



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA Y  
PROPUESTA DE SOLUCIONES EN LA  
EXPLOTACIÓN DE LA MINA EL POTRERO  
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE IXTAPALUCA,  
ESTADO DE MÉXICO

TESINA PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

**INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA**

PRESENTA:

AQUILES PEDRO ALVARADO

DIRECTOR DE TESINA:

ING. MAURICIO MAZARI HIRIART

MÉXICO, D.F., 2014



*A mis padres Abigail y Omar, por apoyarme durante toda mi vida para lograr mis metas.*

# ÍNDICE

RESUMEN .....	6
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 Minería de materiales pétreos .....	8
1.2 Problemática .....	10
1.3 Objetivo .....	11
1.4 Justificación .....	11
<b>2. GENERALIDADES .....</b>	<b>13</b>
2.1 Información general .....	13
2.2 Importancia de la arena en México .....	13
2.3 Localización .....	14
2.4 Clima .....	15
2.5 Geología .....	16
2.6 Propiedades físicas .....	17
<b>3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA EXPLOTACIÓN Y SOLUCIONES PROPUESTAS .....</b>	<b>19</b>
3.1 Cálculo de reservas .....	19
3.2 Métodos de minado superficial .....	33
3.3 Clasificación de los métodos de extracción mecánica. ....	33
3.4 Método de explotación actualmente utilizado .....	34
3.5 Método propuesto de minado de Ladera .....	34
3.5.1. Preparación .....	37
3.5.2. Diseño y estabilidad de los bancos .....	38
3.5.3. Altura de los bancos .....	40
3.5.4. Ancho de los bancos (bermas) .....	40
3.5.5. Ángulo del talud de trabajo .....	41
3.5.6. Cálculo del ángulo del talud final .....	43
3.6 Producción y extracción .....	44
3.7 Rezagado y acarreo .....	47

3.8 Cribado y trituración.....	49
3.9 Cálculo de equipo.....	53
3.9.1. Selección del equipo de carga.....	55
3.9.2. Transporte (camiones).....	58
3.9.3. Adquisición de equipo vs Renta de equipo. ....	62
3.9.4. Distribución horaria de actividades en la mina El Potrero.....	63
<b>4. LEGISLACIÓN MINERA Y MARCO JURÍDICO .....</b>	<b>64</b>
4.1 Ley Minera .....	64
4.2 Reglamento de la Ley Minera .....	66
4.3 Ley de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social. ....	67
4.4 Marco legal .....	72
4.4.1. Sociedad Cooperativa .....	73
4.4.2. Selección del tipo de Sociedad Cooperativa y estructura .....	73
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
Bibliografía .....	81

## **Índice de Figuras**

Figura 1. Ubicación de la mina El Potrero .....	14
Figura 2. Distribución climática del Estado de México .....	15
Figura 3. Cuenca de México .....	16
Figura 4 Límites del lote de la mina El Potrero.....	21
Figura 5. Bloques explotables de la mina El Potrero .....	22
Figura 6. Secciones para el cálculo de reservas .....	23
Figura 7. Sección longitudinal A – G.....	23
Figura 8. Sección transversal A – B.....	24
Figura 9. Vista de planta Bloque 1 .....	24
Figura 10. Sección transversal D – E .....	25
Figura 11. Vista de planta Bloque 2 .....	26
Figura 12. Sección transversal F – F'.....	27
Figura 13. Vista de planta Bloque 3 .....	28
Figura 14. Sección transversal G – 4 .....	29
Figura 15. Vista de planta Bloque 4 .....	30
Figura 16. Vista de planta Bloque 5 .....	30
Figura 17. Clasificación de reservas según la NI 43-101 .....	32
Figura 18. Minado de Ladera en la mina El Potrero.....	35
Figura 19. Talud de 100 m de altura de la mina El Potrero.....	36

Figura 20. Descapote del banco de producción.....	37
Figura 21. Vista de planta. Configuración de bancos y camino principal. ....	39
Figura 22. Datos para obtener X utilizando funciones trigonométricas .....	41
Figura 23. Configuración de los bancos.....	42
Figura 24. Cálculo del ángulo de talud final.....	43
Figura 25. Método propuesto con bancos de 15 metros de altura.....	45
Figura 26. Configuración de los bancos de la mina.....	46
Figura 27. Cargado y acarreo.....	47
Figura 28. Nivel de parrillas .....	48
Figura 29. Clasificación granulométrica.....	49
Figura 30. Estación de trituración.....	51
Figura 31. Molino de rodillos con exceso de desgaste.....	52
Figura 32. Equipo en mantenimiento correctivo.....	53
Figura 33. Equipo rentado en reparaciones.....	54
Figura 34. Excavadora 320D .....	57
Figura 35. Camión de 6 m <sup>3</sup> .....	60
Figura 36. Camión torton de 14 m <sup>3</sup> .....	61

### **Índice de Tablas**

Tabla 1. Valor de la producción minera en pesos corrientes .....	8
Tabla 2. Participación del Estado de México en minerales no metálicos a nivel nacional ....	9
Tabla 3. Ubicación en importancia de la mina El Potrero en el Estado de México como productor de arena y grava .....	10
Tabla 4. Densidades y peso volumétrico de materiales para construcción .....	17
Tabla 5. Coordenadas tomadas en campo para delimitar el lote de la mina El Potrero.....	20
Tabla 6. Dimensiones de los bancos con el método propuesto .....	46
Tabla 7. Distribución horaria de actividades propuesta para la mina El Potrero .....	63
Tabla 8. Estructura de una Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada.....	72

## RESUMEN

La pequeña y mediana minería ha sido muy abandonada por efecto de la falta de apoyos e incentivos, por parte de las instituciones. En este caso de estudio se observaron muchas deficiencias en la mina debido a la falta de conocimientos técnicos, desconfianza de auto-inversión para mejorar equipo e instalaciones y la falta de continuidad de los proyectos establecidos por el cambio de administración que va rotando periódicamente y que debido a las diferentes ideas propias de cada gerente que busca hacer crecer la mina y que en muchos casos se olvidan los proyectos ya establecidos.

A través de las visitas realizadas a la mina se logró observar y documentar, muchos de los problemas que tienen en las operaciones actualmente y que con la implementación de conocimientos teóricos y profesionales, se pueden llegar a solucionar.

El presente trabajo tiene como objetivo ayudar a los ejidatarios de la mina El Potrero que carecen de un apoyo profesional para llevar sus operaciones y resolver algunos problemas de relevancia que entorpecen la buena productividad de la mina. Se abordaron varios de ellos como: la falta de conocimiento de la vida operativa de la mina, la falta de productividad de la mina frente a la demanda de arena requerida diariamente, la falta de organización de la mina donde solo una persona lleva la supervisión y administración de los recursos en mina.

Los trabajos realizados desde el cálculo de reservas, diseño de un método de explotación viable, cálculo de equipo y un diseño organizacional de la mina, demuestran que la operación requiere de muchos cambios. Por ejemplo, la explotación que se lleva con bancos de hasta 100 m de altura pone en riesgo a gran parte de los trabajadores; con el diseño propuesto se busca cuidar la seguridad del personal y cubrir la producción requerida. El presente trabajo pretende ayudar en una reestructuración de la mina. De esta manera se tendrá un mejor manejo de los recursos que entran y salen de la empresa donde los ejidatarios son los administradores y propietarios.

## 1. INTRODUCCIÓN

Por lo que se refiere a los minerales no metálicos, estos se han convertido en el presente siglo en los de mayor importancia en el Estado de México, alcanzando en los últimos años un crecimiento sostenido del 20% anual, según datos del Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México (IFOMEGEM desde 2000). Actualmente los minerales no metálicos que más contribuyeron al PIB minero del estado fueron minerales pétreos como: la arena y grava, caliza, tezontle y tepetate. Otros de menor importancia son la dolomita, tepojal, arcillas y diatomita<sup>1</sup>. La industria de la construcción consume el 97% de la producción de arena y grava, el otro 3% es usado para la fabricación de vidrios

Observando a nuestro principal consumidor de materias primas que son los Estados Unidos de América (EE.UU.) según datos de la US Geological Survey, la arena y grava en el 2013 incrementó un 3% su producción con respecto al 2012. En el 2012 la producción fue de 839 millones de toneladas y para el 2013 se incrementó a 861 millones de toneladas, lo cual para el cierre del año del 2013 dio como resultado \$6.7 mil millones de dólares<sup>2</sup>. México es el segundo importador de los EE.UU. de arena y grava con el 7 % el primer lugar es Canadá con el 79%, las importaciones de EE.UU. son de 3 millones de toneladas métricas anuales desde el 2009 hasta 2013, México exporta a EE.UU. 210,000 millones de toneladas métricas.

La importancia de conocer la participación de los minerales no metálicos y agregados pétreos en los países desarrollados resulta importante ya que nuestro país cuenta con grandes reservas de minerales industriales y para la construcción, a los que no se les da la importancia debida y dada la importancia que merecen como minerales estratégicos para el crecimiento nacional y como fuente de ingresos por exportación, se debe considerar la posibilidad de darles un valor agregado.

---

<sup>1</sup> Secretaria de Economía, Panorama Minero del estado de México, Septiembre de 2011, pp. 5.

<sup>2</sup> U.S Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, February 2014, pp 136.

## 1.1 Minería de materiales pétreos

El consumo de materiales pétreos para la construcción como la arena y grava, está íntimamente relacionado con el desarrollo socioeconómico de cada país y en consecuencia con la calidad de vida de la población.

A nivel mundial se estima que la producción de materiales pétreos representa el 50% de producción en volumen; son varias las causas que dificultan conocer los datos precisos, como por ejemplo, que las operaciones de explotación, extracción y comercialización de los materiales producidos por las minas, son llevadas a cabo directamente por parte de los propietarios de las tierras. Lo anterior obedece al hecho de que este tipo de operaciones no están reglamentadas en la Legislación Minera como otro tipo de procesos minero-metalúrgicos.

La producción del Estado de México en el año 2010 fue mayor a 17 millones de toneladas y la producción de arena se registró en más de 7 millones de toneladas hasta ese año. En la (Tabla 1), se observa la gran importancia que tiene la arena y grava ya que es notable que la producción supera en tonelaje a minerales como la caliza, tepetate y tezontle. De igual manera en la (Tabla 2) se observa el valor que tiene dicha producción de arena y grava.

Tabla 1. Valor de la producción minera en pesos corrientes

PRODUCTOS	2006	2007	2008	2009	2010/p
<b>Total</b>	<b>3,146,181,057</b>	<b>3,434,199,459</b>	<b>3,203,599,283</b>	<b>5,680,729,320</b>	<b>6,139,649,978</b>
<b>Metálicos</b>	<b>1,824,693,394</b>	<b>2,019,913,927</b>	<b>1,766,231,163</b>	<b>2,436,529,253</b>	<b>3,055,520,445</b>
ORO	137,698,310	181,327,831	238,236,925	339,548,490	391,284,935
PLATA	478,636,396	497,632,509	653,616,594	1,005,505,984	1,312,317,368
CADMIO	206,995	590,203	447,769	261,491	-
COBRE	170,228,948	142,821,404	131,306,648	129,193,807	165,529,387
PLOMO	86,514,481	130,503,498	118,687,991	182,766,361	214,922,459
ZINC	951,348,263	1,067,038,482	623,935,237	779,253,120	971,466,297
<b>No Metálicos</b>	<b>1,321,487,664</b>	<b>1,414,285,532</b>	<b>1,437,368,120</b>	<b>3,244,200,066</b>	<b>3,084,129,533</b>
ARCILLAS	15,743,940	22,047,900	22,818,400	86,167,461	81,634,923
ARENA	697,879,795	755,409,800	763,431,170	1,896,999,750	1,781,525,845
CALCITA	588,000	672,000	725,000	1,752,703	941,253
CALIZA	108,634,570	132,458,000	123,632,810	195,840,120	246,095,654
CANTERA	65,552,094	77,569,700	80,656,670	80,886,496	74,714,103
GRAVA	337,768,332	337,768,332	335,878,530	865,507,866	783,006,278
ROCAS DIMEN.	902,000	935,000	913,000	11,177,930	10,686,445
TEPETATE.	12,944,100	13,290,800	13,047,060	12,547,200	11,603,135
TEPOJAL.	15,097,000	16,922,000	20,205,000	19,635,200	17,848,116
TEZONTLE.	66,377,833	57,212,000	76,060,480	73,685,340	76,073,781

FUENTE: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2005, edición 2011.

1/Minería para construcción. Cifras calculadas con base en el consumo de cemento y cal

2/Carbonato de calcio

3/Mineral para construcción. Cifras calculadas con base en el consumo de cemento

p/Cifras preliminares

Tabla 2. Participación del Estado de México en minerales no metálicos a nivel nacional

PRODUCTO	VOLUMEN PRODUCCIÓN NACIONAL (t)	VOLUMEN PRODUCCIÓN ESTATAL (t)	VALOR PRODUCCIÓN NACIONAL (mdp)	VALOR PRODUCCIÓN ESTATAL (mdp)	PORCENTAJE
ARENA 1/	89,036,730	17,382,249	9,125.47	1,781.52	19.52
GRAVA 3/	76,789,140	7,411,803	8,112.24	783.00	9.65
ARCILLAS	9,111,988	786,660	945.58	81.63	8.63
CALIZA	64,678,535	3,684,065	4,320.52	246.09	5.69
R. DIMENSION.	4,101,447	10,080	4,348.20	10.68	0.24
CALCITA 2/	3,185,369	2,380	1,259.76	0.94	0.07

FUENTE: Dirección General de Minas, Secretaría de Economía; e Investigación IFOMEGEM

1/Mineral para construcción

2/Carbonato de calcio

3/Mineral para construcción

El Estado de México cuenta con 261 minas de minerales no metálicos de las cuales, la mina El Potrero es la número 10 en importancia por el tonelaje diario de producción. En la (Tabla 3) se observa la participación de las minas de mayor importancia en el Estado de México en valor y volumen en la producción nacional. La tabla muestra la participación en minerales no metálicos.

Tabla 3. Ubicación en importancia de la mina El Potrero en el Estado de México como productor de arena y grava

No.	NOMBRE PLANTA	MUNICIPIO	TIPO DE PLANTA	CAPACIDAD INSTALADA t/día	SUBSTANCIA	SITUACIÓN
1	ARENERA LA FE	Nicolás Romero	Triturado/cribado	12,000	Arena y grava	Activa
2	CEMENTOS APASCO, S.A.	Apaxco	Molienda y Calcinación	11,000	Caliza, yeso y arcilla	Activa
3	MINA EL PERICON	Donato Guerra	Triturado/cribado	7,500	Arena y grava	Activa
4	ARENERA EL MILAGRO	Ixtapaluca	Triturado/cribado	6,300	Arena y grava	Activa
5	ARENERA EL VENADO (CEMEX)	Huixquillucan	Triturado/cribado	6,000	Arena y grava	Activa
6	TRITURADOS VAROSA, S.A.	Ixtapaluca	Triturado/cribado	6,000	Arena y grava	Activa
7	TRITURADOS LOMA ANCHA, S.A.	Ixtapaluca	Triturado/cribado	3,800	Arena y grava	Activa
8	AGREGADOS COMO, S.A.	Tequesquahuac	Triturado/cribado	2,500	Arena y grava	Activa
9	CIA. MINERA 2000, S.A. de C.V.	Metepec	Tributado/cribado	2,400	Arena y grava	Activa
10	MINA EL POTRERO	Ixtapaluca	Triturado/cribado	1,800	Arena y grava	Activa
11	MINA EL 40	Ixtapaluca	Triturado/cribado	1,400	Arena y grava	Activa
12	U. SOCIOECONOMICA TLAMINCA	Texcoco	Triturado/cribado	900	Arena y grava	Activa
13	U. PROD. PÉTREOS LA CORONA	Tlalnepantla	Corte/laminado	500	Cantera	Activa
14	MINA LA ESPERANZA	Texcoco	Triturado/cribado	300	Arena y grava	Activa
15	CAL APASCO	Apaxco	Calcinación/hidratación	300	Caliza	Activa
16	AGREGADOS COCOYOC	Texcoco	Triturado/cribado	300	Grava y arena	Activa

## 1.2 Problemática

La pequeña minería de materiales pétreos no es tomada en cuenta como debe ser ya que no se encuentra regulada en la mayoría de los casos y mucho menos se le da una asesoría profesional para poder tener las mejores condiciones laborales y sociales posibles.

En este caso de estudio se observaron deficiencias en la operación de la mina El Potrero, como la falta de organización en mina, de tal manera que en muchos casos, hace falta comunicación entre las personas que laboran dentro de la empresa, lo cual lleva a que existan inconformidades por parte de las diferentes áreas de la mina; también fue posible detectar la falta de orientación profesional y de seguridad sobre cómo llevar; de una manera adecuada el aprovechamiento de la explotación de la arena ya que se manejan bancos demasiado altos que ponen en riesgo a las personas que se encuentran trabajando en ese sitio en particular; la falta de disponibilidad de equipo en condiciones adecuadas para trabajar afecta a toda la operación de la mina puesto que no siempre se cubre la producción diaria requerida.

La falta de organización laboral, ya que solo existe una persona encargada de supervisar todas las áreas de la mina, la falta de seguro social para los trabajadores de la mina y la falta de incentivos para un mejor desempeño de cada uno de los trabajadores propicia un bajo rendimiento laboral y por lo tanto una mala operación de la mina en sus diferentes sectores.

### **1.3 Objetivo**

El objetivo del presente trabajo es coadyuvar a resolver la problemática existente en el proceso productivo de la mina El Potrero. Para poder evaluar las deficiencias del proceso productivo de la mina fue necesario hacer un reconocimiento presencial y visual en la mina.

Con base en lo anterior se buscó conocer las operaciones que se llevan a cabo en la mina, se identificaron diversos problemas que se presentaron y se seleccionaron los de mayor importancia, que se deben atender lo más pronto posible para optimizar la explotación.

### **1.4 Justificación**

La minería de agregados pétreos en la mayoría de los casos de estudio, se puede catalogar dentro de las Pequeñas y medianas empresas (Pymes), que aunque no lo parezca, contribuyen con una gran parte de PIB nacional, las Pymes, generan 7 de cada 10 empleos formales en el país, por lo cual es importante contribuir con el desarrollo de estas empresas. En México, las Pymes constituyen el 90% de las empresas, el 42% del empleo, y contribuyen con un 23% del PIB. Están definidas por el número de empleados con los que cuenta la empresa. En el caso de la industria pequeña contribuye dando empleo a 11 de cada 50 empleos disponibles y la mediana empresa contribuye con 51 de 250 empleos disponibles.

La pequeña minería ha sido descuidada de tal forma que no existe una promoción adecuada para invertir en estas empresas que contribuyen con gran parte de la producción por volumen del país y que de igual forma se tiene una orientación profesional deficiente que lleva a la mala administración de dichas empresas. La mayor parte de la promoción se la llevan las grandes empresas nacionales y transnacionales que invierten en grandes proyectos y no le dan importancia a las empresas pequeñas que buscan subsistir en el mercado cada vez más competido.

La falta de conocimientos técnicos por parte de los mineros de las pequeñas y medianas empresas encargadas de extraer agregados pétreos, que llevan una explotación artesanal por decirlo de alguna manera porque siempre lo han hecho así, lleva a que existan grandes rezagos y falta de confiabilidad al presentarse oportunidades para hacer crecer estas empresas. Instituciones educativas como la UNAM tienen la capacidad y conocimientos para poder apoyar a las Pymes en la elaboración de alternativas para fomentar el crecimiento de estas empresas que necesitan un apoyo especializado.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 Información general**

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas a causa de la meteorización de las rocas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0.063 y 2 mm o que logran pasar el tamizado por la malla N° 200. Una partícula individual dentro de este rango es llamada “grano de arena”. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca o psamita. Las partículas por debajo de 0.063 mm y hasta 0.004 mm se denominan limo, y por arriba de la medida del grano de arena y hasta 64mm se denominan grava o que pasan por la malla N° 4.<sup>3</sup>

El componente más común de la arena, en tierra continental y en las costas no tropicales, es la sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo los recursos y condiciones locales de la roca.

