



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

“PROPUESTA DE SOLUCIÓN A UN PROBLEMA DE HUMEDAD PRESENTADO EN LA
PLANTA UNICAOLÍN DE HUAYACOCOTLA, VERACRUZ”

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

PRESENTA:

CÉSAR CORTÉS CORIA

DIRECTOR:

ING. MAURICIO MAZARI HIRIART



MÉXICO, D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA, 2014

CONTENIDO

Resumen	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Hipótesis.....	8
1.2 Objetivos	8
1.3 Justificación	8
2. GENERALIDADES.....	9
2.1 Ficha técnica del caolín.....	9
2.2 El caolín en el mercado internacional.....	10
2.3 El caolín en México	11
2.4 Generalidades de la región caolinera de Huayacocotla	14
2.5 Ubicación del municipio de Huayacocotla	14
2.6 Topografía de la zona	16
2.7 Características del yacimiento	16
2.8 Mineralogía	16
2.9 Inventario de caolín en la región	17
2.10 Situación legal y social de la región	19
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MINADO	21
3.1 Método de minado.....	21
3.2 Descripción del minado	22
3.3 Infraestructura en las minas.....	23
3.4 Producción de cada mina	24
3.4.1 Mina El Encinal	24
3.4.2 Minas La Mohonera-Lucerna y La Palma	25
3.4.3 Mina Las Estrellas	26
3.4.4 Mina La Golondrina-El Cerrito	27
3.5 Personal.....	27
3.6 Servicios en las minas de la región	29
4. CONDICIONES DE LA PLANTA DE HUAYACOCOTLA Y SUS PROBLEMAS PRINCIPALES	30
4.1 Beneficio del caolín	30
4.2 Antecedentes de la planta de Huayacocotla	30
4.3 Operación de la planta de Huayacocotla	31

4.4 Infraestructura de la plata de Huayacocotla	34
4.5 Servicios en la planta de Huayacocotla	37
4.6 Personal.....	38
4.7 Costos de operación	39
4.8 Problemas principales en la planta de Huayacocotla	40
5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	42
5.1 Programación de actividades e identificación de actividades críticas	45
6. ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN	48
6.1 Costos actualizados	48
6.2 Costos nivelados.....	50
6.3 Estado de resultados	50
6.4 Análisis de resultados.....	50
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
7.1 Recomendaciones en la planta de Huayacocotla	51
7.2 Recomendaciones en la mina.....	52
REFERENCIAS.....	53
AGRADECIMIENTOS	55

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Exportaciones mexicanas de caolín en 2013 por país de destino (Coordinación General de Minería, 2014)</i>	13
<i>Ilustración 2. Importaciones mexicanas de caolín en 2013 por país de origen (Coordinación General de Minería, 2014)</i>	13
<i>Ilustración 3. Ubicación del municipio de Huayacocotla (FIFOMI, 2004)</i>	15
<i>Ilustración 4. Zona explotada en el ejido Los Jacales (Google Maps, 2014)</i>	23
<i>Ilustración 5. Zona explotada en el ejido de Monroy (Google Maps, 2014)</i>	24
<i>Ilustración 6. Banco de la mina El Encinal</i>	24
<i>Ilustración 7. Maquinaria en la mina La Mohonera-Lucerna</i>	25
<i>Ilustración 8. Mina La Palma</i>	25
<i>Ilustración 9. Retroexcavadora de la mina Las Estrellas</i>	26
<i>Ilustración 10. Camión de la mina Las Estrellas</i>	26
<i>Ilustración 11. Camión de la mina La Golondrina-El Cerrito</i>	27
<i>Ilustración 12. Organigrama de la operación en las minas</i>	28
<i>Ilustración 13. Fachada de la planta Unicaolín de Huayacocotla</i>	31
<i>Ilustración 14. Diagrama de flujo de la operación en la planta</i>	32
<i>Ilustración 15. Patio de caolín</i>	32
<i>Ilustración 16. Zona de molienda (www.unicaolin.com, 2013)</i>	33
<i>Ilustración 17. Zona de almacenamiento (www.unicaolin.com, 2013)</i>	33
<i>Ilustración 18. Malla de 6 cm</i>	34
<i>Ilustración 19. Cargador Bobcat</i>	35
<i>Ilustración 20. Ubicación de la planta con respecto a la carretera a Huayacocotla (Google Maps, 2014)</i>	35
<i>Ilustración 21. Infraestructura de la planta de Huayacocotla (Google Maps, 2014)</i>	36
<i>Ilustración 22. Planta de Huayacocotla y sus alrededores (Google Maps, 2014)</i>	36
<i>Ilustración 23. Planta de Huayacocotla y sus alrededores (Google Maps, 2014)</i>	37
<i>Ilustración 24. Organigrama de la operación en la planta de Huayacocotla (Unicaolín, 2013)</i>	39
<i>Ilustración 25. Camión revolvedor nuevo Mack GU813 último modelo (www.truckpaper.com, 2014)</i>	43
<i>Ilustración 26. Camión revolvedor nuevo Peterbilt 2000 modelo anterior (www.truckpaper.com, 2014)</i>	44
<i>Ilustración 27. Cargador Bobcat S175 (www.machinerytrader.com, 2014)</i>	45
<i>Ilustración 28. Red de la ruta crítica</i>	46

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Producción mundial de caolín en miles de toneladas (Mineral Commodity Summaries, 2014)</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Reservas de la mina El Encinal</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. Reservas de la mina La Mohonera-Lucerna</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Reservas de la mina La Palma</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Reservas de la mina Las Estrellas.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 6. Reservas de la mina La Golondrina-El Cerrito</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 7. Capacidad de producción y tonelaje total de cada mina por año</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 8. Estimación del personal y su puesto dentro de las minas</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 9. Gastos mensuales y anuales por servicios en la planta Unicaolín</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10. Ingresos mensuales y anuales por servicios en la planta Unicaolín</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 11. División del personal en las diferentes categorías</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 12. Costos fijos de la planta de beneficio por año.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 13. Costos variables de la planta de beneficio por año.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 14. Utilidad bruta por una producción de 5,700 ton/año</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 15. Ruta crítica</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 16. Diagrama de Gantt.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 17. Costos fijos de la planta de Huayacocotla con la propuesta</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 18. Costos variables de la planta de Huayacocotla con la propuesta</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 19. Utilidad bruta por 10,000 ton (valores representados en pesos)</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 20. Estado de resultados a partir del año 0 (valores representados en pesos)</i>	<i>50</i>

Resumen

El término “caolín” se refiere a las arcillas en las que predomina el mineral caolinita. Es un silicato de aluminio hidratado que absorbe el agua fácilmente, es inodoro y de color blanco, pero puede tener coloraciones provocadas por la presencia de impurezas asociadas. Los usos principales que tiene son en las industrias del papel, cerámica, pintura, cemento, plásticos, industria química, entre otros.

Los principales productores mundiales de caolín son Estados Unidos, Alemania y Brasil, siendo el primero el que provee casi el 50% de caolín que se usa en México. Del otro 50% nuestro país produce la mayoría con estados representativos como Veracruz, Hidalgo y Guanajuato. Los yacimientos de la región de Huayacocotla, Veracruz, son los más importantes a nivel nacional.

El municipio de Huayacocotla se encuentra en la Sierra Madre Oriental y se caracteriza por presentar una topografía abrupta y llena de recursos forestales. El proceso que se sigue para la extracción del caolín tiene que pasar primero por la extracción de dicha materia forestal por parte de los ejidatarios que controlan ambas industrias, es decir, la industria forestal y la industria caolinera.

En 1978 se formó la Unión de Ejidos Caolineros “Lic. Rafael Hernández Ochoa” con la finalidad de aprovechar los recursos caolineros de la mejor forma. Debido a los pocos recursos con los que cuentan en la región para la extracción y el beneficio del caolín, se trabaja con el equipo disponible y con la poca maquinaria que existe en las minas. Esto hace que la producción en las minas no sea constante y, por lo tanto, en la planta de beneficio no se alcancen las condiciones óptimas de diseño y que, sumado a otros problemas, se tenga un proceso con muchas necesidades de mejora.

Además de una producción inconstante, existe un problema importante en la planta de beneficio que es la humedad que tiene el caolín durante todo el proceso de beneficio desde su llegada a la planta, su manejo, alimentación a los molinos y su empaquetamiento y almacenamiento. La imposibilidad de retirarle la mayor cantidad de agua genera mermas de caolín durante el almacenamiento antes de ser transportado a los puntos de entrega con los clientes y representa pérdidas monetarias considerables para la empresa.

Se analizaron varias posibles soluciones para dicho problema y se tomó la decisión de proponer un cambio en el método de transporte del producto final.

1. INTRODUCCIÓN

La región caolinera de Huayacocotla se encuentra en la parte noroeste del estado de Veracruz, en los límites con el estado de Hidalgo.

Esta región cuenta con abundantes recursos de tipo forestal, donde la explotación del bosque es la actividad económica fundamental. El caolín constituye un factor económico de riqueza potencial de gran importancia e históricamente ha estado vinculado a la explotación forestal (Flores, 1989).

La producción de caolín directa de las minas es destinada a empresas intermediarias como materia prima, las cuales lo procesan y se benefician del valor agregado casi nulo que tiene al extraerlo de las minas. También se destina a las pequeñas y medianas plantas de procesamiento con molinos, como las de Huayacocotla y Metepec, donde el beneficio se queda en la Unión de Ejidos Caolineros.

Los usos industriales del caolín son muy diversos y dependen de las variedades que de él existen en la naturaleza. Así, se pueden distinguir tres tipos de caolín fundamentalmente, que, según sus características físicas y sus usos industriales, son el caolín silicoso, el caolín lajudo y el caolín plástico.

La extracción en las minas se realiza con muy poca maquinaria y en ocasiones en condiciones peligrosas para el personal. Existe una falta de planeación en la operación y una organización que asegure la explotación óptima del caolín.

En la planta de Huayacocotla se recibe el caolín de las minas para ser reducido en su granulometría hasta formar un polvo con la blancura requerida por el cliente y que se empaqueta en costales de 25 kg y megabolsas de 1 ton. Las condiciones climáticas de la región hacen que el caolín presente una humedad que va del 30% al 40%, lo cual dificulta mucho su beneficio y resulta ser un problema al empaquetar y almacenar el producto final.

Las industrias consumidoras o los intermediarios son los que fijan el precio al ejidatario, tomando ventaja de los apoyos que prestan con relación a la maquinaria para la explotación y los estudios sobre el comportamiento del yacimiento e identificación de las diferentes calidades del mineral. Una variable que impacta al precio del mineral, a pesar de ser barato en su explotación, son los energéticos utilizados en la fase de transformación y procesamiento, principalmente en el secado y molido.

1.1 Hipótesis

Los procesos utilizados en la explotación de caolín son afectados por ciertos factores que se pueden identificar y cambiar o mejorar. Uno de los factores identificados es la humedad que el caolín presenta durante todo el proceso y que ocasiona costos por pérdidas. Se puede analizar dicha problemática y definir una solución.

1.2 Objetivos

- Analizar las condiciones que afectan la operación de la planta de beneficio de caolín.
- Definir una solución para reducir los costos por pérdidas ocasionadas por la humedad.

1.3 Justificación

La explotación de caolín en la región caolinítica de Huayacocotla podría realizarse de una manera óptima si se tuvieran los equipos y procesos requeridos para tal propósito. Un problema presente durante la explotación y el beneficio es la humedad del caolín. Durante el almacenamiento de los costales de caolín listos para comercializarse, éstos pueden llegar a romperse por la excesiva humedad acumulada que afecta al material con el que están fabricados los costales. Los costos que tiene la empresa por pérdidas ocasionadas por la excesiva humedad durante el almacenamiento del producto final son muy altos. Existen condiciones que se pueden analizar para mejorar durante el proceso de beneficio para evitar tal humedad en el producto final.

El presente trabajo se realiza con base en las investigaciones hechas en la región caolinera (García, 2004) y en la planta de beneficio de caolín para proponer una solución a dicho problema de humedad.

