



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA
PARA EL BLANQUEAMIENTO DE BARITA
CON ÁCIDO SULFÚRICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA METALÚRGICA

PRESENTA

XIMENA SEGURA GALVÁN



México, Ciudad de México,
17 de agosto de 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: DR. JOSÉ ANTONIO BARRERA GODINEZ

VOCAL: Profesor: M. ALEJANDRO ZANELLI TREJO

SECRETARIO: Profesor: M. IBET NAVARRO REYES

1er. SUPLENTE: Profesor: DR. MARCO AURELIO JANO ITO

2° SUPLENTE: Profesor: DR. JOSÉ SABINO SÁMANO CASTILLO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA METALÚRGICA, FACULTAD
DE QUÍMICA, UNAM

ASESOR DEL TEMA

Dr. José Antonio Barrera Godínez _____

SUPERVISOR TÉCNICO

Dr. José Sabino Sámano Castillo _____

SUSTENTANTE

Ximena Segura Galván _____

Índice general

Índice de tablas	5
Índice de figuras	7
Capítulo 1. Introducción	9
1.1 Generalidades técnicas de la barita	10
1.2 El blanqueamiento de barita	10
1.3 El Despojo Galvánico con Piroconversión (DGPC), un proceso alternativo para el blanqueamiento de barita	11
1.4 Mercado nacional y mundial actual de la barita: producción y usos	11
1.5 Estudio económico del blanqueamiento de barita	12
1.6 Evaluación económica-financiera del blanqueamiento de barita	12
1.7 Análisis de la problemática	13
Capítulo 2. Antecedentes	14
2.1 Especificaciones técnicas	14
2.1.1 Mineralogía y depósitos	14
2.1.2 Clasificación y grados de barita	15
2.2 La barita y sus usos	19
2.3 Producción nacional y mundial	23
2.4 Mercado nacional, balanza comercial	26
2.5 Blanqueamiento de barita y proceso DGPC	30
2.5.1 Proceso productivo actual a nivel nacional	30
2.5.2 Lixiviación	33
2.5.3 Proceso DGPC	33
2.6 Evaluación de proyectos	34
2.6.1 Clasificación de estimado de costos	35
2.6.2 Estudio económico	37
2.6.3 Evaluación económica	44
Capítulo 3. Hipótesis	48
Capítulo 4. Objetivos	49
Capítulo 5. Metodología de trabajo	50

Capítulo 6. Marco de referencia	51
6.1 Descripción del producto	51
6.2 Localización y descripción de la zona.....	54
6.3 Mercado.....	56
6.4 Marco legal normativo	61
6.4.1 Normas nacionales (Normas Mexicanas).....	61
6.4.2 Normas internacionales y extranjeras	62
6.4.3 Certificaciones.....	63
6.5 Determinación de equipos e instrumentación.....	63
6.6 Diagramas y estructura del proceso	66
6.6.1 Suministros.....	67
6.6.2 Transformación.....	68
6.6.3 Puesta en mercado	69
Capítulo 7 Resultados.....	70
7.1 Estudio económico	70
7.1.1 Costos	71
7.1.2 Gastos	72
7.1.3 Activos.....	74
7.1.4 Pasivos.....	76
7.1.5 Punto de equilibrio.....	77
7.1.6 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)	79
7.1.7 Balance general inicial.....	81
7.1.8 Estado de resultados.....	81
7.2 Evaluación económica.....	82
7.2.1 Valor Presente Neto (VPN)	82
7.2.2 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	83
7.2.3 Periodo de Retorno de Inversión (PRI).....	83
Capítulo 8. Discusión de resultados.....	84
8.1 Punto de equilibrio.....	84

8.2 TMAR	84
8.3 Balance general.....	85
8.4 Estado de resultados	85
8.5 VPN	86
8.6 TIR	86
8.7 PRI	87
8.8 General.....	87
Capítulo 9. Conclusiones	88
Capítulo 10. Recomendaciones	89
Bibliografía	90
Anexos	93
A1. Costos detallados.....	93
A2. Gastos de administración	96
A3. Gastos de ventas	96
A4. Activos fijos	97
A5. Activo circulante	98
A6. Planes de pago del financiamiento	99

Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades de la barita. Fuente: (Barthelmy, 2014).....	15
Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de distintos grados de barita. Fuente: Elaboración propia, basada en información de (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020)	18
Tabla 3. Volumen de producción de barita por entidad federativa y total nacional, para el periodo 2014-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	25
Tabla 4. Valor de producción de barita por entidad federativa y total nacional, para el periodo 2014-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	26
Tabla 5. Balanza comercial de la barita 2017-2018; exportaciones, importaciones y superávit (Valor en dólares corrientes). Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	27
Tabla 6. Exportación en volumen y valor de sulfato de bario natural (barita), por país destino, 2017-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	28
Tabla 7. Importación en volumen y valor de sulfato de bario natural (barita), por país de origen, 2017-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	29
Tabla 8. Clases de estimado de costos. Fuente: (Bredehoeft, Dysert, & Hollmann, 2019).....	36
Tabla 9. Contenido Estado de Resultados. Fuente: (Baca Urbina , 2013).....	41
Tabla 10. Productos producidos actualmente por la empresa Baramin. Fuente: (BARAMIN, s.f.).....	52
Tabla 11. Composición del producto Paint grade barite ore. Fuente: (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020).....	53
Tabla 12. Propiedades físicas del producto Paint grade barite ore. Fuente: (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020).....	53
Tabla 13. Propiedades y especificaciones para la barita grado pintura, de acuerdo con el Perfil de Mercado de la Barita (2018) y con el IS:64-1972. Fuentes: (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018) (Indian Standard, 2009).....	53
Tabla 14. Cotizaciones Internacionales por Presentación y Origen, 2017 (En moneda corriente por unidad de medida: Libras esterlinas por toneladas métricas). Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	60
Tabla 15. Normas nacionales (Normas mexicanas). Fuente: (Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2012), (Dirección General de Desarrollo Minero, 2013).....	61
Tabla 16. Normas internacionales relacionadas a los métodos de muestreo y análisis para barita grado pintura. Fuentes: (Indian Standard, 2009), (ASTM International, 2019) (ASTM International, 2019), (ISO, 1998), (ASTM International, 2003), (ASTM International, 2007), (ASTM International, 2014), 62	

Tabla 17. Compilado de condiciones de tiempo de residencia, flujos netos de alimentación y volumen de los reactores involucrados en el proceso de blanqueamiento de barita. Elaboración propia.....	66
Tabla 18. Matriz de explotación de procesos (5M's+1) para la etapa de suministros del proceso. Elaboración propia.....	67
Tabla 19. Matriz de explotación de procesos (5M's+1) para la etapa de transformación del proceso. Elaboración propia.	68
Tabla 20. Matriz de explotación de procesos (5M's+1) para la etapa de puesta en mercado del proceso. Elaboración propia.	69
Tabla 21. Precios de productos que vende la empresa. Elaboración propia. ..	70
Tabla 22. Costos totales de producción anual. Elaboración propia.....	72
Tabla 23. Gastos de administración generales. Elaboración propia.	72
Tabla 24. Gastos generales de ventas. Elaboración propia.....	73
Tabla 25. Costo total de operación de la planta. Elaboración propia.	73
Tabla 26. Subtotal activo fijo. Elaboración propia.	74
Tabla 27. Inversión en activo diferido. Elaboración propia.....	75
Tabla 28. Inversión total en activo fijo y diferido. Elaboración propia.....	75
Tabla 29. Depreciación y amortización de activo fijo y diferido. Elaboración propia.....	76
Tabla 30. Valor activo circulante. Elaboración propia.	76
Tabla 31. Pasivo circulante. Elaboración propia.	77
Tabla 32. Pasivo fijo. Elaboración propia.	77
Tabla 33. Capital de trabajo. Elaboración propia.	77
Tabla 34. Clasificación de costos. Elaboración propia.	77
Tabla 35. Ingresos y costos totales a diferentes niveles de producción.....	78
Tabla 36. Determinación de ingresos, proyección a cinco años.	79
Tabla 37. TMAR para los distintos accionistas.....	80
Tabla 38. Determinación de TMAR global mixta.	80
Tabla 39. Pago de intereses a accionistas y banco.	80
Tabla 40. Balance General Inicial.	81
Tabla 41. Estado de resultados proyectado a cinco años con inflación, financiamiento y producción constante.	82
Tabla 42. Compilado de resultados del estudio de viabilidad económico-financiero. Elaboración propia.....	83
Tabla 43. Costos de materia prima	93
Tabla 44. Costos de empaques y embalajes.	93
Tabla 45. Costos de otros materiales.....	93
Tabla 46. Consumo de agua para la planta de blanqueamiento de barita.	94
Tabla 47. Consumo de energía eléctrica de la planta de blanqueamiento de barita.	94
Tabla 48. Costo de mano de obra indirecta.	95
Tabla 49. Costo de mano de obra directa.	95
Tabla 50. Costos combustibles.	95
Tabla 51. Costos de mantenimiento.....	95
Tabla 52. Costos por control de calidad.....	96
Tabla 53. Gastos de administración del personal.	96

Tabla 54. Gastos de operación de vehículos, contemplados dentro de los gastos de ventas.....	96
Tabla 55. Gastos de personal de ventas.....	96
Tabla 56. Activo fijo de producción.	97
Tabla 57. Activo fijo de oficinas y ventas.	97
Tabla 58. Costo total obra civil.	98
Tabla 59. Área necesaria para planta de blanqueamiento de barita.	98
Tabla 60. Valores e inversiones para 45 días de ventas.....	98
Tabla 61. Inventario para 45 días de operación de materia prima.	98
Tabla 62. Cuentas por cobrar para un mes de operación.	98
Tabla 63. Plan de pago de deuda a cinco años para el financiamiento otorgado por el banco.	99
Tabla 64. Plan de pago de deuda a cinco años para el financiamiento otorgado por el inversionista.	99
Tabla 65. Plan de pago de deuda a cinco años para el financiamiento otorgado por otras empresas.	100

Índice de figuras

Figura 1. Contribución de distintos minerales no metálicos en la participación total del grupo de minerales no metálicos en el valor de la producción nacional en 2018 (15,078 millones de pesos). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Cámara Minera de México, 2019).....	23
Figura 2. Contribución por país y cantidad (en miles de toneladas métricas [kt]) en la producción mundial anual (2018) de barita. Elaboración propia con datos obtenidos de: (McRae, 2019).....	24
Figura 3. Volumen y Valor de Producción Nacional de Barita para los años 2017 y 2018. Elaboración propia con datos obtenidos de: (Cámara Minera de México, 2019).....	24
Figura 4. Volumen de producción de barita por entidad y total, para el periodo 2014-2018. Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	25
Figura 5. Valor de producción de barita por entidad y total, para el periodo 2014-2018. Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	26
Figura 6. Balanza comercial de la barita 2017-2018 (dólares corrientes). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	27
Figura 7. Exportaciones nacionales de barita, 2018. (42.2 millones de dólares). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	28
Figura 8. Exportaciones nacionales de barita, 2018. (42.2 millones de dólares). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019).....	30

Figura 9. Proceso productivo de la barita natural. Fuente: (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018).....	32
Figura 10. Gráfica del punto de equilibrio. Fuente: (Baca Urbina , 2013)	40
Figura 11. Balance general esquematizado Fuente: (Baca Urbina , 2013).....	44
Figura 12. Diagrama de flujo de efectivo. Fuente: (Baca Urbina , 2013).....	44
Figura 13. Ubicación de las plantas y minas de la empresa Baramin en México. Fuente: (BARAMIN, s.f.)	54
Figura 14. Localización del municipio Linares, en el estado de Nuevo León. Fuente: (H. Ayuntamiento de Linares, 2019).....	55
Figura 15. Mapa Baramin S.A. de C.V. Fuente: (Google, 2020)	56
Figura 16. Plantas, minas y mercado objetivo de la empresa Baramin en México. Elaboración propia, a través de plataforma Google Maps. Fuente: (Google, 2020)	59
Figura 17. Mapa de ubicación geográfica de clientes potenciales. Elaboración propia a través de plataforma Google Maps. Fuente: (Google, 2020)	60
Figura 18. Diagrama de flujo del proceso global de blanqueamiento de barita. Fuente: (Puon Cortés, 2019).....	64
Figura 19. Diagrama de flujo general de un proceso para la elaboración y venta de un producto. Elaboración propia.	66
Figura 20. Diagrama de flujo para la etapa de suministros del proceso. Elaboración propia.	67
Figura 21. Diagrama de flujo para la etapa de transformación del proceso. Elaboración propia.	68
Figura 22. Diagrama de flujo para la etapa de puesta en mercado del proceso. Elaboración propia.	69
Figura 23. Gráfica del punto de equilibrio	79

Capítulo 1. Introducción

Hoy en día la barita tiene distintos usos a nivel nacional e internacional, siendo su mercado principal la industria petrolera, por lo que en gran medida su producción depende directamente de los planes de exploración petrolera. Sin embargo, dados los cambios en este sector industrial a nivel nacional y a la búsqueda de nuevas fuentes energéticas es necesario buscar una apertura en el mercado de la barita, para promover su uso en otros sectores, tales como el automotriz o la industria de la construcción.