### **2.2 Importancia de la arena en México**

Las arenas y materiales pétreos que solo son utilizados en la fabricación de materiales de construcción o que sean destinados para la industria de la construcción, se exceptúan en la Ley Minera como concesibles (Artículo 5, fracción IV y V de la Ley Minera, reforma publicada DOF 26-06-2006.), salvo que se requieran trabajos de explotación y extracción subterránea.

Al ser tomados como un mineral o material “no concesible”, significa que no le aplica la Ley Minera ni su Reglamento. En particular y siempre que su explotación sea por tajo o en cantera, su extracción está exenta de pago por derechos mineros a nivel federal, por lo que su regulación es a nivel estatal y es patrimonio del propietario del terreno.

La mayoría de las operaciones son de tipo micro y pequeña minería, muchas de las cuales están asentadas en Comunidades Ejidales identificadas en la denominada minería social.

Cabe destacar que las empresas que integran el sector arenero presentan características comunes, como por ejemplo que estos establecimientos suelen interesarse más en aspectos de la producción que en la promoción de ventas y en muchos casos, el o los propietarios trabajan con los empleados.

La pequeña y mediana minería, y la minería social enfrentan problemas de cuantificación de reservas, desconocimiento de la calidad de sus minerales,

---

<sup>3</sup> William A. Hustrulid., Mark Kuchita, Open Pit Mine Planning & Design

insuficiencia de capacitación y de recursos financieros por falta de garantías y carencia de asesoría técnica y capacitación para la exploración, explotación, beneficio y comercialización de los minerales.

La producción de arenas se encuentra distribuida ampliamente en el país, resaltando que se encuentran cercanas a los centros de desarrollo urbano y a la ampliación de la red carretera, lo que resulta lógico por ser un producto destinado principalmente para construcción, aun cuando también existe mercado especializado para las arenas sílicas en la industria del vidrio, para pulido y limpieza mediante chorro de arena (sand-blast), elementos de filtro y otras aplicaciones industriales.

### 2.3 Localización

La mina El Potrero se encuentra ubicada en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México. La mina está a una distancia aproximada de 7 km de la cabecera municipal de Ixtapaluca con una dirección al Este, con respecto de la cabecera municipal. (Véase la Fig. 1)

A la mina es posible llegar por la Carretera Federal Puebla – México y posteriormente tomando el camino de terracería a la mina El Milagro (mina El Potrero). Es importante aclarar que la mina El Milagro se encuentra abandonada y actualmente es un relleno sanitario, la mina El Potrero es vecina de la que actualmente es relleno sanitario.

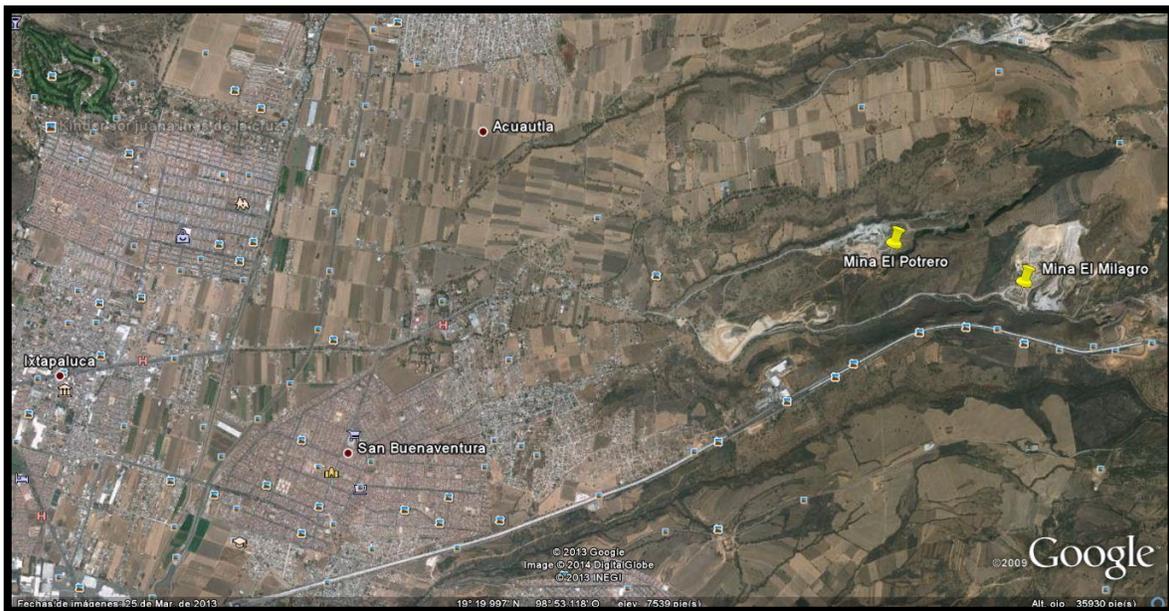


Figura 1. Ubicación de la mina El Potrero

## 2.4 Clima

El 73% del estado presenta clima templado subhúmedo, localizado en los valles altos del norte, centro y este; el 21% es cálido subhúmedo y se encuentra hacia el suroeste, el 6% seco y semiseco, presente en el noreste, y 0.16% clima frío, localizado en las partes altas de los volcanes.

La temperatura media anual es de 14.7°C, las temperaturas más bajas se presentan en los meses de enero y febrero son alrededor de 3.0°C. La temperatura máxima promedio se presentan en abril y mayo es alrededor de 25°C.

Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 900 mm anuales.

En el Nevado de Toluca (albergue, estación de microondas), se registra una temperatura media anual de 3.9°C, que es la más baja de todo el país.

En el estado se practica la agricultura de riego y de temporal siendo los principales cultivos: maíz, chícharo verde, cebada, frijol, papa, alfalfa, trigo, aguacate y guayaba entre otros.

El municipio de Ixtapaluca se encuentra en la zona de clima templado subhúmedo como se muestra en la (Fig. 2).

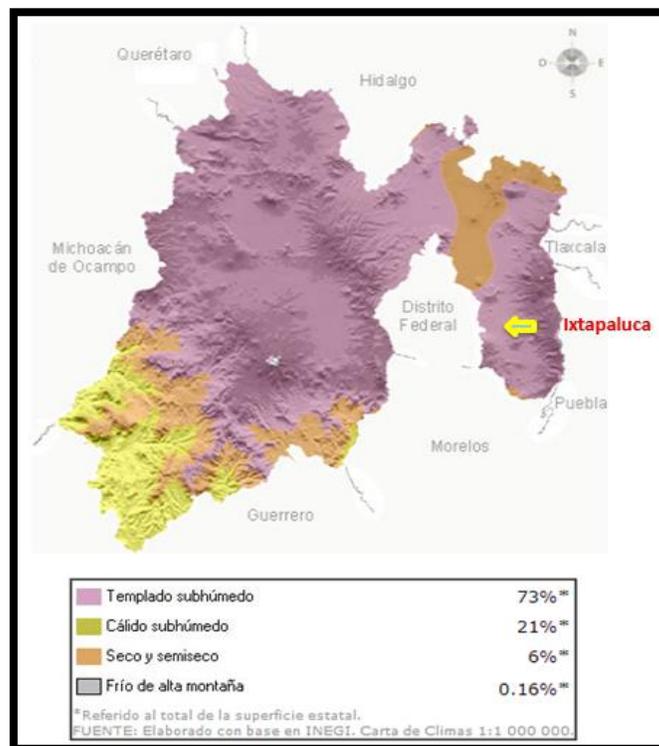


Figura 2. Distribución climática del Estado de México

## 2.5 Geología

Las regiones mineras del Estado de México han sido agrupadas por el tipo de mineralización según el tipo de yacimiento y litología. La importancia de los yacimientos en la Cuenca de México, data de la época de la colonia, para la construcción de la ciudad de Ciudad de México y dada la explosión demográfica de la actualidad.

La mineralización de la Cuenca de México (Ver Fig. 3) dada la explotación que se realiza actualmente de importancia, es de minerales de carbonato de calcio, arena y grava. El tipo de yacimiento donde se encuentra ubicada la mina El Potrero es de tipo detrítico volcánico. La formación de dicho yacimiento se debe a que la zona es de tipo volcánica por los volcanes Iztaccíhuatl y el Popocatepetl.

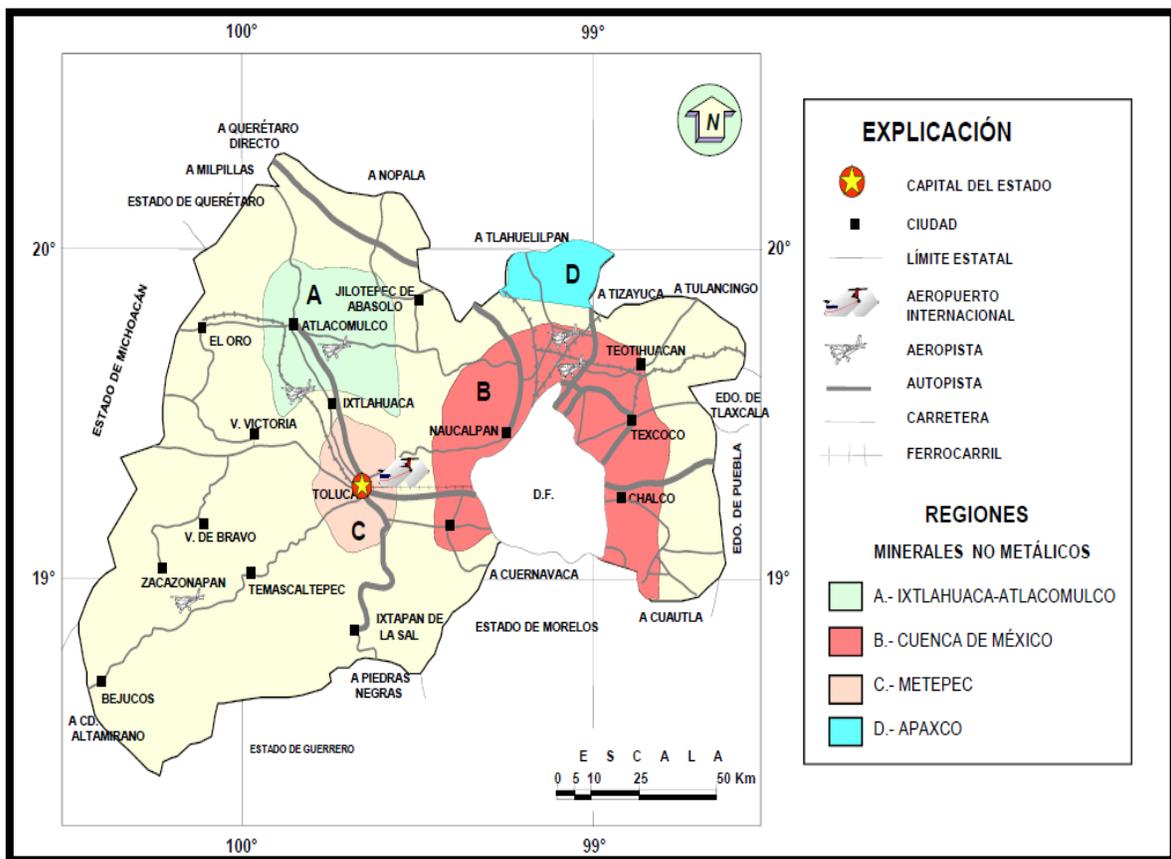


Figura 3. Cuenca de México

FUENTE: Dirección General de Minas, Secretaría de Economía; e Investigación IFOMEGEM

## 2.6 Propiedades físicas

La calidad de los agregados depende de las propiedades físicas y químicas de la arena. Esto puede ser inherente a la mineralogía o de textura de las rocas, de la cual provienen los grandes yacimientos de arenas, todo esto se puede deber a cambios tales como: tectónicos, mecánicos, de desgaste químico, etc.

Las propiedades físicas más significativas son:

1. La abundancia y naturaleza de fracturas y poros
2. Forma de las partículas y textura superficial
3. El cambio de volumen que ocurre con el congelamiento, humedad y en seco.

Es importante conocer el peso volumétrico de la arena, por lo cual se consultó el manual del constructor de Cemex-Tolteca. En la Tabla 4, se observan las densidades de algunas rocas y peso volumétrico de otros materiales como la arena y grava.

Tabla 4. Densidades y peso volumétrico de materiales para construcción

MATERIAL		DENSIDAD	PESO VOLUMÉTRICO kg/m <sup>3</sup>
<b>MAMPOSTERÍA</b>			
Piedra labrada	{Granito, sienita, gneiss piedra caliza, mármol arenisca, piedra azul.	2.3-3.0	2650
		2.3-2.8	2550
		2.1-2.4	2250
Piedra bruta	{Granito, sienita, gneiss piedra caliza, mármol arenisca, piedra azul.	2.2-2.8	2500
		2.2-2.6	2400
		2.0-2.2	2100
Piedra a seco	{Granito, sienita, gneiss piedra caliza, mármol arenisca, piedra azul.	1.9-2.3	2100
		1.9-2.1	2000
		1.8-1.9	1800
Ladrillo	{Ladrillo aprensado, ladrillo común, ladrillo blando.	2.2-2.3	2250
		1.8-2.0	1900
		1.5-1.7	1600
Hormigón	{Cemento, piedra negra.	2.2-2.4	2300
Concreto	{Cemento carbonilla, etc.	1.5-1.7	1600
<b>VARIOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>			
Adobe			1600
Argamasa fraguada		1.4-1.9	1650
Cal y yeso sueltos			1040-1200
Carbonilla			640-720
Cemento Portland suelto			1440
Cemento Portland fraguado			2950
Tezontle			1400
<b>TIERRA, ETC. DE EXCAVACIONES</b>			
Arcilla seca			1010
Arcilla húmeda, plástica			1760
Arcilla y grava seca			1600
Arena grava, seca, suelta			1440-1680
Arena grava, seca, apretada			1600-1920
Arena grava, húmeda			1890-1920
Cascajo de piedra calcárea			1280-1360
Cascajo de piedra arenisca			1440

Para el estudio se tomó el dato de  $1,680 \text{ kg/m}^3$ , pues la arena que se extrae por efecto de la maquinaria utilizada al aflojarla aumenta su factor de abudamiento que hace que la clasifiquemos en la categoría de Arena grava, seca suelta con un peso volumétrico de  $1,440\text{-}1,680 \text{ kg/m}^3$ , se tomó el valor más alto ya que se considera un porcentaje de humedad.

### **3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA EXPLOTACIÓN Y SOLUCIONES PROPUESTAS**

#### **3.1 Cálculo de reservas**

En la actualidad la mina El Potrero desconoce el tiempo de vida de su operación al ritmo de explotación de 1,800 m<sup>3</sup>/día (el cálculo se puede revisar en el capítulo 3.9), por tal motivo se realizó la estimación y cálculo de dichas reservas.

Descripción del cálculo de reservas.

Para poder estimar las reservas se utilizaron algunas herramientas que a continuación enunciaremos:

- Cinta de 50m
- Plomada
- GPS marca eTRex

El trabajo se realizó ubicando los linderos la mina El Potrero, para de esta forma poder conocer y ubicar puntos geográficos representativos de la mina y ubicarlos en un plano con ayuda de Google Earth.

Paso 1. Se hizo un reconocimiento visual y general de los límites de lote de mina, algunas complicaciones fue que solo los ejidatarios de la mina conocen dichos puntos.

Paso 2. Se hizo una planeación del orden y sitios más adecuados para poder tomar datos, agilizar y facilitar el trabajo.

Paso 3. Una vez conocidos los puntos, con ayuda del GPS se tomaron las coordenadas geográficas y se documentaron en una libreta de campo. De igual forma se tomó nota de las diferentes alturas a las que están ubicados los puntos donde se tomaron las lecturas con el GPS.

Paso 4. Se adjuntaron los datos tomados en campo en un mapa de Google Earth y se trazó un polígono para tener una idea más específica de la forma del lote minero y poder calcular las reservas de la mina.

Paso 5. El plano fue dividido en figuras geométricas simples que facilitarán el cálculo de las reservas de la mina, calculando primero el volumen de todos y cada uno de los cuerpos geométricos individualmente y multiplicándolo por la densidad de la arena. Obteniendo así un tonelaje que tomaremos como las reservas de la mina.

A continuación se muestra una tabla con cada uno de los puntos tomados en campo para utilizarlos en el cálculo de las reservas. (Tabla 5)

Tabla 5. Coordenadas tomadas en campo para delimitar el lote de la mina El Potrero

<b>PERIMETRO MINA POTRERO</b>		
<b>Punto</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altura (m)</b>
<b>1</b>	N 19° 19.152' W 098° 50.104'	2324
<b>2</b>	N 19° 19.663' W 098° 48.658'	2456
<b>3</b>	N 19° 19.494' W 098° 48.656'	2532
<b>4</b>	N 19° 19.245' W 098° 48.649'	2349
<b>5</b>	N 19° 19.564' W 098° 49.095'	2401
<b>6</b>	N 19° 19.085' W 098° 49.974'	2330
<b>7</b>	N 19° 18.924' W 098° 49.808'	2330
<b>8</b>	N 19° 19.429' W 098° 49.535'	2371
<b>3 (AUX)</b>	N 19° 19.557' W 098 48.676'	2424
<b>BANCO PATIO</b>	N 19° 19.404' W 098° 49.168'	2368
<b>BANCO ENCAPE</b>	N 19° 19.384' W 098° 49.193'	2445
<b>CONTACTO ARENA</b>	N 19° 19.384' W 098° 49.193'	2422
<b>A</b>	N 19° 19.336' W 098° 49.487'	2380
<b>B</b>	N 19° 19.247' W 098° 49.438'	2384
<b>C</b>	N 19° 19.436' W 098° 49.176'	2445
<b>D</b>	N 19° 19.345' W 098° 49.122'	2448
<b>E</b>	N 19° 19.184' W 098° 49.051'	2342
<b>F</b>	N 19° 19.491' W 098° 48.890'	2527
<b>G</b>	N 19° 19.528' W 098° 48.662'	2540



Figura. 4 Límites del lote de la mina El Potrero

Para poder hacer el cálculo de las reservas, se hicieron secciones longitudinales y transversales del área explotable dentro del lote de la mina, como se muestra en la (Fig. 5). Dicho cuerpo fue dividido en 5 Bloques para facilitar el cálculo. El ejercicio se hizo ajustando cada bloque a una figura geométrica simple para hacer el cálculo del volumen de cada uno de los bloques.



Figura 5. Bloques explotables de la mina El Potrero

En la (Fig. 6) se observan las secciones en las cuales se dividió la zona explotable para poder calcular las reservas de la mina El Potrero.

Con ayuda de un programa de cómputo CAD se hizo el trazado de las secciones del yacimiento explotado hasta el día de hoy. Las distancias se obtuvieron con ayuda del programa de internet Google mapas, así como corroboradas con ayuda de cartas geológicas del Servicio Geológico Mexicano. A continuación, se anexan cada una de las secciones que se hicieron para calcular las reservas de la mina El Potrero.

En la (Fig. 7) se observa la sección longitudinal del punto A-G de la mina.