2. GENERALIDADES

2.1 Ficha técnica del caolín

El caolín es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente. El término caolín se refiere a arcillas en las que predomina el mineral caolinita. El caolín absorbe el agua fácilmente, su peso específico es de 2.6 y su dureza es de 2. Es de color blanco pero puede tener diversos colores debido a impurezas asociadas a hierro, titanio y minerales de tierras alcalinas. El caolín es inodoro, aislante eléctrico, moldeable, resistente a altas temperaturas, es refractario y de fácil dispersión. No es tóxico ni abrasivo. El hecho de que el caolín sea blando, es importante al reducir la abrasión de los equipos de los procesos utilizados en la industria caolinera.

Los usos que tiene el caolín (Secretaría de Economía, 2013; Hayden, 1963) son, principalmente, los siguientes:

- *Papel.* Como carga y recubrimiento del papel. En el acabado de papel de arte y tapiz y en el papel corrugado. Proporciona alta brillantez y opacidad con el mínimo recubrimiento resultando un peso extraligero. Reduce la porosidad y da suavidad y brillo a la superficie.
- *Cerámica.* En la fabricación de sanitarios, comedores, porcelana eléctrica y tejas de alto grado, vajillas, objetos de baño, refractarios y cajas de arcilla refractaria para la cocción de alfarería fina.
- *Refractarios.* A causa de su elevada temperatura de fusión, es adecuado para la elaboración de refractarios; de cemento refractario y resistente a los ácidos; así como de perfiles, bloques y ladrillos refractarios.
- *Cemento.* Se requiere que al ser quemado quede un color blanco. Gran cantidad de caolín destinado al cemento se usa tal cual es extraído y simplemente molido. Mejora la durabilidad, remueve el hidróxido de calcio químicamente activo, mejora la porosidad y la adhesión entre el cemento, la arena y la grava.
- *Pinturas.* En la elaboración de pigmentos de extensión para pinturas y en la fabricación de tintas. Se usa como dilatador por su inercia química, suave fluidez, facilidad de dispersión y por no ser abrasivo. Da suavidad y brillo a la superficie, mejora su durabilidad y reduce la cantidad de pigmento necesario.
- *Plásticos.* Es usado como relleno en hules y plásticos y auxiliar en procesos de filtración. Se mezcla bien con oleorresinas en plásticos y mejora la rigidez y dureza. Proporciona suavidad, estabilidad dimensional, resistencia al ataque químico y mejora las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas de los plásticos.

- *Agroquímicos*. Forma parte de los componentes de insecticidas y pesticidas. En virtud de su alta adherencia y baja segregación es el ideal recubrimiento de abonos y fertilizantes.
- *Cosméticos*. Es uno de los principales componentes de los cosméticos. Absorbe humedad, mejora las bases blancas para colores, se adhiere a la piel y tiene textura suave.
- *Industria de la construcción*. Usado como terraplén y como material crudo en la formulación de crisolita y placas de vidrio, y también para producir arcillas pesadas. Se emplea como relleno en linóleo y en cementos resistentes a los ácidos y en refractarios; revestimientos para ductos, ladrillos para pisos y para sellar mezclas. Confiere consistencia, plasticidad, cubrimiento y acabado de gran finura y perfección al estuco y otras masillas.
- *Industria química*. Se utiliza en la elaboración de productos químicos como sulfato de aluminio, alúmina y alumbre; en catalizadores y absorbentes, en el acabado de textiles, recubrimientos, curtiduría y productos de asbesto y en jabón; en ruedas abrasivas, como material de adherencia en fundición y para soldar cubiertas en varillas. Por su contenido de alúmina y sílice, se emplea en la producción de aditivos de cemento y fibra de vidrio.

Se puede usar también en la fabricación de materiales eléctricos, cauchos, hules, metales y en la industria farmacéutica.

La industria del papel consume aproximadamente el 50% (18 millones de toneladas) de la producción mundial de caolín y muchos de los desarrollos han sido en este sector papelerero. De las 18 millones de toneladas estimadas que se utilizan en la industria papelera, 75% son para el revestimiento de papel y 25% para el relleno.

Actualmente, el costo de una tonelada de caolín procesado es de \$2,000 pesos aproximadamente.

2.2 El caolín en el mercado internacional

Los principales productores de caolín en el mundo son cuatro: Estados Unidos, Brasil, Alemania e Inglaterra. Las principales características de los depósitos más importantes (US Geological Survey, 2014) son los siguientes:

- *Brasil*. El caolín para revestimiento ofrece alto brillo y opacidad.

- *Georgia, E.U.* Se usa para todas las aplicaciones de revestimiento en la industria papelería estadounidense y las arcillas calcinadas se usan mundialmente por su efecto de opacidad.
- *Cornwall, Inglaterra.* Provee caolín para relleno y revestimiento. En esta planta se realizaron recientemente significativas mejoras en la producción, en particular para la reducción de costos y el aumento de la recuperación en las etapas del proceso y el desperdicio.

Tabla 1. Producción mundial de caolín en miles de toneladas (Mineral Commodity Summaries, 2014)

País	2012	2013
Estados Unidos (ventas)	5,980	5,950
Brasil (beneficiado)	1,950	2,050
República Checa (bruto)	3,320	3,300
Alemania (ventas)	4,900	4,500
Italia	640	640
México	163	160
España	303	300
Turquía	1,200	2,000
Ucrania (bruto)	1,300	1,600
Reino Unido (ventas)	900	900
Uzbekistán (bruto)	7,000	7,000
Otros países	8,540	8,600
Total a nivel mundial (redondeado)	36,200	37,000

2.3 El caolín en México

En 2012, la producción nacional de caolín fue de 163 mil toneladas. Los principales estados productores de caolín en México son Veracruz, Hidalgo y Guanajuato. Otros estados productores de caolín son Puebla, Chihuahua, Zacatecas, Michoacán y Jalisco. Los yacimientos de caolín en México son muy irregulares, se presentan en diversas calidades, tamaños heterogéneos y con impurezas, como óxidos de fierro, cuarzo y sílice. Se canaliza principalmente a las industrias del cemento, pintura, cerámica, papel y hule. La mayor parte de los yacimientos de caolín se encuentran en terrenos ejidales (Secretaría de Economía).

En los yacimientos de Huayacocotla, Veracruz, es posible encontrar lentes de material de buena calidad pero en extensiones muy pequeñas. Esta región, en su mayoría, tiene

yacimientos con alto contenido de sílice, por lo que no todo el material es susceptible de beneficiarse y cumplir con los requerimientos exigidos a los caolines de importación y, así, sustituirlos por el producto nacional. La región de Huayacocotla está formada por ejidos del estado de Veracruz e Hidalgo (Secretaría de Economía, 2013).

En el municipio de Comonfort, Guanajuato, existe alteración hidrotermal que combinada con procesos supergénicos sobre rocas riolíticas terciarias, ha dado lugar a depósitos de caolín, reemplazando totalmente a la riolita con espesores de hasta 25 m en una superficie mayor a 250 km². Se presenta una cubierta de cuarzo de 2 a 5 m de espesor sobre los yacimientos de caolín. En esta región, la presencia de sílice ha dado lugar a que existan diferentes calidades de caolín. Debido a lo anterior los caolines de esta entidad se canalizan a las industrias del cemento, cerámica, papel, pintura, hule, agroquímicos, talco, tabiques refractarios y forraje (Secretaría de Economía, 2013).

El caolín en los estados de Puebla y Zacatecas es de origen hidrotermal, presenta variación en el color debido a la presencia de impurezas de cuarzo, mica y óxidos de fierro principalmente. Es utilizado primordialmente en la elaboración de cemento, porcelana, azulejo, refractario, adhesivo y cerámica. El caolín de Puebla se caracteriza por ser silicoarenoso y con alto contenido de sílice (Secretaría de Economía, 2013).

En la región de Jiménez, al sur de Chihuahua, se ha localizado caolín primario, el cual contiene minerales como sílice. Su aplicación es en las industrias del cemento y la cerámica. Se encuentra en forma de estratos entre areniscas y lutitas. En la parte norte de esta región minera existe un afloramiento de rocas riolíticas alteradas por soluciones hidrotermales, dando como resultado un depósito de caolín con óxidos de fierro, volviéndose a profundidad más compacta y sin purezas (Secretaría de Economía, 2013).

En el estado de Jalisco, en el municipio de Etzatlán, se ha detectado caolín originado debido a la influencia de hidrotermalismo controlado por fracturamiento que afectó a las tobas riolíticas, alterando y transformando a los feldespatos en minerales arcillosos a medida que la alteración fue la más intensa. La forma en que se presenta el caolín es irregular y en pequeños afloramientos. Este caolín se puede clasificar como silicoso y su aplicación sería en las industrias del cemento y la cerámica (Secretaría de Economía, 2013).

En el municipio de Zinapécuaro, Michoacán, el yacimiento de caolín detectado se considera como hidrotermal de temperaturas moderadas (entre 200°C a -300°C), originado a causa de la alteración de las riolitas por corrientes geotermales que fluyen por diversas fracturas de las mismas. En este caolín se observa un alto contenido de sílice, así como también la presencia de óxidos de fierro, feldespatos potásicos y material arcilloso,

entre otros. Podría tener aplicación en las industrias de la cerámica, refractarias y de la pintura (Secretaría de Economía, 2013).

La balanza comercial del caolín ha sido deficitaria debido a que en 2012 se importaron 71.8 millones de dólares y se exportaron 461 mil dólares. El caolín que se exporta se usa en la industria del hule, pintura y papel. El caolín que se importa, principalmente de Estados Unidos, se usa para la industria del cemento, papel y pinturas (Secretaría de Economía, 2013).

Las siguientes ilustraciones muestran las relaciones de importaciones y exportaciones que tuvo México en el año 2012.

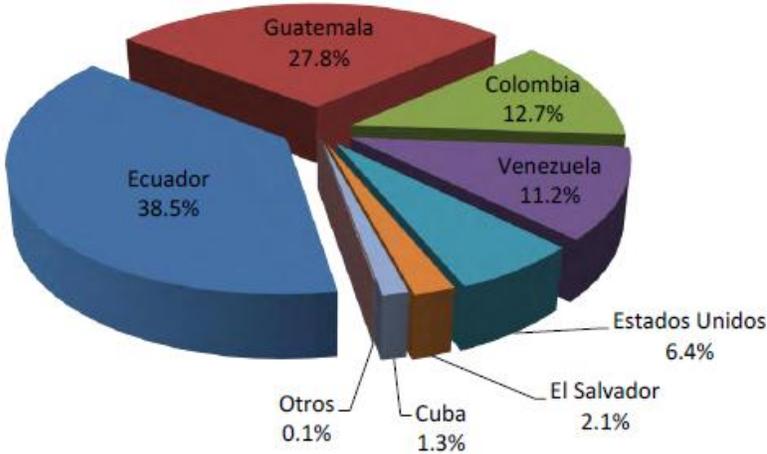


Ilustración 1. Exportaciones mexicanas de caolín en 2013 por país de destino (Coordinación General de Minería, 2014)

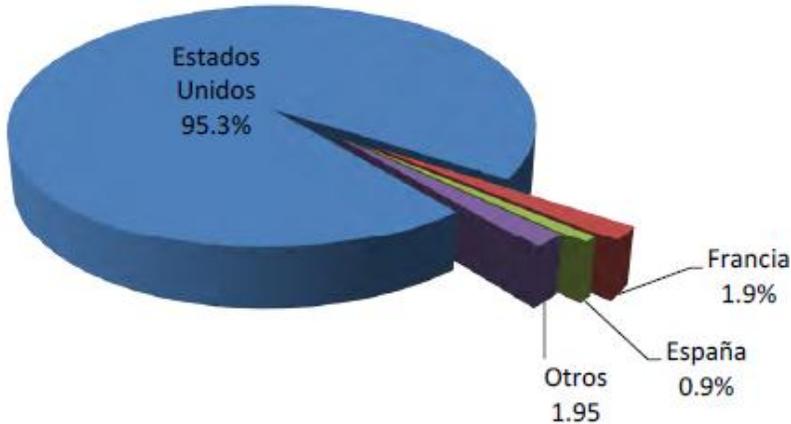


Ilustración 2. Importaciones mexicanas de caolín en 2013 por país de origen (Coordinación General de Minería, 2014)

En México existen tres tipos de comercialización de caolín (Secretaría de Economía, 2013):

- Productor y consumidor: El caso entre los ejidatarios y las industrias cementeras. Se pueden dar dos casos. Uno, que la cementera proporcione la maquinaria para la explotación y el ejido la mano de obra. Otro, que los ejidatarios realicen la explotación con sus medios y fijen el precio.
- Productor, transformador y consumidor final: El caso de ejidatarios, molineros y cualquier tipo de industria (menos cementera).
- Productor/molinero, intermediario y consumidor final: El caso de ejidatarios que poseen molinos, un intermediario (que colabore para satisfacer las necesidades del cliente) y la industria de la pintura.