Los ingenieros químicos metalúrgicos deben generar ideas y aplicar sus conocimientos en proyectos que promuevan la vinculación con la industria; empleando nuestros conocimientos técnicos y científicos en la creación de productos, procesos y servicios que generen beneficios no sólo para la industria, sino también para la sociedad y el medio ambiente. También es necesario que dichos proyectos promuevan la optimización e innovación en procesos e industrias ya existentes.

Es necesario que estos proyectos no sólo se queden en la fase de estudio técnico, sino que es primordial que sigan una metodología y pasen por distintas etapas, tales como el planteamiento de alcances y objetivos, estudio de mercado, estudio técnico, estudio económico y una evaluación económica-financiera.

En este estudio de viabilidad económica se plantea la implementación de un proceso que permite refinar la barita, dando un grado de pureza más elevado e incrementando ciertas propiedades físicas. En este escrito se muestran las particularidades técnicas de la barita, la evaluación económica del proyecto blanqueamiento de barita con H_2SO_4 con un horizonte de evaluación de cinco años, su comportamiento en el mercado actual petrolero y una prospección dentro del mercado automotriz. Este estudio servirá como base para la industria minero-metalúrgica de extracción de barita, para su uso en la industria de la pintura dentro del sector automotriz. Es necesario que se investigue a fondo en torno a otros usos que pueda tener este mineral, promoviendo la apertura y ampliación en otros mercados.

1.1 Generalidades técnicas de la barita

La barita (sulfato de bario, $BaSO_4$) es un mineral industrial, de la clase de los sulfatos. Se encuentra en la naturaleza como masas cristalinas en vetas y estratos. También se encuentra en yacimientos polimetálicos, asociados a menas de plata, plomo, cobre, cobalto, manganeso y antimonio, pero su extracción de estos no es rentable.

Los polvos de barita natural tienen una combinación de propiedades inusual, siendo la principal su elevada densidad, aunada a que es químicamente inerte, su brillo, color y suavidad. Además de su fácil dispersión, baja abrasión y excelente resistencia contra el calor y la corrosión.

1.2 El blanqueamiento de barita

La blancura y brillo de la barita pueden ser incrementadas a través del blanqueamiento, este proceso consiste en una lixiviación con algún ácido, en este caso, ácido sulfúrico; sin embargo, también puede emplearse algún otro ácido que disuelva al hierro. La remoción de hierro de la barita es necesaria pues está presente en esta como una impureza, siendo el elemento que frecuentemente le brinda un color rojizo.

Así como en el caso de los caolines, el blanqueamiento aumenta considerablemente el valor de este producto, donde el precio del producto de barita (polvo de barita) dependerá de su pureza; el precio de mercado del polvo de barita puede ser cinco veces superior al precio de la barita grado perforación o la empleada para revestimientos y construcción.

El proceso estudiado en este trabajo consta de la lixiviación selectiva del hierro contenido en la barita con ácido sulfúrico con dos subprocesos esenciales: (a) remoción del hierro mediante la aplicación de la técnica del despojo galvánico, y (b) la formación del óxido de hierro de alta pureza mediante la piroconversión, estos dos últimos abreviados como DGPC.

1.3 El Despojo Galvánico con Piroconversión (DGPC), un proceso alternativo para el blanqueamiento de barita

Una vez que el hierro ha sido lixiviado y transferido a la fase acuosa surge el problema secundario de tener que tratarlo como residuo, debido a la necesidad de eliminar el hierro de esta. Actualmente, en la industria se aplican procesos de neutralización y precipitación para eliminarlo, sin embargo, dichos procesos traen consigo la generación de residuos nocivos para el ambiente. Por esta razón y debido a la creciente formulación de leyes ambientales más rigurosas sobre tratamiento y disposición de residuos, la industria de la barita deberá desarrollar e implementar nuevos métodos de blanqueamiento (tratamiento del hierro) que sean amigables con el ambiente y sustentables, de manera que produzcan residuos no contaminantes o de bajo impacto ambiental.

El Despojo Galvánico con Piroconversión (DGPC) resulta ser un proceso alterno sumamente viable para el blanqueamiento de barita. El DGPC es un proceso que está constituido por distintas operaciones unitarias, como la extracción por solventes, la cristalización y finalmente la piroconversión, en donde la disolución acuosa cargada con iones de hierro se convierte en un subproducto de hematita. Cabe destacar que el DGPC, es un proceso amigable con el ambiente, ya que permite el tratamiento de los residuos de la lixiviación de barita con H_2SO_4 , así como la recirculación de uno de los principales insumos (el ácido clorhídrico HCl), minimiza el uso de agua al ser recirculada al proceso y, finalmente, convierte un residuo en un subproducto, obteniendo la hematita, Fe_2O_3 , como producto comercial.

1.4 Mercado nacional y mundial actual de la barita: producción y usos

La barita es un mineral industrial que se usa principalmente en la perforación de pozos de petróleo y gas, como componente de los lodos de perforación. En menor medida, este mineral se usa como aditivo para materiales de fricción, pinturas, plásticos, caucho, y otros productos; como materia prima para fabricación de productos químicos y blindaje en aplicaciones de rayos X y gamma. El 90% del consumo mundial de barita es empleado para actividad de perforación petrolera, mientras que en México el 95% del consumo se destina a esta actividad (Johnson, Piatak, & Miller, 2017)

De acuerdo con el Informe Anual 2019 de la Cámara Minera de México (CAMIMEX), en 2018, la barita presentó un incremento anual de volumen de producción de 1.8%, con un aumento en la producción de 360 mil toneladas en 2017 a 366 mil toneladas en 2018. A nivel nacional el estado de Nuevo León es el mayor productor de barita (2019, pp. 67-68).

El reporte del U.S. Geological Survey, indica un aumento de 9.6% en la producción mundial de barita en 2018, con respecto al 2017, esta pasó de 8.67 millones de toneladas a 9.50 millones de toneladas. China encabeza la lista de productores, mientras que México se encuentra en séptimo lugar (McRae, 2019, pp. 28-29).

1.5 Estudio económico del blanqueamiento de barita

El estudio económico de un proyecto de inversión permite realizar cálculos preliminares para realizar la evaluación económica, como lo son los cálculos de determinación de costos totales y de inversión inicial; tomando como base el estudio técnico y las especificaciones que de este emanan. En el estudio económico también se toman en cuenta la depreciación y amortización de la inversión inicial; así como el capital de trabajo.

Dos factores clave a calcular para poder realizar la evaluación económica del proyecto son la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) y los Flujos Netos de Efectivo (FNE). Los FNE se calculan proyectados en el horizonte de evaluación seleccionado y se obtienen del estado de resultados.

En este estudio es conveniente calcular el punto de equilibrio pues proporciona información respecto a los niveles de producción necesarios para igualar los costos totales a los ingresos totales.

1.6 Evaluación económica-financiera del blanqueamiento de barita

Una vez que se ha realizado el estudio económico se emplean métodos de evaluación económica como la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), el Valor Presente Neto (VPN) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI). Al obtener los valores de estos factores se aplican criterios de evaluación para cada uno, estos permiten evaluar la conveniencia financiera de realizar el proyecto de

inversión y, finalmente, los inversionistas y partes interesadas en el proyecto podrán tomar la decisión de realizar o no el proyecto.

1.7 Análisis de la problemática

La barita en México únicamente es empleada en la industria petrolera, aun cuando esta tiene múltiples áreas de aplicación, esto se debe a la falta de oferta de este producto y a la presencia de productos como el caolín (que presenta precios más competitivos) o el dióxido de titanio (que cumple con los requerimientos técnicos), también se debe a los altos volúmenes de producción como barita (consumida por la industria petrolera) y a la nula presencia de barita blanqueada en el mercado de la pintura y, en específico, de pinturas automotrices.

Comparativamente con sus homólogos en el mercado, por sus propiedades físicas y químicas y dada la propuesta de implementación del proceso DGPC para su obtención, la barita blanqueada resulta ser un producto atractivo para la industria de la pintura, ya que además de poseer los requerimientos técnicos necesarios y a que es posible alcanzar los estándares de calidad requeridos con este, así como ofrecer un precio más competitivo, reducir las importaciones de este tipo de materia prima y continuando con los proyectos de inversión en este sector de mercado llegar al punto en que en la balanza económica de la barita se tenga un superávit dadas sus exportaciones.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Especificaciones técnicas

2.1.1 Mineralogía y depósitos

La barita, conocida también como baritina o espato pesado, es un mineral no metálico, cuya fórmula química es BaSO_4 (Barthelmy, 2014); el origen de su nombre proviene del griego βαρύς, barýs, que significa pesado (Real Academia Española, 2020).

La composición química de la barita es 65.7% BaO y 34.3% SO_3 ; 58.84% Ba, 13.74% S y 27.42% O. El lustre de este mineral es vítreo y tiene una dureza en la escala de Mohs de 3 a 3.5, que es similar a la dureza del cobre. Su densidad es de 4.48 gramos por centímetro cúbico (g/cm^3), aproximadamente el doble de una roca común (Barthelmy, 2014). La barita es químicamente inerte e insoluble. En la Tabla 1 se muestran las propiedades físicas de la barita (Johnson, Piatak, & Miller, 2017, págs. 1-12)

La barita suele encontrarse en la naturaleza como masas cristalinas, típicamente blancas, incoloras (transparentes) o grises; sin embargo, su color varía de acuerdo con su origen, desde coloraciones verdosas, rojizas, marrones, amarillentas, hasta negras; estas variaciones se deben a la presencia de distintas impurezas (Dirección General de Desarrollo Minero, 2018, pág. 5).

La barita natural es relativamente pura, generalmente muestra un pequeño reemplazamiento de bario por estroncio (menos de 7%) o plomo. La mayoría de los depósitos deben sus bajos niveles de impurezas a que: a) los depósitos se forman típicamente de la precipitación de fluidos acuosos y b) el bario se divide más fuerte en el mineral de sulfato que el estroncio, el plomo y otras impurezas potenciales (Johnson, Piatak, & Miller, 2017, pp. 1-12).

Tabla 1. Propiedades de la barita. Fuente: (Barthelmy, 2014)

Propiedades físicas de la barita	
Densidad [gcm⁻³]	4.48
Color	Sin color, blanca, azulado, amarillento, rojizo, marrón, verdosas o grisáceas
Dureza Mohs	3-3.5
Raya	Blanca
Lustre	Vítreo a nacarado
Diafanidad	Transparente a traslucida
Clivaje (exfoliación)	{010} Perfecto, {210} Perfecto, {010} Imperfecto
Fractura	Desigual
Luminiscencia	Fosforescente
Hábito	Masivo, prismático, tabular
Sistema cristalino	Ortorrómbico

Como ya se mencionó, los depósitos de barita invariablemente contienen impurezas que provienen de ganga de otros minerales, los cuales varían entre un tipo de depósito y otro. Los minerales asociados a esta ganga generalmente son de hierro, plomo, cobre, zinc, plata, níquel, cobalto, manganeso y silicio (Dirección General de Desarrollo Minero, 2018, p. 7). Las gangas minerales más comunes son cuarzos u otro tipo de minerales de silicio (chert, cuarzo druzo y cuarzo jaseroide), minerales sulfurados (galena, pirita, esfalerita, calcopirita y marcasita), óxidos de hierro, minerales carbonatos (calcita, aragonita, dolomita, siderita y cerusita), entre otros (vanadinita y fluorita) y suele encontrarse con concentraciones elevadas de materia orgánica (Johnson, Piatak, & Miller, 2017, pp. 1-12).

Los depósitos de barita pueden ser divididos en cuatro tipos principales: sedimentaria en lecho; volcánica en lecho; veta, relleno de cavidad y metasomático; y residual. Los depósitos sedimentarios en lecho, que se encuentran en rocas sedimentarias son la mayor fuente de explotación de barita, representando la mayor parte de las reservas de este mineral en el mundo (Johnson, Piatak, & Miller, 2017, pp. 1-12).

2.1.2 Clasificación y grados de barita

Clasificación

De acuerdo con la **clasificación de Dana**, la barita tiene el número de clase 28.03.01.01, donde el primer número, el 28, hace referencia a la clase Ácido anhídrido y Sulfatos; el segundo número, 03, representa al tipo de mineral, basado en sus características atómicas, en este caso por la fórmula de su catión,

(A++) XO4; el tercer número, 0.1, representa el grupo al que pertenece, Grupo Barita y; el cuarto número, 0.1, se asigna a las especies minerales individuales, en este caso, Barita (BaSO_4) (Dana, et al., 1997).

Dentro de la **clasificación de Strunz**, la barita pertenece a la clase 07.AD.35; en esta clasificación el número 07 hace referencia a su clase de acuerdo con su composición principal, la cual pertenece a sulfatos (selenatos, teluratos, etc.); la letra A, indica que no tiene aniones adicionales ni H_2O ; la letra D, que sólo contiene cationes largos; el 35 corresponde a la barita (Barthelmy, 2014).