Figura 6. Secciones para el cálculo de reservas

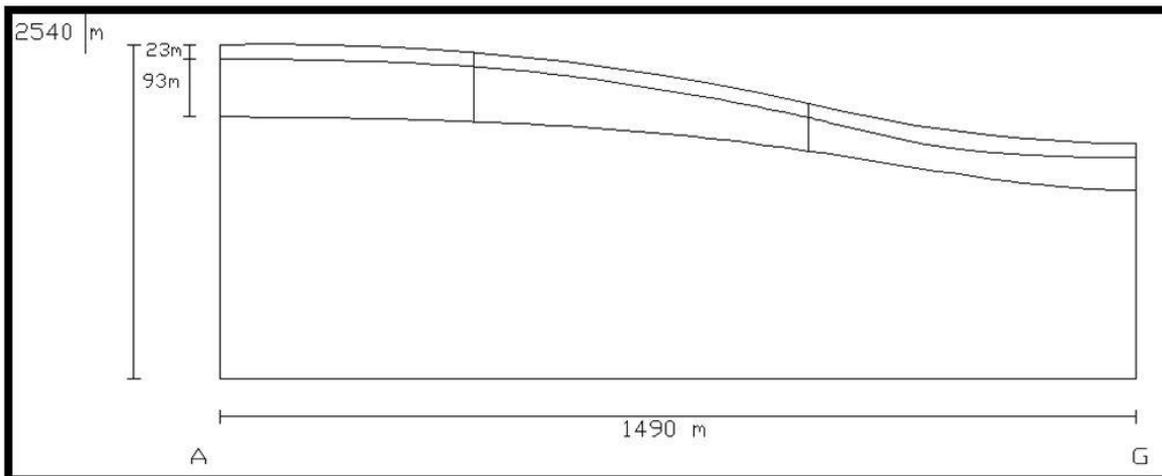


Figura 7. Sección longitudinal A – G

Según los datos obtenidos en campo la distancia longitudinal que existe entre el comienzo y el fin de lote de la mina (puntos A y G) es de 1,490 m lineales. Para el cálculo de las reservas de la mina como ya se dijo anteriormente fue dividido en 5 bloques. Dado que el yacimiento muestra un comportamiento tabular, se decidió utilizar figuras geométricas simples para el cálculo de las reservas en cada bloque y así obtener un volumen total. A continuación se muestran los cálculos realizados para cada bloque con su respectiva sección transversal en cada uno de ellos.

### Cálculo de reservas del Bloque 1

En la (Fig. 8 y Fig. 9), se observan las mediciones que se obtuvieron gracias a la toma de datos que se hizo con ayuda del GPS (eTRex), de tal manera que con ayuda de este instrumento, se tenga una mayor fiabilidad en el cálculo de las reservas ya que la mina no cuenta con una certificación de reservas y se desconoce la vida operativa en la mina El Potrero.

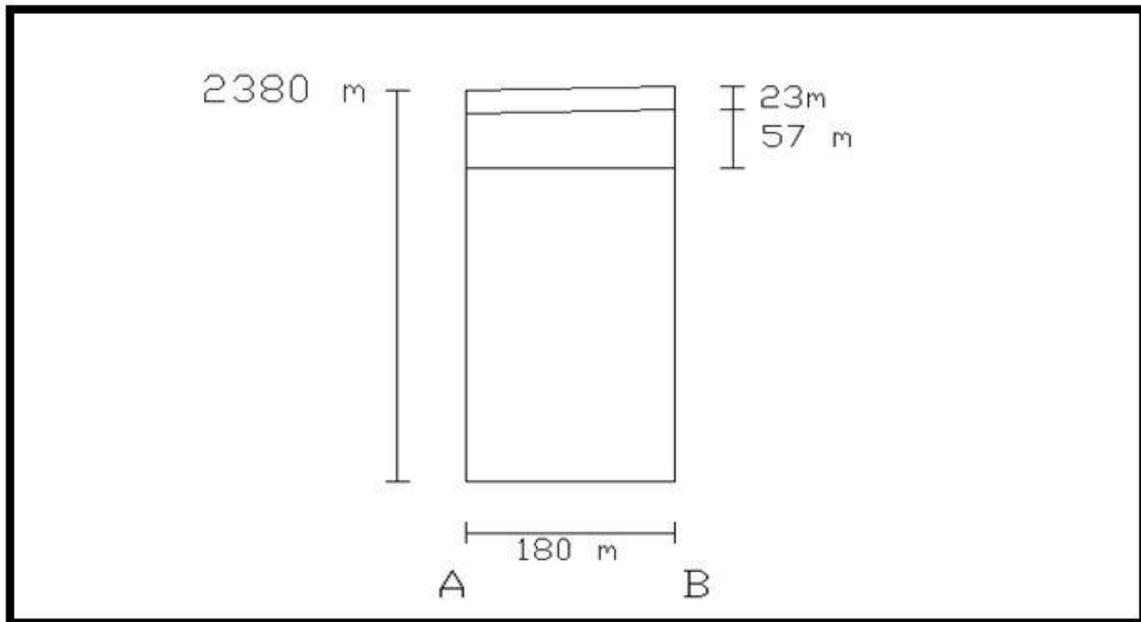


Figura 8. Sección transversal A - B

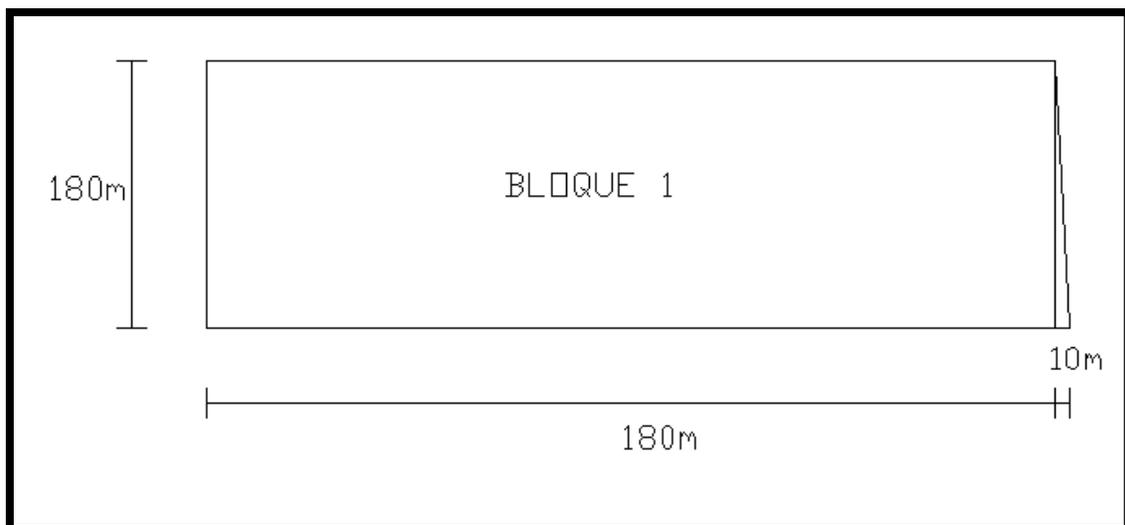


Figura 9. Vista de planta Bloque 1

$$570m * 180m = 102600m^2$$

$$10m * 180m = 1800m^2$$

$$\Sigma = 104,400m^2$$

En los cálculos se tomó una altura del banco de 57 m y 23 m de encape, para lo cual solo utilizaremos la altura del banco hasta donde existe el contacto entre la arena y el tepetate. Para calcular el volumen se hace la siguiente operación.

$$\text{Volumen} = 104,400m^2 * 57m = 5,950,800m^3$$

### Calculo de reservas del Bloque 2

En la (Fig. 10) se observa en la parte superior del bloque un espesor de 23 m que corresponde al espesor del tepetate y la potencia de 54m corresponde a la zona explotable de arena de la mina del Bloque 2.

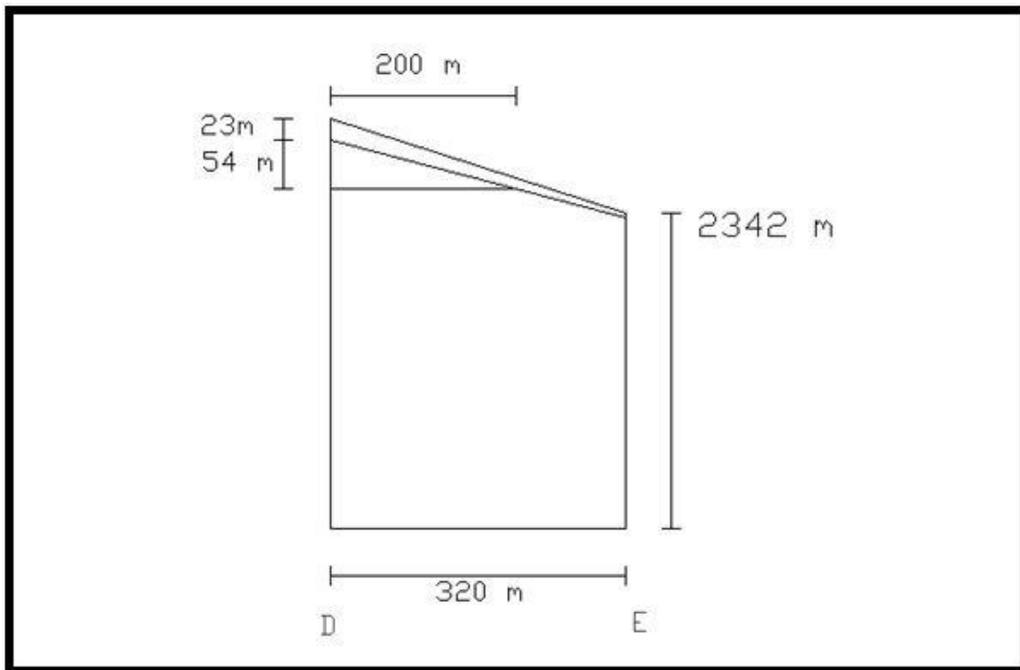


Figura 10. Sección transversal D – E

La (Fig. 11) corresponde a la vista de planta del Bloque 2, según el comportamiento observado en la explotación que se lleva, el tepetate tiene un menor espesor debido a que la zona más delgada corresponde a un drenaje, lo cual hace que esa zona esté más erosionada y tenga un menor espesor del tepetate.

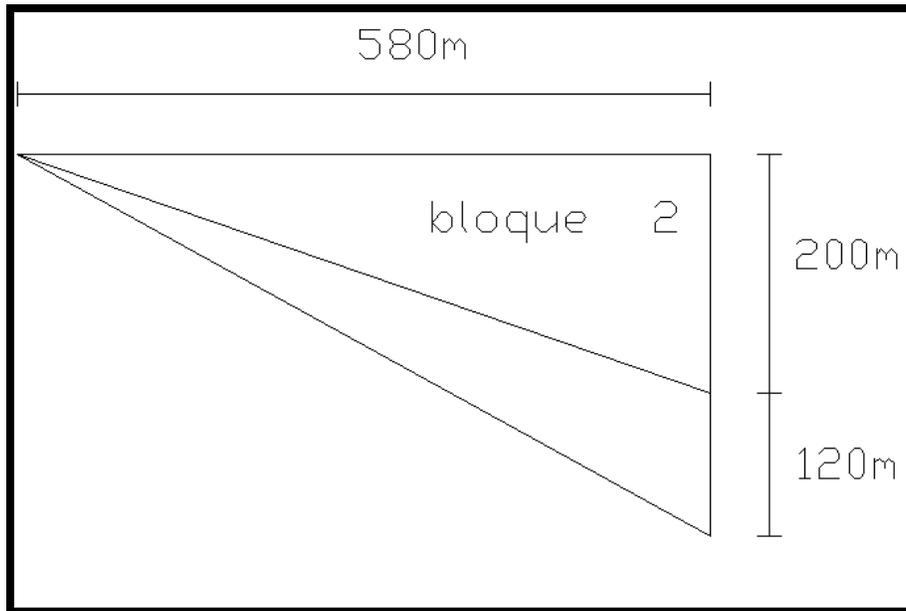


Figura 11. Vista de planta Bloque 2

$$580m * 200m = 116,000m^2$$

$$\frac{b * h}{2} = \frac{116,000}{2} m^2 = 58,000m^2$$

$$\text{Volumen} = 58,000m^2 * 54m = 3,132,000m^3$$

### Cálculo de reservas del Bloque 3

El Bloque 3, presentó una mayor irregularidad así como el mayor tamaño de los 5 bloques calculados, al ser más irregular se dividió en 3 figuras para poder facilitar el cálculo de sus reservas. En las (Fig. 12 y 13), se aprecia con una mayor facilidad la zona de tepetate con un espesor de 23 m y que gradualmente conforme disminuye la topografía también se adelgaza dicha zona.

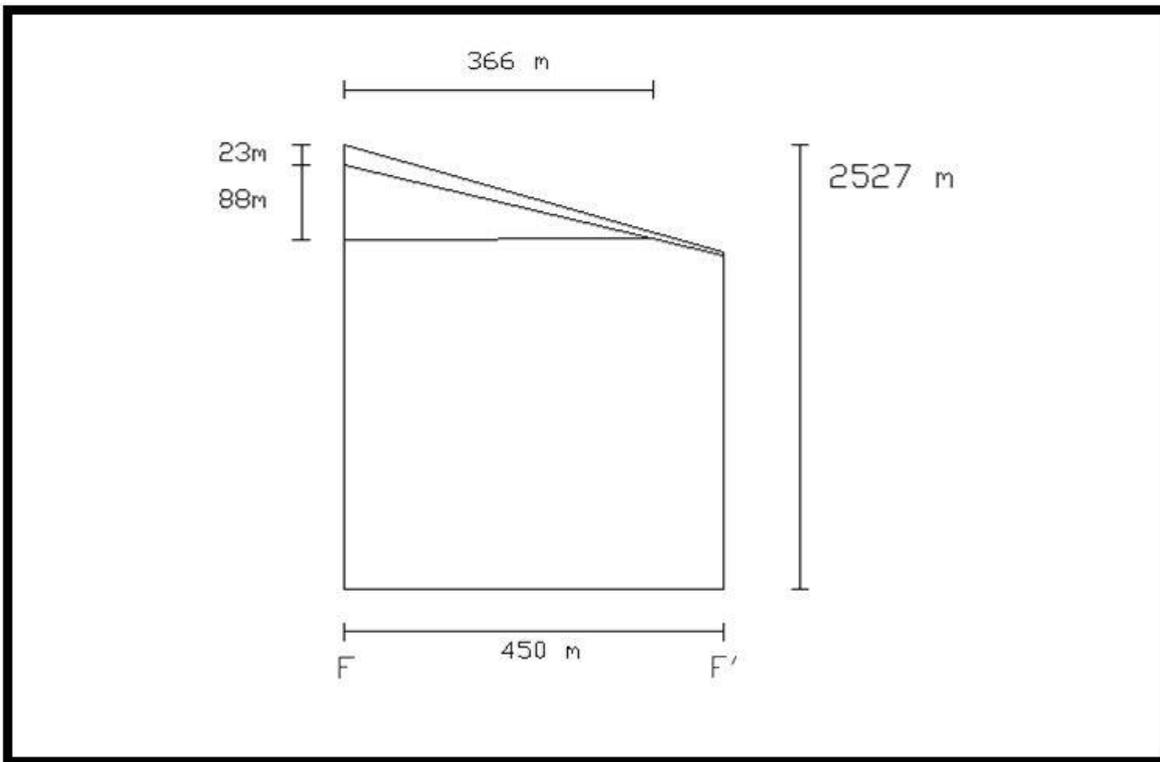


Figura 12. Sección transversal F – F'.

En la (Fig. 13) se observa una longitud diferente que en la sección transversal y eso se debe a que si regresamos a la (Fig. 5 y 6), se observa, que la línea forma los Bloques 5, 4 y 3, por tal motivo tiene una longitud menor en el Bloque 3.

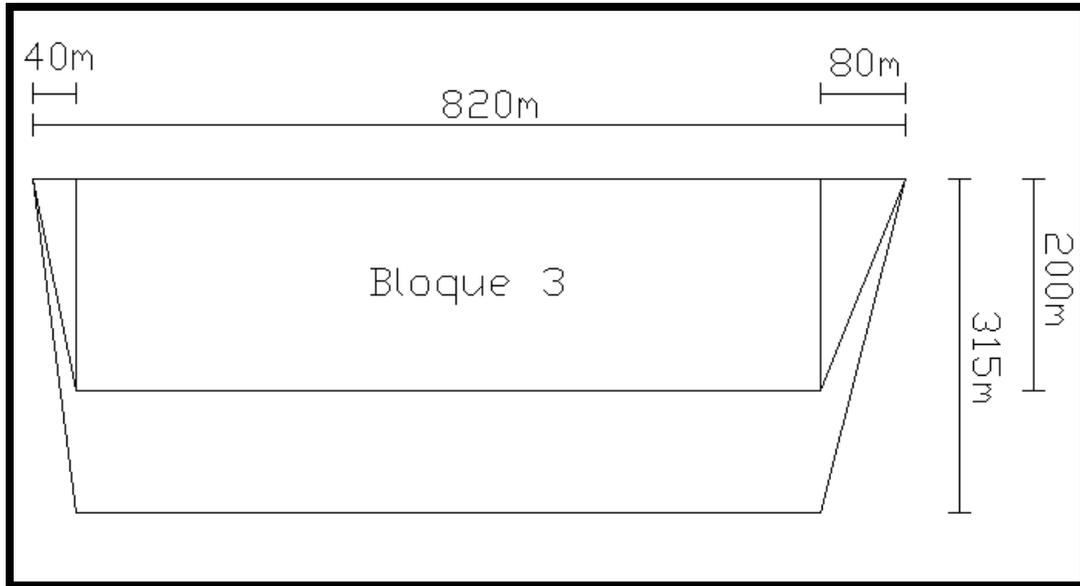


Figura 13. Vista de planta Bloque 3

$$200m * 700m = 140,000m^2$$

$$140,000m^2 * 54m = 7,560,000m^3$$

$$80m * 200m = 16,000m^2$$

$$\frac{b * h}{2} = \frac{16,000m^2}{2} = 8000m^2 * 54m = 432,000m^3$$

$$40m * 200m = 8,000m^2$$

$$\frac{b * h}{2} = \frac{8,000m^2}{2} = 4,000m^2 * 54m = 216,000m^3$$

$$\Sigma = 7,560,000m^3 + 432,000m^3 + 216,000m^3 = 8,208,000m^3$$

$$\mathbf{Volumen = 8,208,000m^3}$$

### Cálculo de reservas del Bloque 4 y del Bloque 5

Los bloques 4 y 5 comparten parte de la línea F – F', (Fig. 14), ambos bloques comparten una misma sección transversal, con base en esto se decidió calcularlos compartiendo la misma sección transversal.