2.4 Generalidades de la región caolinera de Huayacocotla

La región caolinera de Huayacocotla se encuentra en la parte noroeste del estado de Veracruz. Comprende dos municipios: Huayacocotla y Zacualpan. Está situada en la parte más alta de la Huasteca Veracruzana, denominada también “la ventana de la Huasteca”, a una altitud de 2,800 m, desde donde se tiene un amplio panorama de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental que bajan hasta las planicies costeras (Flores, 1989).

Predomina el clima templado húmedo con lluvias todo el año. A nivel ejidal se cultivan pequeñas áreas de maíz, papa, haba, cebada, alverjón, así como algunos frutales de clima frío. La actividad ganadera consiste, sobre todo, en el pastoreo extensivo de ovejas y chivos para el autoconsumo familiar y el pequeño comercio (Flores, 1989).

Esta región cuenta con abundantes recursos de tipo forestal, donde la explotación del bosque es la actividad económica fundamental.

Los municipios de Huayacocotla y Zacualpan ubicados en el estado de Veracruz son los municipios que cuentan con el mayor número de yacimientos de caolín en todo México, que representa casi el 80 % de las reservas a nivel nacional (García, 2004).

2.5 Ubicación del municipio de Huayacocotla

El municipio caolinero de Huayacocotla se ubica en la porción norponiente del estado de Veracruz, ocupa una superficie de 584.22 km² que representa el 0.76% del total del estado. Colinda al norte con los municipios Zacualtipán, Hgo. y Zontecomatlán, Ver., al este con los municipios Zacualpan y Texcatepec, Ver., al oeste con los municipios de Zacualtipán y Metzquititlán, Hgo. y al sur con los municipios Agua Blanca y Metepec del

estado de Hidalgo. Huayacocotla se encuentra bien comunicado con los principales centros de acopio, distribución y consumo de los estados de Veracruz e Hidalgo a través de la carretera estatal Metepec-Huayacocotla que prácticamente lo cruza de sur a norte; esta carretera entronca hacia el sur con la carretera federal No. 130 México-Tuxpan a la altura del poblado de San Alejo. De esta carretera estatal se desprende una importante red de caminos de terracería que comunica a las principales comunidades y ejidos del municipio, así como numerosas brechas que permiten el acceso a todas las localidades y minas de la región. Por vía férrea la estación más cercana se ubica en la ciudad de Tulancingo, Hidalgo a una distancia de 76 km. El aeropuerto más próximo se localiza en la ciudad de Pachuca, Hidalgo a 110 km (García, 2004).

El acceso es a partir de Tulancingo, Hidalgo, a través de la carretera federal No. 130, por la que se circula 9.7 km hasta el entronque a San Alejo donde se toma la carretera a Metepec-Agua Blanca-Huayacocotla, por la que se transitan 50 km hasta la planta de Unicaolín.

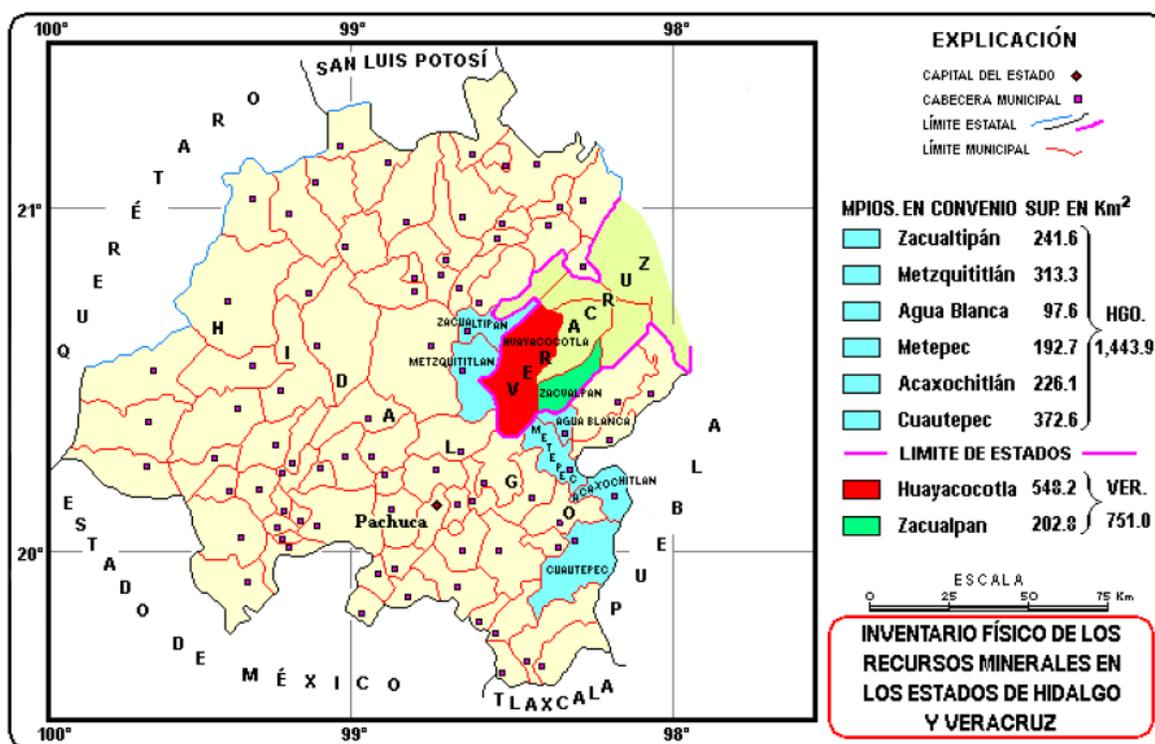


Ilustración 3. Ubicación del municipio de Huayacocotla (FIFOMI, 2004)

2.6 Topografía de la zona

El municipio de Huayacocotla se ubica en la provincia denominada Sierra Madre Oriental, que se caracteriza por presentar una topografía abrupta representada por sierras altas y profundos cañones, orientados principalmente noroeste-sureste, producto de procesos tectónicos de compresión y distensión. La naturaleza litológica es esencialmente sedimentaria con una cubierta volcánica. Las principales elevaciones presentan alturas de 2,400 a 2,700 m.s.n.m., como es el caso de los cerros San José (2,400 m.s.n.m.), La Bandera (2,700 m.s.n.m.) y el Cerro Verde (2,800 m.s.n.m.), este último es el más importante de la región localizado 3 km al norte de Carbonero Jcales.

2.7 Características del yacimiento

La región se localiza en la parte limítrofe con el estado de Hidalgo. Las rocas aflorantes en el área son principalmente tobas de composición riolítica, las cuales presentan alteración hidrotermal (silificación y más localmente caolinización). Esta unidad se encuentra descansando sobre lutitas y areniscas de la Formación Huayacocotla y está cubierta parcialmente por derrames básicos (basaltos y andesitas). Los procesos deben su origen a procesos hidrotermales mediante los cuales las tobas originales fueron silicificadas y/o caolinizadas (García, 2004).

Los yacimientos de caolín se localizan precisamente en el subsuelo inmediato a la capa boscosa, presentándose en forma de bancos arcillosos de color blanco, variando su consistencia y tonalidad según las características físicas del tipo de caolín que se presente.

Los depósitos de caolín fueron reconocidos principalmente en la porción sur del municipio en los ejidos de Carbonero Jcales, Palo Bendito, Corral Viejo y Potrero de Monroy.

Se han realizado estudios por el Fideicomiso de Minerales No Metálicos, la Comisión de Fomento Minero y el Consejo de Recursos Minerales en tiempos recientes (2004), se identificaron afloramientos de arcillas (bentonita), rocas dimensionables y agregados pétreos. Se identificaron minerales representados principalmente por arcillas de tipo caolín y montmorilloníticas (García, 2004).

2.8 Mineralogía

Con base en su composición química, el mineral se clasifica en tipo silicoso, aluminosilicoso y plástico de color blanco a crema con tonos rojizos.

La clasificación utilizada generalmente en la región, se basa en la coloración y en la textura, es decir, el caolín blanco es considerado de primera, el caolín color crema es considerado de segunda y el caolín manchado o con tonos rojizos es considerado de tercera. En cuanto a su textura, se tiene que el caolín es silicoso, arenoso y lajudo. Así, tenemos caolines de primera, segunda y tercera, y puede ser silicoso, plástico o lajudo (Flores, 1989).

Caolín silicoso: Color blanco. Tacto abrasivo. Textura compacta. Se usa en la industria cementera y en la farmacéutica.

Caolín plástico: Color blanco-crema, ligeramente rojizo por presencia de pigmentos ferruginosos. Tacto graso cuando está seco y plástico cuando está húmedo. Textura poco compacta, moldeable cuando está húmedo. Se usa en la industria cerámica, industria papelera, lozas y pinturas.

Caolín lajudo: Color blanco-crema. Tacto jabonoso. Textura compacta deleznable en capas. Se usa en la industria del jabón, industria llantera y de detergentes.

En el ejido Carbonero Jacales, la blancura del mineral es 97.8% en promedio. En el ejido Palo Bendito, se explota caolín de tipo silicoso con una blancura promedio de 99.05%. En la localidad de Vinasco, se tiene caolín plástico de primera y segunda. En el ejido Corral Viejo, se extrae caolín de tipo silicoso y alumino-silicoso, con variaciones al plástico de primera a segunda calidad. En el ejido Potrero de Monroy, el caolín observado corresponde a plástico de primera y segunda con variaciones irregulares y heterogéneas a silicoso (García, 2004).

2.9 Inventario de caolín en la región

El Consejo de Recursos Minerales (desde abril de 2005 conocido como Servicio Geológico Mexicano) realizó una recopilación de información en el año 2004 para tener un inventario físico de los recursos minerales en el municipio de Huayacocotla.

Como parte de este inventario se reunió información sobre los volúmenes de los cuerpos caolinizados. Para esto se midieron los cuerpos explotados en cada mina y, dependiendo de la forma de cada cuerpo, se estimó el volumen de caolín explotable. Tomando un peso específico con valores de 2.5 y 2.6, se calculó el tonelaje en cada mina.

En diciembre de 2013, se realizó una visita a cinco minas del municipio de Huayacocotla y en algunas de ellas se detectaron medidas diferentes a las indicadas en las fichas realizadas por el Fideicomiso de Fomento Minero. Esto probablemente se debe a los

avances que se han tenido en la explotación de las minas o al descubrimiento de nuevas zonas caolinizadas. Con la información que se tenía y con los cambios observados, se actualizaron los datos de reservas en las minas que así lo requerían.

Las siguientes tablas muestran las reservas de cada mina visitada en el municipio de Huayacocotla. Los datos recalculados de acuerdo con lo observado en la visita realizada en diciembre de 2013 están marcados con un asterisco.