La barita, de acuerdo con la **clasificación de uso final**, se encuentra dentro del grupo de minerales y rocas industriales, como vetas y minerales de reemplazo. Dentro de la **clasificación económica**, basada en precio unitario y volumen de producción, la barita se encuentra dentro del grupo precio elevado-volumen bajo (Jeffrey, 2006, pp. 7-11).

Grados

De acuerdo con Anglo Pacific Minerals, los **usos comerciales e industriales** en los que se puede emplear la barita, pueden considerarse como una clasificación por *grados* (subgrupos), los cuales se describen a continuación brevemente; en la Tabla 2 se muestran las propiedades y especificaciones de cada grado, (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020).

- **Mineral de barita grado perforación** (Drilling grade barite ore)
Tiene una gravedad específica en un rango de 3.95 a 4.30, de acuerdo con los requerimientos de cada industria. Se emplea como agente espesador en fluidos de perforación en la industria del petróleo y gas. El color de la barita depende del lugar de origen, varía entre gris, marrón, blanco hueso, beige. Esta suele provenir de distintos orígenes, entre los que se distinguen China, India, Paquistán, Marruecos, Turquía y México.
- **Barita blanca micronizada** (Micronised White barite)
Este tipo de barita se fabrica con mineral de barita blanca natural de calidad más elevada; lo cual permite cumplir con un excelente control de calidad y tamaño de partícula. Debido al color, la pureza y al tamaño de partícula (principales propiedades de este grado de barita) se puede emplear para recubrimientos, pintura, plásticos, caucho, selladores, materiales de fricción, entre otras aplicaciones. En este grado es común que se manejen distintos tamaños de partícula y especificaciones de

brillo. China es el principal productor de este grado de barita, debido a la calidad de su mineral de barita natural extraída.

- *Polvo de barita API (API barite powder)*
Al igual que la barita grado perforación, el polvo de barita API se emplea en ductos de pozos de perforación de gas y petróleo. Tiene una gravedad específica mínima de 4.10 y debe ser lo suficientemente fina para que el 97% del material (por peso) pase por una malla 200 (Tyler). La suavidad de este grado de barita es tan elevada no permite dañar los cojinetes de una broca tricónica de perforación. Este grado comúnmente proviene de países como China, Vietnam, India, Marruecos y México.
- *Barita blanca/ Mineral de barita grado pintura (White barite/ Paint grade barite ore)*
Este grado de barita se caracteriza por su elevado brillo y su baja coloración amarilla. Sus principales aplicaciones son en pinturas, plásticos, caucho, recubrimientos y selladores. Este grado de mineral de barita blanca natural es proveniente de China.
- *Barita grado químico (Chemical grade barite)*
La barita grado químico se emplea cuando se requiere una alta densidad con especificaciones de color flexibles o no críticos. Tiene una gravedad específica mínima de 4.35. Las aplicaciones más comunes para este grado de barita son en los revestimientos de frenos, pues brinda estabilidad a elevadas temperaturas y tiene una excelente resistencia a fricción.
- *Sulfato de bario precipitado (Precipitated barium sulphate)*
También conocido como blanc fixe, este sulfato de bario es producido sintéticamente y es caracterizado por su elevada pureza. Se emplea en la producción de pinturas, recubrimientos y plásticos. Este producto es completamente inerte y posee una elevada resistencia a la corrosión atmosférica. El tamaño de partícula es muy fino, llegando a 0.7 μm , y una excelente distribución, lo cual brinda un alto brillo en sus aplicaciones.

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de distintos grados de barita. Fuente: Elaboración propia, basada en información de (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020)

Propiedad o especificación	Grado de Barita					
	Mineral de barita grado perforación	Barita blanca micronizada	Polvo de barita API	Barita blanca mineral	Barita grado químico	Sulfato de bario precipitado *
Gravedad específica	4.22 min. (3.95-4.30)	4.35 min	4.10-4.20 min.	4.35 min	4.35 min.	4.4 min.
Brillo [Hunter L]	-	90-94%	-	94% min.	-	96% min.
BaSO ₄ [W/.]	90 min	97.5 min	85-90 min.	97 min	94 min.	99 min.
Carbonatos extraíbles [mg/L]	3000 máx.	-	3000 máx.	-	3000 máx.	
Humedad	1.00% máx.	0.1% máx.	1.00% máx.	1.00% máx.	1.00% máx.	0.13% máx
Tamaño de partícula	0-200 mm	2.5, 5.5, 8.5 µm	75 µm (97%)	150 mm min.	200 mm min, (90%)	0.7 µm
Pérdida por ignición (1000°C)	-	0.50% máx.	-	0.50% máx.	-	1.06% máx.
pH	-	6.0-9.0	-	-	-	8.0
Color	Beige, blanco hueso, marrón, gris	Blanco	Beige, marrón, gris	Blanco	Beige, blanco hueso	Blanco
Metales alcalinotérreos solubles en agua (Ca) [ppm]	250 máx.	-	250 máx.	250 máx.	250 máx.	-
Contenido Fe [W/.]	1.00%	-	-	-	0.50 máx.	-
Contenido Hg [ppm]	1.00 máx.	-	1.00 máx.	1.00 máx.	1.00 máx.	-
Contenido Cd [ppm]	3.00 máx.	-	3.00 máx.	3.00 máx.	3.00 máx.	-
SiO ₂ [W/.]	-	1.0 máx.	-	1.00 máx.	-	-
Fe ₂ O ₃ [W/.]	-	0.1 máx.	-	0.10 máx.	-	7.8 [ppm]
TiO ₂ [W/.]	-	-	-	0.10 máx.	-	-
Al ₂ O ₃ [W/.]	-	-	-	0.10 máx.	-	-
CaCO ₃ [W/.]	-	-	-	0.50 máx.	-	-

- Propiedad no especificada

* El sulfato de bario sintético posee más propiedades que no fueron señaladas en la tabla.

Transparency Market Research clasifica a la barita de acuerdo con su **gravedad específica y dureza**; así puede subdividirse en grados (Transparency Market Research, 2018):

- Grado 3.9 o menor: Algunos usos para perforación utilizan este grado.
- Grado 4.0: Se usa en aplicaciones para las industrias de petróleo y gas, como agente espesante de lodos de perforación.
- Grado 4.1: Se usa principalmente en actividades de perforación de petróleo y gas, al igual que el grado 4.0.
- Grado 4.2: Puede emplearse como agente espesante en fluidos de perforación y como relleno en las industrias de pintura, recubrimientos, caucho y plásticos.
- Grado 4.3 o superior: Se usa principalmente como relleno en industrias de pintura y recubrimientos. También tiene aplicaciones farmacéuticas, debido a su alta pureza y estabilidad química (baja reactividad).

2.2 La barita y sus usos

Estas propiedades, en conjunto con otras que varían de acuerdo con las industrias de aplicación, permiten que el campo de aplicaciones de este mineral sea tan amplio.

La barita, en México y en el mundo, se emplea principalmente en la industria petrolera para la perforación de pozos petroleros, destinándose aproximadamente el 95% de su producción a esta actividad, dependiendo en gran medida de los planes de exploración de esta industria. El 5% restante se emplea en la industria de pintura; aditivos para materiales de fricción, plásticos, gomas y otros productos; como materia prima para productos químicos; en la fabricación de vidrio; como relleno ponderado para papel, tela y caucho; así como blindaje para aplicaciones de rayos X y rayos gamma, ya que aumenta la densidad de los bloques de concretos empleados en hospitales, plantas de energía y laboratorios. También se emplea en la medicina, para pruebas de diagnósticos médicos (King, 2015) [19, 27, 28].

La barita es la principal fuente industrial de bario. Constituyendo el 59% en peso de la barita, el bario se emplea en esmaltes cerámicos, esmaltes, vidrio óptico, primers, bengalas, para tratamientos de endurecimiento del acero, fundentes de soldadura, entre otra gran variedad de productos (Johnson, Piatak, & Miller, 2017, pp. 1-12).

Perforación de pozos de petróleo y de gas

La barita se usa para incrementar la densidad de los fluidos (lodos) de perforación, estandarizados a una densidad de 4.20 g/cm^3 . Las propiedades de la barita más importantes para esta aplicación son su baja abrasión, estabilidad química (no corrosivo), que es insoluble en agua, inerte y su elevada gravedad específica. Este conjunto de propiedades permite que la barita actúe como agente espesante en las operaciones de perforación, constituyendo el 40% de los lodos. Estos fluidos son bombeados a pozos de petróleo o gas para lubricar las brocas y taladrar el vástago, eliminar astillas de rocas y evitar el colapso de las paredes del pozo o que se revienten por sobrepresiones en los estratos (Johnson, Piatak, & Miller, 2017, pp. 1-12).

Para la perforación se recomienda que la barita empleada contenga mínimo 90% de sulfato de bario, con una gravedad específica de 4.15; para la perforación en alta mar la gravedad específica debe ser de 4.2. En cuanto al tamaño de partícula, el 97% de la barita molida debe pasar por una malla de 75 micras y un 95% por una malla de 53 micras (Indian Bureau of Mines, 2013, pp. 1-11)

Pintura

Las propiedades que permiten usar la barita como agente texturizante en pinturas son su fácil dispersión, baja abrasión, excelente resistencia contra el calor y la corrosión, así como su baja absorción de aceite. La barita posee un color claro y elevado brillo (90% de blancura), a su vez, controla la viscosidad de la pintura y da buena estabilidad. La industria de la pintura utiliza barita con un contenido de BaSO_4 de, al menos, 90% (Dirección General de Desarrollo Minero, 2018).

La barita funciona como dispersor y relleno en la industria de pintura, por lo que el pigmento blanco se produce a partir de este mineral. Para este tipo de aplicaciones también se requiere una pureza y blancura elevada, por lo que la barita debe estar libre de barro, arcilla, minerales de silicio y óxido de hierro. El producto debe estar en forma de polvos finos seco (bajo nivel de humedad) (Indian Bureau of Mines, 2013, pp. 1-11)

Química

Para la industria química, la pureza es el criterio más importante, con un límite de 1% en contenido de óxido de hierro y sulfato de estroncio. El tamaño de partícula también es un factor importante en este tipo de aplicaciones (Indian Bureau of Mines, 2013, pp. 1-11).

Los principales compuestos químicos de bario obtenidos de la barita son carbonato, cloruro, óxido, hidróxido, nitrato, peróxido y sulfato. El carbonato de bario se emplea en la industria de vidrio como un fundente para incrementar el brillo y claridad en la electrocerámica, así como para eliminar impurezas como el ácido fosfórico. El hidróxido de bario se usa en la preparación de sales de bario de ácidos orgánicos que son utilizados como aditivos para aceites lubricantes y como estabilizador para PVC. El sulfato de bario se utiliza como pigmento, dispersor y relleno en las industrias de caucho y papel. La barita también es empleada en la fabricación de explosivos (Indian Bureau of Mines, 2013, pp. 1-11).

Plásticos

La barita se emplea como relleno en plásticos para incrementar el brillo en los productos de este material, mejorar su rigidez y su resistencia a la abrasión. El sulfato de bario precipitado funciona como refuerzo en polímeros y ayuda al control de la reología y viscosidad de adhesivos, así como en la nucleación de termoplásticos cristalinos. Propiedades como su resistencia a la temperatura, se blancura o transparencia, su buena dispersión y el hecho de que sea inerte permiten controlar la velocidad y el grado de cristalización (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018).

Medicina

Dentro del campo de la medicina, la barita se emplea en radiodiagnósticos para resaltar anomalías en partes internas del cuerpo, actúa como medio opaco para exámenes tracto-gastrointestinal con rayos X, permitiendo la reflexión de los intestinos y del estómago. También se utiliza como relleno para yeso (ortopédico), en la producción de agua oxigenada y en algunos medicamentos para extender su tiempo de caducidad (Indian Bureau of Mines, 2013, pp. 1-11) (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018).

Caucho

La barita se emplea como relleno y dispersor en los productos de caucho, por lo que debe tener un contenido mínimo de BaSO₄ de 99.5%; también se añade para aumentar su resiliencia y durabilidad. Dado el alto nivel de pureza requerido en este producto, primero debe pasar por un proceso de blanqueamiento; generalmente se emplea barita blanca precipitada, debido a que tiene mayor resistencia a ácidos (Indian Bureau of Mines, 2013, pp. 1-11).