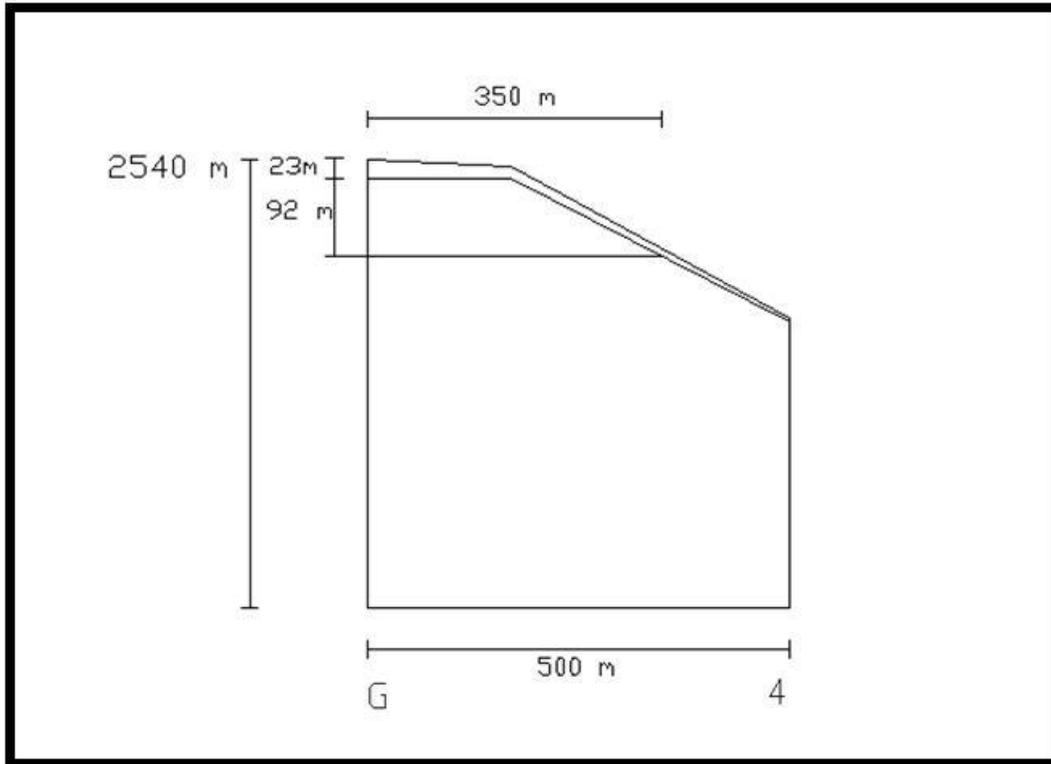


Figura 14. Sección transversal G – 4

En las (Fig. 15 y 16) se observan las vistas de planta de los Bloques 4 y 5; como se mencionó anteriormente ambos bloques comparten la misma sección transversal y una misma potencia de arena.

#### Cálculo de reservas del Bloque 4

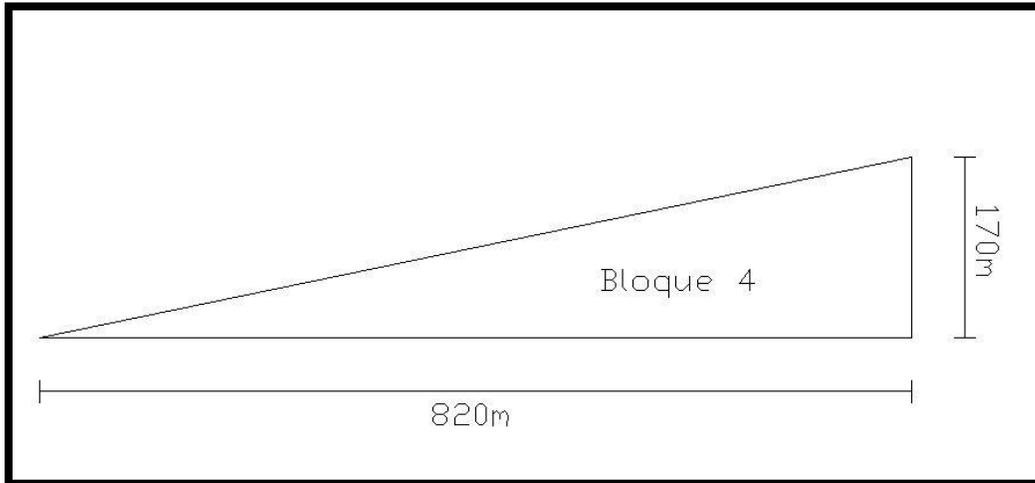


Figura 15. Vista de planta Bloque 4

$$820m * 170m = 139,400m^2$$

$$\frac{b * h}{2} = \frac{139,400m^2}{2} = 69,700m^2$$

Se tomó como dato 88 m de altura, dadas las variaciones en la altura de los bancos antes explotados.

$$Volumen = 69,700m^2 * 88m = 6,133,600m^3$$

#### Cálculo de reservas del Bloque 5

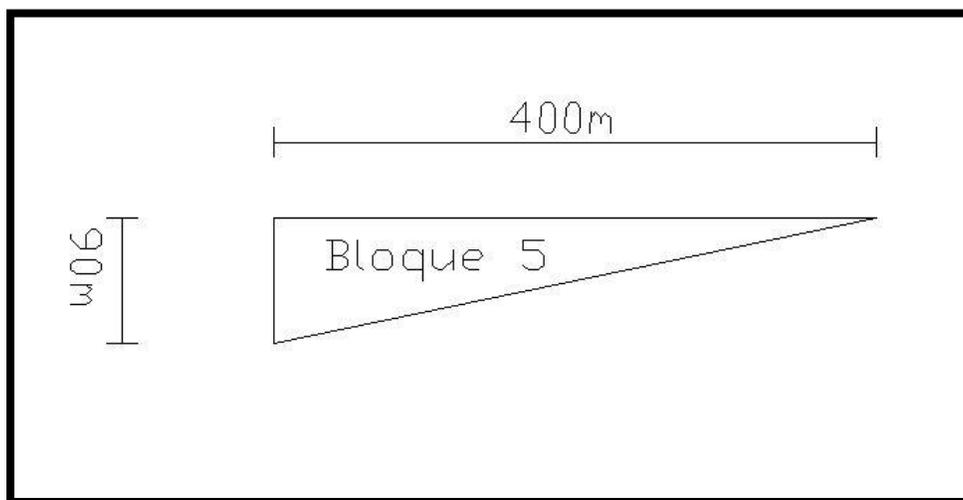


Figura 16. Vista de planta Bloque 5

$$400m * 90m = 36,000m^2$$

$$\frac{b * h}{2} = \frac{36,000m^2}{2} = 18,000m^2$$

$$\text{Volumen} = 18,000m^2 * 90m = 1,620,000m^3$$

Reservas totales calculadas

Para finalizar el cálculo de las reservas se hace la sumatoria de los resultados obtenidos de cada uno de los 5 Bloques en los cuales se dividió la zona que se consideró explotable según las obras mineras ya existentes en la mina El Potrero.

$$\text{Reservas} = \text{Volumen}_{\text{bloque 1}} + \text{Volumen}_{\text{bloque 2}} + \text{Volumen}_{\text{bloque 3}} \\ + \text{Volumen}_{\text{bloque 4}} + \text{Volumen}_{\text{bloque 5}} - \text{Volumen talud final}$$

El volumen del talud final ha sido estimado en 903,262 m<sup>3</sup>, tomando en cuenta un ángulo de talud de 58°. Calculado en el capítulo 3.5.6 *Cálculo del ángulo de talud final*.

$$\text{Reservas} = 5,950,800m^3 + 3,132,000m^3 + 8,208,000m^3 + 6,133,600m^3 \\ + 1,620,000m^3 - 903,262m^3$$

$$\text{Reservas} = 24,141,138m^3$$

La mina El Potrero tiene una producción diaria de 1,800m<sup>3</sup> de arena al día, para el cálculo de vida operativa de la mina se hicieron los siguientes cálculos:

$$1,800 \text{ m}^3/\text{día} * 30 \text{ días/mes} = 54,000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$54,000 \text{ m}^3/\text{mes} * 12 \text{ meses/año} = 648,000 \text{ m}^3/\text{año}$$

Para conocer los años de vida operativa de la mina se hizo el siguiente cálculo:

$$\frac{24,141,138 \text{ m}^3}{648,000 \text{ m}^3 \text{ anuales}} = 37.3 \text{ años}$$

Con base en los cálculos realizados para conocer las reservas de la mina El Potrero y utilizando la clasificación de la **Norma Internacional NI 43-101 para certificación de reservas**, tenemos la siguiente clasificación (Fig. 17):

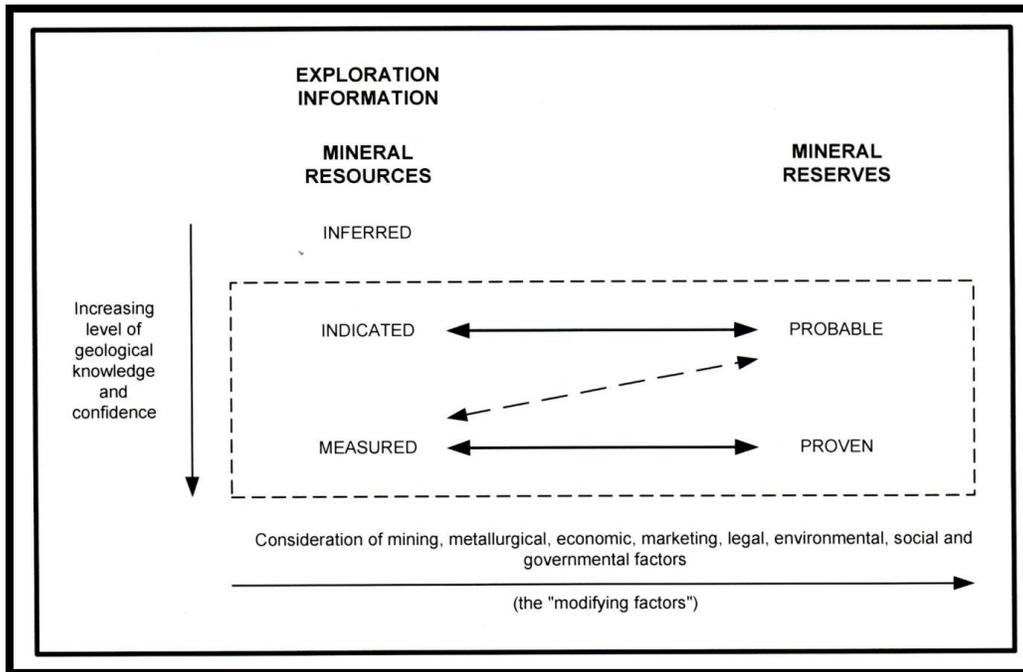


Figura 17. Clasificación de reservas según la NI 43-101

Según el trabajo realizado y con el método para calcular las reservas, se clasificó las reservas como **RECURSOS INDICADOS**.

**Recurso Indicado** – es la parte de un Recurso Mineral para la cual los tonelajes, densidades, formas, características físicas, leyes, y contenidos minerales pueden ser estimados con un razonable nivel de confianza.

Está basado en información de exploración, de muestreo y de pruebas, obtenidas a través de técnicas apropiadas a partir de sitios tales como afloramientos, zanjas, pozos, trabajos diversos o barrenos.

Los sitios están demasiado separados o inadecuadamente ubicados para confirmar una continuidad geológica o de leyes, pero lo suficientemente cercanos para asumir dicha continuidad.

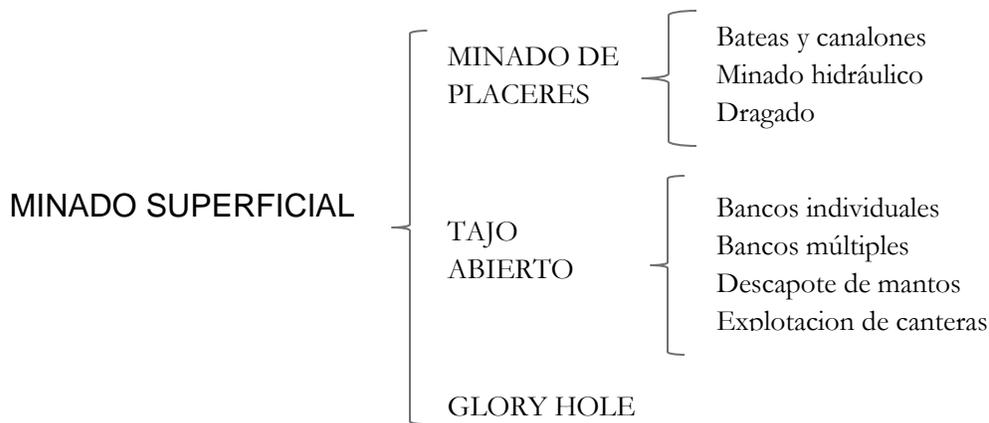
### 3.2 Métodos de minado superficial

Después de ser descubiertos y clasificados los depósitos minerales, delimitados y evaluados, se selecciona el método de minado más apropiado según las condiciones económicas y las consideraciones medio ambientales. El primer paso es seleccionar el método de minado más apropiado y eficacia económica para la extracción del mineral lo cual definirá si el método será subterráneo o superficial<sup>4</sup>.

También se puede definir una mina superficial como una excavación a cielo abierto destinada a la explotación de minerales metálicos y no metálicos, a partir de un depósito mineral cercano a la superficie del terreno. El minado superficial permite una gran flexibilidad en producción, lo cual incluye minar selectivamente un potencial de 100% de extracción, dentro de los límites de la excavación. Se requiere poco personal para la operación, dado que el alto grado de mecanización permite una alta productividad por hombre-turno.

### 3.3 Clasificación de los métodos de extracción mecánica.

La extracción de minerales y recursos energéticos por operaciones involucradas en trabajos en superficie se llama minado superficial. Los métodos de minado superficial son empleados, a partir de cualquier depósito mineral cercano a la superficie. Los métodos los podemos clasificar en:



<sup>4</sup>J. Yamatomi and S. Okubo, Surface mining methods and equipment Vol. 2, University of Tokyo, Japan

### **3.4 Método de explotación actualmente utilizado**

El método utilizado actualmente es el minado de Ladera, el cual consiste básicamente en hacer bancos individuales muy altos, donde la explotación se lleva de manera descendente, actualmente es el más utilizado en las minas que extraen materiales detríticos para la construcción.

Los materiales detríticos, como son las arenas y las gravas, albergados en depósitos con un relieve de tipo valle y cauces de ríos, son sujetos a una explotación intensa debido a la gran demanda de materiales para el sector de la construcción.

Las arenas y gravas que se encuentran tienen una muy baja cohesión, por lo cual las primeras labores de arranque de la mina como el descapote se pueden llevar a cabo mediante el uso de equipos mecánicos, como lo son palas y bulldozer. Las explotaciones suelen llevarse a cabo mediante un solo banco descendente. La altura del banco dependerá de las condiciones estructurales del material que será explotado, algunas de las condiciones estructurales son: fallas, cohesión del material, porosidad, permeabilidad, entre otras.

El método más usual utilizado en depósitos de arena y grava es el método de minado de Ladera, donde se implementa equipo mecánico bulldozer para llevar la explotación, se manejan alturas de talud de trabajo hasta de 100 m, la estabilidad del banco se puede deber a que no se dañan los bancos debido a que son explotados con bulldozer a comparación de cuando se implementa el uso de explosivos.

### **3.5 Método propuesto de minado de Ladera**

La mina El Potrero lleva el método de explotación conocido como minado de Ladera, el cual consiste en hacer un camino principal desde la parte más baja del sitio a explotar hasta la cima, dicho camino se utilizará para que el equipo pesado comience el descapote de nuestra mina. Posterior al descapote, se procede mediante el uso de equipo bulldozer que cuenta con un ripper que ayuda a aflojar el material, posteriormente con la cuchilla se mueve el material aflojado y se chorreará por gravedad hasta el piso del talud que servirá como patio de rezagado y acarreo, para transportar el material al área de clasificación granulométrica. Este método maneja grandes alturas de banco, los bancos van creciendo conforme se avanza en la explotación a diferencia de otros métodos como el de banqueo múltiple que maneja bancos de menor tamaño y con una altura estándar para todos los bancos. El minado de ladera maneja bancos individuales para llegar al fondo del yacimiento o hasta donde las condiciones económicas permitan

profundizar el depósito mineral, de esta forma al llegar a dicha profundidad se continuara con un nuevo banco avanzando hacia la parte más alta del monte.

La mina El Potrero maneja bancos con alturas de hasta 100 m, lo cual lo vuelve una actividad con mucho riesgo para las personas que laboran en la mina (Fig. 18) y (Fig. 19). Dado que se cuidará la estabilidad de los taludes se decidió utilizar el método de minado de ladera con bancos con una altura mucho menor pero siguiendo el tipo de explotación en avance como lo maneja el método. La diferencia es que cuando se llegue a la altura planeada y la topografía siga creciendo, se comenzará con un nuevo banco. De tal forma podemos decir que cada banco sería un minado de ladera individual pero con alturas que: cuiden la estabilidad de los bancos evitando así desplazamientos de grandes bloques de material y caídas de roca que pueden llegar a rodar desde la cresta del talud, accidentes de los trabajadores que manejan los equipos bulldozer y de igual forma disminuir la generación de polvos que afectan la salud de las personas.



Figura 18. Minado de Ladera en la mina El Potrero



Figura 19. Talud de 100 m de altura de la mina El Potrero

A continuación se describirá el ciclo de trabajo de cada una de las etapas aplicando el método de explotación propuesto.

El ciclo de trabajo consistirá en 7 actividades que se enuncian a continuación:

1. Preparación (despalme o descapote)
2. Diseño de los bancos
3. Producción y extracción
4. Rezagado y acarreo
5. Cribado y trituración
6. Almacenamiento
7. Embarque y comercialización

### 3.5.1. Preparación

La preparación del sitio consiste en hacer un camino principal hasta la parte más alta del predio. Cuando el camino está terminado se comienza con el descapote, donde se utilizará equipo bulldozer con ripper para remover la capa vegetal y la capa de suelo hasta llegar al contacto con la arena.

La importancia de remover la capa de tepetate es que si se llegara a mezclar el tepetate con la arena, ésta se puede llegar a diluir, reduciendo la calidad de la arena y afectando su precio de mercado. El material removido se acarrea con camiones hasta un terrero o puede ser vendido a clientes interesados.

En la (Fig. 20) se observa un banco que se encuentra en preparación.



Figura 20. Descapote del banco de producción

### 3.5.2. Diseño y estabilidad de los bancos

El diseño de los bancos, así como el talud de trabajo, está dado por las características estructurales de las rocas, existe una gran variedad de parámetros para cada tipo de roca y puede no ser descrita por un solo parámetro.

Para desarrollar los bancos y taludes es necesario tomar en cuenta varios criterios para evitar caídas de roca, preservación de la integridad física del personal y del equipo que se encuentre localizado en dicha zona.

Para esto se manejan dos parámetros primarios para el control en la configuración de los bancos, dichos factores son el tipo de equipo de minado utilizado y el ángulo de trabajo que se puede alcanzar. El ángulo de talud de trabajo está definido por la calidad de la roca, geología estructural y las técnicas de minado utilizadas para la construcción del talud (por ejemplo: voladuras y técnicas de excavación).

La configuración del talud final de los bancos está en función de la altura del banco y de las dimensiones de las bermas. En la (Fig. 21), se observa una vista de planta con la configuración inicial de banqueo propuesta, también se muestra el camino principal que servirá para poder iniciar el descapote y como camino de acarreo principal para las labores de transporte de la arena.

En la (Fig. 21) los bancos están representados con la letra "B", Banco 1 = B1, Banco 2= B2 y así respectivamente para cada uno de los 11 Bancos de la mina, para de esta forma poder facilitar la vista de planta ilustrada. También se muestra el camino principal que servirá en un inicio para poder acceder a la parte más alta del yacimiento y comenzar el descapote, así como posteriormente la explotación del yacimiento con maquinaria pesada (bulldozer). El diseño del camino se planeó para intersectar desde el Banco 2 al Banco 11 y con una pendiente al 11% facilitará al transporte de material con camiones ahorrando en la construcción de caminos secundarios que significan una inversión extra.

