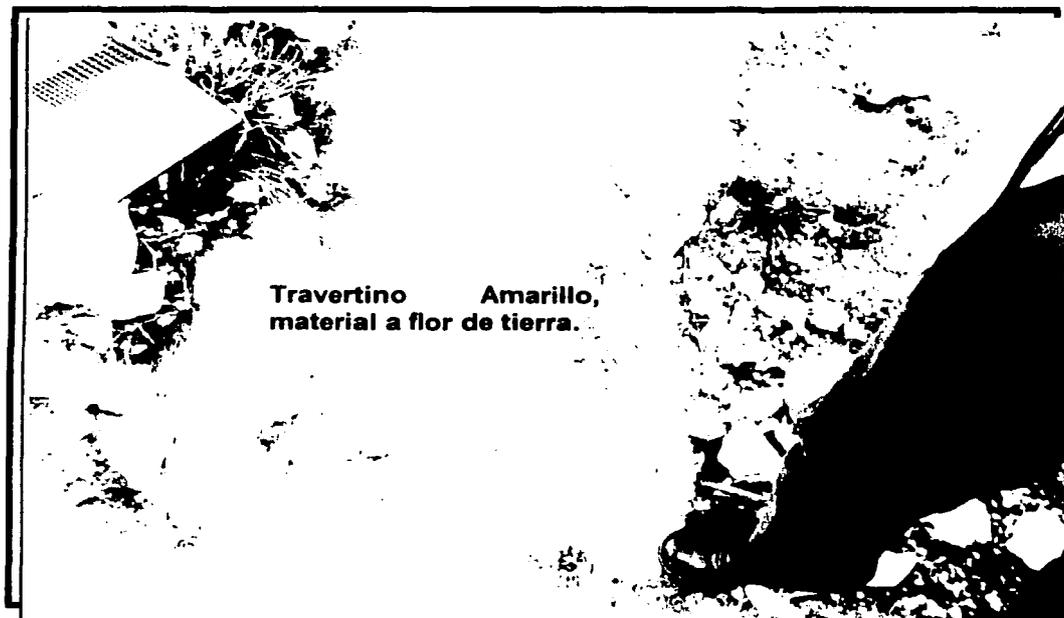
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Yacimiento de Travertino

*Foto 10. Yacimiento de Travertino Amarillo.  
San Martín Esperilla, Municipio de  
Tecamachalco, Edo. De Puebla.*

Panorámica de la Sierra El Monumento, así como los  
Cerros aledaños, vegetación semidesértica.



*Foto 11. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

**San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.**

Vista de la estratificación de la roca caliza, en otro afloramiento del Travertino Amarillo, en esta fotografía se observa, la disminución de la coloración del material, afloramiento en la zona Oeste del Cerro.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



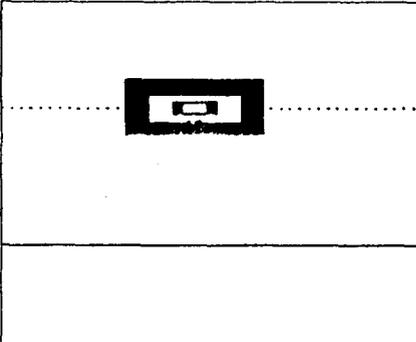
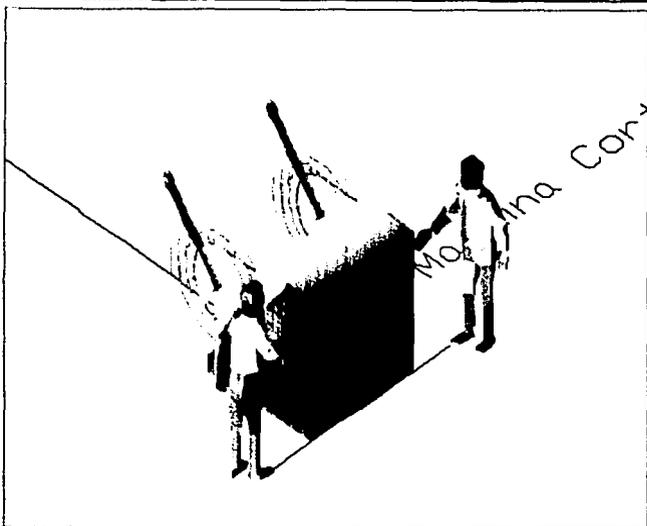
*Foto 12. Yacimiento de Travertino Amarillo.*

San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Edo. De Puebla.