Otros usos

De acuerdo con el Perfil Mercado de la Barita 2018, de la Dirección General de Desarrollo Minero y el Mineral Review 2013 del Indian Bureau of Mines la barita puede tener los usos listados a continuación (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018):

- *Industria automotriz:* Se emplea en el revestimiento de frenos, cojines, discos y balatas; así como para sellar el interior de vehículos (bajo alfombras).
- *Construcción:* Se emplea en la fabricación de concretos y yesos pesados. Se agrega para que esta absorba las radiaciones X y gamma, requerida para blindaje de reactores y salas de rayos X, sustituyendo en ciertos casos al plomo.
- *Recubrimientos:* Se utiliza como protección de edificios, aeropuertos y gimnasios a prueba de fuego. Así como en alambres, cables, maderas, tablas de fibra, plásticos y otras sustancias inflamables [19].
- *Vidrio:* La barita se añade al vidrio fundido para incrementar su brillo y para facilitar el trabajo con este material. Para este tipo de aplicaciones es necesario que esté parcialmente triturada. El hierro es la impureza más indeseable en esta aplicación. También se emplea en hornos para reducir el punto de fusión del vidrio.
- *Relleno:* En las industrias de hule, cuero, textil y papel. En el caso de la industria del papel se usa como relleno para la fabricación de cartulinas blancas y papel de recubrimiento, mejorando la blancura y el porcentaje de cobertura. Para la fabricación de hule se usan como relleno productos menores a malla 500, para mejorar la intensidad y la resistencia a ácidos, medios alcalinos y agua.
- *Cosméticos:* Se emplea debido a su blancura, a que es inerte (inofensivo a la piel) y a su suavidad; por lo que puede sustituir al dióxido de titanio que se emplea comúnmente.
- También suele usarse en componentes acústicos, adhesivos, artículos deportivos, explosivos y pirotecnia.

2.3 Producción nacional y mundial

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el valor de la producción nacional de minerales no metálicos pasó de 14 mil 771 millones de pesos en 2017 a 15 mil 78 millones en 2018, presentando un incremento de 2.1%; que representa el resultado del aumento en la producción de siete minerales principales, entre los que se encuentra la barita (2019). Este grupo de minerales no metálicos contribuyó con un 6.2% al valor total nacional, de acuerdo con el reporte de la Cámara Minera de México en 2019. En la Figura 1 se muestra la contribución de los distintos minerales no metálicos a dicho 6.2% del valor total nacional (Cámara Minera de México, 2019)

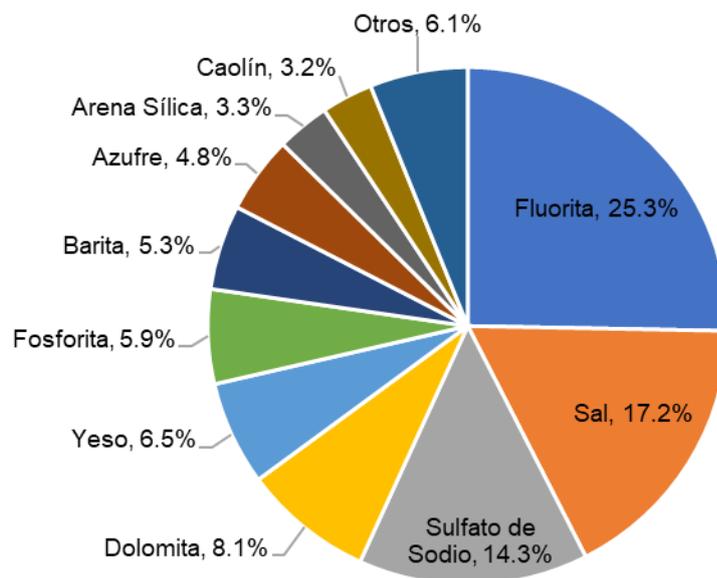


Figura 1. Contribución de distintos minerales no metálicos en la participación total del grupo de minerales no metálicos en el valor de la producción nacional en 2018 (15,078 millones de pesos). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Cámara Minera de México, 2019)

A nivel mundial, de acuerdo con la USGS, la producción de barita aumentó 9.6% en 2018, de una producción de 8.67 millones de toneladas en 2017 a 9.5 millones de toneladas en 2018. Dentro de los países que contribuyen a esta producción mundial en 2018, China se encuentra en el primer lugar de producción con 3.2 millones de toneladas en 2018, seguido por India con 2 millones de toneladas y en tercer lugar Marruecos con un millón de toneladas, mientras que México se ubicó en el séptimo lugar. En la Figura 2 se muestra la contribución por país a la producción mundial nacional (McRae, 2019).



Figura 2. Contribución por país y cantidad (en miles de toneladas métricas [kt]) en la producción mundial anual (2018) de barita. Elaboración propia con datos obtenidos de: (McRae, 2019)

En México, de acuerdo con el INEGI, la producción de barita aumentó de 360 mil toneladas en 2017 a 366 mil toneladas en 2018, presentando un incremento de 1.8%. Mientras que el valor de producción pasó de 774 millones de pesos a 792 millones de pesos (Figura 3) (2019). Contribuyendo con una participación de 5.3% del grupo de minerales no metálicos en el valor de la producción nacional en 2018 (Cámara Minera de México, 2019).



Figura 3. Volumen y Valor de Producción Nacional de Barita para los años 2017 y 2018. Elaboración propia con datos obtenidos de: (Cámara Minera de México, 2019)

Los principales centros de producción de barita en el país son: Aramberi y Galeana, en Nuevo León; Múzquiz, en Coahuila y; Julimes, en Chihuahua. El mayor productor nacional es la empresa Baramin que produjo 293 mil toneladas en 2018, lo cual representa un incremento de 19.5% con respecto a 2017 (Cámara Minera de México, 2019). La Tabla 3 y la Figura 4 muestran las variaciones en el volumen de producción de barita de los años 2014 a 2018, mientras que la Tabla 4 y Figura 5 muestran el valor de producción de barita, ambos casos por entidad federativa y en los periodos de tiempo 2014-2018 (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

Tabla 3. Volumen de producción de barita por entidad federativa y total nacional, para el periodo 2014-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

Volumen de producción de barita por Entidad Federativa, 2014-2018 (toneladas)					
Entidad Federativa	2014	2015	2016	2017	2018 p/
Baja California	0	23,300	0	0	0
Chihuahua	157	0	2,600	3,391	0
Coahuila	17,521	64,300	24,752	17,213	9,003
Jalisco	316	400	440	1,000	400
Nuevo León	99,887	90,700	117,648	297,901	513,048
Oaxaca	0	0	0	0	1,505
Querétaro	0	0	30	0	0
Sonora	13,033	87,000	28,310	40,407	22
Total	130,914	265,700	173,780	359,912	523,980

p/ cifras preliminares

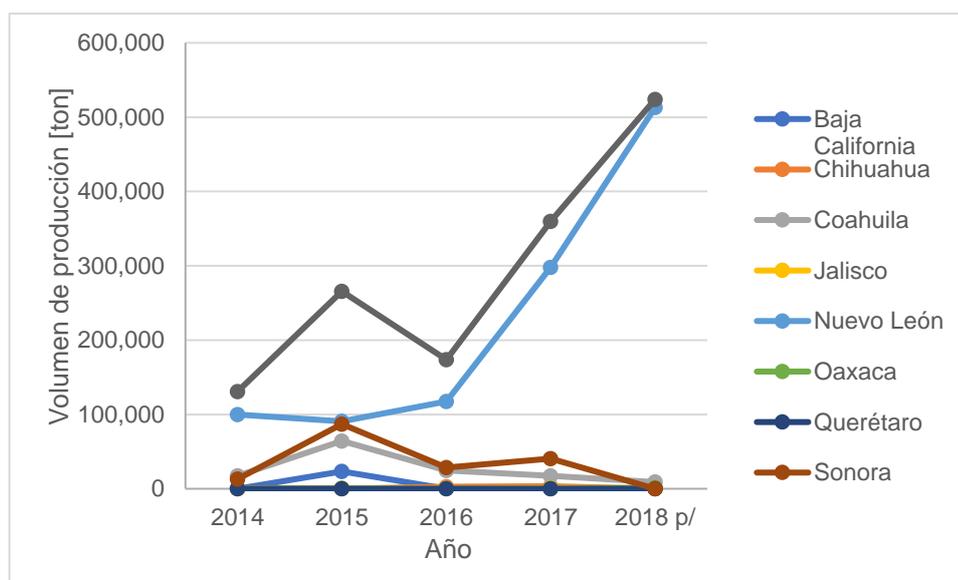


Figura 4. Volumen de producción de barita por entidad y total, para el periodo 2014-2018. Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

Tabla 4. Valor de producción de barita por entidad federativa y total nacional, para el periodo 2014-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

Valor de producción de barita por entidad federativa 2014-2018 (Miles de Pesos corrientes)					
Entidad Federativa	2014	2015	2016	2017	2018 p/
Baja California	0	49,925	0	0	0
Chihuahua	254	0	5,879	7,292	0
Coahuila	28,392	137,777	55,970	37,017	19,368
Jalisco	512	857	994	2,150	860
Nuevo León	161,867	194,345	266,030	640,658	1,103,631
Oaxaca	0	0	0	0	3,239
Querétaro	0	0	68	0	0
Sonora	21,120	186,417	64,015	86,898	48
Total	212,146.55	569,324	392,958	774,017	1,127,148

p/ cifras preliminares

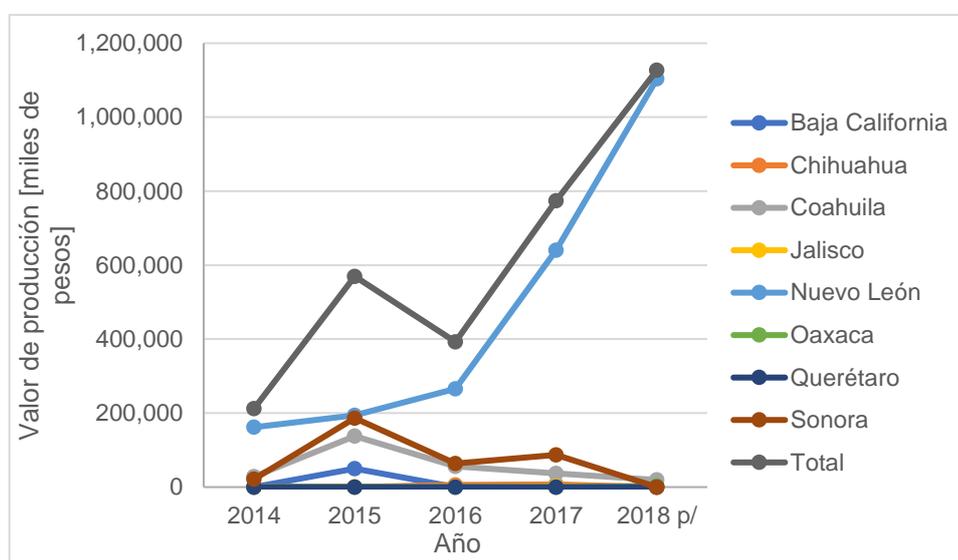


Figura 5. Valor de producción de barita por entidad y total, para el periodo 2014-2018. Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

El Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2018 considera una producción nacional de 328,623 ton, el 78.14% (256,802 ton) fueron producidas por el grupo minero tipo B (Mediana Minera) y el 21.86% (71,821 ton) por el grupo minero tipo C (Pequeña Minera) (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

2.4 Mercado nacional, balanza comercial

La balanza comercial de la barita en 2017 y 2018 fue positiva. En 2017 se presentó un superávit de 25.1 millones de dólares, mientras que en 2018 fue de 29.2 millones de dólares (Figura 6) (Servicio Geológico Mexicano, 2019). La Tabla 5 muestra los valores y variación de exportaciones e importaciones.

Tabla 5. Balanza comercial de la barita 2017-2018; exportaciones, importaciones y superávit (Valor en dólares corrientes).

Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

	2017	Variación 2017/2016 (%)	2018 p/	Variación 2018/2017 p/ (%)
Exportaciones	39,073,702.00	3.02	42,178,106.00	3.26
Importaciones	14,018,616.00	87.96	12,931,439.00	-7.76
Superávit	25,055,086.00	-	29,246,667.00	-

p/ cifras preliminares

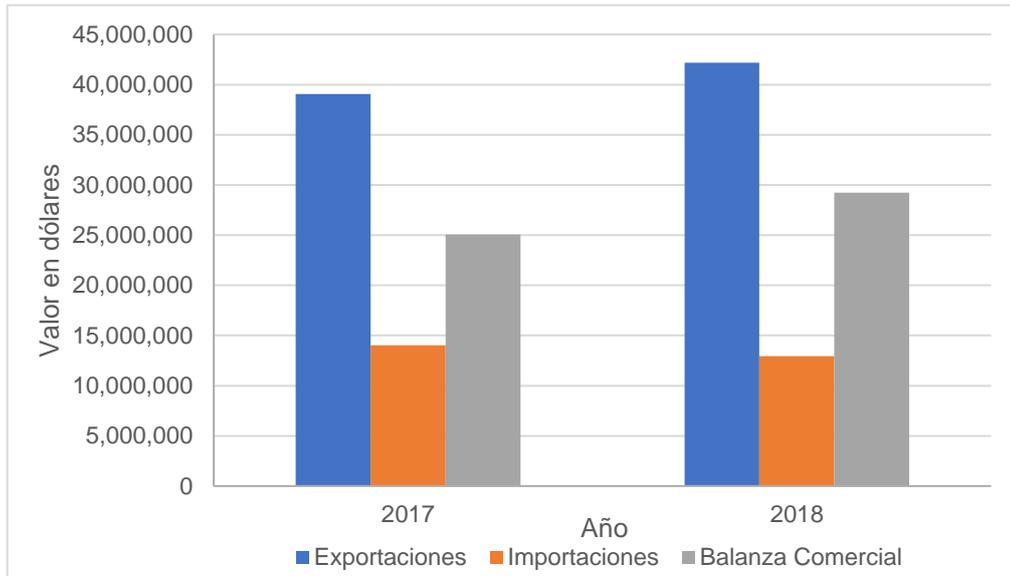


Figura 6. Balanza comercial de la barita 2017-2018 (dólares corrientes). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

En la Tabla 6 se muestra los países destino de las exportaciones de barita, cuya fracción arancelaria es 2511.10.01, así como el volumen y valor que representa cada una, de 2017-2018 (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

Tabla 6. Exportación en volumen y valor de sulfato de bario natural (barita), por país destino, 2017-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

Exportación en Volumen y Valor de Sulfato de Bario Natural (barita), por destino, 2017-2018				
Año	2017		2018 p/	
Destino	Kilogramos	Dólares	Kilogramos	Dólares
Alemania	340	40	0	0
Argentina	1,107,000	166,049	0	0
Brasil	3,996,000	519,477	0	0
Canadá	0	0	81,480	17,257
China	0	0	22,630	792
Colombia	18,406,154	2,788,443	16,907,910	2,791,721
Cuba	14,419,270	2,844,522	4,732,569	888,529
España	0	0.	2,873,000	412,643
Estados Unidos	315,503,548	32,712,458	321,220,477	37,991,305
Panamá	1,090	160	520	78
Trinidad y Tobago	0	0	180,000	35,279
Venezuela	0	0	140,000	19,800
Total	353,433,402	39,031,149	346,158,586	42,157,404

p/ cifras preliminares

De los 42.2 millones de dólares (346 mil toneladas) de barita natural exportada en 2018, el 92.8% tuvo como destino a Estados Unidos, el 4.9% a Colombia (Figura 7) (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

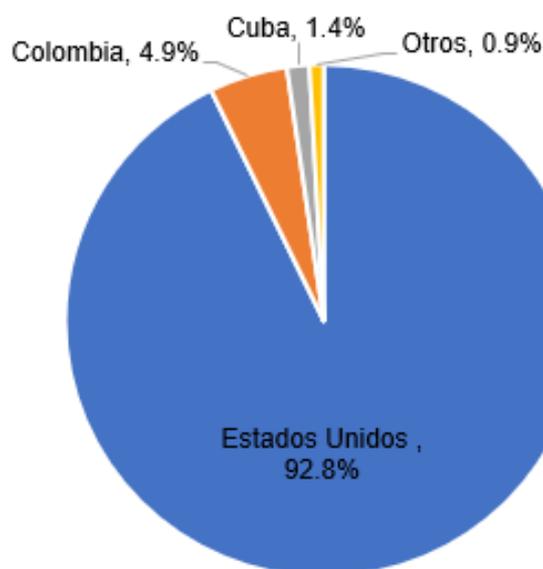


Figura 7. Exportaciones nacionales de barita, 2018. (42.2 millones de dólares). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

En cuanto a las importaciones, la Tabla 7 muestra los países de origen de importación, así como su volumen y valor, para los años 2017 y 2018. De los 7.8 millones de dólares importados en 2018, el 57.4% corresponde a importaciones provenientes de India, el 19.2% de Estados Unidos, 9.9% de España, entre otros (Figura 8) (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

Tabla 7. Importación en volumen y valor de sulfato de bario natural (barita), por país de origen, 2017-2018. Datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

Importación en Volumen y Valor de Sulfato de Bario Natural (barita), por origen, 2017-2018				
Año	2017		2018 p/	
Origen	Kilogramos	Dólares	Kilogramos	Dólares
Alemania	22,728	20,949	45,349	49,292
Brasil	54,200	42,338	39,200	26,287
Canadá	8,346	8,100	3,969	12,343
China	3,578,334	1,725,111	1,423,374	735,240
España	299,049	144,699	1,499,350	780,420
Estados Unidos	1,994,626	898,067	7,760,724	1,511,015
Francia	-	-	308,000	154,044
India	1,125,007	365,940	36,759,968	4,510,053
Italia	20,000	35,999	-	-
Japón	-	-	1,200	383
Luxemburgo	8,675	2,932	47,500	17,251
Marruecos	75,042,000	6,754,135	-	-
Países Bajos	-	-	12,500	6,358
Reino Unido	76,200	32,423	95,000	43,910
Suiza	10,001	4,054	7,201	3,727
Turquía	2,000	548	75	8
Ucrania	-	-	1,270	483
Total	82,241,166	10,035,295	48,004,680	7,850,814

p/ cifras preliminares

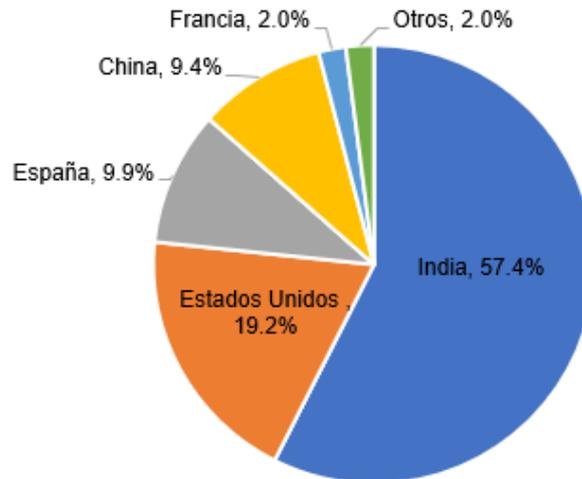


Figura 8. Exportaciones nacionales de barita, 2018. (42.2 millones de dólares). Elaboración propia con datos obtenidos de: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

2.5 Blanqueamiento de barita y proceso DGPC

2.5.1 Proceso productivo actual a nivel nacional

A nivel nacional, la barita es comercializada únicamente en su forma natural (pulverizada), tanto en las exportaciones como en las importaciones y el consumo interno. El Perfil de Mercado de la Barita, 2018 reporta que el proceso productivo de la barita aplicado a nivel nacional se compone por las siguientes etapas:

- **Extracción:** Se realiza por minado de tumbe sobre carga.
- **Trituración:** Primero la barita pasa por trituración primaria con trituradoras de quijada y/o trituradoras de cono, una vez triturada pasa por cribas vibratorias, lo que permite maximizar la eficiencia de trituración y para disminuir la producción de ultrafinos. Posteriormente la barita pasa a un circuito de trituración secundaria para homogenizar el tamaño de partícula.
- **Concentración:** Se emplea separación gravimétrica con mesas concentradora Wilfley, separando concentrados, medios y colas, este proceso puede repetirse hasta tres veces. Los concentrados se envían a la siguiente etapa (secado), los medios vuelven a pasar por las mesas concentradoras, mientras que las colas son enviadas a la presa de jales y posteriormente al área de terreros.
- **Secado:** En esta etapa, los concentrados obtenidos de la etapa de concentración pasan por un secador rotatorio, donde se reduce la humedad de la barita concentrada asegurando su flujo en los pasos subsecuentes.

- *Molienda*: Empleando un molino de martillos se reduce y controla mejor el tamaño de partícula, permite su ajuste a las necesidades y especificaciones de cada cliente o industria.
- *Almacenamiento y Envase*: El mineral molido se almacena en silos, de estos se carga en tracto camiones de 28 toneladas o se llenan sacos de 50 kilogramos, posteriormente son embarcados (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018).

La Figura 9 muestra un diagrama de flujo del proceso productivo de barita empleado en la actualidad a nivel nacional.

El beneficio del mineral de barita mediante procesos físicos (gravimétricos o flotación) permite producir concentrados de alta calidad, que alcanzan 97% de BaSO₄ o más, lo cual se adecua perfectamente a las especificaciones más rigurosas en el mercado de la industria petrolera o química. Sin embargo, a pesar de tener esta elevada pureza puede no satisfacer las necesidades y especificaciones de otras industrias, como las de pintura, papel y vidrio. Esto se debe a los requerimientos concernientes a blancura, brillo e índices de amarillez (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018).

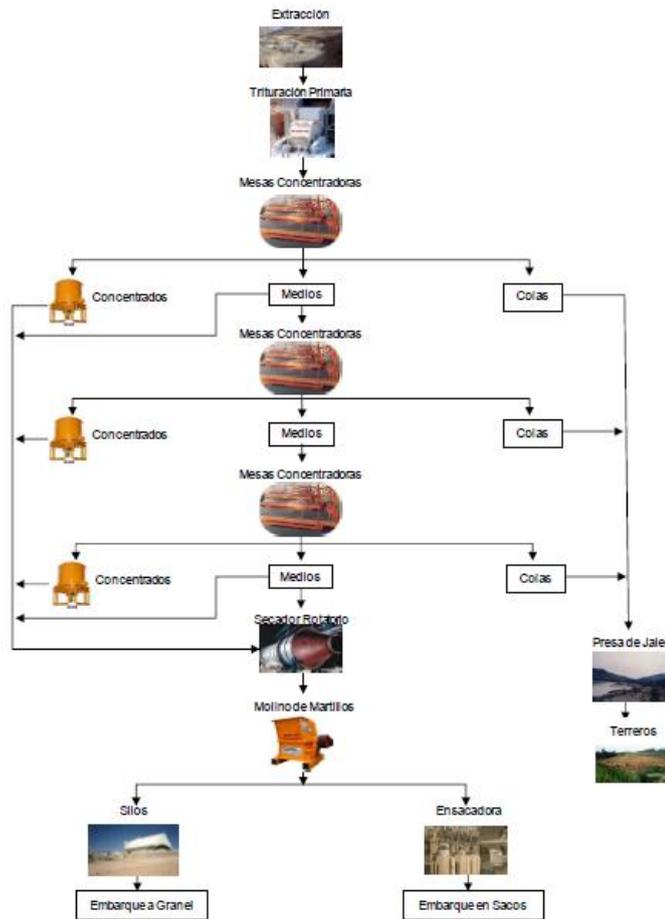


Figura 9. Proceso productivo de la barita natural. Fuente: (Dirección General de Desarrollo Minero , 2018)

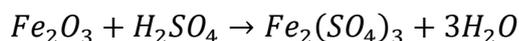
El blanqueamiento de barita con ácido sulfúrico permite alcanzar las especificaciones requeridas para la barita grado pintura. Así, el proceso propuesto en este trabajo consta de la lixiviación selectiva del hierro contenido en la barita con ácido sulfúrico con dos subprocesos esenciales: (a) remoción del hierro mediante la aplicación de la técnica del despojo galvánico, y (b) la formación del óxido del hierro de alta pureza mediante la piroconversión, estos dos últimos forman parte del proceso ya mencionado, el Despojo Galvánico con Piroconversión, DGPC, dicho proceso es descrito a detalle en la patente MX356442, publicada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), en el año 2018, bajo la propiedad del Dr. José Antonio Barrera (Mexico Patent No. MX356442 (B), 2018).

Estos procesos traen como resultado una excelente calidad en el producto de barita y procesos ambientalmente sustentables; a continuación, se describen a detalle.

2.5.2 Lixiviación

Los procesos hidrometalúrgicos ofrecen un gran potencial para el tratamiento de concentrados sulfurosos, resultando en mejores recuperaciones y calidad en productos, así como en una reducción de contaminantes peligrosos en el aire. Así, el blanqueamiento con la técnica de lixiviación convencional de barita con ácido sulfúrico resulta ser un proceso muy viable.

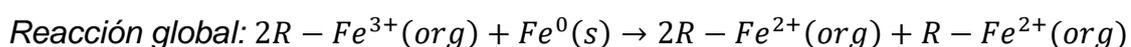
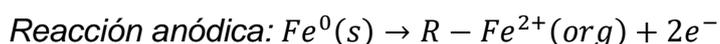
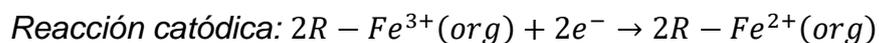
La lixiviación es un proceso de separación sólido-líquido que consiste en la extracción de una fracción soluble de una fase sólida insoluble, mediante una disolución selectiva. Durante el blanqueamiento, se eliminan las impurezas de hierro que dan coloraciones rojizas-naranjas a la barita, este proceso está dado de acuerdo con las siguientes reacciones, que liberan los iones de hierro y generan compuestos férricos altamente solubles (Deniz & Guler, 2017).