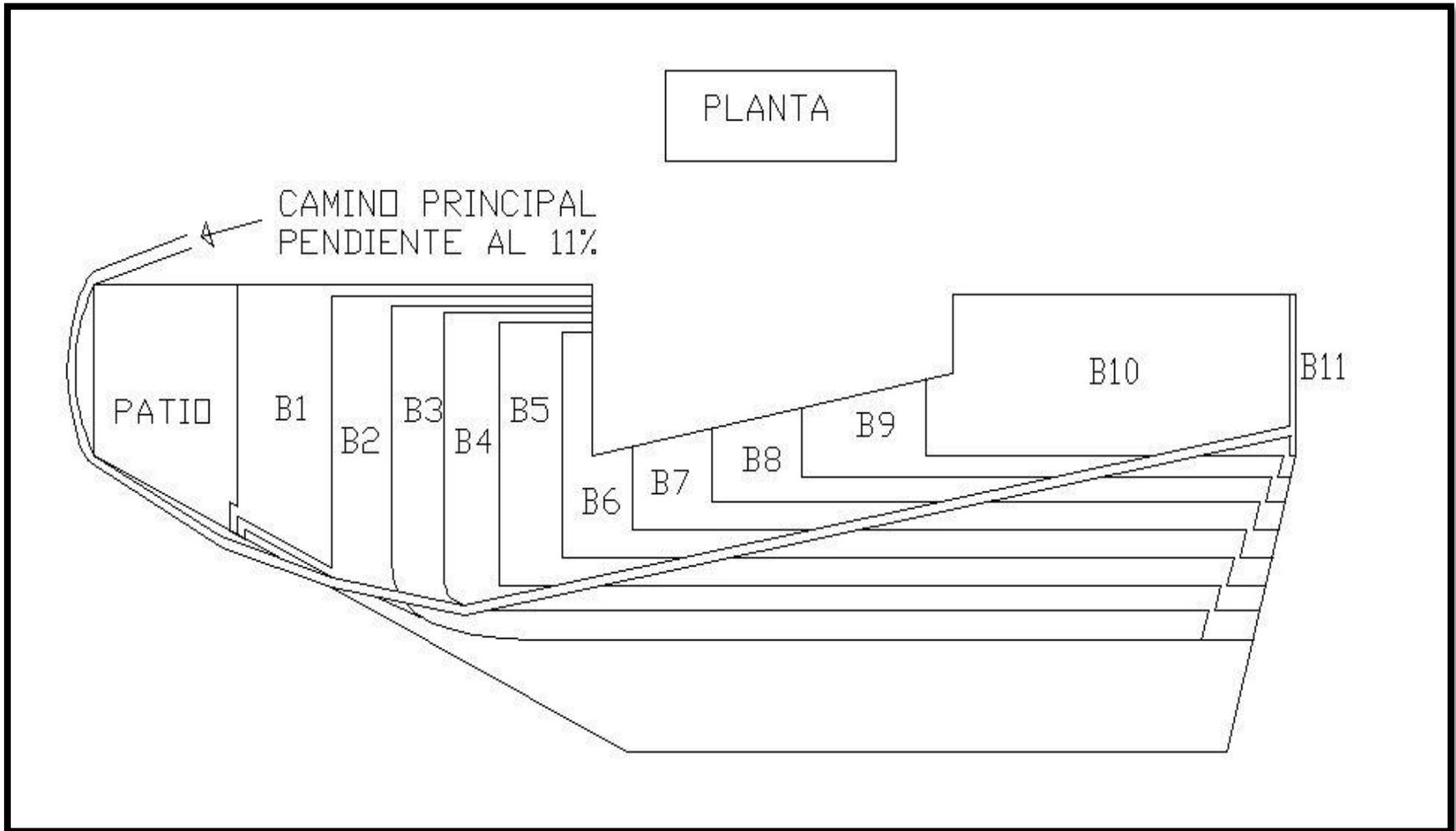


Figura 21. Vista de planta. Configuración de bancos y camino principal.

### 3.5.3. Altura de los bancos

Actualmente, las grandes operaciones mineras utilizan barrenación y voladuras para obtener bancos con alturas que van de los 12 m a 15 m más comúnmente. Los equipos de minado usados para barrenar determinan la altura de los bancos.

La altura de los bancos en la mina El Potrero con base en la teoría será de 15 m altura, al utilizar equipo de excavación y remoción de material (bulldozer) la estabilidad del banco se verá menos afectada a comparación de cuando se utilizan explosivos dado que las vibraciones afectan y desestabilizan el macizo rocoso.

### 3.5.4. Ancho de los bancos (bermas)

El ancho de los bancos o bermas varía de punto en punto por la variabilidad en la geología estructural, ya que pueden existir diversas fallas en cada nivel de la mina y en el depósito mineral.

Control para desprendimientos de roca.

Basado en los criterios de análisis de caídas de roca de Ritchie (1963), sobre la evaluación de carreteras para detener caídas de roca, labrando taludes naturales o sin soportes artificiales. Su investigación fue limitada por un pequeño número de ángulos de talud/ altura de banco y por lo tanto se requirió de una extrapolación para usarlo en minas a cielo abierto. Para lo cual se pensó en una relación empírica entre la altura del banco y el ancho de la berma; para calcular el ancho de un banco se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho de banco (m)} = 0.2 \times \text{altura de banco (H)} + 4.5$$

Esta fórmula fue publicada en varios artículos por el Dr. Richard Call en la SME Mining Engineering Handbook (1992)<sup>5</sup>.

Aplicando altura de banco que será de 15 m, se obtiene lo siguiente aplicando la fórmula anterior.

$$\underline{\text{Ancho de banco (m)} = 0.2 \times 15 \text{ m} + 4.5 = 7.5 \text{ m}}$$

---

<sup>5</sup> Chapter 10.4 Slope stability., Richard D. Call., SME Mining Engineering Handbook (1992), pp 888.

### 3.5.5. Ángulo del talud de trabajo

En rocas débilmente estructurales, el ángulo del talud puede ser controlado con equipo de excavación. Para rocas de buena calidad que no pueden ser labradas con equipo mecánico es necesario utilizar voladuras. El ángulo del talud de los bancos en una mina puede variar por algunas variaciones en la geología del macizo rocoso, también puede variar cuando se hace un cambio en la orientación de los bancos.

La literatura dice que la arena es una estructura fuerte debido a la compactación que se presenta, se encuentra en el grupo de materiales estructuralmente fuertes junto con la anfibolita, basalto gabro, gneiss, riolita y granodiorita. Al ser estructuralmente fuertes, en la mayoría de las minas de arena se muestra el minado de ladera con taludes de hasta 100 metros y con ángulos de trabajo cercanos a  $90^\circ$ .

Es habitual y recomendable utilizar durante el trabajo en roca de dureza media ángulos de cara de bancos de  $60^\circ$  a  $75^\circ$ , lo cual permitirá un factor de seguridad que dé mayor confianza en las labores de explotación. A continuación se muestra el cálculo realizado para diseñar finalmente los bancos.

En la (Fig. 22) se muestra la incógnita X según los datos iniciales planteados.

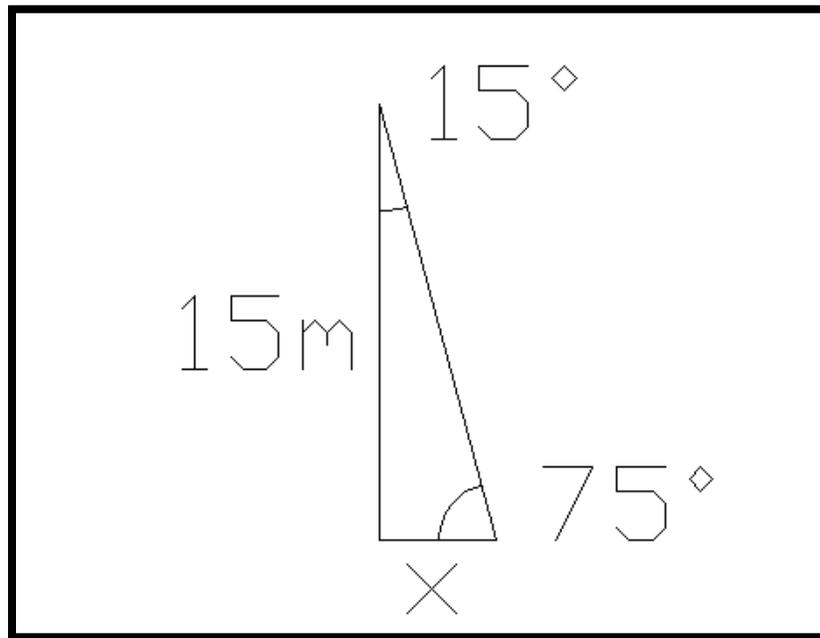


Figura 22. Datos para obtener X utilizando funciones trigonométricas

<sup>6</sup> López A. Diseño de Operaciones para Minas a Cielo Abierto, pp. 108.

Aplicando funciones trigonométricas tenemos:

$$\tan 15^\circ = \frac{C.O}{C.A}$$

$$\tan 15^\circ = \frac{X}{15m}$$

Despejando X

$$X = 15m (\tan 15^\circ)$$

$$\mathbf{X = 4.0 m}$$

En la (Fig. 23), se muestra la configuración final de los bancos con los datos obtenidos con base en los cálculos previos realizados.

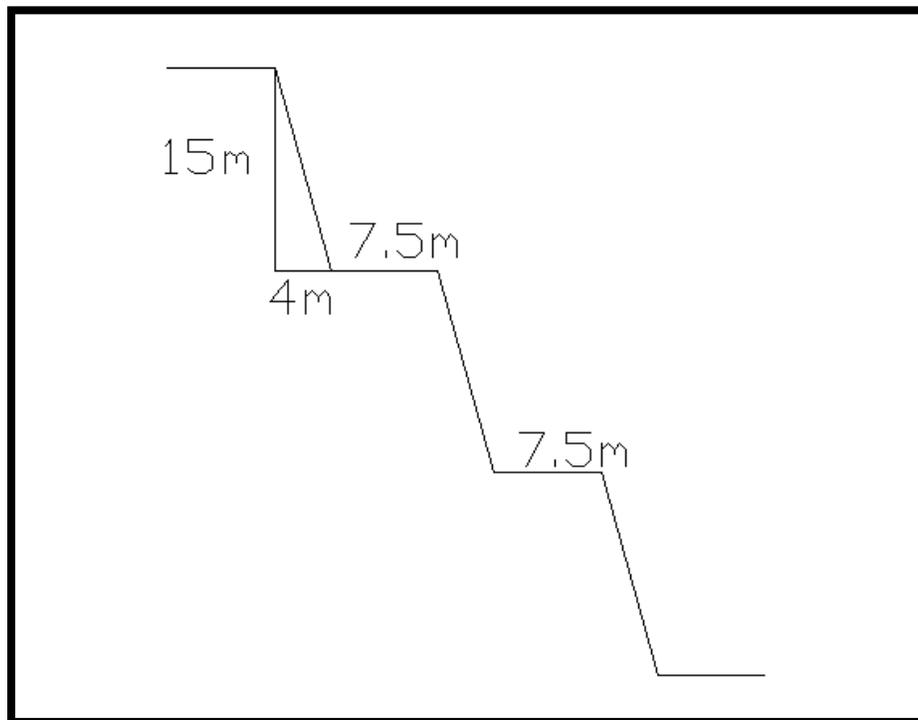


Figura 23. Configuración de los bancos

### 3.5.6. Cálculo del ángulo del talud final

El cálculo del ángulo del talud final servirá propiamente para dejar un terreno estable para el cierre de la mina, ya que en las operaciones de explotación de arena, cuando se llega a los límites del lote se dejan taludes de hasta 100 m, por lo cual se ha planeado dejar un banqueo con las dimensiones calculadas anteriormente a fin de evitar futuros accidentes para las personas que llegaran a pasar cerca de la mina e incluso para la fauna que vive en las proximidades de la mina y que puede llegar a caer por los taludes, de igual forma se previenen deslizamientos de grandes bloques de tierra que pueden llegar a ocurrir.

Para calcular el ángulo del talud final se traza una línea recta desde la cresta del banco más alto hasta el pie del banco más bajo, como se muestra en la (Fig. 24), posteriormente se hace un cálculo aplicando funciones trigonométricas, a continuación se muestra el cálculo:

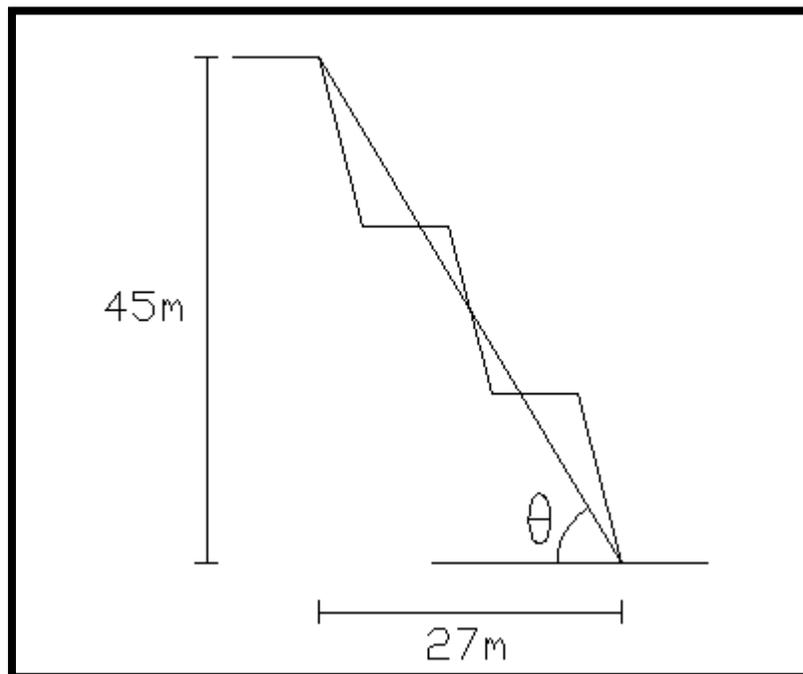


Figura 24. Cálculo del ángulo de talud final

$$\tan \theta = \frac{C.O}{C.A}$$

$$\tan \theta = \frac{45m}{27m}$$

$$\tan \theta = 1.6$$

$$\theta = \text{ang tan } 1.6$$

$$\theta = 58^\circ$$

### 3.6 Producción y extracción

Una vez que la excavación llegue a contacto con la arena, se comienza con la producción, para lo cual se utiliza el equipo bulldozer. El procedimiento es muy similar al de descapote, que consiste en aflojar el material con el ripper del equipo y empujarlo con la cuchilla hasta el sitio donde se chorreará o donde se acumulará para ser cargado a camiones. La forma de aflojar el material es ir y venir en forma perpendicular al talud del banco.

Anteriormente se había dicho que los bancos llegan a tener hasta 100 m de altura, lo cual lo vuelve una práctica muy insegura para las personas que laboran en la mina. Por tal motivo, se propone reducir la altura de los bancos a los 15 m de altura que fueron calculados previamente. Esto brindará una mejor estabilidad en el talud y menor riesgo para el personal de la mina.

El método lo manejaremos de igual forma que el minado de ladera pero con la diferencia que se manejará un avance en los bancos de 15 metros, la topografía del terreno incrementa su altura conforme se avanza en la explotación por lo cual al superar el altura de 15 m planeada, se comenzará con un nuevo banco. Por tal motivo el número de bancos y el ancho de las bermas dependerá de las variaciones que tenga la topografía del terreno, en la (Fig. 25) se muestra cómo quedaría la primera etapa del método propuesto con la topografía actual de la zona explotable.

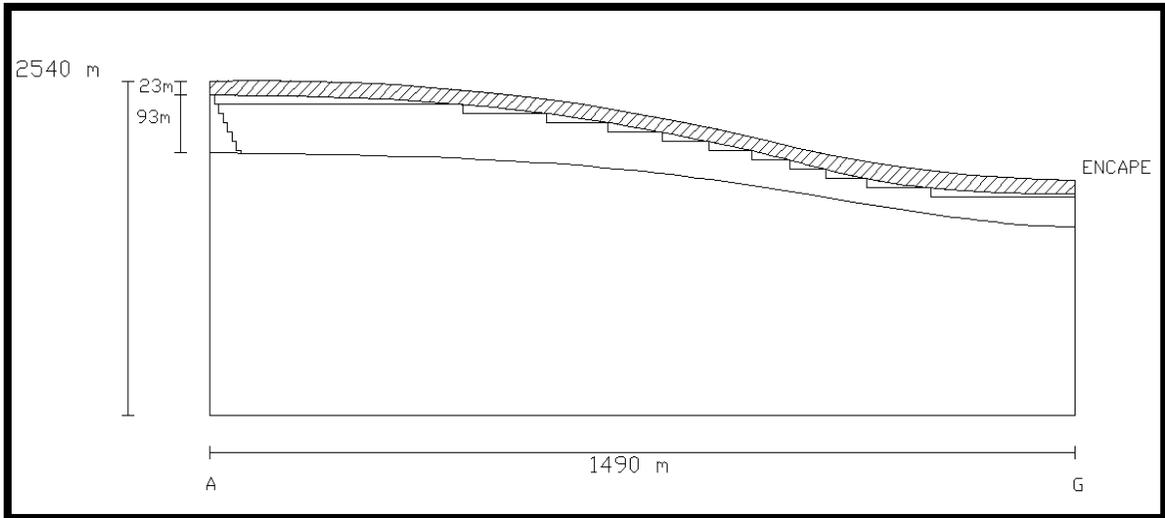


Figura 25. Método propuesto con bancos de 15 metros de altura.

En la (Fig.25) se observa la configuración de los bancos con 15 m de altura y la explotación se lleva con esta configuración hasta que el banco intersecta con la superficie del terreno, por lo cual la anchura de las bermas variará según la topografía del terreno, en la figura se muestra como en la parte más elevada del lote se ve una superficie mayor y se va disminuyendo en los posteriores bancos ya que el terreno tiene una mayor pendiente lo cual disminuye la superficie de las bermas.

La explotación se hará desde la parte menos elevada del lote que comienza en el punto **G**, e ira avanzando hacia la zona más elevada que es el punto **A**, como se muestra en la (Fig. 25) con la configuración de los bancos inicial. La manera de llevar el control para las dimensiones de cada uno de los bancos se podría hacer mediante topografía, pero ya que la mina no cuenta con equipo ni personal de topografía, el control se podrá hacer con el uso de una cinta para poder respetar las dimensiones de los bancos y lograr una mejor estabilidad de los mismos, otorgando así una mayor seguridad al personal que labora en la mina.

En la (Fig. 26) se muestra cada uno de los bancos y posteriormente en la (Tabla 6) se muestran las dimensiones de cada uno de ellos.