Tabla 2. Reservas de la mina El Encinal

Mina	El Encinal
Número	HY - 17
Ejido	Palo Bendito
Municipio/ Estado	Huayacocotla, Veracruz
Dimensiones (m)	50 largo x 29 ancho x 80 alto *
Volumen (m3)	116,000
P. Específico	2.50
Toneladas	290,000*

Tabla 3. Reservas de la mina La Mohonera-Lucerna

Mina	La Mohonera-Lucerna
Número	HY - 33
Ejido	Corral Viejo
Municipio/ Estado	Huayacocotla, Veracruz
Dimensiones (m)	40 diámetro x 10 alto
Volumen (m3)	12,566
P. Específico	2.60
Toneladas	32,617

Tabla 4. Reservas de la mina La Palma

Mina	La Palma
Número	HY - 34
Ejido	Corral Viejo
Municipio/ Estado	Huayacocotla, Veracruz
Dimensiones (m)	25.4 largo x 10 ancho x 20 de alto
Volumen (m3)	5,080
P. Específico	2.60
Toneladas	12,700

Tabla 5. Reservas de la mina Las Estrellas

Mina	Las Estrellas
Número	HY - 47
Ejido	Potrero de Monroy
Municipio/ Estado	Huayacocotla, Veracruz
Dimensiones (m)	80 diámetro x 20 alto*
Volumen (m3)	100,531
P. Específico	2.60
Toneladas	261,380*

Tabla 6. Reservas de la mina La Golondrina-El Cerrito

Mina	La Golondrina- El Cerrito
Número	HY - 49
Ejido	Potrero de Monroy
Municipio/ Estado	Huayacocotla, Veracruz
Dimensiones (m)	70 diámetro x 20 alto
Volumen (m3)	76,979
P. Específico	2.60
Toneladas	200,120

2.10 Situación legal y social de la región

En 1978 se constituyó la Unión de Ejidos Caolineros “Lic. Rafael Hernández Ochoa” (Unicaolín), que agrupa a seis ejidos que a su vez son forestales: Canalejas de Otates y Tlachichilquillo, municipio de Zacualpan; y Palo Bendito, Carbonero Jacales, Corral Viejo, Potrero de Monroy, municipio de Huayacocotla (Flores, 1989).

Previo a la constitución formal de la Unión, se venía dando entre los ejidatarios caolineros la necesidad de organizarse para obtener mejor precio por su producto, conseguir financiamiento para la adquisición de camiones de carga para la comercialización directa e, inclusive, la idea de instalar una planta de beneficio local que incorporara valor agregado a sus productos. Dicha planta se instaló a finales de los años ochenta (Flores, 1989).

A pesar de ser los mismos ejidatarios que conforman la Unión de Ejidos Caolineros los que a su vez pertenecen a la Unidad de Producción Forestal, estas dos organizaciones presentan dinámicas muy diferentes debido a la forma de trabajo y organización inherentes a cada una de ellas.

Debido a la situación de la empresa y a las diferencias económicas en cada ejido y, por lo tanto, en cada mina, se trabaja con el equipo disponible y no hay mucha inversión destinada a maquinaria.

Con todas sus limitaciones, la experiencia de organización de los ejidos caolineros representa un sector de los pequeños mineros, en este caso ejidales, que luchan por apropiarse y mantener el control del conjunto de los procesos de trabajo, tanto a nivel extractivo, como industrial y comercial. Pero los ejidatarios, por lo general, son campesinos de escasos recursos económicos y poca educación. Han aprendido la minería de forma empírica y con métodos y equipo muy rudimentario. Tienen poca información del yacimiento, de la forma ideal de explotación y del desarrollo de proyectos mineros.

Así, existen muchos procesos que se pueden analizar y posteriormente mejorar para tener una actividad minera óptima en la región caolinera.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MINADO

3.1 Método de minado

Los yacimientos de caolín, normalmente, se presentan sólo cubiertos por la capa boscosa superficial, por lo que se trata de minas a tajo abierto. Por lo general, en la explotación de caolín se usa barrenación para proveer información detallada de las variaciones de la calidad del caolín, así se puede realizar un programa predeterminado para obtener las calidades requeridas en el proceso de beneficio. Además, se puede usar el apoyo de mapeos, estudios de las características físicas de los depósitos y dimensionamiento de los bancos para tener una explotación controlada del mineral. El equipo utilizado comúnmente en su explotación varía desde dragalinas, escrepas, palas y/o cargadores frontales.

Recién se han realizado estudios en Norteamérica para usar nuevos métodos en la explotación de caolín que incluirían un método de extracción sin retirar la capa superficial del yacimiento retirando el caolín por medio de barrenos, pero estos métodos aún no se usan en México, y en el caso de la región caolinera de Huayacocotla se utiliza el método de canteras en el que se remueve primero la superficie vegetal en coordinación con la industria forestal.

En ocasiones existe una dependencia de la industria forestal, es decir, se requiere que la materia forestal existente en el banco, cerro, o todo el yacimiento haya sido previamente retirada o explotada, ya que el municipio de Huayacocotla depende no sólo del caolín, sino de la venta de la madera explotada en los ejidos forestales-caolineros. Por lo tanto, a veces se necesita la aprobación de las autoridades forestales para explotar el caolín que se encuentra debajo del bosque y al que todavía no se le ha retirado la capa forestal.

En el caso del caolín de Huayacocotla, la maquinaria es muy escasa, así como la exploración, la planeación y la organización de las cuadrillas de los ejidatarios. Aun así, se trabaja de la mejor forma posible y la manera en la que se explotan los yacimientos consiste en simplemente retirar con ayuda de maquinaria (retroexcavadora) la capa vegetal del suelo y, posteriormente, el caolín con instrumentos como pico-pala-carretilla, o con maquinaria como excavadora o retroexcavadora y camión. Los caminos de acceso a las zonas caolineras son, en su mayoría, rutas ya existentes creadas como infraestructura de la industria forestal.

Después del minado, el caolín se puede transportar de dos maneras: se carga en camiones para ser llevado a la planta de beneficio o se forma una mezcla con agua para ser transportada como un lodo a través de un sistema de tuberías, bombas, hidrociclones y separadores de partículas hacia la planta de beneficio, donde previamente y durante el

beneficio se le debe retirar toda el agua y las partículas que se pudieran adherir a la mezcla durante el transporte.

En los ejidos visitados de la región caolinera de Huayacocotla se usa el transporte con camiones que llevan la “tierra” hacia los tiraderos y el mineral hacia la planta de beneficio.

Las minas están conectadas entre sí por caminos de terracería. Son bancos explotados manualmente y en ocasiones con ayuda de maquinaria. El ejido Carbonero Jacales es el que tiene mejor organización en la explotación y comercialización del mineral en los bancos de su propiedad, contando incluso, con una mejor infraestructura minera, ya que cuentan con trascabos, retroexcavadoras, tolvas y camiones de tipo “rabón” y plataforma. En los otros ejidos la infraestructura minera es básica, es decir, las actividades de explotación se realizan con pico, pala y carretilla, y en ocasiones en condiciones deplorables. No obstante, algunas veces, la explotación se realiza con maquinaria rentada.

3.2 Descripción del minado

El primer paso de la explotación de los yacimientos es, como ya se ha mencionado, el “descapote” o “escombrar”, para dejar al descubierto el mineral, que resalta por la blancura de su pigmentación.

El ciclo de minado, ya que está descubierto el mineral, es remover el caolín de las paredes de la cantera en las zonas con pigmentación más blanca usando pico y pala o maquinaria. Con el mineral en el suelo se utiliza la misma maquinaria, o en su defecto pala y carretilla, para cargarlo en los camiones o transportarlo a los patios de caolín hasta que haya una cantidad suficiente para ser transportada a la planta de beneficio o a un camión disponible que lo transporte a la planta.

En algunos casos, se usa dinamita para fragmentar el mineral y posteriormente ser cargado a los camiones. Esto es únicamente en algunas minas pero en ocasiones con problemas con el permiso de explosivos.

En las minas se cuenta con caminos de terracería que se usan como acceso a los bancos y como conexión entre las minas. Además, se cuentan con patios de maniobras para la maquinaria y patios donde el mineral recién retirado es colocado para esperar a ser cargado.

El número de camiones de carga varía en cada mina y son propiedad de ejidatarios particulares que a su vez le rentan el servicio al resto del ejido como transportistas. En algunas minas se tiene una relativa modernización en los procesos de trabajo e

infraestructura. Otras cuentan con excavadoras, retroexcavadoras y tractores. Dicha maquinaria fue adquirida con fondos comunes ejidales o financiados por el Fideicomiso de Minerales No Metálicos y son pagados con las ganancias de los fletes.

3.3 Infraestructura en las minas

El área de minado es delimitada por los ejidatarios tomando en cuenta el permiso previo que les da la industria maderera de la región. Normalmente, ya que se cuenta con el permiso, la explotación del mineral se realiza con una planeación dependiendo del color y las propiedades del caolín que se va encontrando. En la ilustración 4 se puede observar la diferencia entre una zona en explotación y la zona forestal aún no explotada.

Las minas se encuentran cerca de poblados en donde vive la mayoría de las personas que trabajan en la mina. Dichos poblados están conectados por caminos de terracería que también sirven como acceso a las minas y conexión entre poblados y la carretera más cercana.

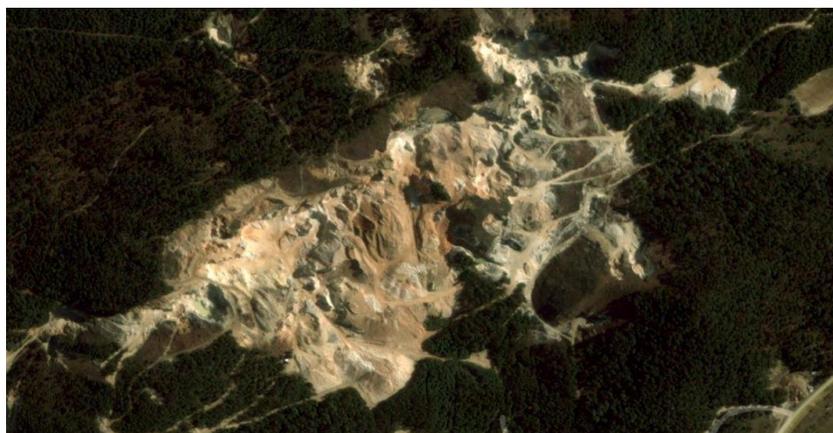


Ilustración 4. Zona explotada en el ejido Los Jacales (Google Maps, 2014)

Cada ejido se organiza para contar con un tiradero de mineral para varias de sus minas que se encuentre cerca y facilitar el cargado y acarreo de camiones. Apenas se cuenta con caminos que conectan a las minas entre sí, a las minas con los poblados más cercanos. Estos caminos son de terracería y generalmente llegan a la carretera principal de la región que va a Huayacocotla. En la Ilustración 5 se muestra un ejemplo de la conexión de caminos en la región explotada.



Ilustración 5. Zona explotada en el ejido de Monroy (Google Maps, 2014)

3.4 Producción de cada mina

3.4.1 Mina El Encinal

Cuenta con una retroexcavadora CAT 420D, un camión tipo “torton” de 20 ton que realiza de 2 a 3 viajes por día. En esta mina se encuentran trabajando de 3 a 5 personas. Aproximadamente una sección de 60x3x3m es suficiente para un mes de trabajo, esto es, un volumen para 60 camiones. Por lo tanto, la producción mensual de dicha mina debería ser de 1,200 ton/mes.



Ilustración 6. Banco de la mina El Encinal

3.4.2 Minas La Mohonera-Lucerna y La Palma

Se encuentran en el mismo tajo y solamente están separadas por un banco y un camino por donde transitan los camiones de una mina a otra. Entre las dos cuentan con una excavadora CAT 320CL, 4 camiones tipo “torton” de 20 ton que hacen un viaje y en ocasiones dos viajes por día. No existe un número fijo de personal, ya que pueden trabajar diariamente de 10 a 50 personas en la mina. Se tomará un total de 6 viajes de camión por día, durante 24 días al mes. La producción mensual, entonces, debería ser de 2,880 ton/mes. En el caso de La Mohonera-Lucerna y La Palma, los ejidatarios dueños realizan convenios con la empresa Cemex para asignar un tonelaje de mineral definido al mes. Dicha cantidad de mineral generalmente es de 1,000 ton/mes y Cemex le da un seguimiento desde la exploración, explotación y procesamiento.



Ilustración 7. Maquinaria en la mina La Mohonera-Lucerna



Ilustración 8. Mina La Palma

3.4.3 Mina Las Estrellas

Esta mina solamente cuenta con una retroexcavadora Case 580 Super K y un camión tipo “rabón” de 11 ton. Debido al exceso de descapote que se requiere (de 1 a 30 m) hay una producción muy baja y sólo laboran 1 a 2 personas diariamente. El camión se utiliza principalmente para transportar la tierra a los tiraderos, aproximadamente 30 viajes por semana. Sólo se realiza un viaje de mineral por día, por lo tanto, la producción mensual es aproximadamente de 264 ton/mes.