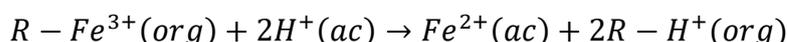
2.5.3 Proceso DGPC

Despojo galvánico y cristalización

El despojo galvánico es un método alternativo para separar los iones de hierro (Fe^{3+} , Fe^{2+}) del disolvente orgánico mediante un proceso de extracción por solventes; es un proceso electroquímico espontáneo que permite la extracción de cationes en disolventes orgánicos convencionales. Algunos de los extractantes empleados en el despojo galvánico son el D2EHPA (R), LIX 864, fosfato de tributilo (TBP), entre otros. Este proceso se basa en la reducción de los iones metálicos de hierro (Fe^{3+} a Fe^{2+}) en el disolvente orgánico, utilizando polvo de zinc como reductor (Puon Cortés, 2019). Este proceso obedece las siguientes reacciones químicas:



Tras la reducción de los iones metálicos, el metal se despoja del orgánico de la solución acuosa con un ácido diluido. Esto se debe a que los iones ferrosos son menos estables en extractantes como el D2EHPA:



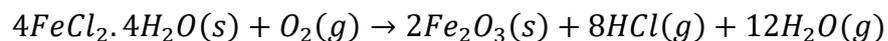
El despojo galvánico y la reacción óxido-reducción pueden producirse de dos formas, estas formas son el despojo galvánico simultáneo (flujo continuo) o por separado (por lotes, batch).

Al llevar a cabo el despojo galvánico se obtiene como producto una disolución saturada de FeCl_2 , la cual pasa por un proceso de cristalización del que se obtiene una sal hidratada, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Esta pasa por un proceso de oxidación en la piroconversión, lo que permite obtener hematita como subproducto (EEUU Patent No. 5228903, 1993).

Piroconversión

En este proceso una sal se convierte en un nuevo compuesto mediante su oxidación con oxígeno o aire a temperaturas elevadas. Así, la piroconversión de cristales de cloruro ferroso ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) permite obtener como producto final hematita (Fe_2O_3) (Puon Cortés, 2019). La piroconversión está dada por la siguiente reacción:



2.6 Evaluación de proyectos

La evaluación de un proyecto está determinada por distintas fases, las cuales se enlistan a continuación:

- a) Partes generales de la evaluación de proyectos
- b) La evaluación de proyectos como un proceso y sus alcances
- c) Introducción y marco de desarrollo
- d) Estudio de mercado
- e) Estudio técnico
- f) Estudio económico
- g) Evaluación económica
- h) Análisis y administración del riesgo

En las primeras etapas se establece la cadena de suministro y la planeación estratégica del proyecto, así como el planteamiento de su evaluación, ya que se pueden emplear distintas metodologías para esta, dependiendo de las características particulares del proyecto. Las áreas generales en las que se aplica la metodología de la evaluación de proyectos son:

- Instalación de una planta totalmente nueva.
- Elaboración de un nuevo producto de una planta ya existente.
- Ampliación de la capacidad instalada o creación de sucursales.
- Sustitución de maquinaria por obsolescencia.

Dentro de un estudio de evaluación de proyectos se distinguen tres niveles de profundidad. El primero es el perfil, donde se tiene una visión general o identificación del proyecto. El siguiente es el anteproyecto, o estudio de prefactibilidad; se desarrolla con fuentes secundarias y primarias de investigación de mercado, detalla la tecnología necesaria para el proyecto, determina costos totales y la rentabilidad económica del proyecto; permite a los inversionistas tomar una decisión en cuanto a si es o no viable económica y técnicamente. El tercer nivel, requiere de un estudio más profundo y se conoce como proyecto definitivo; contiene toda la información del anteproyecto, pero con una mayor definición en el desarrollo de puntos finos y de detalle, presentando listas de contratos de ventas, cotizaciones de la inversión, planos arquitectónicos de la construcción o ampliación de la planta, estructuras de descomposición de trabajo, el análisis de riesgo del proyecto, etc. (Baca Urbina , 2013). En este trabajo se empleará el estudio técnico preliminar y conocimientos de mercado para el desarrollo del nivel de anteproyecto.

2.6.1 Clasificación de estimado de costos

Al realizar el anteproyecto es necesario desarrollar la estimación de costos del proyecto, que representa una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto; siendo así una predicción que toma como base la información disponible en un momento determinado. El estimado de costo de inversión permite tomar la decisión avanzar o no hacia las siguientes fases de un proyecto.

A su vez, una buena estimación permite llevar a cabo un seguimiento y control de costos del proyecto; también es clave para evaluar los proyectos de inversión, pues es uno de los factores que mide si se cumplen los alcances y objetivos planteados. En cada proyecto es necesario definir la clase del estimado de costo, esta es la clasificación de la precisión y calidad del estimado de costo de inversión de un proyecto, en función de la cantidad y calidad de la información utilizada (Biggeri & Dusek, 2018).

La Association for the Advancement of Cost Engineering International (AACEI), atiende distintas variables, como tiempo y costo; propone distintas clasificaciones, una para la industria en general en su práctica recomendada 17R-97, en la práctica recomendada 18R-97 se acota el sistema de clasificación de estimación de costos, tal como se aplica en ingeniería, procura, y construcción para las industrias de procesos (Biggeri & Dusek, 2018). Las clases de estimado de costos y sus rangos de precisión se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Clases de estimado de costos. Fuente: (Bredehoeft, Dysert, & Hollmann, 2019)

Clase de estimado	Característica			
	Primaria	Secundaria		
	Nivel de definición de proyecto (expresado como % de definición completa)	Uso final/etapa (Finalidad típico del estimado)	Metodología (método típico de estimación)	Rango de precisión esperado (intervalos típicos en rangos mínimo y máximo, con un intervalo de confianza de 80%)
Clase 5	0% a 2%	Visualización/ Conceptualización	Factores de capacidad, modelos paramétricos o analogías	Mín: -20% a -50% Máx: +30% a +100%
Clase 4	1% a 15%	Estudios de viabilidad	Factorización de equipos o modelos paramétricos	Mín: -15% a -30% Máx: +20% a 50%
Clase 3	10% a 40%	Presupuesto, autorización o control	Unidades de costos semidetalladas	Mín: -10% a -20% Máx: +10% a 30%
Clase 2	30% a 75%	Control u oferta/licitación	Unidades de costos detalladas con lista de materiales preliminar	Mín: -5% a -15% Máx: +5% a +20%
Clase 1	65% a 100%	Chequeo de estimado u oferta/licitación	Unidades de costos detalladas con lista de materiales preliminar	Mín: -3% a -10% Máx: +3% a +15%

Los estimados de clase 4 y 5 se realizan en las primeras fases del proyecto (anteproyecto), por lo que se realizan en un plazo determinado y con información preliminar. Sin embargo, el desarrollo con un alcance preliminar debe permitir la contratación de los servicios de ingeniería necesarios. En estos estimados de clase (4 y 5) generalmente se solicita el orden de magnitud de la inversión, para evaluar la prefactibilidad técnica y económica del proyecto. El hecho de que la información sea escasa, así como el emplear fuentes de información secundarias, significa un reto para el cálculo del estimado de costo de inversión; a su vez es necesario plantear todas las hipótesis y suposiciones de partida que sustenten el valor informado (Biggeri & Dusek, 2018).

2.6.2 Estudio económico

El estudio económico tiene por objetivo ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan las etapas anteriores para realizar la evaluación económica y es la antepenúltima etapa en la evaluación del proyecto (Baca Urbina , 2013).

El estudio económico inicia con la determinación de los costos totales y la inversión inicial a partir del estudio técnico, que dependen de la tecnología seleccionada y los estudios de ingeniería realizados. Después siguen los cálculos de depreciación y amortización de la inversión inicial y el cálculo del capital de trabajo. Posteriormente, se determinan aspectos como la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) y el cálculo de Flujos Netos de Efectivo (FNE). Los flujos provienen del estado de resultados proyectados en el horizonte de tiempo seleccionado (Baca Urbina , 2013).

De acuerdo con Baca Urbina, en esta parte suele incluirse el punto de equilibrio, que es el cálculo de la cantidad mínima económica que se producirá. Si bien este no se puede emplear como una técnica de evaluación, sirve como punto de referencia para la determinación del nivel de producción necesario para que los costos totales igualen a los ingresos totales (2013).

Determinación de costos

Un costo se define como un desembolso en efectivo o especie hecho en el pasado, presente, futuro o en forma virtual. Baca Urbina incluye entre estos:

- *Costos hundidos*: Son costos pasados que no tienen efecto en la evaluación .
- *Inversión*: Son los costos hechos en el presente (tiempo cero) en la evaluación económica.
- *Costos futuros*: Se emplean en el estado de resultados pro-forma o proyectado en la evaluación.
- *Costo de oportunidad*: Es un ejemplo de costo virtual.

Dentro de la clasificación de costos también se encuentran:

- *Costos de producción*: Se calculan tomando en cuenta la información y determinaciones obtenidas en el estudio técnico. Los costos de producción se determinan tomando en cuenta: costos de materia prima, de mano de obra, de servicios (energía eléctrica, agua, combustibles), control de calidad, mantenimiento, cargos de depreciación y amortización, costos para la contaminación, y otros costos.
- *Costos de administración*: Proviene de funciones administrativas, tales como sueldos de un director general, gerentes de áreas, contadores, secretarias, etc., así como cargos de depreciación y amortización correspondientes.
- *Costos de venta*: El departamento/gerencia de ventas, lleva a cabo actividades de investigación y desarrollo de nuevos mercados o productos, además de llevar el producto al intermediario o consumidor. Por lo que requiere no sólo de un gerente y vendedores, sino personal capacitado y especializado, secretarias y choferes.
- *Costos financieros*: Son los intereses por pagar, relacionados con capitales obtenidos en préstamo para realizar la inversión.

Inversión total inicial: fija y diferida

La inversión inicial se ve definida por los activos fijos (tangibles) y por los activos diferidos (intangibles) que deben adquirirse para iniciar las operaciones del proyecto, exceptuando el capital de trabajo.

- *Activo fijo (tangible)*: Son los bienes que son propiedad de la empresa, como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, vehículos de transporte, herramientas y otros. Se consideran fijos porque son imprescindibles para la empresa, ya que la operación depende de ellos.
- *Activo diferido (intangible)*: Son los bienes que son propiedad de la empresa, como patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, nombres comerciales, asistencia técnica o transferencia tecnológica, gastos preoperativos, de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios, estudios para la mejora del funcionamiento del proceso en el presente o futuro, entre otros (Baca Urbina , 2013).

Depreciaciones y amortizaciones

Las depreciaciones se aplican a los activos fijos, debido a que los bienes pierden su valor con el uso. La amortización, se aplica a los activos diferidos, es un cargo anual que se hace para recuperar la inversión, debido a que los bienes intangibles no bajan de precio o se deprecian con el tiempo. Para estos cálculos se toma como base la ley tributaria. Los costos de depreciación y amortización permiten que el inversionista pueda recuperar su inversión por la vía fiscal, lo que significa que el dinero ya no es desembolsado, sino que se está recuperando (Baca Urbina , 2013).

Capital de trabajo

El capital de trabajo se define como la diferencia aritmética entre el activo y el pasivo circulantes. Es el capital adicional necesario para iniciar el funcionamiento de la empresa (distinto de los activos fijos y diferidos), esto significa que se debe financiar la primera producción antes de recibir ingresos. El capital de trabajo no se recupera por la vía fiscal, al ser circulante se recupera mediante las ganancias de la empresa en un corto plazo (Baca Urbina , 2013).

De acuerdo con Baca Urbina el **activo circulante** se compone en:

- *Valores e inversiones*: Es el efectivo del que dispone la empresa para gastos cotidianos, imprevistos y hasta inversiones a corto plazo.
- *Inventario*: Dada la dificultad del cálculo de inventario del producto en proceso y del producto terminado, es usual que únicamente se plantee el inventario de materia prima.
- *Cuentas por cobrar*: Al iniciar operaciones una empresa normalmente dará crédito en la venta de sus primeros productos. Siendo así una inversión necesaria, las cuentas por cobrar dependen de las condiciones de crédito, es decir, del periodo promedio en que la empresa recupera el capital. Las cuentas por cobrar se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$C \times C = \text{cuentas por cobrar} = \frac{\$ \text{ventas anuales}}{365} \times PPR \quad \text{Ec. (1)}$$

donde: PPR = periodo promedio de recuperación

El **pasivo circulante** es el financiamiento parcial de la operación de la empresa, mediante préstamos a corto plazo (de tres a seis meses), para cubrir una parte de la inversión en capital de trabajo (Baca Urbina , 2013). Un criterio apropiado para el cálculo del pasivo circulante es tomar como base el valor de la tasa circulante, que se calcula con la siguiente ecuación:

$$TC = \text{tasa circulante} = \frac{\text{activo circulante}}{\text{pasivo circulante}} \quad \text{Ec. (2)}$$

El valor promedio en la industria para la TC es de 2.5, lo que indica que por cada 2.5 unidades monetarias invertidas en activo circulante es conveniente financiar una.

Punto de equilibrio

El punto de equilibrio indica el nivel de producción en el que los ingresos por ventas se igualan a la suma de costos fijos y costos variables (costos totales). El punto de equilibrio no considera la inversión inicial que da origen a los beneficios proyectados y es inflexible en el tiempo, por lo que si los costos cambian también lo hará el punto de equilibrio, lo cual lo convierte en una herramienta poco práctica. Este puede calcularse en forma gráfica (Figura 10) o con las ecuaciones descritas a continuación (Baca Urbina , 2013).