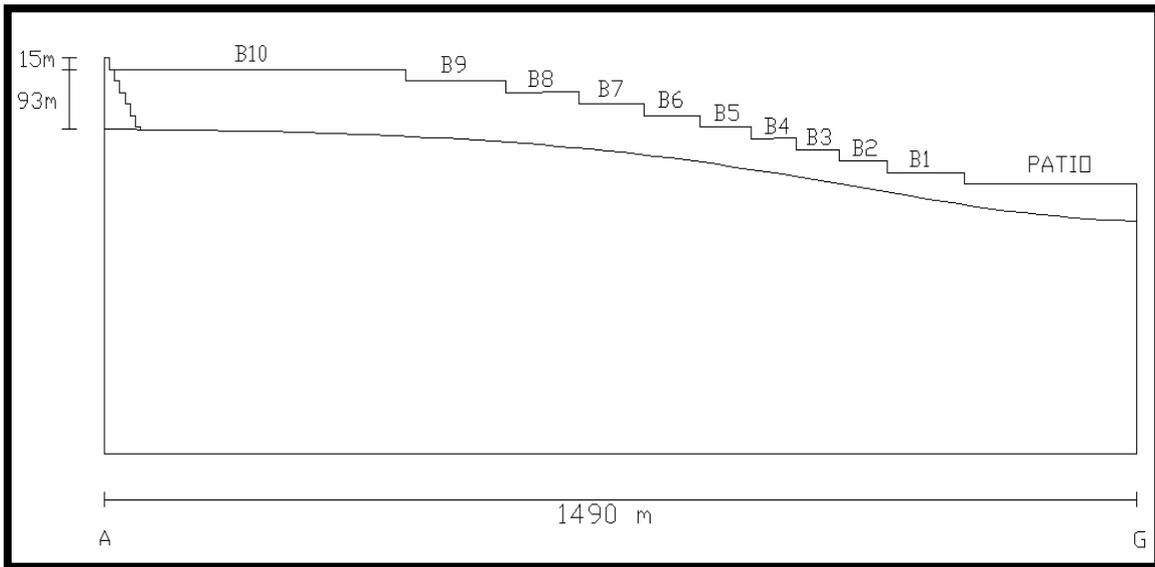


Figura 26. Configuración de los bancos de la mina

Tabla 6. Dimensiones de los bancos con el método propuesto

Banco	Berma	Altura
<b>B 1</b>	110 m	15 m
<b>B 2</b>	70.2 m	15 m
<b>B 3</b>	61.5 m	15 m
<b>B 4</b>	64 m	15 m
<b>B 5</b>	73.2 m	15 m
<b>B 6</b>	81 m	15 m
<b>B 7</b>	92.5 m	15 m
<b>B 8</b>	104.5 m	15 m
<b>B 9</b>	144.8 m	15 m
<b>B 10</b>	424.5 m	15 m
<b>B 11</b>	7.5 m	15m
<b>Patio</b>	246 m	-----

### 3.7 Rezagado y acarreo

El rezagado de la arena se hace mediante el equipo bulldozer. Cuando se inicie la producción del primer banco se aflojará el material con el ripper y posteriormente se acumulará el material, empujándolo con la cuchilla del bulldozer hasta limpiar la zona. De esta forma, se irá profundizando hasta formar lo que será el patio, una vez logrados los 15 m de profundización para formar el primer banco.

El acarreo de esta primera etapa que es la explotación del área que será el patio de rezagado (Fig. 27), se realizará mediante equipo de cargado con cargadores frontales y camiones de 6 m<sup>3</sup> y dado que se tiene una superficie muy amplia no se tendrá problema cuando se encuentre trabajando el equipos bulldozer, una vez cargados los camiones, se transportará el material hasta la zona de cribado para su clasificación granulométrica (Fig. 28).



Figura 27. Cargado y acarreo



Figura 28. Nivel de parrillas

En ocasiones se hacen ventas de tepetate directamente en el descapote. A este tipo de ventas se les llama “venta directa en mina o en greña”, las ventas casi en un 100 % se hacen a camiones materialistas independientes y casas distribuidoras, es muy raro que las ventas se hagan a empresas constructoras y mayoristas ya que estas requieren comprobantes fiscales con desglose de impuestos.

### 3.8 Cribado y trituración

Una vez transportado el material desde el patio de cargado, el material se descarga del camión a un nivel de parrillas que se encuentra en la parte más alta de la estación de cribado para que el material ruede por gravedad a las parrillas que descargan a una tolva con chute. El nivel de parrillas cuenta con 2 sitios de recepción de material o dos parrillas, las rocas mayores a 10 [in] no pasan por las parrillas y son chorreadas por un costado del nivel de parrillas, el material que sale por el chute pasa a una criba fija de 2 camas con un ángulo de inclinación mayor a 45°, ya que el ángulo de reposo de la arena suelta es mayor a 45°, por la primera cama pasa material menor o igual a 2 [in] y la segunda cama solo deja pasar material menor o igual a ½ [in]. El material clasificado se acumula en 8 tolvas, en la (Fig. 29) se muestra la clasificación de material en cada tolva.



Figura 29. Clasificación granulométrica

Tolva	Material
1	Balastre
2	Grava
3	Arena
4	Arena
5	Grava
6	Balastre
7	Grava
8	Arena

El material acumulado en las tolvas se carga a los camiones abriendo el chute. De esta manera se disminuye el tiempo de espera para los clientes. El balastre se manda a la estación de trituración para reducir el tamaño de partícula a  $\frac{3}{4}$  [in] que se vende como grava para construcción.

La trituración es la parte en la cual disminuimos el tamaño de la roca por medio de máquinas llamadas quebradoras o trituradoras.

Existen diferentes tipos de quebradoras utilizadas en las operaciones de canteras dependiendo de la forma en que disminuyen el tamaño de material. Así tenemos quebradoras de quijadas, de cono y de impacto de manera genérica.

El tipo de quebradora dependerá de las características del material a alimentar y la forma del material que deseamos producir en cuanto a su distribución granulométrica.

La estación de trituración de la mina El Potrero cuenta con una tolva que recibe el material de sobretamaño (balastre), el material cae a una trituración primaria (quebradora de quijada) y posteriormente a una trituración secundaria (molino de rodillos). El material de la tolva se alimenta a una criba de 2 camas, la primera cama acepta rocas menores a 2 pulgadas y la segunda cama solo deja pasar rocas menores o iguales a  $\frac{3}{4}$  [in], las partículas de  $\frac{3}{4}$  [in] pasan directamente a una banda transportadora.

El material que no pasa la malla de 2 [in] pasa a la quebradora de quijada que reduce la roca a partículas menores a 2 [in], se hará una nueva clasificación con una segunda criba de 1 cama donde las rocas mayores a  $\frac{3}{4}$  [in] pasaran a un molino de rodillos y las rocas que pasan la criba caerán directo a la banda transportadora, la banda transportadora descargará en un stock pile.

En la (Fig. 30) se muestra la estación de trituración con la que cuenta actualmente la mina. La estación de trituración cuenta con una banda transportadora que descarga a una criba vibratoria para una nueva clasificación granulométrica y eso se debe a que las trituradoras se encuentran muy desgastadas, por lo tanto, se obtiene sobretamaño en la grava, la solución es adquirir un molino de rodillos nuevo ya que es la parte más desgastada de todo el equipo de trituración. En la (Fig. 31), se muestra el desgaste del molino de rodillos. Al optimizar la trituración de la grava se obtendrá una mejor granulometría haciendo innecesaria una tercera clasificación granulométrica.



Figura 30. Estación de trituración



Figura 31. Molino de rodillos con exceso de desgaste

### 3.9 Cálculo de equipo

La mina El Potrero cuenta con equipo de cargado y acarreo que se adquirió desde hace aproximadamente 20 años, el cual se ha desgastado con el trabajo realizado a lo largo del tiempo, además de factores como el polvo, condiciones climáticas, la falta de mantenimiento, entre otros, que afectan a las maquinas acortando su tiempo de vida útil y rendimiento (Fig. 32 y 33). Un problema muy grande que se tiene en la mina es que algunos equipos que se rentan se encuentran en malas condiciones y debido a diversos factores también se encuentran en mantenimiento correctivo, el contratista de los equipos rentados no tiene el compromiso de reparar los equipos y la producción de cada día se ve comprometida debido a la falta de disponibilidad de equipo rentado y propio de la mina. Los equipos rentados son: 2 bulldozer DK8 y 2 cargadores frontales 966F, la mina cuenta con 2 cargadores frontales 966D, de estos equipos depende día a día la mina para poder dar la producción necesaria que son 1,800 m<sup>3</sup>/día de arena que son vendidos diariamente.

La mina es dependiente totalmente de los equipos, por tal motivo, se hará un cálculo de equipo que pueda ayudar a una posible adquisición a futuro, sea equipo nuevo o como equipo usado en buenas condiciones, ya que como se dijo anteriormente algunos equipos rentados y propios se encuentran improductivos por el mantenimiento correctivo frecuente. Con esto, se busca dar alternativas a los ejidatarios para mejorar su operación minera.

A continuación se justificará el cálculo de los 1,800 m<sup>3</sup>.



Figura 32. Equipo en mantenimiento correctivo



Figura 33. Equipo rentado en reparaciones

La mina trabaja con aproximadamente 10 camiones de  $6 \text{ m}^3$  (en los cálculos realizados en el acarreo se utilizó la capacidad de  $5 \text{ m}^3$  en los camiones ya que se busca asegurar una producción mínima y en campo se observó que los camiones de  $6 \text{ m}^3$  la mayor parte de las veces no van cargados al 100% de su capacidad), con datos que se obtuvieron en los registros de flete que paga la mina a los fleteros, se obtuvo que en promedio cada camión hace 30 viajes desde el patio de cargado hasta las tovas para la clasificación granulométrica de la arena. Por lo tanto:

$$10 \text{ camiones} \times 5 \text{ m}^3 = 50 \text{ m}^3/\text{camion}$$

$$50 \text{ m}^3 \times 30 \text{ viajes} = 1,500 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta es que solo se trabaja 6 días a la semana, por lo cual se debe adicionar la producción del séptimo día a los 6 días que sí se trabajan, de esta manera se garantizará la producción de todos los días y contar con material disponible para las ventas.

$$1500 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} / 6 \text{ dias} = 250 \text{ m}^3$$

$$1500 \text{ m}^3 + 250 \text{ m}^3 = 1,750 \text{ m}^3/\text{dia}$$

**Se tomará como dato de producción  $1,800 \text{ m}^3/\text{día}$**

Para fines prácticos debido a las diferentes variaciones en el ritmo de explotación y acarreo del material; y a que en campo se observó que los camiones que transportan el material hasta la planta de cribado y trituración en ocasiones van más cargados que otros, se redondeara el dato de 1,750 m<sup>3</sup>/día a 1,800m<sup>3</sup>/día, asegurando de esta manera una mayor holgura en la producción diaria evitando la escasez del material.

Si se toma en cuenta el peso volumétrico de la arena y grava, que es de 1,680 kg/m<sup>3</sup> (datos de la Tabla 5), se obtiene:

$$1,680 \frac{kg}{m^3} \times 1,500 \frac{m^3}{dia} = 2,520,000 \text{ kg}/dia$$

$$\frac{2,520,000 \text{ kg}/dia}{1000 \text{ kg}/ton} = 2,520 \text{ ton}/dia$$

### 3.9.1. Selección del equipo de carga

El cargado de material se refiere a la operación de colocar el material en los camiones para su transporte o su alimentación sobre sistemas de trituración o cribado móviles.

La selección del equipo de cargado es una parte fundamental en la correcta operación de la mina, dado que la configuración de banqueo propuesta permite la aplicación de otros equipos de cargado como excavadoras y cargadores frontales. Se propone utilizar excavadoras que debido a sus características puede rezagar y cargar el material directo del banco a los camiones.

Se decidió proponer la utilización de una excavadora con martillo hidráulico que ayude a reducir de tamaño las rocas de grandes dimensiones y comparar la producción con el equipo con el que ya cuenta la mina El Potrero actualmente. De esta forma se puede abrir una nueva opción para reducir costos y vender el equipo que ya se encuentra muy deteriorado para adquirir equipo más versátil.

Excavadora: Se denomina excavadora o pala mecánica a una máquina autopropulsada, sobre neumáticos u orugas, con una estructura capaz de girar al menos 360° (en un sentido y en otro, y de forma ininterrumpida) que excava terrenos, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de la cuchara,

fijada a un conjunto formada por pluma y brazo o balancín, sin que la estructura portante o chasis se desplace.<sup>7</sup>

A continuación, se presenta un cálculo para la capacidad adecuada de la excavadora. *Los cálculos efectuados siguen la metodología aplicada en la materia de Temas selectos de minería de la Facultad de Ingeniería.*

#### *Datos*

*Producción diaria: 2,520 ton/día = 1,800 m<sup>3</sup>/día*

*Horas efectivas día: 12 h*

*Producción garantizada: 1,800 ton/ 12 horas= 150 ton/hora*

*Factor de llenado del cucharón: 95-110%*

*Tiempo por ciclo 0.42 min*

1.-Ciclos efectivos por hora

Dividimos 60 min entre el tiempo del ciclo y se ajustó con factores de disponibilidad y eficiencia:

Cálculo realizado con las condiciones actuales en la mina El potrero.

En la mina se tomaron tiempos de transporte y cargado, se obtuvo que el cargador hace un tiempo por ciclo de aproximadamente 1 min.

*Tiempo de ciclo= 0.42 min*

$$60 \frac{\text{min}}{0.42 \text{ min/ciclo}} = 142 \text{ ciclos}$$

*habilidad del operador = 90%*

*disponibilidad del equipo = 0.95%*

*eficiencia operacional = 83%*

***Ciclos efectivos por hora = 142(0.9)(0.95)(0.83) = 100 ciclos***

---

<sup>7</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Pala\\_excavadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Pala_excavadora).

2.- Calculo de la capacidad del cucharon requerido.

Para una producción de 150 ton/hora

$$\frac{150 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}}{100 \text{ ciclos/hora}} = 1.5 \text{ ton/ciclo}$$

Tomando en cuenta el peso volumétrico de la arena que es 1.68 ton/m<sup>3</sup>

$$\frac{1.5 \frac{\text{ton}}{\text{ciclo}}}{1.68 \text{ ton/m}^3} = 0.9 \text{ m}^3$$

El tamaño nominal del cucharon será de 0.9 m<sup>3</sup>

Se tienen los siguientes modelos tomados del Manual de Caterpillar 39.

- Modelo 319D LN con una capacidad del cucharón de 0.38 - 1.13 m<sup>3</sup>
- Modelo 320D con una capacidad del cucharón 0.45 - 1.5 m<sup>3</sup>

El modelo 320D (Fig. 34) nos da un mayor margen en capacidad, tomando en cuenta que frecuentemente se encuentran rocas muy grandes, es una buena opción para evitar que forzar la máquina demasiado y de igual forma reducir el tamaño de las rocas grandes con el martillo hidráulico.



Figura 34. Excavadora 320D

### 3.9.2. Transporte (camiones)

El transporte en minería puede ser continuo o discontinuo. El transporte continuo se refiere a bandas transportadoras lo que implica un alto nivel de inversión, bajo costo de operación, bajo costo de mantenimiento y alta disponibilidad, alto nivel de automatización, bajo impacto ambiental y vida útil larga.

De manera general, para la selección de este tipo de transporte, se requiere un yacimiento con reservas probadas para un tiempo suficiente en el cual se amortice y se obtenga un retorno de la inversión.

El transporte discontinuo se refiere a un acarreo con camiones generalmente. Este transporte es de menor inversión, un costo de mantenimiento superior al de las bandas transportadoras. Para asegurar una buena disponibilidad de los equipos se deberá tener un programa exigente de mantenimiento.

Para realizar una estimación de un equipo de acarreo, se recomienda buscar lo más comercial en el mercado que logre disminuir la baja disponibilidad de los equipos, por falta de refacciones y de mano de obra especializada en el mantenimiento.

Teniendo en cuenta la situación actual de la mina donde se tiene una organización con los ejidatarios y siendo ellos los administradores de la mina, ellos proporcionan el equipo de transporte o flete del banco a la estación de clasificación granulométrica, por lo cual, con base en el equipo de cargado calculado anteriormente, se calculará el número de camiones de 6 m<sup>3</sup> de capacidad (Fig. 35). Se realizaron 2 cálculos que permitieran seleccionar el equipo de carga y transporte son los más convenientes para la mina.

#### **Cálculo N° 1. Para camiones de 6 m<sup>3</sup>.**

Se hizo una recopilación de datos en el transporte de la mina El Potrero y se utilizaron dichos datos para el cálculo de equipo de transporte:

- Capacidad de los camiones 6 m<sup>3</sup>
- Distancia de acarreo 2.100 km
- Velocidad máxima cargado 10 km/h
- Velocidad máxima vacío 30 km/h
- Tiempo de acomodo 30 s
- Tiempo de carga 125 s (considerando la excavadora 320D )
- Tiempo de tránsito cargado  $\frac{distancia}{velocidad} = 0.21 \text{ hrs} = 756 \text{ s}$
- Tiempo de tránsito vacío  $\frac{distancia}{velocidad} = 0.07 \text{ hrs} = 252 \text{ s}$

- Tiempo de descarga 45 s

**Tiempo total del ciclo = 1,208 s**

$$\text{Producción horaria} = \frac{(\text{Capacidad camión} * \text{densidad} * \text{factor de operación} * 3600)}{\text{tiempo de ciclo}}$$

$$\text{Producción horaria} = \frac{6m^3 * 1.68 * 0.85 * 3,600}{1,208 \text{ s}} = 25.5 \text{ ton/h}$$

Considerando 12 horas laborales al igual que la excavadora, con horas de 50 min (83%) tenemos que:

$$12 \text{ h (83\%)} = 9.9 \text{ h}$$

Para calcular el tonelaje por camión en un día:

$$\text{produccion horaria} * \text{horas efectivas} = \text{tonelaje diario por camion}$$

$$\text{tonelaje diario por camión} = 25.5 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 10 \text{ h} = \mathbf{255 \text{ ton/día}}$$

Para conocer el número adecuado de camiones en la mina, se consideró una disponibilidad del 90% y el tonelaje diario producido en la mina, que fue calculado anteriormente que es de 2,520 ton/día, ahora:

$$\text{Número de camiones} = \frac{\text{producción diaria}}{\text{ton diario por camión}}$$

$$\text{Número de camiones} = \frac{2,520 \text{ ton/día}}{255 \text{ ton/día}} = 10 \text{ camiones}$$

$$10 \text{ camiones (90\% disponibilidad)} = \mathbf{11 \text{ camiones}}$$



Figura 35. Camión de 6 m<sup>3</sup>

**Cálculo N°2. Para camiones de 14 m<sup>3</sup>.**

Dados los resultados obtenidos en el cálculo 1, se observó que el tiempo de recorrido y el material removido por ciclo hacen la operación un poco ineficiente; de tal forma que modificaremos la capacidad de los camiones de 6 m<sup>3</sup> por camiones de tipo torton de 14 m<sup>3</sup> de capacidad (Fig. 36).

- Capacidad de los camiones 14 m<sup>3</sup>
- Distancia de acarreo 2.100 km
- Velocidad máxima cargado 10 km/h
- Velocidad máxima vacío 30 km/h
- Tiempo de acomodo 30 s
- Tiempo de carga 225 s (considerando la excavadora 320D)
- Tiempo de tránsito cargado  $\frac{distancia}{velocidad} = 0.14 \text{ hrs} = 756 \text{ s}$
- Tiempo de tránsito vacío  $\frac{distancia}{velocidad} = 0.07 \text{ hrs} = 252 \text{ s}$
- Tiempo de descarga 60 s

**Tiempo total del ciclo = 1,323 s**

$$\text{Producción horaria} = \frac{(\text{Capacidad camión} * \text{densidad} * \text{factor de operación} * 3600)}{\text{tiempo de ciclo}}$$

$$\text{Producción horaria} = \frac{14 \text{ m}^3 * 1.68 * 0.85 * 3,600}{1,323 \text{ s}} = 54.4 \text{ ton/h}$$

Considerando 12 horas laborales al igual que la excavadora, con horas de 50 min (83%) tenemos que:

$$12 h (83\%) = 10 h$$

Para calcular el tonelaje por camión en un día:

$$\text{Producción horaria} * \text{horas efectivas} = \text{tonelaje diario por camión}$$

$$\text{Tonelaje diario por camión} = 54.4 \frac{\text{ton}}{h} * 10 h = \mathbf{544 \text{ ton/día}}$$

Para conocer el número adecuado de camiones en la mina, se consideró una disponibilidad del 90% y el tonelaje diario producido en la mina, que fue calculado anteriormente que es de 2,520 ton/día, ahora:

$$\text{Número de camiones} = \frac{\text{producción diaria}}{\text{ton diario por camión}}$$

$$\text{Número de camiones} = \frac{2,520 \text{ ton/día}}{544 \text{ ton/día}} = 4.6 \text{ camiones}$$

$$4.6 \text{ camiones (90\% disponibilidad)} = 5 \text{ camiones}$$



Figura 36. Camión torton de 14 m<sup>3</sup>

### 3.9.3. Adquisición de equipo vs Renta de equipo.

La adquisición de equipo siempre presenta una incógnita sobre si puede rendir frutos o si se seguir rentando es la opción más viable, la mina El Potrero renta actualmente 2 bulldozer DK8 y 2 cargadores frontales 966F. Se propone adquirir una excavadora 320D, lo que evitaría la dependencia de rentar los equipos bulldozer y los cargadores 966F.