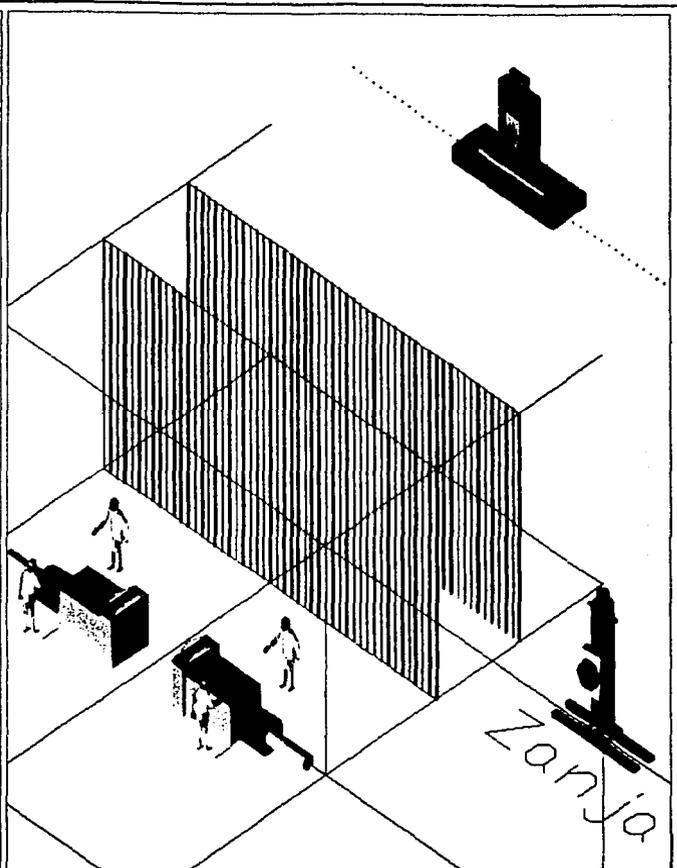
Vista de los límites de la Aureola metamórfica, producida por un Intrusivo de origen Igneo, se observa en la parte de arriba, la roca caliza, y en la parte inferior el mármol travertino.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **ANEXO DE PLANOS.**



Línea de Barre

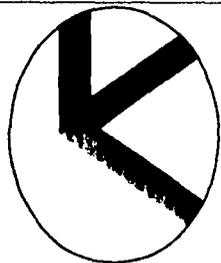
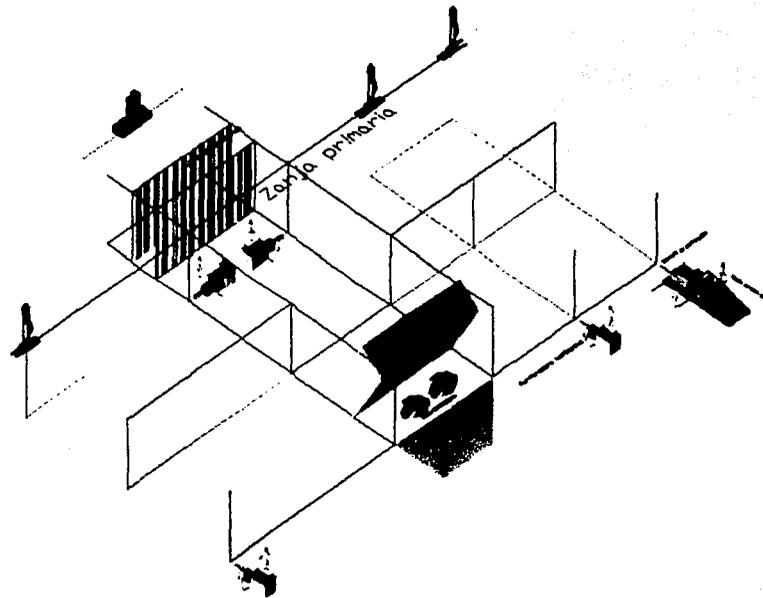