Los ingresos están calculados como el producto del volumen vendido por su precio ($\text{ingresos} = P \times Q$) Ec. (3), los costos fijos (CF) y los costos variables como CV. En el punto de equilibrio se igualan los ingresos a los costos totales ($P \times Q = CF + CV$) Ec. (4), pero como los costos variables siempre son un porcentaje de las ventas, entonces el punto de equilibrio se define matemáticamente como:

$$\text{punto de equilibrio} = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{P \times Q}} \quad \text{Ec. (5)}$$

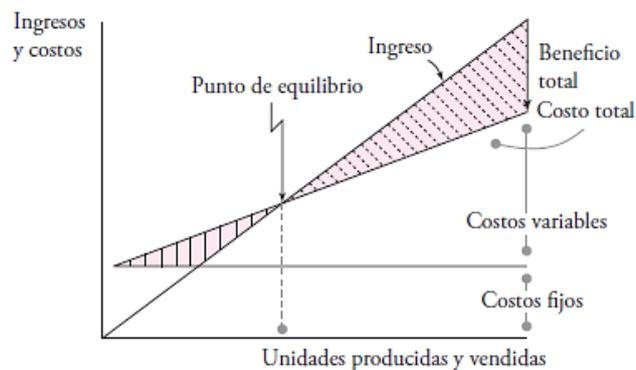


Figura 10. Gráfica del punto de equilibrio. Fuente: (Baca Urbina , 2013)

Estado de resultados pro-forma

El análisis del estado de resultados permite calcular la utilidad y los flujos netos de efectivo del proyecto, que reflejan el beneficio real de la operación de la planta; se obtienen restando a los ingresos todos los costos de la planta y los impuestos por pagar. Si bien en el estado de resultados se toma en cuenta la ley tributaria, en la evaluación de proyectos se planean y pronostican los resultados probables, lo cual simplifica su presentación. Los costos de financieros y el pago de capital (pago a principal) sólo aparecen en el estado de resultados cuando el préstamo solicitado se pide a corto o largo plazo. En el estado de resultados también se ven reflejados los impuestos a pagar, los cuales pueden variar en el horizonte de evaluación. Se le llama pro-forma porque el estado de resultados está proyectado (normalmente a cinco años) y son los resultados económicos que se supone tendrá la empresa (Baca Urbina , 2013).

La Tabla 9 muestra los contenidos del estado de resultados, los ingresos se muestran como flujos positivos, mientras que los costos, pagos de impuestos e intereses son flujos negativos.

Tabla 9. Contenido Estado de Resultados. Fuente: (Baca Urbina , 2013)

Flujo	Concepto	Observaciones
+	Ingresos	Precio de venta multiplicado por el número de unidades vendidas
-	Costo de producción	
=	Utilidad marginal	
-	Costos de administración	
-	Costos de venta	
-	Costos financieros	Tabla de pago de deuda
=	Utilidad bruta	
-	ISR (42%)	Impuesto Sobre la Renta
-	RUT (10%)	Reparto de Utilidades a los Trabajadores
=	Utilidad Neta	
+	Depreciación y Amortización	
-	Pago a principal	
=	FNE	Flujo Neto de Efectivo

La importancia de realizar el análisis del estado de resultados radica en la determinación de los flujos netos de efectivo (FNE). Desde su análisis se puede visualizar la rentabilidad del proyecto, dado que a mayores sean los valores de los FNE, mejor será la rentabilidad económica del proyecto (Baca Urbina , 2013).

Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

El capital que conforma la inversión inicial puede provenir de distintas fuentes: personas físicas (inversionistas), personas morales (otras empresas) e instituciones de crédito (bancos), ya sea de cada una o de distintas mezclas entre estas. Cualquiera que sea la aportación de estas fuentes, cada una tendrá un costo asociado al capital que aporte. Al invertir, dichas fuentes contemplan una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) (Baca Urbina , 2013).

Para su cálculo se contempla el índice inflacionario para obtener un buen rendimiento de la inversión y para que esta no pierda su valor adquisitivo; a su vez, al arriesgar su dinero un inversionista no busca solamente mantener el valor adquisitivo de su capital, sino que le interesa que este tenga un crecimiento. Contemplando esto, la TMAR se calcula con la siguiente ecuación:

$$TMAR = i + f + if \quad Ec. (6)$$

donde: i = premio al riesgo; f = inflación

El índice inflacionario para el cálculo de la TMAR debe ser el promedio del índice inflacionario pronosticado durante los años del horizonte de evaluación, lo cual permitirá que sea vigente durante todo el periodo; estos pueden consultarse en fuentes nacionales (Banco de México) o extranjeras (Ciemex-Wefa y otros). En cuanto al premio al riesgo, se considera que debe tener un valor entre 10 y 15%. Las tasas de ganancia recomendadas son: bajo riesgo de 1 a 10%; riesgo medio, de 11 a 20%; riesgo alto, TMAR mayor a 20%, sin límite superior. Siempre que haya una mezcla de capitales (capital mixto), la TMAR de la empresa o proyecto se calcula como el promedio ponderado de las aportaciones porcentuales y las TMAR exigidas en forma individual (Baca Urbina , 2013).

Financiamiento

Baca Urbina describe cuatro métodos o formas generales para pagar un préstamo, estas se explican a continuación, al igual que las ecuaciones que se emplean en el cálculo de intereses y pago a principal (2013).

1. *Pago de capital e intereses al final de los cinco años.* En este sólo aparece el pago de una suma total al final del periodo:

$$\text{Pago de fin de año} = \text{Pago a principal} + \text{Intereses} \quad \text{Ec. (7)}$$

Si se designa F a la suma futura por pagar, P como la cantidad prestada en el presente (tiempo cero), i como interés cargado al préstamo y n como el número de periodos o años necesarios para cubrir el préstamo, la ecuación empleada es:

$$F = P(1 + i)^n \quad \text{Ec. (8)}$$

2. *Pago de interés al final de cada año, y de interés y todo el capital al final del quinto año.* Para esto se emplea una tabla de pago de deuda, que muestra el pago de capital e intereses año con año, donde se presenta el interés, el pago a fin de año y la deuda después del pago de acuerdo con el número de periodos o años para pagar la deuda.
3. *Pago de cantidades iguales al final de cada uno de los cinco años.* Para este cálculo primero debe determinarse el monto de la cantidad igual que se pagará cada año y con esto se construye la tabla de pago de deuda. El pago igual que se hace cada fin de año se denomina anualidad (A) y se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = p \left[\frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n + 1} \right] \quad \text{Ec. (9)}$$

En esta tabla de pago de deuda se presenta el interés, el pago a fin de año, pago a principal y la deuda después del pago en los periodos o años para pagar la deuda.

4. *Pago de intereses y una parte proporcional del capital (20% cada año) al final de cada uno de los cinco años.* En la tabla de pago de deuda se añade la columna de pago a capital correspondiente al 20% de la deuda total, se añaden los intereses, que serán sobre los saldos insolutos, y se presenta el pago anual y la deuda después del pago.

Balance general

Como se ha mencionado, por activo se entiende cualquier pertenencia material o inmaterial de la empresa, mientras que pasivo es cualquier tipo de obligación o deuda con terceros. Y capital son los activos representados en dinero o títulos, que son propiedad de los accionistas o propietarios directos de la empresa. Así, el balance general está representado por la siguiente igualdad:

$$\text{Activo} = \text{Pasivo} + \text{Capital} \quad \text{Ec. (10)}$$

Esto significa que todo lo que tiene de valor la empresa (activo fijo, diferido y capital de trabajo) le pertenecen a alguien (terceros, instituciones de crédito o bancarias), y lo que no se debe le pertenece a los accionistas o dueños. (Baca Urbina , 2013). La Figura 11 muestra un esquema del balance general.

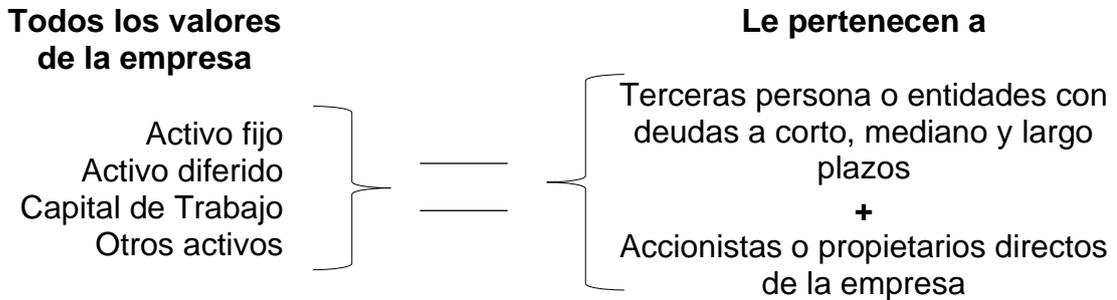


Figura 11. Balance general esquematizado Fuente: (Baca Urbina , 2013).

2.6.3 Evaluación económica

En la evaluación económica se emplean las cifras obtenidas del estudio económico para determinar un índice de rentabilidad económica. Las cifras empleadas son: la inversión inicial (activo fijo y diferido), la depreciación, los flujos netos de efectivo y algunos datos del financiamiento.

Se debe contemplar el cambio del valor del dinero a través del tiempo, pues pierde su valor adquisitivo con él. Dado que las ganancias de toda inversión se obtienen a lo largo de los años del periodo de evaluación, se recurre a este concepto al calcular el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); tomando en cuenta la inflación. Así, los tres elementos fundamentales a considerar son: el cambio del valor del dinero a través del tiempo, la inflación y la tasa de interés de los financiamientos (Baca Urbina , 2013).

Valor Presente Neto (VPN)

Los FNE se pueden representar gráficamente (Figura 12), tomando el horizonte de evaluación, se traza una línea horizontal y se divide en el número de periodos contemplados en el horizonte de evaluación, en el extremo izquierdo se coloca el tiempo cero; los flujos positivos se representan con flechas hacia arriba y los flujos negativos con flechas hacia abajo (Baca Urbina , 2013).

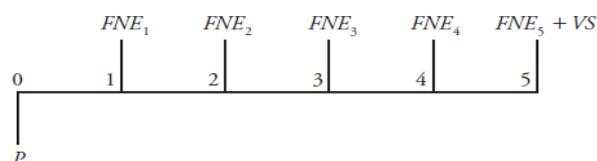


Figura 12. Diagrama de flujo de efectivo. Fuente: (Baca Urbina , 2013)

Para calcular el valor del dinero del presente en el futuro (en forma equivalente) se utiliza una i de interés; y para cantidades del futuro al presente (cálculo de VPN), se usa una *tasa de descuento*, que descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente, los flujos traídos al tiempo cero se llaman flujos descontados. El Valor Presente Neto puede definirse como: la suma de los flujos descontados en el presente menos la inversión inicial, que equivale a comparar las ganancias esperadas contra los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en el tiempo cero (Baca Urbina , 2013).

Para calcular el VPN se emplea la TMAR o el costo de capital, ya que se puede tomar como la tasa inflacionaria promedio pronosticada para los próximos cinco años, obedeciendo la siguiente ecuación:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n + VS}{(1+i)^n} \quad Ec. (11)$$

Donde: VPN: Valor Presente Neto, P: inversión inicial,

FNE: Flujo Neto de Efectivo, i: TMAR, VS: Valor de Salvamento

Para que un proyecto sea aceptable, el VPN debe ser mayor a cero, esto implica que las ganancias son mayores a los desembolsos y que hay una ganancia extra después de ganar la TMAR aplicada al horizonte. Al tener un **VPN>0**, se tiene una ganancia extra después de ganar la TMAR en el horizonte de evaluación. Con un **VPN=0**, no se aumenta el patrimonio de la empresa en el horizonte de evaluación si la TMAR es igual al promedio de la inflación; en cambio, si la TMAR es superior a la tasa inflacionaria promedio en el horizonte, aumentará el patrimonio de la empresa (Baca Urbina , 2013). Así, considerando lo explicado anteriormente, los criterios de evaluación son:

$VPN \geq 0$, *acepte la inversión*

$VPN \leq 0$, *rechace la inversión*

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La TIR es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero. Esta tasa iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Cuando el VPN=0, sólo se gana la TMAR, por lo que un proyecto debería ser aceptado bajo este criterio, ya que se gana lo mínimo fijado como rendimiento (Baca Urbina , 2013).

El cálculo de la TIR en la evaluación económica de un proyecto de inversión implica la obtención de una o varias raíces reales positivas en un polinomio grado n ; la cual se rige por la regla de los signos de Descartes, que dice que un polinomio de grado n puede tener tantas raíces como cambios de signos tenga un polinomio (Baca Urbina , 2013).