Ilustración 9. Retroexcavadora de la mina Las Estrellas



Ilustración 10. Camión de la mina Las Estrellas

3.4.4 Mina La Golondrina-El Cerrito

En esta mina únicamente se trabaja con pico, pala y carretilla. Trabajan 5 personas que cargan un camión Dina 600 de 10 ton una vez por día. Se toma un aproximado semanal de 6 viajes si el camión es cargado con carretilla. Por lo tanto, la producción mensual debería ser de 240 ton/mes.



Ilustración 11. Camión de la mina La Golondrina-El Cerrito

Tabla 7. Capacidad de producción y tonelaje total de cada mina por año

Mina	Producción Mensual	Producción Anual
El Encinal	1,200 ton	14,400 ton
La Mohonera-Lucerna y La Palma	2,880 ton	34,560 ton
Las Estrellas	264 ton	3,168 ton
La Golondrina-El Cerrito	240 ton	2,880 ton
Tonelaje Total	4,584 ton	55,008 ton

3.5 Personal

La organización del trabajo varía en cada ejido y en cada mina, aunque generalmente está basado en el funcionamiento de cuadrillas en grupos de 5 a 15 personas. Algunas minas solamente son trabajadas por los dueños y su propia maquinaria sin ningún ritmo de producción determinado ni una cuadrilla de trabajo establecida, sino únicamente con el personal necesario para producir la cantidad de caolín deseada para vender a la planta de beneficio.

Los puestos de trabajo, asignados por el dueño o ejidatario encargado de la mina en cuestión, consisten en: un jefe de mina, que organiza y dirige las labores; los peones generales y los choferes y macheteros de los camiones que transportan la carga hasta su

destino. En ocasiones, sólo en ciertas minas, se requieren de cuadrillas de barrenadores o encargados de colocar cartuchos de dinamita.

Los jefes de mina se encargan de supervisar las labores de los demás integrantes y de ser la persona a cargo cuando no se encuentra el dueño o ejidatario. Una vez que hay carga suelta, los peones se colocan en las partes más altas del banco utilizando barras de metal para desprender las rocas de mineral. Otros, con picos se encargan de desprender rocas de las partes bajas del cerro o que han quedado detenidas a la mitad. Otros utilizan marros y palas para quebrar las piedras en los “patios de mina”, para cargarlas a los camiones y ser llevadas a los sitios de recepción.

El trabajo caolinero es sumamente riesgoso e inseguro. Los peones que laboran en las partes más altas de los cerros (pueden rebasar hasta 80 m de altura) tienen que colocar estacas clavadas para amarrar de ellas sogas que cuelgan hasta abajo y por ese medio ayudarse a subir a sus sitios de trabajo, amarrándose a su vez de la cintura para prevenir caídas al vacío. Los peones de las partes bajas están permanentemente expuestos a desprendimientos de rocas y secciones del cerro. No utilizan ningún equipo de protección personal en el trabajo.

La percepción salarial varía según los puestos de trabajo. Se presenta una estratificación laboral y salarial marcada entre el jefe de mina y los peones generales, los cuales ganan por jornada de 8 horas de trabajo. Las autoridades ejidales liquidan los sábados en cada ejido, según las tareas acumuladas durante la semana.

Es importante mencionar la situación de seguridad en las minas, ya que el personal labora bajo condiciones muy peligrosas y con poco o nulo equipo de protección personal, así como una educación en seguridad e higiene muy deficiente.

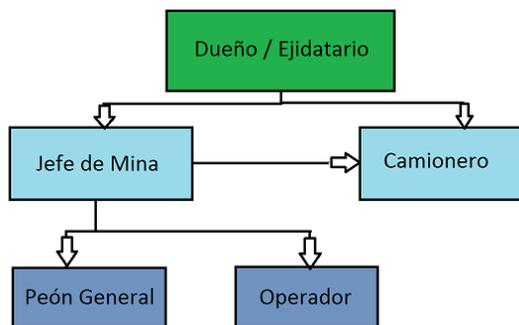


Ilustración 12. Organigrama de la operación en las minas

Tabla 8. Estimación del personal y su puesto dentro de las minas

Mina	Jefe de Mina	Peón General	Operador de Maquinaria	Camionero	Total
El Encinal	1	3	1	1	6
La Mohonera-Lucerna y La Palma	3	24	2	3	32
Las Estrellas	1	1	1	0	3
La Golondrina-El Cerrito	1	4	0	0	5
Total	6	32	4	4	46

3.6 Servicios en las minas de la región

Las minas no cuentan con ningún tipo de comunicación más que la que se encuentra en los poblados cercanos a cada una de las minas y que deben contar con teléfono, y en algunos casos con señal de teléfono celular e internet. Tampoco se cuenta en la mina con electricidad o iluminación, nunca se trabaja en la noche o en temporadas con exceso de lluvias.

El agua, de ser necesaria, se acarrea desde las casas aledañas a las minas. La situación del suministro de agua es diferente para cada ejido pero, al no tratarse de una zona seca, la región cuenta con abastecimiento de agua necesario para sus habitantes. El municipio de Huayacocotla se localiza en una zona montañosa, la cual constituye implícitamente una zona de recarga de los acuíferos que se ubican hacia las partes bajas. La presencia de acuíferos en el subsuelo son aprovechados en el mejor de los casos a través de norias.

Las comunidades que se encuentran en la región caolinera de Huayacocotla son las que aportan la mayor parte de la mano de obra a las minas y a la planta de Unicaolín. Los trabajadores viven repartidos en las comunidades y pueblos más grandes de los distintos ejidos que forman el municipio de Huayacocotla. En las comunidades pequeñas se cuenta con comedores en donde los trabajadores de las minas pueden alimentarse o bien comprar para comer mientras realizan sus labores en la mina.

Algunas comunidades tienen escuelas primarias, pero por lo general los habitantes de la región acuden a las escuelas que se ubican en los pueblos más grandes. En los pueblos como Metepec, Agua Blanca y Huayacocotla se cuenta con escuelas primarias y secundarias, así como clínicas de servicios médicos a las cuales tienen acceso los trabajadores de las minas.

Los principales medios de transporte en la región son el automóvil y el autobús o “combi”. El transporte público, como camiones o combis, es muy utilizado por la gente que trabaja en las minas y en la planta.

4. CONDICIONES DE LA PLANTA DE HUAYACOCOTLA Y SUS PROBLEMAS PRINCIPALES

4.1 Beneficio del caolín

El mineral de caolín, dependiendo de su origen, está contaminado principalmente con diversas impurezas, tales como óxidos y sulfuros de fierro, minerales titano féreos, mica feldespatos y materia orgánica, entre otros.

Existen dos métodos de beneficio del caolín que pueden ser: seco y húmedo. El primero se usa en caolines con mayor contenido de sílice y el segundo en caolines con contenidos superiores de alúmina.

En el seco se transporta de las minas hacia una planta de beneficio donde se clasifica por tamaño y se seca para después ser molido hasta llegar a la granulometría requerida, que generalmente es de malla 325.

En el húmedo se realizan otros pasos que involucran agua para realizar un lavado y obtener el producto más fino (hasta malla 400) y de mayor calidad y pureza. Estos pasos incluyen atricionado, agitado, espesado, blanqueo (si es necesario), filtrado y secado. Este proceso se usa sólo para el caolín papelerero que requiere una finura y pureza mayor que cualquier otra industria. Existe un proceso con tecnología reciente para el beneficio en húmedo del caolín que utiliza separación magnética para remover el contenido de titanio y óxidos de fierro y así lograr una pureza aún mayor (Hayden, 1961).

Se han realizado estudios en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo sobre la factibilidad que tendría una flotación del caolín, con el fin de crear nuevas tecnologías que permitan impulsar el potencial del caolín del estado de Hidalgo y, con esto, el desarrollo económico regional (Eguía, 1989). Las pruebas se realizaron únicamente a nivel laboratorio y los resultados obtenidos revelan una pobre selectividad y bajas recuperaciones con los reactivos utilizados. Además, debe reconocerse que la inversión que tendría una planta de flotación a nivel industrial para el beneficio de caolín es demasiado alta para una unión de ejidatarios, aunque los resultados obtenidos fueran los mejores.

4.2 Antecedentes de la planta de Huayacocotla

Como se mencionó en el capítulo 2, en 1978 se formó la Unión de Ejidos Caolineros (Unicaolín) y en 1987 se construyó una planta de beneficio de caolín. La inversión que se hizo en ese año para la instalación de la planta fue de 2 mil millones de viejos pesos corrientes (junio, 1987). Después de largas gestiones, justificando la importancia y

necesidad del proyecto por parte de la Unión de Ejidos Caolineros, se logró un convenio y compromiso de financiamiento tripartito del Fideicomiso de Minerales No Metálicos Mexicanos, la Secretaría de Programación y Presupuesto y el Gobierno del estado de Veracruz (Flores, 1989).

Se seleccionó el método de beneficio del caolín en seco y la planta fue diseñada en función de la capacidad de producción que se tenía en las minas y los recursos económicos con los que se contaban en ese entonces. Además de esto, existía otro factor que era la competencia que había en la región con varias plantas de beneficio en el municipio de Huayacocotla. Por eso, a pesar de la gran cantidad de mineral y el potencial que hay en las minas, el aspecto económico ha limitado la producción de la planta de Huayacocotla a una cantidad de 10,000 ton/año.



Ilustración 13. Fachada de la planta Unicaolín de Huayacocotla

4.3 Operación de la planta de Huayacocotla

El caolín procedente de las minas es descargado de los camiones en los patios de stock, después es seleccionado para realizar la mezcla requerida. En los patios, el caolín se organiza en bancos de diferentes blancuras, así se puede seleccionar con una retroexcavadora que lo alimenta al proceso.

El mineral seleccionado pasa por una trituradora que lo reduce a tamaños de 15 a 20 cm. Se usa una malla para separar el caolín con una granulometría de 6 cm, lo que no pasa por la malla se regresa a la trituradora.

Posteriormente, el caolín es alimentado con un cargador Bobcat a un proceso de secado, para después pasar a los molinos de martillos que lo reducen a un tamaño de 325 #. A

este tamaño, el caolín extrablancó se empaqueta como producto final en sacos de papel kraft de 25 kg y en megabolsas de rafia de 1 ton.

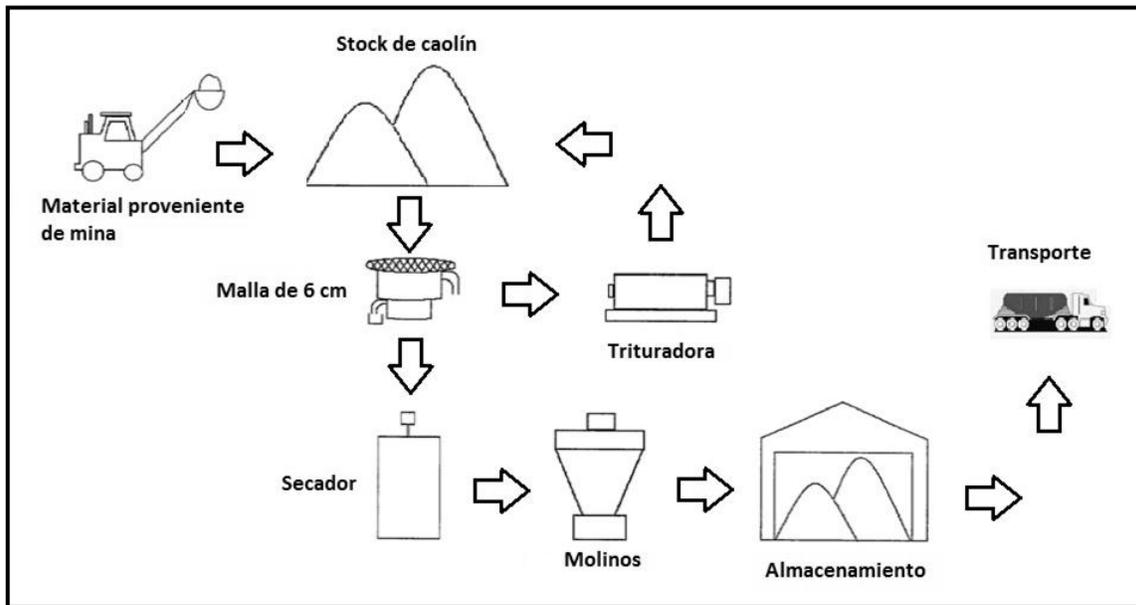


Ilustración 14. Diagrama de flujo de la operación en la planta



Ilustración 15. Patio de caolín

En la planta normalmente se trabajan dos turnos de 8 horas cada uno. Solamente cuando hay ritmos de producción muy altos se trabajan tres turnos. El cargador Bobcat alimenta el mineral a los molinos un volumen aproximado de 10 ton por turno. Solamente se producen 8 ton de concentrado por turno, debido a las pérdidas que se tienen en el proceso y en el almacenamiento del producto final. Con un total de 16 ton por día, la producción mensual es de aproximadamente 475 ton.