Primera figura. Corte de bloques en la cantera, hasta asegurar el tamaño de alimentación de la máquina Monófilo falcon 103, el área de alimentación es de 3.5 X 2.5, por lo que se tienen que realizar cortes secundarios. En la segunda y tercera ventana, se observan las líneas de barrenos para el ciclo de la zanja primaria, así como las perforadoras horizontales y verticales utilizadas en éste trabajo, la profundidad de los barrenos es de 6 metros

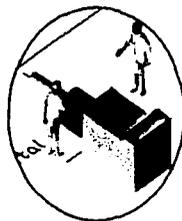
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

	Universidad Nacional Autónoma de México
	Facultad de Ingeniería
Valor del banco primario, bloques cortados para ser enviados al sacadero	
Jorge de Jesús Vizcaino León	
7	2009 Tesis Profesional

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Barrenos perpendiculares  
en la base del bloque.



Perforadora horizontal

	Universidad Nacional Autónoma de México
	Facultad de Ingeniería
Ciclo de la Zona Origen y línea de falla para obtener los bloques a escala del banco	
Jorge de Jesús Vizcaino Limón	
8	2009 Tesis Profesional

# TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA. VÍAS DE COMUNICACIÓN Y PRINCIPALES LOCALIDADES

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

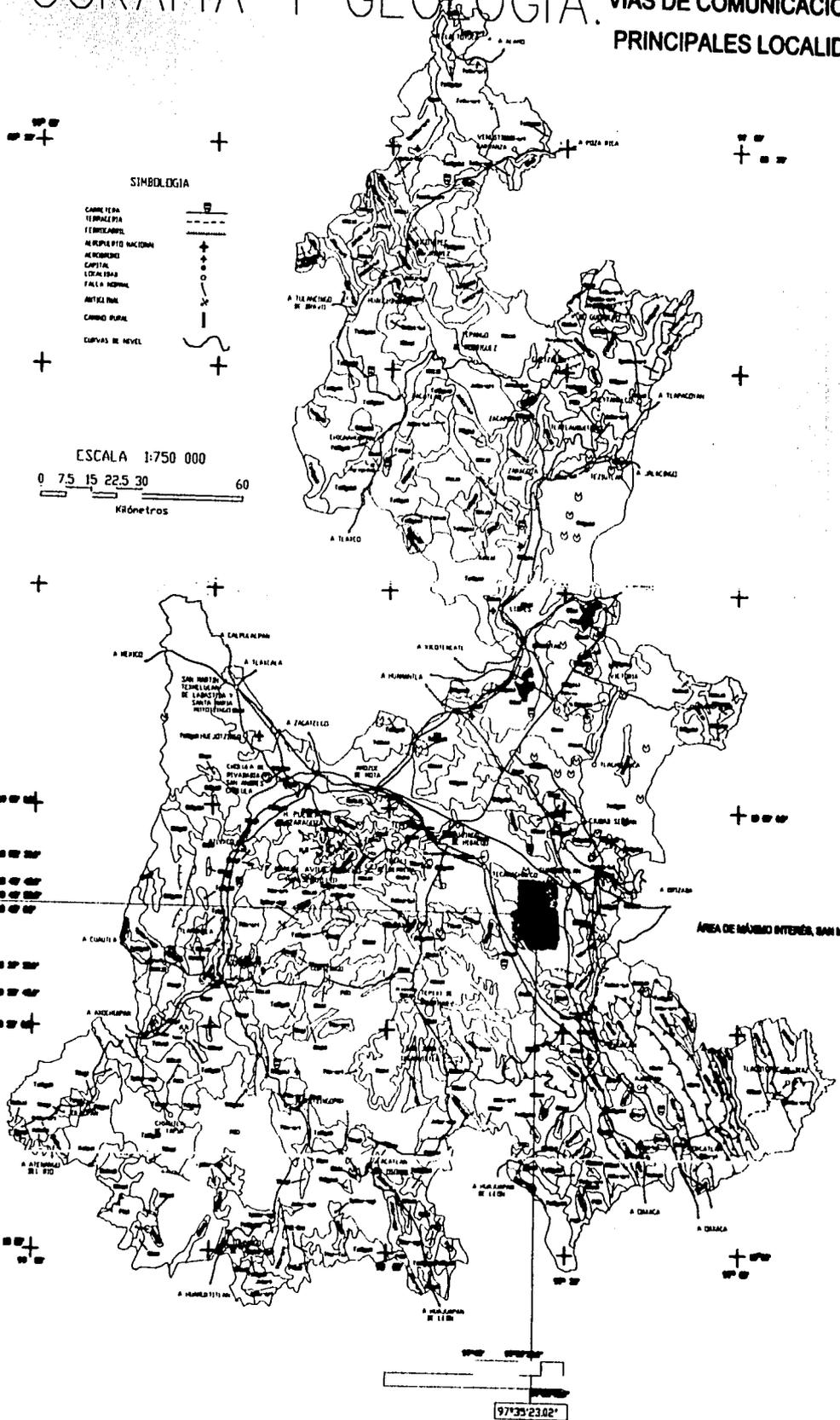
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**SIMBOLOGIA**