Se hará un cálculo para comparar el impacto de adquirir una excavadora y rentar los equipos antes enunciados.

Adquisición de la excavadora 320D	Renta de equipos
Seminueva en buenas condiciones \$1,500,000.00	Bulldozer \$75,000.00 mensuales
	Bulldozer \$75,000.00 mensuales
	Cargador 966F \$ 40,000.00 mensuales
	Cargador 966F \$ 40,000.00 mensuales
Total=\$1,500,000.00	Total=\$ 230,000.00 mensuales

La renta anual de equipo le cuesta a la mina aproximadamente \$2, 300,000.00. Con esta simple comparación se aprecia que es más factible adquirir equipo propio que rentarlo, además de que se reducen costos por pago de operadores.

En el área de venta a los clientes se pueden utilizar los cargadores con los que cuenta actualmente la mina. Al utilizar la excavadora con martillo hidráulico se evitará que grandes rocas lleguen al nivel de parrillas de planta y se evitará que los cargadores frontales suban a mover las rocas de las parrillas, que obstruyen el trabajo de los tolveros, ahorrando así tiempo operativo.

### 3.9.4. Distribución horaria de actividades en la mina El Potrero

Parte del proceso de trabajo en la mina tendrá varias actividades que se realizarán todos los días, a continuación se enunciarán las actividades que se propone se sigan para tener un correcto desempeño. (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Distribución horaria de actividades propuesta para la mina El Potrero

Horas laborales	Actividad	Tiempo aproximado	Horario
Primer turno: 8 horas	Pueblo	20 min	6:00 am – 6:20 am
	Chequeo de las maquinas	15 min	6:20 am – 6: 35 am
	Transporte de excavadora a los bancos	30 min	6:35 am – 7:05 am
	Transporte de material banco - planta	5 h	7:05 am – 12:05 pm
	Comida	30 min	12:05 pm – 12:35 pm
	Transporte de material banco - planta	1 h	12:35 pm – 1:35 pm
	Cambio de turno	25 - 30 min	1:35 pm – 2:00 pm
Segundo turno: 8 horas	Pueblo	15 min	2:00 pm – 2:15 pm
	Chequeo de las maquinas	30 min	2:15 pm – 2:45 pm
	Transporte de material banco - planta	5 h	2:45 pm – 7:45 pm
	Comida	30 min	7:45 pm – 8:15 pm
	Transporte de material banco – planta	1 h	8:15 pm -9:15 pm
	Almacenamiento de equipo y aceitado	30 min	9:15 pm -10:00 pm

El personal de la mina al ser ejidatarios del municipio de Ixtapaluca viven relativamente cerca de la mina, lo cual permite tener los horarios propuestos de la Tabla 7, la distribución horaria permitirá tener un mejor control de las actividades. También se propone rolar turnos entre el personal y que exista una mayor armonía laboral.

## 4. LEGISLACIÓN MINERA Y MARCO JURÍDICO

### 4.1 Ley Minera

Debido a la falta de asesoría técnica en la mina El Potrero, un punto importante es conocer la Legislación Minera que es aplicable para la pequeña y mediana minería, según las características del yacimiento y métodos de explotación utilizados actualmente. De la investigación realizada de la Ley y Reglamento Minero se eligieron los artículos que hacen referencia a la minería de materiales pétreos (arena y grava) y minería a cielo abierto.

La ley minera en sus artículos 4 y 5 hace referencia a la clasificación y excepción de concesiones mineras que están sujetos a la presente Ley.

**Artículo 4.** Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes:

*Párrafo reformado DOF 28-04-2005*

**I.** Minerales o sustancias de los que se extraigan antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, bromo, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, escandio, estaño, estroncio, flúor, fósforo, galio, germanio, hafnio, hierro, indio, iridio, itrio, lantánidos, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, niobio, níquel, oro, osmio, paladio, plata, platino, plomo, potasio, renio, rodio, rubidio, rutenio, selenio, sodio, talio, tantalio, telurio, titanio, tungsteno, vanadio, zinc, zirconio y yodo;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

**II.** Minerales o grupos de minerales de uso industrial siguientes: actinolita, alumbre, alunita, amosita, andalucita, anhidrita, antofilita, azufre, barita, bauxita, biotita, bloedita, boemita, boratos, brucita, carnalita, celestita, cianita, cordierita, corindón, crisotilo, crocidolita, cromita, cuarzo, dolomita, epsomita, estaurolita, flogopita, fosfatos, fluorita, glaserita, glauberita, grafito, granates, halita, hidromagnesita, kainita, kieserita, langbeinita, magnesita, micas, mirabilita, mulita, muscovita, nitratina, olivinos, palygorskita, pirofilita, polihalita, sepiolita, silimanita, silvita, talco, taquidrita, tenardita, tremolita, trona, vermiculita, witherita, wollastonita, yeso, zeolitas y zircón;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

**II. BIS.** Diatomita;

*Fracción adicionada DOF 28-04-2005*

**III.** (Se deroga);

*Fracción derogada DOF 28-04-2005*

**IV.** Piedras preciosas: agua marina, alejandrina, amatista, amazonita, aventurina, berilo, crisoberilo, crocidolita, diamante, dioptrisa, epidota, escapolita, esmeralda, espinel, espodumena, jadeita, kuncita, lapislázuli, malaquita, morganita, olivino, ópalo, riebeckita, rubí, sodalita, tanzanita, topacio, turmalina, turquesa, vesubianita y zafiro;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

**V.** Sal gema;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

**VI.** Los productos derivados de la descomposición de las rocas cuando su explotación necesite trabajos subterráneos, como las arcillas en todas sus variedades, tales como el caolín y las montmorillonitas, al igual que las arenas de cuarzo, feldespatos y plagioclasas;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

**VII.** Las materias minerales u orgánicas siguientes, susceptibles de ser utilizadas como fertilizantes: apatita, colófano, fosfosiderita, francolita, variscita, wavelita y guano;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

**VIII.-** El carbón mineral en todas sus variedades y el gas asociado a los yacimientos de éste;

*Fracción reformada DOF 28-04-2005, 26-06-2006*

**IX.-** Los demás que determine el Ejecutivo Federal, mediante decreto que será publicado en el Diario Oficial de la Federación, atendiendo a su uso industrial debido al desarrollo de nuevas tecnologías, a su cotización en los mercados internacionales o a la necesidad de promover la explotación racional y la preservación de los recursos no renovables en beneficio de la sociedad.

Quienes estén realizando la exploración o explotación de los minerales o sustancias a que se refiere la fracción IX anterior, con base en las disposiciones del derecho común, tendrán derecho preferente para obtener la concesión minera correspondiente, siempre que la soliciten en los términos de esta Ley y su Reglamento.

**Artículo 5.** Se exceptúan de la aplicación de la presente Ley:

I.- El petróleo y los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; salvo el gas asociado a los yacimientos de carbón mineral;

*Fracción reformada DOF 26-06-2006*

II.- Los minerales radiactivos;

III.- Las sustancias contenidas en suspensión o disolución por aguas subterráneas, siempre que no provengan de un depósito mineral distinto de los componentes de los terrenos;

IV.- 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;

V. Los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación se realice por medio de trabajos a cielo abierto, y

*Fracción reformada DOF 28-04-2005*

VI.- La sal que provenga de salinas formadas en cuencas endorreicas

#### **4.2 Reglamento de la Ley Minera**

El fomento a la pequeña y mediana minería en muchos casos son desconocidos por las personas y socios que pretenden incursionar en la minería, aunque falta mucho trabajo por poder regular, apoyar e impulsar la minería, es necesario poder conocer el reglamento aplicable en las Pequeña y Mediana Minería del sector social como lo es el caso particular de la mina El Potrero que está conformado por un sociedad ejidal que desconoce muchos aspectos de la Legislación Minera.

### **CAPÍTULO**

**III**

#### **Del Fomento a la Pequeña y Mediana Minería y al Sector Social**

**ARTÍCULO 8o.-** Los programas de fomento a la pequeña y mediana minería y al sector social deberán precisar:

I. Las acciones que se desarrollarán y el tiempo que conllevará su ejecución por región;

II. Los requisitos para la obtención de créditos otorgados o descontados por el Fideicomiso de Fomento Minero;

III. Las medidas de descentralización y simplificación administrativas que adoptarán dicho Fideicomiso y el Servicio Geológico;

**IV.** Las obras de infraestructura que deberán concertarse con las autoridades competentes;

**V.** Los apoyos asistenciales que, en su caso, se concierten con la gran minería, y

**VI.** Otros mecanismos para asegurar su debida instrumentación.

La Secretaría formulará dichos programas en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo y de acuerdo con lo dispuesto por la Ley de Planeación, asimismo evaluará trimestralmente el avance en la ejecución de los mismos.

**ARTÍCULO 9o.-** Se considera pequeño o mediano minero a quien, respectivamente, satisfaga cualquiera de las características siguientes:

**I.** Obtenga ingresos brutos por ventas anuales de minerales o sustancias sujetos a la aplicación de la Ley, inferiores a cinco mil veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal elevado al año para pequeño minero y veinte mil veces para el mediano minero, o

**II.** Extraiga mensualmente antes del proceso de beneficio hasta quince mil o sesenta mil toneladas de mineral.

#### **4.3 Ley de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social.**

Una debilidad de la Pequeña Minería es que no se respeta la normatividad de Seguridad y Salud para los trabajadores, la mina El Potrero presenta muchas deficiencias que deben ser atendidas para poder preservar la integridad de los trabajadores y a su vez evitar problemas legales, al incurrir en la falta de aplicación de la NOM-023-STPS-2003 vigente.

#### **NORMA Oficial Mexicana NOM-023-STPS-2003, Trabajos en minas- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo**

##### **Objetivo**

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores que desarrollan actividades en las minas y daños a las instalaciones del centro de trabajo.

##### **2. Campo de aplicación**

2.1 La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en que se desarrollen actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de materiales localizados en vetas, mantos,

masas o yacimientos, ya sea bajo el suelo o en su superficie, independientemente del tipo y escala del centro de trabajo de que se trate.

2.2 Quedan exceptuados del cumplimiento de la presente Norma los centros de trabajo en que se realicen las actividades relacionadas con la exploración y explotación, para obtener como productos principales:

- a) petróleo;
- b) gas natural como principal producto;
- c) minerales radiactivos;
- d) sustancias contenidas en suspensión o disolución en aguas subterráneas o inyectadas al subsuelo.

## **APENDICE A**

### **FUNCIONES DE LOS SERVICIOS PREVENTIVOS DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO**

**A.1** Elaborar el programa de seguridad e higiene en el trabajo que dé cumplimiento a lo establecido en la presente Norma y planear, organizar, dirigir, controlar y registrar su implantación.

**A.2** Establecer la frecuencia, procedimientos y registros de revisión sobre el avance de cumplimiento al programa de seguridad e higiene en el trabajo.

**A.3** Realizar al menos cada seis meses auditorías del cumplimiento del programa de seguridad e higiene en el trabajo, y reportar por escrito los resultados al patrón y a los trabajadores, o a sus representantes.

**A.4** Supervisar que se cuente con las condiciones de seguridad e higiene y que todos los trabajadores cumplan con los procedimientos que en esta materia se establezcan.

**A.5** Establecer medidas inmediatas de prevención, protección y control cuando se detecte un riesgo grave e inminente.

**A.6** Realizar la investigación de accidentes y enfermedades de trabajo, según lo establecido en el capítulo 11 de la presente Norma.

**A.7** Revisar y, en su caso, corregir y firmar la aprobación de:

- a) planos y estudios;

- b) análisis de riesgos potenciales;
- c) plan de atención de emergencias;
- d) procedimientos de seguridad e higiene;
- e) condiciones de seguridad e higiene;
- f) el informe de la revisión de las minas abandonadas antes de reanudar actividades;
- g) la realización, terminación o cancelación de las actividades de soldadura y corte en las minas de carbón.

**A.8** Establecer en las minas, programas para la revisión, pruebas y mantenimiento de:

- a) los sistemas estructurales;
- b) los sistemas de ventilación;
- c) las instalaciones y los equipos de prevención y protección contra incendios y derrumbes;
- d) los sistemas eléctrico y neumático;
- e) los sistemas de iluminación;
- f) el equipo de protección personal para la conservación de la audición.

**A.9** Registrar los resultados de:

- a) la medición diaria de concentraciones de metano;
- b) el control de polvos;
- c) el traslado de trabajadores;
- d) el traslado de materiales.

## **APENDICE B**

### **MINAS A CIELO ABIERTO**

#### **B.1** Condiciones de seguridad e higiene.

B.1.1 En las minas en que se desarrollen actividades nocturnas, se debe instalar un sistema de alumbrado de emergencia que funcione en forma automática cuando se presente una falla en el suministro de energía eléctrica, cubriendo, al menos, la ruta de evacuación y las áreas donde la falta de luz pueda generar riesgos a los trabajadores.

B.1.2 Las excavaciones se deben realizar en frentes de trabajo que presenten taludes estables, con una inclinación no mayor a la recomendada por el estudio de mecánica de suelos.

B.1.3 Los bancos de trabajo para la excavación no deben rebasar las siguientes alturas:

a) 3 metros en los bancos de trabajo de excavación manual de material no consolidado o suelto, producto de una voladura;

b) 8 metros en otros bancos de trabajo de excavación manual;

c) en minas mecanizadas, la altura se debe determinar por medio de un estudio de ingeniería, tomando en cuenta la naturaleza del terreno y tipo de maquinaria utilizada, en que se establezcan las condiciones y procedimientos de seguridad específicos para el caso.

B.1.4 Cuando se interrumpan los trabajos en alguno de los bancos de una mina de arena, por un periodo mayor a una semana, se deben abatir los taludes hasta el ángulo de reposo del material, por lo que el ancho de las gradas debe ser tal que permita esta operación.

B.1.5 Establecer y señalizar la velocidad máxima de circulación de vehículos.

## **APENDICE G**

### **EXCAVACION**

G.1 Se debe contar con procedimientos de seguridad e higiene que consideren, al menos:

a) la maquinaria a utilizar;

b) las características de los materiales de excavación y de relleno;

c) que las excavaciones puedan conectar a una fuente de agua o de material saturado; d) que cuando la explotación se realice con un sistema de extracción continua, se cuente con un tipo de ademe específico a las características

particulares del bloque de explotación, que proporcione espacio suficiente para operar con seguridad el equipo de soporte de techo, tumbe y transporte de material, además que incluya la verificación de que los empujes del terreno que se puedan presentar sobre el ademe, produzcan esfuerzos menores a la resistencia del mismo, que permitan establecer anticipadamente las condiciones y los procedimientos para la instalación y desmontaje de los equipos;

e) no retirar ninguna fortificación de las galerías, pozos o cualquier otro tipo de túnel o cavidad subterránea, a menos que la cavidad sea rellena inmediatamente después del retiro de dichas fortificaciones.

## **APENDICE H**

H.1 Condiciones de seguridad e higiene.

H.1.1 Las bandas transportadoras deben contar con:

- a) cable de paro de emergencia a todo lo largo de las bandas;
- b) pasabandas o puentes en las zonas de cruce de personal;
- c) protección de seguridad en las poleas de la unidad motriz y terminal.

H.1.2 Los vehículos motorizados para acarreo de materiales deben cumplir con los requisitos y medidas de seguridad establecidos en las NOM-004-STPS-1999 y NOM-006-STPS-2000.

H.2 Procedimientos de seguridad e higiene.

H.2.1 Se debe contar con un procedimiento de acarreo de materiales que considere, al menos:

- a) el equipo a utilizar;
- b) los materiales a acarrear;
- c) la carga y descarga de materiales;
- d) los sistemas de señales al operador;
- e) la velocidad máxima permitida, incluyendo su señalización

#### 4.4 Marco legal

En el trabajo realizado en la mina El Potrero se observaron muchos puntos débiles tanto operacionales como organizacionales en la mina, la organización legal fue un punto importante donde se detectó una deficiencia debido a que por falta de un buen organigrama de responsabilidades socio-laborales se pierde en muchas ocasiones la continuidad en la operación de la mina, lo cual lleva a que no se concreten proyectos para hacer crecer la mina y en muchos casos existan inconformidades por la administración por parte de los ejidatarios. A continuación se presenta el modelo de la organización que debería tener la mina partiendo desde el punto de vista de que la mina es una empresa constituida por una Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada.

Tabla 8. Estructura de una Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada

<b>Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Suplementada</b>	
<b>Marco Jurídico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Sociedades Cooperativas</li> <li>• Ley de Sociedades Mercantiles</li> <li>• Ley Agraria</li> </ul>
<b>Integrantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo: 5</li> <li>• Máximo: Ilimitado</li> </ul>
<b>Capital Social</b>	Serán de capital variable. El capital de las sociedades cooperativas se integrará con las aportaciones de los socios y con los rendimientos que la Asamblea General acuerde.
<b>Duración</b>	Tendrán duración indefinida
<b>Régimen de Responsabilidad</b>	Las sociedades cooperativas podrán emitir certificados de aportación para capital de riesgo por tiempo determinado. De responsabilidad limitada, cuando los socios solamente se obliguen al pago de los certificados de aportación que hubieren suscrito
<b>Objeto Social</b>	<p>Satisfacer necesidades individuales y colectivas, a través de la realización de actividades económicas de producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Las sociedades cooperativas se podrán dedicar libremente a cualquier actividad económica lícita.</p> <p>Tipos o clases de sociedades cooperativas:</p> <p>I.- De consumidores de bienes y/o servicios.            II.- De productores de bienes y/o servicios.            III.- De ahorro y préstamo.</p>
<b>Autoridades Internas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Asamblea General;</li> <li>• El Consejo de Administración;</li> <li>• El Consejo de Vigilancia, y</li> <li>• Las comisiones que esta Ley establece y las demás que designe la Asamblea General.</li> </ul>

#### 4.4.1. Sociedad Cooperativa

Son una forma de organización social creada por personas físicas que tienen un interés común. Deciden unir esfuerzos y ayudarse para satisfacer necesidades de grupos e individuos, realizando actividades de producción, distribución y/o consumo de bienes y servicios.

En esta sociedad las características de los socios son más importantes que el capital que aporten. Por esto hay beneficios como que cada uno de los socios tiene derecho a un voto y que se otorguen estímulos para aquellos socios que cumplan con todas sus obligaciones, lo cual depende enteramente de su desempeño. En el caso de las cooperativas de producción, hay igualdad de oportunidades sin importar el género o el trabajo que se aporte, ya que puede ser tanto físico como intelectual.

Para el caso de la mina El Potrero se utiliza la Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada, se hizo la investigación y se concluyó con que es la estructura más adecuada la tratarse de un ejido. Dicha sociedad es aquella en la cual los socios solo responden por el certificado de su aportación.

#### 4.4.2. Selección del tipo de Sociedad Cooperativa y estructura

Según las características de la Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Suplementada. Tomando en cuenta las descripciones de la ley de Sociedades Mercantiles en el artículo citado a continuación.

**Artículo 14.-** Las sociedades cooperativas podrán adoptar el régimen de responsabilidad limitada o suplementada de los socios.

La responsabilidad será limitada, cuando los socios solamente se obliguen al pago de los certificados de aportación que hubieren suscrito. **Será suplementada, cuando los socios respondan a prorrata por las operaciones sociales, hasta por la cantidad determinada en el acta constitutiva.**<sup>8</sup>

**La Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Suplementada** además de responder por la aportación, en los estatutos sociales se establece un tope adicional por el que deben responder los socios, los cuales responden a prorrata por las operaciones sociales, hasta por la cantidad determinada en el acta constitutiva. La constitución de las sociedades cooperativas deberá realizarse en asamblea general que celebren los interesados, y en la que se levantara un acta que contendrá:

---

<sup>8</sup> Ley de Sociedades Cooperativas.