En realidad no hay una producción fija por mes debido a que los ritmos de producción se rigen por la demanda de caolín que tenga la industria. A veces se tiene una demanda baja, pero constante o fija, y en ocasiones se tienen convenios con empresas como Cemex por algún número de toneladas de caolín que aceleran los ritmos de caolín y se trabaja solamente para entregarle a dicha empresa en un plazo fijo. Después de dichos compromisos se reanudan las actividades a los ritmos normales de producción.



Ilustración 16. Zona de molienda (www.unicaolin.com, 2013)



Ilustración 17. Zona de almacenamiento (www.unicaolin.com, 2013)

Otro factor que afecta directamente en la explotación y beneficio del caolín en la región es la época de lluvias, ya que la humedad que tiene el caolín es muy alta y por lo tanto cuesta mucho extraerlo, además son muy peligrosos los trabajos en las minas. También esto provoca que el costo de su secado suba mucho, lo cual hace que prácticamente se suspenda casi toda actividad caolinera en la región en el segundo semestre del año.

Actualmente, se produce una cantidad de 5,700 ton al año a pesar de que la capacidad máxima de la planta es de 10,000 ton por año (Unicaolín, 2014).

4.4 Infraestructura de la plata de Huayacocotla

Los principales equipos con los que cuenta la planta de Huayacocotla y que son fundamentales para el proceso de beneficio del caolín son los siguientes:

- 1 trituradora que convierte el caolín a una granulometría de -15 a -20 cm
- 1 malla que clasifica el caolín a 6 cm
- 1 secador
- 3 molinos de martillos que finalmente reducen el tamaño del caolín a -325 #



Ilustración 18. Malla de 6 cm

Se cuenta con la siguiente maquinaria usada para el manejo, transporte y almacenamiento del caolín en los diferentes procesos:

- 1 Bobcat S175
- 1 retroexcavadora Case 580
- 2 camiones tipo “torton”

Y las instalaciones que se encuentran dentro de la planta de Huayacocotla son oficinas generales, nave industrial, báscula, subestación de energía eléctrica, patios de caolín y estacionamiento. Cuenta con una oficina de Ingeniería Ambiental.



Ilustración 19. Cargador Bobcat

La planta de Huayacocotla se encuentra en el ejido Carbonero Jacales a un costado de la carretera a Huayacocotla. Cuenta con una nave industrial en la que se encuentra la zona de molienda y almacenamiento del producto final. Además de la nave industrial, están las oficinas de la gerencia, personal e ingeniería forestal. Junto a la nave industrial están los patios de mineral, donde se descarga el caolín de los camiones y se alimenta a la quebradora y posteriormente se alimenta al molino. Cuenta también con un taller de mantenimiento y un almacén, así como una zona que se usa como estacionamiento. Entre la nave industrial y la oficina de ingeniería forestal hay una báscula para los camiones que llevan el mineral. Los caminos de acceso son de terracería. Estos caminos se usan para circular hacia la carretera próxima y a una zona habitacional que está muy cerca de la planta.



Ilustración 20. Ubicación de la planta con respecto a la carretera a Huayacocotla (Google Maps, 2014)



Ilustración 21. Infraestructura de la planta de Huayacocotla (Google Maps, 2014)

El municipio de Huayacocotla se encuentra bien comunicado con los principales centros de acopio, distribución y consumo de los estados de Veracruz e Hidalgo a través de la carretera estatal Metepec-Huayacocotla. Los pueblos que conectan la carretera a Huayacocotla son Los Jacales, Palo Bendito, Huayacocotla y Agua Blanca (Flores, 1989). Los dos primeros se encuentran a unos 15 minutos hacia el norte y los otros se encuentran a unos 45 minutos hacia el norte y 30 minutos hacia el sur respectivamente. Las ilustraciones 22 y 23 muestran la ubicación de la planta de Huayacocotla y la cercanía de esta con algunas minas y algunos poblados y zonas habitacionales.



Ilustración 22. Planta de Huayacocotla y sus alrededores (Google Maps, 2014)



Ilustración 23. Planta de Huayacocotla y sus alrededores (Google Maps, 2014)

4.5 Servicios en la planta de Huayacocotla

En la planta de Huayacocotla se cuenta con los servicios básicos de electricidad, suministro de teléfono e internet. Los trabajadores cuentan con seguro social, salarios, incentivos y gratificaciones. Los trabajadores acceden a las instalaciones de la planta por medio del transporte público o en su caso de transporte particular.

Existen gastos e ingresos en la planta por concepto de servicios. Las tablas 9 y 10 desglosan los gastos e ingresos anuales de servicios que se tienen en la Planta de Huayacocotla. Al final se tiene un balance final de 2'115,000 que se pagan de servicios.

Tabla 9. Gastos mensuales y anuales por servicios en la planta Unicaolín

Concepto	Gasto Mensual (pesos)	Gasto Anual (pesos)
Gas ejido Potrero de Monroy	6,600	79,000
Gas ejido Corral Viejo	1,500	18,000
Gas ejido Tlachichilquillo	1,250	15,000
Gas ejido Palo Bendito	3,800	46,000
Gas para trabajadores	160	2,000
Gas L.P.	72,000	864,000
Energía eléctrica	87,000	1'044,000
Seguridad industrial	250	3,000
Gastos médicos	3,500	42,000
Gratificaciones y apoyos	1,830	22,000
Incentivos	1,830	22,000
Agua y otros alimentos para trabajadores	410	5,000
Total	180,130	2'162,000

Tabla 10. Ingresos mensuales y anuales por servicios en la planta Unicaolín

Concepto	Ingreso mensual (pesos)	Ingreso anual (pesos)
Pago de luz ejidatarios Corral Viejo	500	6,000
Renta de báscula	3,400	41,000
Total	3,900	47,000

4.6 Personal

En la planta de Huayacocotla se cuenta con oficinas para cada gerencia, así como para los administradores, secretarios y personal en general. Aproximadamente, la cantidad del personal de trabajo en la planta es de 36 personas que están distribuidas en áreas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11. División del personal en las diferentes categorías

Categoría	Personal
Gerencia General	1
Contraloría Interna	8
Secretaría	2
Contabilidad	1
Gerencia de Finanzas	2
Gerencia de Personal	2
Gerencia de Producción	10
Gerencia de Ventas	8
Control de Calidad	2
Total	36

Se cuenta con un laboratorio de análisis químico donde un ingeniero químico se encarga de realizar los procesos correspondientes para verificar la calidad del caolín analizando sus propiedades físico-químicas (acidez, viscosidad y blancura).

El personal de producción se divide las labores de manejo del cargador Bobcat, manejo de retroexcavadora, alimentación a la molienda, alimentación a la trituradora, los envasadores y la operación de los molinos. Además, existe personal de producción encargado del mantenimiento de la planta y personal que se encarga de la supervisión de operaciones que en conjunto con la contraloría rinden cuentas a la gerencia general.

El gerente de la planta trabaja con los secretarios y los contadores para calcular y verificar los resultados que entrega la gerencia de finanzas.

La contraloría interna está encargada de la supervisión y de actividades como vigilancia, limpieza. Los contralores se quedan a cargo de la planta cuando el gerente general sale de visita a las minas, otras plantas, etc.

El personal de la gerencia de ventas se encarga de controlar los fletes del producto terminado. Está formada por el gerente de ventas, los operadores de camiones y sus ayudantes, así como la vigilancia y la limpieza.

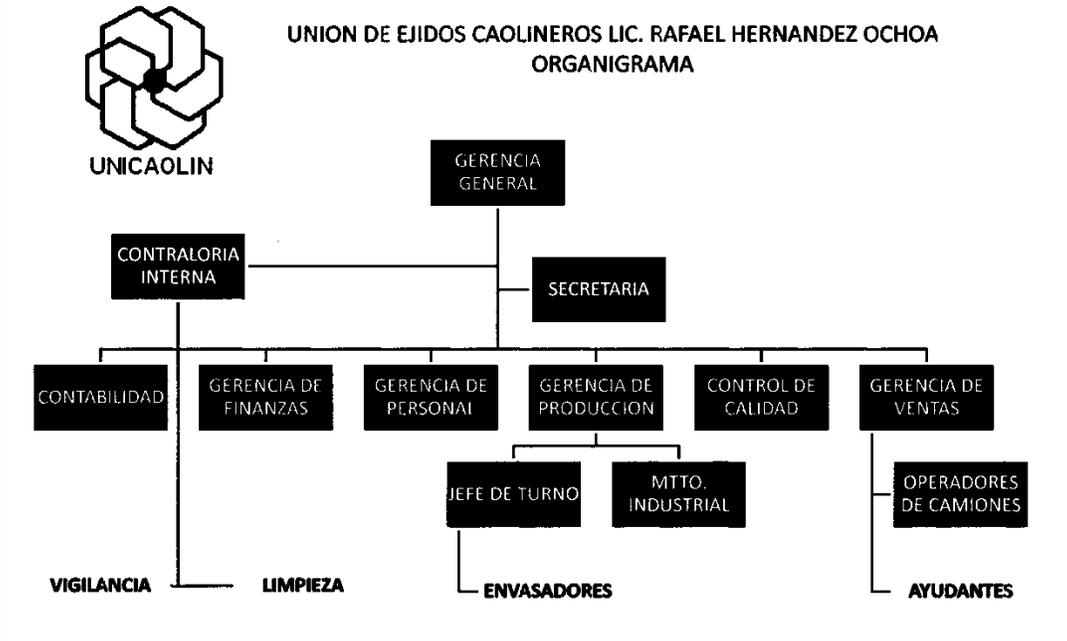


Ilustración 24. Organigrama de la operación en la planta de Huayacocotla (Unicaolín, 2013)

4.7 Costos de operación

El precio del caolín empaquetado vendido a los clientes es de \$2,050 pesos por tonelada libre a bordo (LAB) planta, y le cuesta al proceso completo de mina y planta \$1,630 pesos producir una tonelada de caolín (Unicaolín, 2014). En las tablas 12, 13 y 14 se desglosan los costos fijos y los costos variables que se tienen al año en la operación de la planta de beneficio.

Tabla 12. Costos fijos de la planta de beneficio por año

Concepto	Costo (pesos)
Película para empaquetar	20,000
Tarimas	140,000
Obsequios clientes y trabajadores	45,000
Mantto, sueldos, papelería y otros	883,000
Gastos de administración	1'000,000
Gastos financieros	20,000
Otros gastos	181,000
Total	2'300,000

Tabla 13. Costos variables de la planta de beneficio por año

Concepto	Costo por Tonelada (pesos)	Costo Total (pesos)
Descuento sobre ventas	5.28	30,120
Costo de ventas (PH)	912.28	5'200,000
Costo de ventas (PM)	371.92	2'120,000
Combustibles y lubricantes	9.47	54,000
Cargado Planta Huayacocotla	18.07	103,000
Fletes	171.92	980,000
Tractor, Tolva y Torton	140.35	800,000
Total	1,629.26	9'287,120

Tabla 14. Utilidad bruta por una producción de 5,700 ton/año

Venta Total	\$ 11'685,000
Costos Fijos	- \$ 2'300,000
Costos Variables	- \$ 9'287,120
Utilidad UAFIDA *	\$ 97,880

*Utilidad EBDITA por sus siglas en inglés que en español se traduce a UAFIDA = Utilidad antes de financiamiento, impuestos, depreciación y amortización.