- CARRERA TERRESTRE
- TERRESTRE NACIONAL
- ACERQUE
- CAPITAL
- LOCALIDAD
- FALLA NORMAL
- ANTICLINAL
- CANAL
- CURVAS DE NIVEL

ESCALA 1:750 000

Kilómetros



18°46'51.95"

97°35'23.02"

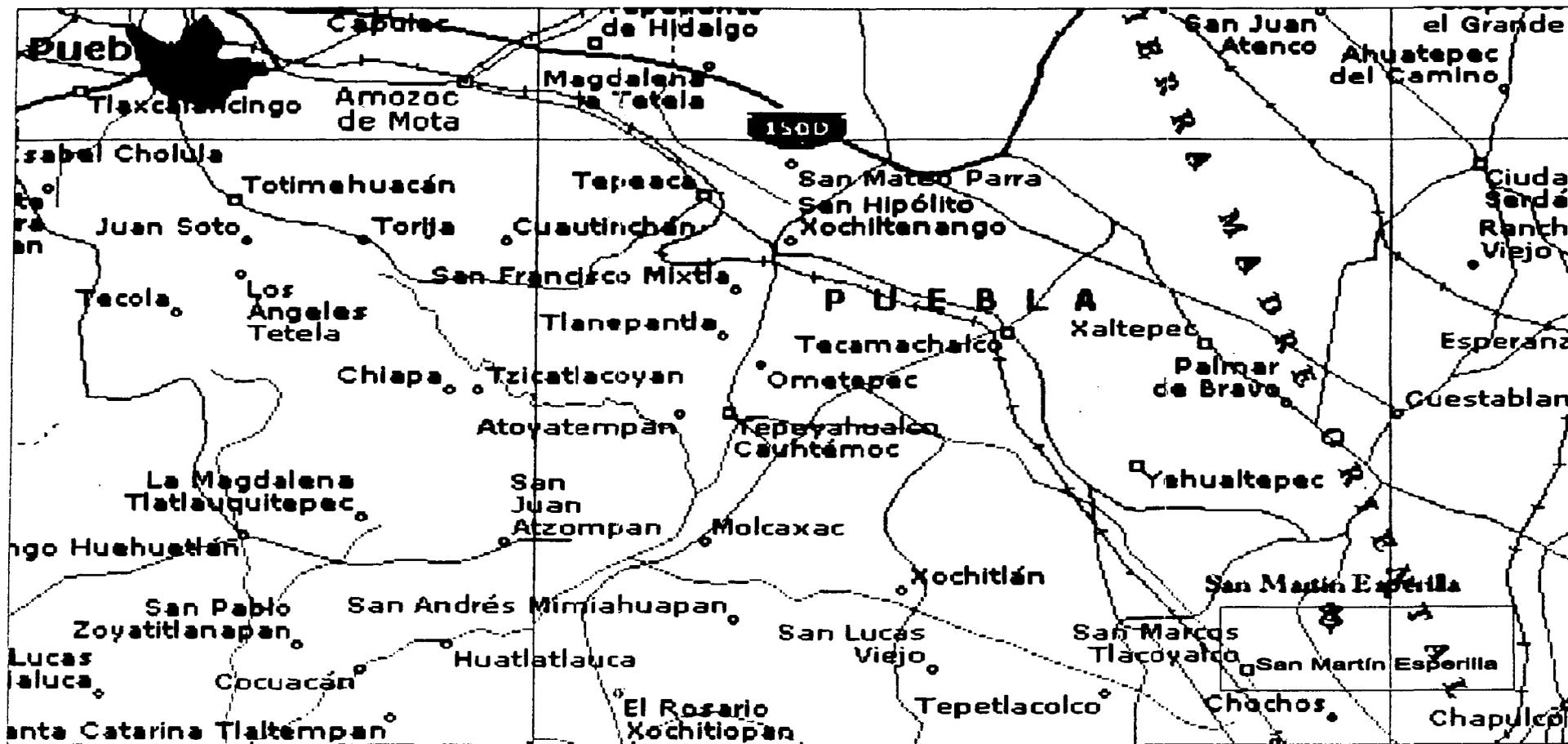
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL PUNTO.  
N18°46'51.95" W97°35'23.02"