I. Datos generales de los fundadores;

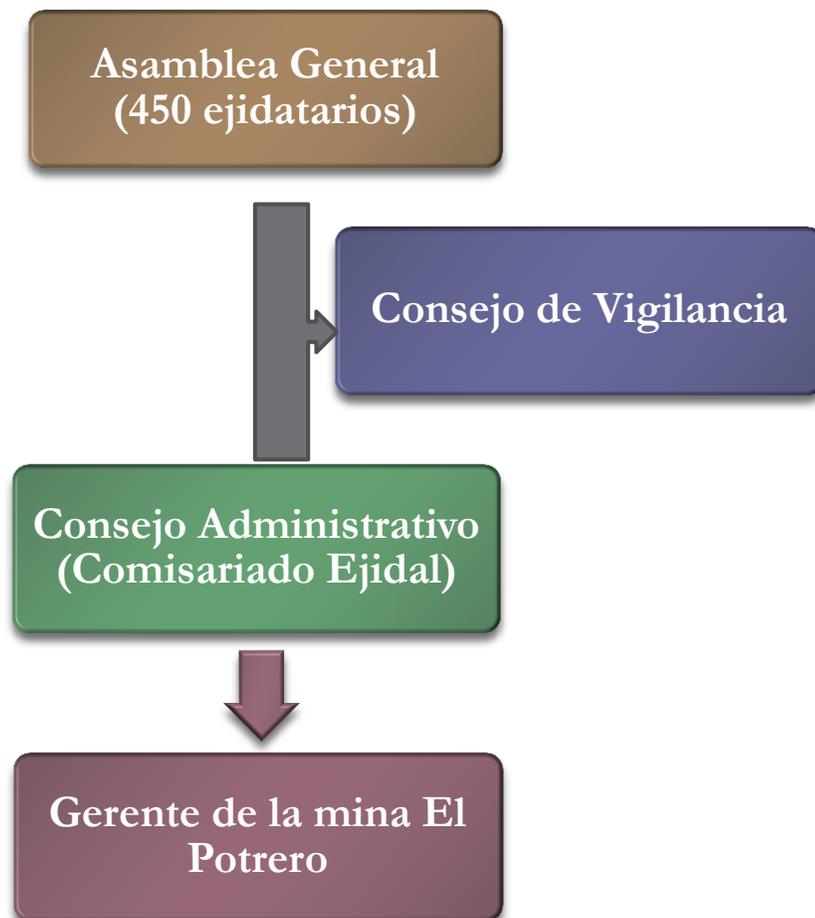
II. Nombre de las personas que hayan resultado electas para integrar por primera vez consejos y comisiones, y

III. Las bases constitutivas.

Los socios deberán acreditar su identidad y ratificar su voluntad de constituir la Sociedad Cooperativa y de ser suyas las firmas o las huellas digitales que obran en el acta constitutiva, ante notario público, corredor público, juez de distrito, juez de primera instancia en la misma materia del fuero común, presidente municipal, secretario, delegado municipal o titular de los órganos político-administrativos del Distrito Federal, del lugar en donde la sociedad cooperativa tenga su domicilio.

El acta constitutiva de la sociedad cooperativa de que se trate, se inscribirá en el Registro Público de Comercio que corresponda a su domicilio social.

### **Estructura de la Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Suplementada**



La elección de un sociedad cooperativa de responsabilidad suplementada lleva consigo una organización donde las decisiones las debe tomar la Asamblea General, posteriormente se elige un Consejo Administrativo o Comisariado Ejidal el cual se encarga de los asuntos legales y administrativos de la mina. El siguiente escalón en la organización de la mina es el Consejo de Vigilancia que se encargara de vigilar y cuidar los intereses de la mina. Finalmente se encuentra el Gerente de la mina el cual se encargara de la coordinación y administración de recursos en la mina.

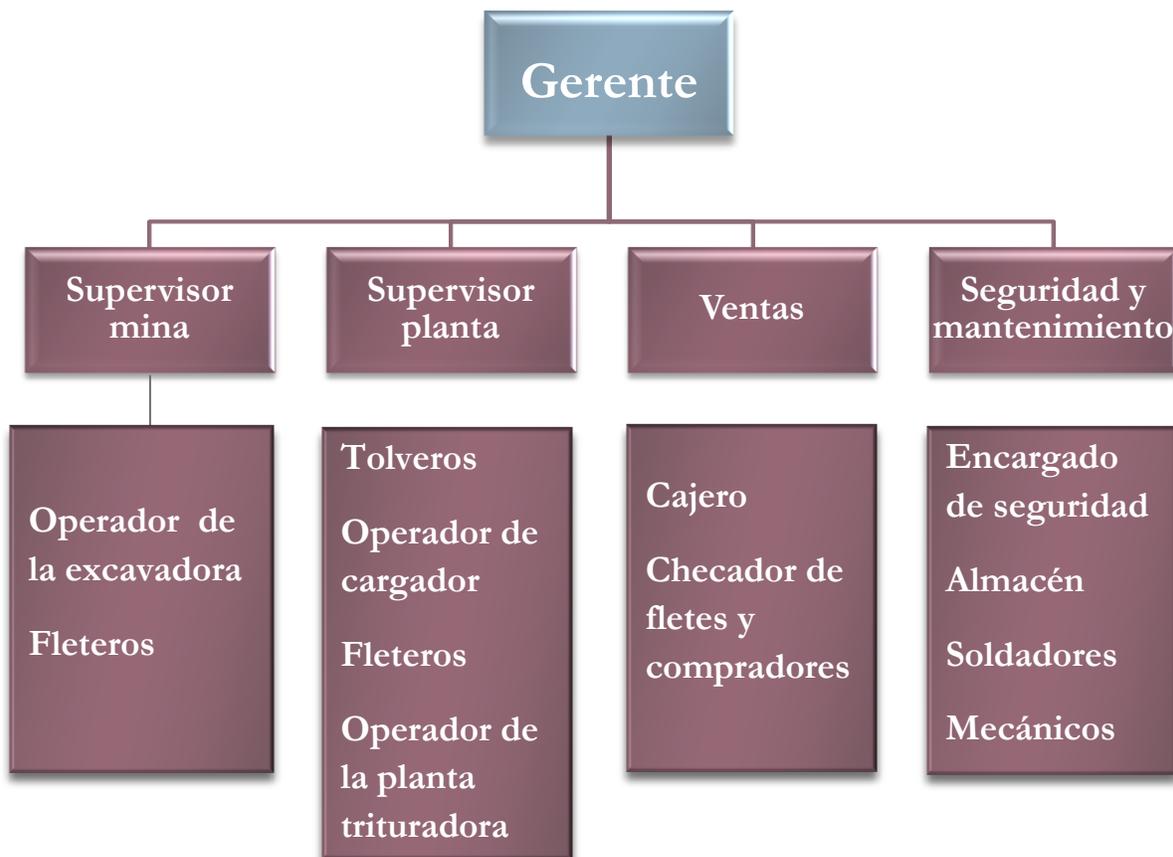
- **Asamblea General Ejidal:** Es el órgano supremo del ejido; en ella participan todos los ejidatarios sin mediación alguna, es una suerte de democracia directa. Ésta se reúne cada seis meses ordinariamente, pero puede ser convocada en cualquier época a pedido del Comisariado Ejidal o del Consejo de Vigilancia; por iniciativa propia o por pedido de al menos 20 ejidatarios o del 20% del total de los ejidatarios; también un órgano fuera de la estructura ejidataria puede convocarla; tal sería el caso cuando aquéllas rehusaran convocar a la Asamblea o no lo hicieren en un plazo de cinco días; entonces la Procuraduría Agraria podrá convocar a dicha asamblea ejidal.
- **Consejo administrativo o Comisariado Ejidal:** Es un órgano ejecutivo, constituido por un Presidente, un Secretario y un Tesorero, cada uno con un suplente. Bajo su cargo está la ejecución de las determinaciones de la Asamblea, así como la representación del ejido para los efectos legales estipulados por la Ley Agraria, así como la administración de los bienes ejidales. Éste tendrá las facultades que tiene un Apoderado General para actos de administración, pleitos y cobranzas. Nótese que jamás de dominio, siendo éste un cuerpo colegiado; no debe confundirse con ningún tipo de comisario, sino que para sus funciones depende del consenso de sus tres miembros.
- **Consejo de vigilancia:** Se constituye por un Presidente, un Primer Secretario y un Segundo Secretario, cada uno con su respectivo suplente. Este cuerpo auditor actuará escrutando las actuaciones del Comisariado, asegurándose de que se cumplan las leyes agrarias, así como las internas dadas por el ejido. Durarán en su cargo hasta tres años, y no podrán

reelegirse por un periodo idéntico al que estuvieron bajo el carácter de propietario y, de no convocarse a elección, pasados los tres años.

- **Gerente:** Se le denomina a quien está a cargo de la dirección o coordinación de la organización, institución o empresa, o bien de una parte de ella como es un departamento o un grupo de trabajo. Como sería por ejemplo, un Gerente general, un Gerente de finanzas, un Gerente de personal, gerentes de sección, gerentes de turno, gerentes de proyecto, mina, etc.

El papel del gerente es utilizar tan eficientemente como sea posible todos los recursos a su disposición a fin de obtener el máximo posible de beneficio de los mismos. En otras palabras, maximizar la utilidad productiva de la organización, sección, etc.

### Estructura de la mina El Potrero



Dada la falta de organización en la estructura de trabajo en la mina El Potrero y la distribución de actividades, se propone un nuevo modelo, donde el Gerente tiene a cargo la organización y administración de recursos de la mina. A su mando se propone 4 diferentes puestos de igual jerarquía que son: Supervisor de mina, Supervisor de planta, Ventas y Seguridad y mantenimiento. A continuación se describe cada uno de los puestos.

El Gerente se encargará de designar a las personas encargadas en cada área según sus conocimientos y aptitudes, desempeño, antigüedad laboral, honestidad, entre otras.

- **Supervisor de mina:** Es la persona que en una oficina, empresa, corporación, gobierno, club u organismo, está autorizado a dar ordenanzas a sus subalternos, y se encuentra en un puesto superior en la jerarquía. En este caso el supervisor de mina tendrá a su cargo las cuadrillas de trabajo buscando asegurar la producción diaria establecida y que a su vez estará en coordinación con el supervisor de planta para sincronizar la producción de mina con la demanda de la planta.
- **Supervisor de planta:** Es la persona que en una oficina, empresa, corporación, gobierno, club u organismo, está autorizado a dar ordenanzas a sus subalternos, y se encuentra en un puesto superior en la jerarquía. El supervisor de planta se encargara de coordinar a sus trabajadores para asegurar la producción en el área de cribado y trituración de la mina El Potrero, asegurando la calidad de la arena en granulometría tanto en arena y grava.
- **Ventas:** El área de ventas se encargara de cubicar y cobrar el arena, grava, piedra y tepetate que se vendan a los clientes llevando el registro de cada uno de los camiones que entran y salen de la mina El potrero, de igual forma se llevara el control de los fleteros que se encargan del transporte de mina a planta para poder pagarles el flete a cada uno de los ejidatarios que colaboran con dicho transporte de material.
- **Seguridad y mantenimiento:** Esta área se encargara de verificar que los trabajadores conozcan las normas de seguridad en la mina asegurando la correcta utilización del equipo de protección personal, así como el suministro de dicho equipo (botas, casco, ropa de trabajo adecuada, gafas

de protección, guates, Cubrebocas) dicho equipo será proporcionado periódicamente por la empresa sin costo para los trabajadores. También se encargara de coordinar el mantenimiento preventivo de los equipos motorizados propiedad de la empresa (cargadores, camiones, bulldozers) buscando cuidar y preservar los bienes inmobiliarios de la empresa y reduciendo costos por composuras mayores que no se tienen planeadas a futuro.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizar trabajos profesionales como esta tesina, permite a los ingenieros en formación académica aplicar los conocimientos adquiridos en la Universidad, además de que es una buena oportunidad para aplicar ideas que ayudan al mejoramiento de las pequeñas mineras como la mina El Potrero. Que no cuentan con un apoyo técnico en la explotación y aprovechamiento de los recursos de la mina y que al ser una empresa administrada a través de un sistema ejidal tiene muchas dificultades para la toma de decisiones y el destino de los recursos económicos, que bien por la falta de asesoría técnica profesional incrementa la desconfianza en la obtención de resultados positivos en las inversiones que se podrían hacer.

El trabajo realizado con el apoyo del Comisariado Ejidal de Ixtapaluca, que otorgó la facilidad de hacer visitas a la mina El Potrero y recabar información de campo, me permitió visualizar un panorama de los problemas a los que se tiene que enfrentar un ingeniero en el día a día en una operación minera. Si bien no se intervino directamente en las operaciones debido a que fue un caso de estudio, se espera que las soluciones propuestas ayuden a la mina El Potrero a mejorar sus operaciones.

1.- Se recomienda a los ejidatarios de la mina El Potrero realizar un estudio geológico para conocer las reservas probadas de la mina y así tener un mejor manejo de los recursos económicos. Se sabe que la inversión es un asunto que se ve como una pérdida de dinero pero a largo plazo resulta la mejor opción. Una solución se puede encontrar, buscando una ayuda mutua entre empresas y universidades.

2.- Se recomienda establecer metas diarias en la mina tales como: cuotas de producción, capacitación, seguridad e higiene. Es importante que los trabajadores comprendan que existe una estructura organizacional en la mina y que las cosas mejorarán cuando se logre un orden y todos vean que son parte importante de la empresa.

3.- De acuerdo con el trabajo realizado se comprueba que la mina El Potrero tiene un gran potencial cuando se tiene una buena organización. Como se enunció en un principio, la pequeña minería está muy abandonada, no existe inversión y se subestima la importancia de los agregados pétreos, aunque en producción por volumen supera por mucho a la de los minerales industriales y preciosos.

4.- Es importante incentivar a los trabajadores de la mina, algunas propuestas consisten por ejemplo, en darles: 2 uniformes de trabajo cada año, zapatos de

seguridad, prestaciones, etc. El punto es incrementar la confianza y la motivación de trabajar en la empresa.

5.- La organización es importante en toda empresa y es un punto muy débil en la mina El Potrero. La reestructuración en la mina es muy importante y es necesario que existan nuevos puestos como el supervisor de mina y planta que ayuden a organizar mejor a la gente y que no exista toda la responsabilidad para una sola persona como lo es actualmente.

6.- Se recomienda invertir en la compra de una excavadora y dejar de rentar equipos de rezagado (cargadores frontales) y de producción (bulldozers). Ya que eso reducirá los costos por concepto de un menor consumo de combustible y pago a los operadores de cada uno de los equipos.

7.- Se recomienda hacer un plan de mantenimiento preventivo programado y respetarlo de tal manera que disminuyan los tiempos muertos de la maquinaria por mantenimiento correctivo.

8.- Se realizó una búsqueda en la Ley Minera y en la Ley de Sociedades Mercantiles que nos permitiera visualizar mejor el panorama legal de la mina El Potrero, para poder clasificar el tipo de sociedad y dadas las características se determinó que es una Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Suplementada como se nos había dicho anteriormente por parte de la empresa.

9.- Fue necesario proponer una reestructuración en la mina debido a que la carga en la organización es únicamente del encargado, la nueva organización permitirá aprovechar mejor el tiempo y organizar mejor a la gente.

10.- El diseño de banqueo propuesto aumentará la seguridad en las operaciones, también aportará una explotación y producción más controlada. Esto permitirá garantizar la producción, preservar los equipos de trabajo y evitar accidentes.

## Bibliografía

- Altamirano Álvarez, C. (06 de 06 de 2012). *Temas Selectos de Minería. Apuntes*. México , México .
- Caterpillar. (01 de 09 de 2010). *Manual de rendimiento 39*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de <https://erods.files.wordpress.com/2010/09/49502978-manual-de-rendimiento-caterpillar-edicion-39-en-espanol.pdf>
- Caterpillar. (01 de 05 de 2014). *CAT*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de [http://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment.html](http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment.html)
- CEMEX. (01 de 05 de 2014). *Manual del constructor* . Recuperado el 01 de 05 de 2014, de [cemex mexico :](https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/Manual%20del%20Constructor%20-%20Construcci%C3%B3n%20General.pdf)
- Cummins, A. B. (1973). *SME Mining Engineering Handbook, Volume 2* . New York: chairman, Editorial Board.
- Economía, S. d. (Febrero 2013). *Estudio de la cadena productiva de materiales pétreos*. Dirección General de Desarrollo Minero .
- Economía, S. d. (Septiembre 2013). *Estudio de la cadena productiva de la arena* . Dirección General de Desarrollo Minero.
- Herbert, J. H. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Madrid : Escuela Superior Técnica de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid.
- Ixtapaluca, M. d. (01 de 01 de 2014). *Municipio de Ixtapaluca* . Recuperado el 01 de 05 de 2014, de <http://gracoixtapaluca.blogspot.mx/p/actividades-economicas-importantes.html>
- Kennedy, B. A. (1990). *SME Surface Mining 2nd Edition*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- Lefond, S. J. (1975). *Industrial Mineral and Rocks, 4th Edition*. Society of Mining Engenieers.
- Libre, M. (2014). *Mercado Libre* . Recuperado el 01 de 05 de 2014, de <http://vehiculos.mercadolibre.com.mx/maquinaria-pesada/excavadora-caterpillar-320-lista>
- López Aburto, V. M. (2005). *Manual para la selección de métodos de explotación de minas*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM.

- López Aburto, V. M. (2013). *Diseño de operaciones mineras a cielo abierto*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Mexicanos, E. U. (12 de 10 de 1012). Reglamento de la Ley Minera. *Ley Federal*. México, México: Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- Mexicanos, E. U. (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-023-STPS-2003, Trabajo en minas - condiciones de seguridad y salud en el trabajo. *Ley Federal* . México , México : Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión .
- Mexicanos, E. U. (26 de 06 de 2006). Ley Minera . *Ley Federal* . México, México: Camara de Diputados del H. Congreso la Unión .
- Mexicanos, E. U. (13 de 08 de 2009). Ley de Sociedades Cooperativas . *Ley Federal* . México , México: Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- Mexicanos, E. U. (15 de 12 de 2011). Ley de General de Sociedades Mercantiles . *Ley Federal* . México , México : Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- Mexicanos, E. U. (2014). *INAES Instituto Nacional de la Economía Social* . Recuperado el 01 de 05 de 2014, de <http://www.inaes.gob.mx/index.php/empresas-sociales/figuras-juridicas-apoyables/sociedad-cooperativa>
- México, E. d. (2014). *Estado de México* . Recuperado el 01 de 05 de 2014, de <http://www.ciberhabitat.gob.mx/monografias/informacion/mex/territorio/clima.aspx?tema=me&e=15>
- Society for Mining, M. a. (2011). *Norma Internacional NI-43-101 sobre certificacion de reservas* . Toronto : SME.
- Specs, R. (05 de 05 de 2014). *Richie Specs*. Recuperado el 05 de 05 de 2014, de <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=Con&category=Wheel+Loader&make=Caterpillar&model=966D&modelid=91574>
- USGS. (01 de 05 de 2014). *USGS science for a changing world*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sand\\_&\\_gravel\\_construction/mcs-2014-sandc.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sand_&_gravel_construction/mcs-2014-sandc.pdf)
- William A. Hustrulid, M. K. (1995). *Open Pit Mine Planning & Design, Volume 1 - Fundamentals* . CRC Press.
- William A. hustrulid, M. K. (2001). *Slope Stability in Surface Mining* . Society for Mining Metallurgy and Exploration, Inc (SME).