4.8 Problemas principales en la planta de Huayacocotla

Uno de los problemas principales que tiene toda la actividad caolinera en la región es la producción, que nunca es constante, y que se ve perjudicada por la época de lluvias. La cantidad de caolín que México importa de Estados Unidos, principalmente, es mayor a la cantidad que exporta. Es cierto que la producción nacional se incrementa poco a poco pero aun así no representa una mejora en la industria caolinera. La región de Huayacocotla realiza la explotación de su caolín de una manera un poco precaria y está

regida por las relaciones de productor-consumidor y productor-transformador-consumidor mencionadas en el capítulo 2 de este trabajo. Estas relaciones impiden que los ejidos dueños del recurso principal fijen sus condiciones, precios y ritmos de producción y, por lo tanto, no hay un control de la cantidad de caolín que pudiera ser procesada de acuerdo con el diseño de la planta y que indica una producción anual de 10,000 ton, es decir, casi el doble de lo que se produce actualmente. Además, se tiene una cantidad excesiva de mineral en stock sin ser procesado porque en realidad existe una cantidad de reservas muy grande y por lo general los camiones provenientes de la mina abastecen a la planta constantemente, más por el alto número de minas que hay en la zona que por una producción constante y bien organizada.

Un problema no menos importante en la operación de la planta es la excesiva humedad que tiene el caolín desde su descapote, manejo en las minas y transporte a la planta hasta su manejo en la planta y almacenamiento como producto final. El porcentaje de humedad del caolín que pide el cliente es de 8% a 10%. Normalmente se encuentra con una humedad de 30% a 40% en las minas, cuando es depositado en los patios de secado la diferencia de humedad no es grande y al terminar el proceso dicha humedad y el almacenamiento durante mucho tiempo ocasionan que los costales de papel kraft se echen a perder y se abran ocasionando así la pérdida del caolín. Las pérdidas monetarias por dichas mermas ascienden a más de \$550,000 pesos por año.

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El problema que se tiene con la humedad del producto final y que causa muchas pérdidas al año por mermas de caolín es el que se eligió para analizar y proponer una posible solución.

Los clientes que compran el caolín de Huayacocotla son principalmente empresas cementeras y de la industria de la pintura y el papel, que lo reciben en las megabolsas o costales de papel. El producto debe contar con cierta blancura y una humedad menor al 10% para evitar que se echen a perder los costales y para garantizar al cliente la compra de un producto casi seco y, así, facilitar su manejo. Pero muchas industrias que utilizan el caolín como materia prima para su producto (como las industrias del cemento, papel, pinturas) usan métodos en húmedo para la mayoría de sus procesos de fabricación. Entonces, al recibir el caolín hacen una mezcla con agua y otras sustancias, dependiendo de cada industria, a la cual se añade el caolín seco ya sea al principio del proceso o en algún punto intermedio. Debido a esto, se puede decir que la humedad del caolín no tiene tanta relevancia para los clientes que usan procesos en húmedo y que al mezclarlo con otras sustancias y principalmente con agua pueden usar caolín seco o caolín húmedo invariablemente.

Así, considerando que la humedad en el producto final es inevitable, se recomienda un manejo diferente del producto final, es decir, en vez de almacenarlo en sacos o costales, transportarlo en una mezcla con agua por medio de camiones revolvedores hacia una estación de tren y de ahí ser transportado en tren, o sólo transportarlo en camiones revolvedores.

De la estación de tren a las empresas compradoras se puede transportar por medio de vagones o carros de ferrocarril con un dispositivo parecido a las revolvedoras para mantener la consistencia de la mezcla hasta una estación de descarga. De ser necesario usar revolvedoras que transporten el producto a lugares lejanos a una estación de tren, se volverán a usar. Esta opción implica una fuerte inversión, además del diseño del dispositivo revolvedor dentro de los vagones de la locomotora. También implica una complicada ruta de vías de ferrocarril que no necesariamente desembocan al punto de entrega del producto final, sino que más bien se transportan de una estación de ferrocarril a otra pero no viajan de una ciudad a otra ciudad como las condiciones de entrega lo requieren, y por lo tanto, esta opción se descartó.

La otra opción es comprar o rentar camiones revolvedores que transporten el producto final desde la planta de Huayacocotla a los destinos finales sin tener que pasar por el tren. Esto evitaría desviaciones en las rutas que representa un manejo en locomotora, aunque restaría eficiencia al proceso por el reducido volumen que se puede transportar y se

necesitarían varios camiones para realizar una sola entrega. Pero, aun así, dicho problema se puede solucionar consiguiendo una flota de varios camiones.

Se escogió la solución de camiones revolvedores ya que la inversión necesaria para construir vías de tránsito para la locomotora específicas para cada cliente, las estaciones de carga y descarga y la locomotora con el dispositivo revolvedor implica costos muy altos y que sería muy complicado que la Unicaolín pueda costear. Además se debe pensar en las rutas hasta el cliente, es decir, se debe usar un transporte de las estaciones de carga y descarga hasta el punto de entrega convenido con el cliente. Este transporte fácilmente lo cumplen los camiones revolvedores.

Sin duda, una flotilla de camiones nuevos es una mejor opción y definitivamente costeable para realizar el flete completo desde la planta hasta el punto de entrega. Se compararon algunos camiones revolvedores que se encuentran en el mercado de productos nuevos de modelos recientes y de modelos pasados para encontrar la mejor opción y formar la flota de camiones para los fletes del caolín en húmedo.

El precio de un camión revolvedor Mack GU813 (10 m³) nuevo con una capacidad para unas 20 ton es de aproximadamente 1.5 millones de pesos. Los precios de equipos nuevos de distintas marcas oscilan entre el millón de pesos y los dos millones, por lo tanto, una opción mucho más viable sería comprar equipo usado para reducir considerablemente el costo de inversión (www.truckpaper.com, 2014).



Ilustración 25. Camión revolvedor nuevo Mack GU813 último modelo (www.truckpaper.com, 2014)

Existen camiones nuevos de modelos de hace más de diez años con precios que van desde los \$400,000 pesos hasta los \$600,000 pesos. Estos últimos pueden ser una mejor opción para evitar una fuerte inversión en la flota de camiones que se requiere. Por ejemplo, un camión Peterbilt 2000 (8 m³) nuevo con una capacidad para 18 ton cuesta \$590,000 pesos (www.truckpaper.com, 2014).



Ilustración 26. Camión revolvedor nuevo Peterbilt 2000 modelo anterior (www.truckpaper.com, 2014)

Tomando en cuenta una producción constante y fijando una cantidad diaria en la planta de Huayacocotla de 30 ton se estima que se necesitan unos 5 camiones Peterbilt 2000 de 18 ton cada uno, lo cual representaría un costo de inversión de 3 millones de pesos.

Adquiriendo una flotilla de 5 camiones y realizando una planeación y programación de actividades para la implantación del nuevo sistema de transporte del producto final, se tendrá la ventaja de evitar un almacenamiento excesivo del caolín para evitar las pérdidas relacionadas con las mermas de caolín ocasionadas por la humedad del producto final o concentrado.

Adicionalmente, se recomienda adquirir otro cargador como el que ya se tiene en la planta (cargador Bobcat S175) para aumentar el manejo y alimentación de caolín al proceso y así mejorar la producción dentro de la planta de Huayacocotla. El precio de un cargador Bobcat S175 es de aproximadamente \$300,000 pesos.



Ilustración 27. Cargador Bobcat S175 (www.machinerytrader.com, 2014)

5.1 Programación de actividades e identificación de actividades críticas

Las siguientes actividades se tomarán en cuenta en la planeación y en el programa de actividades que se deben realizar en total para cambiar el sistema de transporte del producto final:

1. **Adquisición de la flotilla de camiones revolvedores Peterbilt 2000.** Contactar al proveedor y comenzar los trámites de compra.
2. **Adquisición de un cargador Bobcat S175.** Contactar al proveedor y comenzar los trámites de compra.
3. **Construcción de un patio para estacionar los camiones revolvedores.** Se requiere un espacio grande molienda para estacionar los camiones cerca de la zona de cargado.
4. **Construcción de un camino apropiado para la circulación de los camiones de la planta a la carretera.** Debido a que la entrada a la planta se realiza por un camino de terracería en mal estado, realizar un camino pavimentado para la circulación de los camiones desde la carretera hasta el patio previamente construido.
5. **Acondicionamiento de un espacio para el cargado dentro de la nave industrial.** Se requiere un espacio cerca de la zona de molienda para cargar los camiones con el caolín en solución. Se puede utilizar el espacio que se tiene actualmente, pero de preferencia expandir para colocar un mezclador de solución que alimente los camiones.

6. **Programación de nuevos ciclos con el nuevo cargador Bobcat S175.** Planear un cambio de actividades a partir del momento en que se cuente con el nuevo cargador. Está relacionada con la primera actividad de esta lista, por lo tanto, se verá afectada en tiempos si ésta se retrasa.
7. **Implementación del nuevo sistema de transporte.** Planear un cambio de actividades a partir del momento en que se cuente con los camiones. Además, informar a los clientes del nuevo sistema de transporte y entrega. Está relacionada con la segunda actividad de esta lista, por lo tanto, se verá afectada en tiempos si la ésta se retrasa.

Se muestra la ruta crítica de las actividades en la tabla 15 y la ilustración 28 y, en la tabla 16, el diagrama de Gantt con las actividades antes enlistadas con los tiempos de comienzo y duración de cada una.

Tabla 15. Ruta crítica

Actividad			Período		Actividad Crítica
Orden	Descripción	Duración (semanas)	Inicio	Fin	
1	Adquisición de camiones	8	0	8	Si
2	Adquisición de cargador	6	0	6	
3	Construcción de patio	3	0	3	Si
4	Construcción de camino	6	3	9	Si
5	Acondicionamiento de nave industrial	2	3	5	
6	Programación de nuevos ciclos de cargado	2	6	8	
7	Implementación del nuevo sistema de transporte	2	9	11	Si

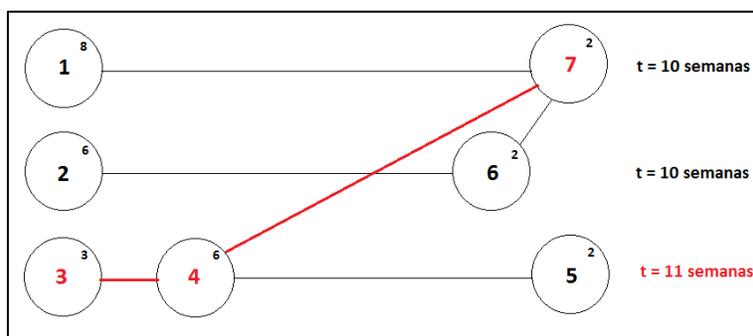


Ilustración 28. Red de la ruta crítica

Tabla 16. Diagrama de Gantt

Actividad	Descripción	Comienzo	Duración	S 0	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10
1	Adquisición de camiones	0	8	█	█	█	█	█	█	█	█			
2	Adquisición de cargador	0	6	█	█	█	█	█	█					
3	Construcción de patio	0	3	█	█	█								
4	Construcción de camino	3	6				█	█	█	█	█	█		
5	Acondicionamiento de nave industrial	3	2				█	█						
6	Programación de nuevos ciclos de cargado	6	2							█	█			
7	Implementación de nuevo sistema de transporte	8	2										█	█

6. ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN

En la planta de Huayacocotla se destinan 50% de las utilidades netas que se generan al año a la inversión de diferentes proyectos. Así que es posible pensar en destinar esa cantidad de inversión de las utilidades de forma parcial o total a éste. Además, existen apoyos que se pueden conseguir destinados a las pequeñas empresas para fomentar su crecimiento o mejora. Un ejemplo de este tipo de apoyos, es el que da el Instituto Nacional de la Economía Social (INAES), que ha trabajado previamente en el sector minero, facilitando recursos para proyectos de mejora por parte de las empresas pequeñas (www.inaes.gob.mx, 2014).