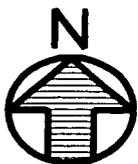
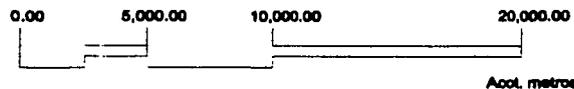
151

Facultad de Ingeniería  
 Plano General del Estado de Puebla  
 y localización de San Martín Espinilla  
 Jorge de Jesús Virelmo Limón  
 2003 Tesis Profesional

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



PLANO GEOGRÁFICO.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Plano Geográfico de localización de la zona de Interés del Estado de Puebla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería.

Tesis Profesional

Escala: indicada

AÑO: 2003

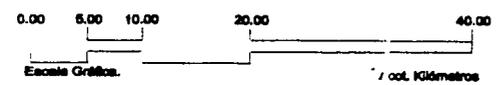
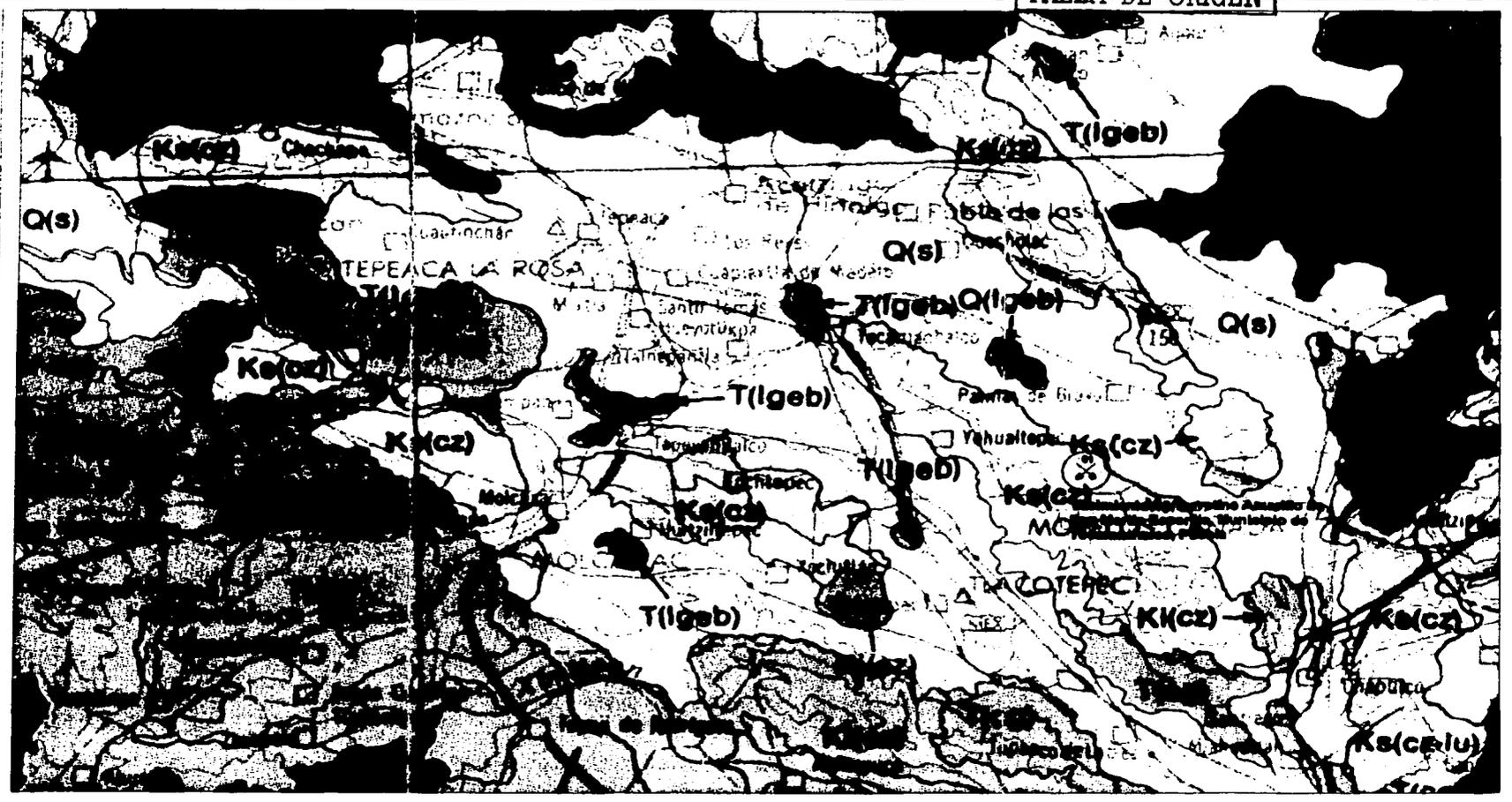
Jorge de Jesús Vizcaino Limón

Nº. de hojas: 4

Nº. de pliegos: 2

Plano de localización de San Martín Esperilla, Puebla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Poblado de San Martín Esperilla, Municipio de Tecamachalco, Puebla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PLANO GEOLÓGICO.

-  Q (Al), Suelo Aluvial
-  Ks (cz), Cuaternario, roca caliza
-  T (lgeb) Terciario
-  T (ar-lu) Terciario, Areniscas-Lutitas.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

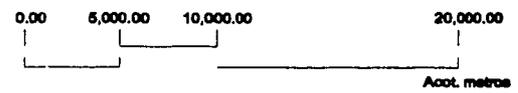
 Universidad Nacional Autónoma de México	
Facultad de Ingeniería	
Tesis Profesional	
Escuela: Indicada	Jorge de Jesús Vizcaino Limón
Año: 2003	
No. de páginas: 4	Descripción del plano
No. de figuras: 4	Plano Geológico de localización de San Martín Esperilla, Puebla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



PLANO GEOGRÁFICO.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

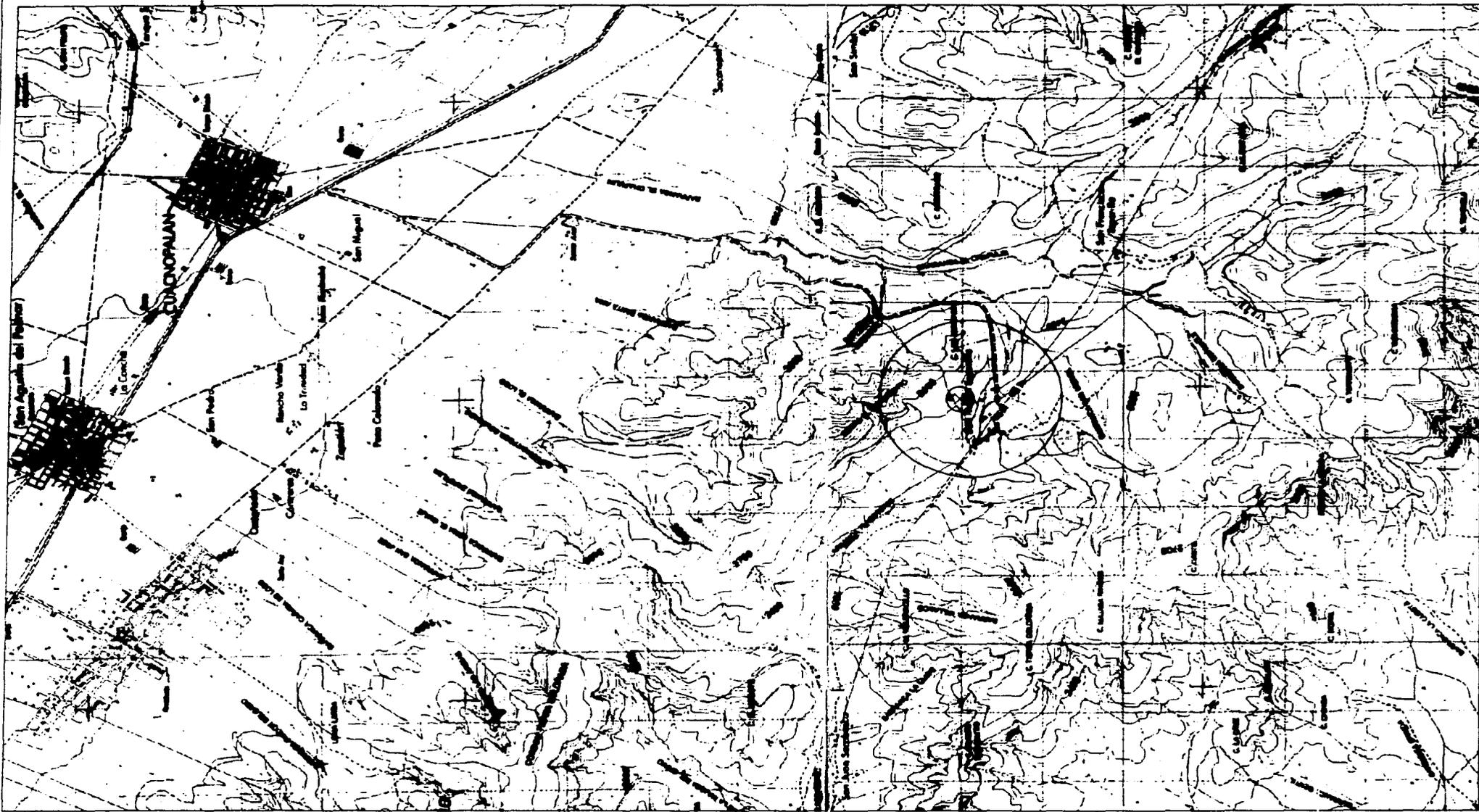
Poblado de San Martín Esperilla, Municipio de Tecamechalco, Puebla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

	Universidad Nacional Autónoma de México
	Facultad de Ingeniería.
	Tesis Profesional
	Jorge de Jesús Vizcaino Limón
Escuela: Indicada	
Año: 2003	
No de pàginas: 4	
No de pàginas: 1	
Plano de localización de San Martín Esperilla, Puebla	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional del Sur de México	
Facultad de Ingeniería	
Tesis Profesional	
Jorge de Jesús Miraflores Limón	
Fecha	2003
Página	4
Hoja	3