Entonces, tomando en cuenta la factibilidad de contar con la inversión para desarrollar dicho proyecto, se realizaron los cálculos correspondientes para comparar los costos de producción actuales y los costos de producción con la propuesta.

6.1 Costos actualizados

El costo de producción de una tonelada de caolín es \$1,630 pesos. El precio con el que se vende el caolín a los clientes es de \$2,050 por toneladas. Anualmente se tienen los siguientes costos fijos y variables (revisar las tablas 12, 13 y 14 en el capítulo 4):

- Costos fijos = 2'300,000 pesos.
- Costos variables = 9'287,120 pesos.
- Utilidades netas = 97,000 pesos.

Esto es, con una producción de 5,700 ton por año, con costos por pérdidas incluidos. De acuerdo con la solución propuesta en el capítulo 5, se calcularon nuevos costos fijos y variables y se eliminaron los costos por pérdidas, costos de empaquetamiento y tarimas para almacenamiento. Se hizo un ajuste en el mantenimiento, debido a que el tipo de mantenimiento en la planta de beneficio será diferente utilizando camiones revolvedores y pensando en que el que se realiza actualmente podría ser insuficiente. Además, se tomó en cuenta una producción constante de 10,000 ton anuales, que se espera lograr a partir del año 1 después de las modificaciones realizadas.

Tabla 17. Costos fijos de la planta de Huayacocotla con la propuesta

Concepto	Costo (pesos)
Película para empaquetar	0
Tarimas	0
Obsequios clientes y trabajadores	45,000
Mantenimiento, sueldos, papelería y otros	1'050,000
Gastos de Administración	1'000,000
Gastos Financieros	20,000
Otros gastos	181,000
Total	2'296,000

Tabla 18. Costos variables de la planta de Huayacocotla con la propuesta

Concepto	Costo por Tonelada (pesos)	Costo Total (pesos)
Descuento sobre ventas	5.28	52,800
Costo de ventas (PH)	748.61	7'486,100
Costo de ventas (PM)	205.60	2'056,000
Combustibles y lubricantes	50.00	500,000
Cargado Planta Huayacocotla	18.07	180,700
Fletes	429.80	4'298,000
Tractor, Tolva y Torton	129.35	1'293,500
Total	1,586.71	15'867,100

Tabla 19. Utilidad bruta por 10,000 ton (valores representados en pesos)

Venta Total	20'500,000
Costos Fijos	- 2'296,000
Costos Variables	- 15'867,100
Utilidad UAFIDA	2,336,900

A partir del año 1, tomando en cuenta una producción de 10,000 ton anuales, los costos fijos subirán por el aumento de equipo y por lo tanto se tendrá que aumentar los combustibles y lubricantes, el mantenimiento y los sueldos de los operadores. Los costos variables bajarán ya que no existirán pérdidas por mermas, ni se usará tanto material para empaquetar el caolín. Finalmente, las utilidades brutas antes de los impuestos y depreciación serían de 2'336,900 pesos al año.

6.2 Costos nivelados

Costo nivelado en el año 0 = Costos de Producción / Producción

$$= \$ 9'287,120 \text{ pesos} / 5,700 \text{ ton} = \$ 1,630 \text{ pesos/ton}$$

Costo nivelado a partir del año 1 = Costos de Producción / Producción

$$= \$15'867,100 \text{ pesos} / 10,000 \text{ ton} = \$ 1,586 \text{ pesos/ton}$$

El costo nivelado se reducirá en \$44 pesos por cada tonelada producida a partir del año 1 del proyecto.

6.3 Estado de resultados

A partir del año 1 los ingresos por una producción de 10,000 ton anuales ascenderán a \$20'500,00 pesos. Se depreciarán los equipos de transporte recién adquiridos con un valor de 4 millones de pesos en los primeros 4 años del proyecto.

Tabla 20. Estado de resultados a partir del año 0 (valores representados en pesos)

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos	11'700,000	20'500,000	20'500,000	20'500,000	20'500,000	20'500,000
Costos de Operación	10'500,000	17'000,000	17'000,000	17'000,000	17'000,000	17'000,000
Utilidad de Operación	1'200,000	3'500,000	3'500,000	3'500,000	3'500,000	3'500,000
Gastos de Administración	1'000,000	1'500,000	1'500,000	1'500,000	1'500,000	1'500,000
Depreciación	100,000	1'100,000	1'100,000	1'100,000	1'100,000	100,000
Utilidades antes de impuestos	100,000	900,000	900,000	900,000	900,000	1900,000
ISR (35%)	35,000	315,000	315,000	315,000	315,000	665,000
RUT (10%)	10,000	90,000	90,000	90,000	90,000	190,000
Utilidad Neta	55,000	495,000	495,000	495,000	495,000	1'045,000

6.4 Análisis de resultados

Con la producción y los ingresos a partir del año 1, el valor de la utilidad neta se multiplicará nueve veces. Este resultado es producto de un cambio en la explotación, haciéndola más constante y aumentando en un 80% para cumplir con la capacidad máxima de la planta de beneficio. Además, gracias al cambio en el sistema de transporte del producto final, se evitarán pérdidas por mermas de caolín procesado que afectan los costos de producción por tonelada.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Unión de Ejidos Caolineros de Huayacocotla lleva más de 50 años explotando sus recursos caolineros y desde la década de los ochenta ha tratado de mejorar la calidad de su producto así como de optimizar su producción. La construcción de la planta de Huayacocotla fue un paso muy importante hacia la mejora de sus actividades pero siempre han habido oportunidades de pulir ciertos aspectos desde la explotación en las minas hasta el procesamiento que se le da en la planta de beneficio.

La planta fue diseñada para una producción máxima de 10,000 toneladas anuales, sin embargo, no se ha podido llegar a dicha producción desde su construcción por ciertos contratiempos con la planeación, organización y coordinación con la explotación en las minas, los mismos clientes y hasta la competencia que existe en la región.

7.1 Recomendaciones en la planta de Huayacocotla

Actualmente se produce una cantidad de 5,700 toneladas al año. Con una producción más constante y una menor cantidad de mineral en stock sin ser procesado, es decir, tomando en cuenta 3 turnos al día y no tener las pérdidas por humedad, se podría alcanzar una producción mensual de 840 ton y una producción anual de 10,000 ton, así se alcanzaría la capacidad máxima de la planta. Se recomienda el uso de otro cargador Bobcat S175 para una mayor alimentación y una producción más constante.

La problemática que se trató en el proyecto fueron las pérdidas de mineral procesado que se tienen por la humedad con la que se almacenan los costales de caolín. Esto ocasiona pérdidas monetarias de más de medio millón de pesos al año. Dicha suma es considerable tomando en cuenta que hay poca inversión de parte de los ejidatarios y que bien se podría usar en la mejora de ciertos aspectos que van desde la extracción del caolín en las minas hasta el proceso de la planta o en programas de beneficios a las comunidades cercanas.

Se estudiaron soluciones posibles que fueron desde adaptar un nuevo sistema de secado, comprar o construir hornos, diseñar un sistema de acarreo ferroviario, diseñar trenes especiales para transportar el producto final y un sistema de transporte en húmedo con camiones revolvedores. Después se analizaron las dos opciones del cambio de transporte y se tomaron decisiones.

Así, finalmente se eligió el último mencionado que consiste en colocar el producto final en camiones revolvedores que conservarán su humedad y los transportarán hasta su destino final o donde el cliente lo solicite. De este modo, se evitarán todas las pérdidas por

mermas al almacenar una cantidad excesiva de producto final y además se sustituirán los fletes en camión y los costos de material como costales y megabolsas.

Se cotizó una flotilla de camiones y se calcularon costos de inversión, operación y mantenimiento, además de los costos nivelados y estado de resultados después de adaptar dicho sistema. Se proyectó a cuatro años donde se reflejaría en un aumento en las utilidades netas y un decremento en el costo de producción por tonelada, lo que convierte al proyecto de la planta de Huayacocotla en un proyecto redituable.

Además de todo esto, como parte de lo que se observó en el organigrama de la planta, se recomienda cambiar la situación de la vigilancia y la limpieza dentro de la administración de la empresa, ya que no corresponden a la contraloría interna sino deberían estar bajo la supervisión de la gerencia de personal.

7.2 Recomendaciones en la mina

Principalmente se recomienda tener una explotación de mineral más selectiva. Esto es por el hecho de que la capacidad de la planta de beneficio es de 10,000 toneladas por año, y tomando en cuenta la competencia de plantas de beneficio a nivel regional y que los ritmos de producción posibles en la mina exceden por mucho la capacidad de la planta. Por eso se recomienda una explotación más selectiva, es decir, extraer el caolín de mejor calidad en las minas para así evitar procesos de purificación y la diversificación de clientes.

Además, se recomienda una mejor organización en la explotación teniendo una planeación en los ciclos de minado, ritmos establecidos de producción por mes, programas de mantenimiento más estrictos y aumentar la seguridad del personal implementando programas de seguridad y proporcionando equipo de protección personal.

Finalmente, y debido a la problemática de explosivos que se tiene en la explotación de las minas, se recomienda ver el “Permiso general para la compra, consumo y/o almacenamiento de material explosivo en la industria de la minería” de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

REFERENCIAS

- BOLIVAR V., Héctor. *Elementos para la evaluación de proyectos de inversión*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2001.
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL HEROICO CONGRESO DE LA UNIÓN. Ley Federal de Armas de fuego y explosivos. *Anexo: Permiso general para la compra, consumo y/o almacenamiento de material explosivo en la industria de la minería*. México, 2014.
- EGUÍA M., Martha. *Caracterización de caolines y diseño de un secador rotatorio continuo*. Universidad Autónoma Metropolitana. 1989.
- ELZEA K., Jessica, TRIVEDI, Nikhil, BARKER, James, KRUKOWSK, Stanley. *Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses*. 7th edition. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Englewood, Colorado, USA, 2006.
- FLORES H., Ivonne. "El caolín en la región de Huayacocotla, Ver." *La Palabra y El Hombre*, Enero-Marzo 1989, no. 69, pp. 113-124. Xalapa, Universidad Veracruzana, 1989.
- GARCÍA R., Enrique. *Inventario físico de los recursos minerales de Huayacocotla, Ver.* Pachuca, Consejo de Recursos Minerales. Fideicomiso de Fomento Minero, 2004.
- GARCÍA R., Enrique. *Anexo I. Fichas para el inventario físico de los recursos minerales de Huayacocotla, Ver.* Pachuca, Consejo de Recursos Minerales. Fideicomiso de Fomento Minero, 2004.
- HAYDEN H., Murray. "Industrial Applications of Kaolin". *Clays and Clay Minerals*, 1961 vol. 10, no. 1, pp. 291-298. Chantilly, Virginia, USA. The Clay Minerals Society, 1961.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA. *Perfil del Mercado del Caolín*. México, Coordinación General de Minería. Dirección General de Promoción Minera. 2013.
- THIELE KAOLIN COMPANY. *The Clay Process*. Sandersville, Georgia, USA. 2013.

- Instituto Nacional de la Economía Social. <http://www.inaes.gob.mx> (Consultado 2014).
- Portal Machinery Trader. <http://www.machinerytrader.com> (Consultado 2014).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.semarnat.gob.mx> (Consultado 2014).
- Portal Truck Paper. <http://www.truckpaper.com> (Consultado 2014).
- Unión de Ejidos Caolineros. <http://www.unicaolin.com> (Consultado 2014).
- Portal United States Geological Survey. *Mineral Commodity Sumaries*. <http://www.usgs.gov> (Consultado 2014).

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el amor y el apoyo que me han dado toda la vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería.

A mi director de tesis, el Ing. Mauricio Mazari Hiriart, por la motivación y la confianza que ha depositado en mí durante la realización de este trabajo.

Al gerente de la Planta de Huayacocotla, el señor Sixto Martínez, y al personal de la Unión de Ejidos Caolineros por toda la ayuda brindada.

Al Lic. Enrique Serrano por la confianza depositada en los estudiantes de la carrera.

A mis sinodales por las revisiones y aportaciones que le hicieron a este trabajo.

A mi hermana y a mi familia.

Y a mis amigos.