PLANO TOPOGRÁFICO.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

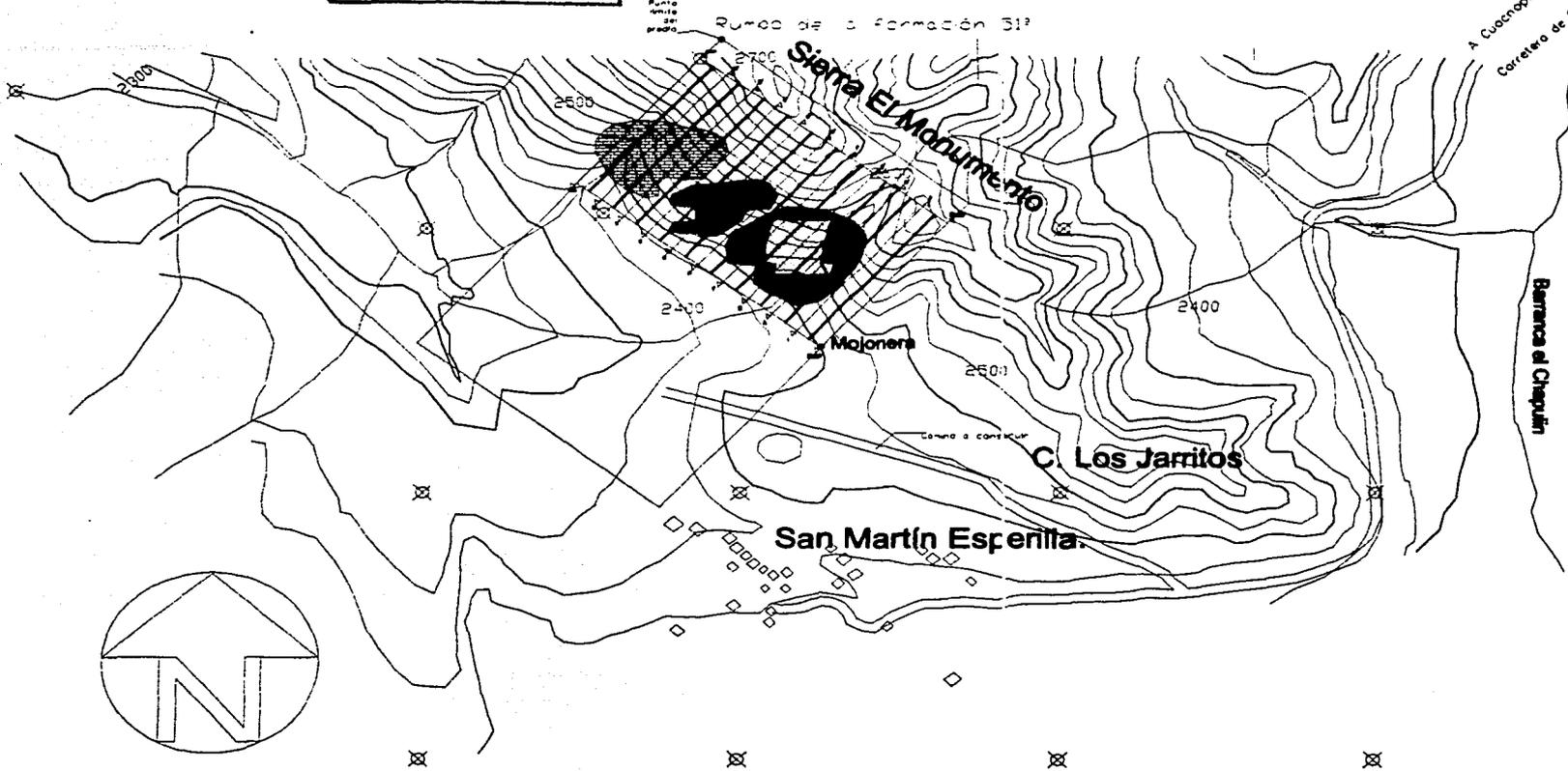
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Superficie 150 hectáreas.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



*Simbología.*

-  Área de Travertino Amarillo.
-  Área de Mármol Blanco.
-  Área de Mármol Cristalino
-  Principales Riegos de la zona
-  Camino de Acceso y tramo por construir.
-  Límites del Predio.
-  Poblados de la zona

Coordenadas de la mojonera.  
N 18°48'1.88" W 87°26'23.02"

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



	Universidad Nacional Autónoma de México	
	Facultad de Ingeniería.	
Plano Topográfico de la Sierra El Monumento.		
Jorge de Jesús Vizcaino Limón		
Figura No	02	2003 Tesis Profesional

TESIS CON FALLA DE ORIGEN