Una definición sencilla de la TIR es: *La TIR es la i que hace que el VPN=0.* De la ecuación del cálculo de VPN, basta con igualar su valor a cero:

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n + VS}{(1+i)^n} \quad Ec. (12)$$

Si se conoce P , inversión inicial, y los FNE, flujos netos de efectivo, en la ecuación anterior, la única incógnita es la i , la cual se calcula algebraicamente al obtener la raíz del polinomio, que se interpreta como la TIR del proyecto de inversión. Cuando sólo hay un cambio de signo se encontrará un único valor de la TIR, el cual puede ser o no correcto. Cuando existen dos cambios de signo en los coeficientes, el primero debido a la inversión inicial y el segundo debido a una pérdida que provoque un flujo negativo, se pueden encontrar dos raíces de i , o sea, la obtención de dos TIR, lo cual no tiene un significado económico. Para este último caso se recomienda no usar la TIR como método de evaluación (Baca Urbina , 2013).

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El PRI, consiste en determinar el número de periodos, generalmente en años, requeridos para recuperar la inversión inicial emitida, por medio de los flujos de efectivo futuros que generará el proyecto (Baca Urbina , 2013).

Su valor puede calcularse de dos formas. En la primera se emplea el diagrama de flujo de efectivo (Figura 12) para calcular el acumulado de los flujos netos de efectivo, determinar el periodo en que se recupera la inversión y posteriormente emplear la siguiente ecuación:

$$PP = a + \frac{I_0 - b}{F_t} \quad Ec. (13)$$

Donde: PP: Payback Period, a: Periodo inmediato anterior al de

recuperación de inversión, I_0 : Inversión Inicial del Proyecto,

b: acumulado de FNE hasta el periodo a,

$F_t = FNE$ en el año de recuperación de la inversión

El segundo método emplea, permite el cálculo del PP a través de la Ecuación 14.

$$PP = \frac{I_0}{FNE_{promedio}} \quad Ec. (14)$$

PP: Payback Period, I_0 : Inversión Inicial del Proyecto,
 $FNE_{promedio}$: Flujo Neto de Efectivo Promedio

Capítulo 3. Hipótesis

Partiendo de la información técnica disponible de la química, cinética y condiciones de operación y los balances de materia y energía del proceso, así como sabiendo que el mercado es apto para la implementación del nuevo producto y realizando diversos cálculos económicos y financieros (ver desglose en la metodología) se podrá establecer que el uso del blanqueamiento de barita es un proceso económicamente viable. En particular, se espera que el valor de los ingresos supere los costos de inversión y operación de la planta.

Si a través de los cálculos económicos y financieros se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) y una Tasa Interna de Rendimiento (TIR) superiores a cero y un Periodo de Recuperación de la Inversión (PP) menor a cinco años, entonces se determinará que el proyecto es económicamente viable y que es recomendable su ejecución.

Capítulo 4. Objetivos

General

Determinar la viabilidad económica de la instalación de una planta para el blanqueamiento de barita, con una capacidad de producción de 475.50 toneladas de barita grado pintura al día, con un contenido de 97% de BaSO_4 , mediante un estudio económico-financiero, para la proyección de la apertura de un nuevo sector de mercado de barita en la industria de la pintura en México.

Particulares

- Identificar las necesidades del proceso de blanqueamiento de barita, en cuanto a suministros, transformación y puesta en mercado, mediante la determinación de equipos y matrices de explotación de procesos.
- Determinar el punto de equilibrio para una planta de blanqueamiento de barita a través del cálculo de los costos de fijos, costos totales y los ingresos de la planta, para determinar el nivel de producción donde los costos totales se igualan a los ingresos.
- Analizar y evaluar el Valor Presente Neto (VPN), el Periodo de Recuperación de la Inversión (PP) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) para una planta de blanqueamiento de barita, a través de sus respectivos criterios de evaluación, para determinar si el proyecto de una planta de blanqueamiento de barita es viable bajo los supuestos realizados.

Capítulo 5. Metodología de trabajo

- i. Descripción del producto.
- ii. Ubicación y descripción de la zona.
- iii. Planteamiento del mercado potencial y objetivo.
- iv. Identificación de la Normatividad Nacional e Internacional, así como de las certificaciones aplicables a este tipo de procesos y productos.
- v. Determinación de equipos e instrumentación.
- vi. Desarrollo de Diagramas y estructura del proceso.
- vii. Cálculo de costos (materia prima, empaques y embalaje, otros materiales, energía eléctrica, agua, combustible, mano de obra directa e indirecta, mantenimiento y control de calidad y costo total de operación).
- viii. Cálculo de gastos (producción, administración, ventas).
- ix. Cálculo de Activos (fijo, diferido y circulante), así como de la depreciación y amortización de activo fijo y diferido. Depreciación y amortización de activo fijo y diferido.
- x. Determinación de pasivos (fijo y circulante), así como del capital de trabajo.
- xi. Determinación y cálculo del punto de equilibrio e ingresos sin inflación en un periodo de cinco años.
- xii. Determinación de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento para los accionistas y planear el financiamiento de la inversión. Realizar tablas de pago de deudas para el pago a cinco años a cada accionista.
- xiii. Planteamiento del Balance General Inicial de la planta.
- xiv. Planteamiento de Estado de Resultados con inflación, financiamiento y producción constante a cinco años.

Capítulo 6. Marco de referencia

De las etapas planteadas en la evaluación de proyectos, para el proyecto “Blanqueamiento de Barita con H_2SO_4 ”, ya se han planteado previamente las partes generales de la evaluación; los alcances del proyecto, que se ven determinados por el estudio económico y el mercado objetivo, del cual se hablará a continuación; la introducción y el marco de desarrollo, ambos planteados previamente en este trabajo. Para el estudio técnico, se tomó como base la tesis “*Simulación computacional del blanqueamiento de barita con ácido oxálico*”, realizada por Puon Cortés en 2019, en la cual se han estudiado la química involucrada en el proceso, su cinética, experimentalmente determinada, los balances de materia y energía del proceso, los flujos de las distintas corrientes de este proceso, y condiciones de operación, así como la determinación de equipos. Para el estudio de mercado se toman en cuenta documentos como el “Perfil de mercado de la barita, (2018)”, elaborado por la Dirección General de Desarrollo Minero de la Secretaría de Economía, el “Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2018”, elaborado por el Servicio Geológico Mexicano y otros informes y perfiles de mercado de países como Estados Unidos e India. Por lo que, contando con las primeras cuatro fases de la evaluación de un proyecto y disponiendo de la suficiente información técnica, se puede proceder al desarrollo de las siguientes dos fases, el estudio y la evaluación económicos del proceso de blanqueamiento para la barita, lo que permitirá estimar su viabilidad económica. Este estudio también toma como referencia la producción, ubicación geográfica y procesos de la empresa Baramin, que actualmente produce únicamente barita grado perforación.

6.1 Descripción del producto

La empresa Baramin en la actualidad únicamente produce barita grado perforación que, por su densidad, usualmente estandarizada de $4.10-4.20 \text{ g/cm}^3$, se usa para incrementar la densidad de los fluidos, específicamente fluidos de perforación. Actualmente los productos que produce la empresa Baramin se observan en la Tabla 10.

Tabla 10. Productos producidos actualmente por la empresa Baramin. Fuente: (BARAMIN, s.f.)

Producto	Presentación	Descripción
Baramin 4.10	Súper saco 1.5 Ton	Sulfato de Bario, $\rho = 4.10 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
	Saco de papel 100 Lb	Sulfato de Bario, $\rho = 4.10 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
	Tolva presurizada	Sulfato de Bario, $\rho = 4.10 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
	Piedra	Sulfato de Bario, $\rho = 4.20 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
Baramin 4.20	Súper saco 1.5 Ton	Sulfato de Bario, $\rho = 4.20 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
	Saco de papel 100 Lb	Sulfato de Bario, $\rho = 4.20 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
	Tolva presurizada	Sulfato de Bario, $\rho = 4.20 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13
	Piedra	Sulfato de Bario, $\rho = 4.20 \text{ g/cm}^3$, malla 200, API 13

Esta tesis plantea la implementación de un nuevo proceso productivo, que tendrá como principal producto barita blanqueada. Como se ha mencionado antes, los polvos de barita natural son químicamente inertes, de fácil dispersión, baja abrasión y excelente resistencia contra el calor y la corrosión; además, tienen baja absorción de aceite, todas estas propiedades y características permiten que la barita pueda actuar como agente texturizante en las pinturas, sin el riesgo de dañar su esplendor; con un tamaño de partícula adecuado actúa como dispersor del pigmento en sistemas coloreados y así incrementa la productividad de los pigmentos. Las propiedades físicas más importantes para asegurar la calidad de la barita grado pintura es su blancura, brillo e índices de amarillez.

Para tener una referencia más específica de los requerimientos específicos para este grado de barita, en cuanto a brillo y requerimientos en cuanto a blancura, se consultó la Ficha Técnica del producto White Barite Ore/ Paint grade barite ore, de la empresa Anglo Pacific Minerals, este producto de barita grado pintura se comercializa como roca. En la Tabla 11, se muestra la composición química que debe tener la barita grado pintura, mientras que en la Tabla 12 se muestran sus propiedades físicas y algunas otras especificaciones.

En la Tabla 13 se encuentran las especificaciones y propiedades de la barita grado pintura, de acuerdo con el Perfil de Mercado de la Barita (2018) y con el Indian Standard. El objetivo de esta tabla es mostrar otros requerimientos como pH y el tamaño de partícula de la barita grado pintura, de acuerdo con un documento nacional y un standard internacional.

Tabla 11. Composición del producto Paint grade barite ore. Fuente: (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020)

Compuesto	Contenido
BaSO ₄	97% mín.
CaCO ₃	0.50% máx.
SiO ₂	1.00% máx.
Fe ₂ O ₃	0.10% máx.
TiO ₂	0.10% máx.
Al ₂ O ₃	0.10% máx.
Hg	1 ppm máx.
Cd	3 ppm máx.
Metales alcalinotérreos solubles en agua (Ca)	250 ppm máx.

Tabla 12. Propiedades físicas del producto Paint grade barite ore. Fuente: (Anglo Pacific Minerals Ltd., 2020)

Propiedad	Valor y unidad o escala
Gravedad específica	4.35
Blancura	94.00% mín. (Hunter L)
	2.00% máx. (Hunter B)
	1.00% máx. (Hunter A)
Pérdida por ignición (1000°C)	0.50% máx.
Humedad	1.00% máx.
Tamaño de partícula	0-150 mm mín.

Tabla 13. Propiedades y especificaciones para la barita grado pintura, de acuerdo con el Perfil de Mercado de la Barita (2018) y con el IS:64-1972. Fuentes: (Dirección General de Desarrollo Minero, 2018) (Indian Standard, 2009)

Propiedad o especificación	Barita grado relleno para pintura*	Sulfato de bario para pigmentos Tipo I**	
		Grado 1	Grado 2
BaSO ₄	95% mín.	95	95
BaCO ₃	-	2.24	2.24
Fe ₂ O ₃	0.05% máx.	-	-
SiO ₂	-	-	-
Gravedad específica a 25°C	-	4.45	4.45
Tamaño de Partícula	99.98%-37µm (malla 400) o Hegman 6.5	-	-
Residuo en tamiz máx.	-	0.25% en tamiz IS de 40 µm (malla 400)	0.25% en tamiz IS de 63 µm (malla 240)
Color	-	Blanco	
Brillo	80% +		
Humedad	0.5%		
Materia volátil	-	0.5	0.5
Material extraño	2.0%		
Compuestos solubles en agua	0.2%	0.5	0.5
Absorción de aceite	5kg/45kg	6-12	6-12
pH	6.4	6-8	6-8

* Perfil de Mercado de la Barita (2018)

** Indian Standard, IS:64-1972

Como subproductos a comercializar se tendrá óxido de hierro (hematita) de alta pureza y ácido sulfúrico, H₂SO₄, grado comercial.

6.2 Localización y descripción de la zona

Actualmente la empresa Baramin cuenta con distintas minas y plantas de molienda a lo largo de la República Mexicana. La empresa tiene minas en territorio nacional, entre ellas la Mina "La Huiche" en Galeana, Nuevo León y la Mina "Grecia" en Aramberri, Nuevo León. Sus plantas de Molienda están localizadas en Linares, Nuevo León y en Nanchital, Veracruz. La capacidad mensual instalada de la empresa es mayor a 28 mil toneladas de extracción y 42 mil toneladas de producción (BARAMIN, s.f.).

La implementación del proyecto para el blanqueamiento de barita debe llevarse a cabo tanto en la Planta de Molienda de Linares, N.L., como en la Planta de Molienda de Nanchital, Ver. Ya que en estas es donde se produce la barita grado perforación y es donde podría generarse la cadena de producción de barita blanqueada. Cabe mencionar que para fines de cálculo únicamente se tomó en cuenta la Planta de Molienda de Linares, N.L. por lo que el estudio económico está referido a esta.



Figura 13. Ubicación de las plantas y minas de la empresa Baramin en México. Fuente: (BARAMIN, s.f.)

Macrolocalización

El municipio de Linares se localiza al sureste de la ciudad de Monterrey, en la región Llanura Costera del Golfo. Se ubica en la parte central sur del estado de Nuevo León, bajo las coordenadas 24°51' de latitud norte y 99°24' de longitud oeste, a 350 metros sobre el nivel del mar (Figura 13) (H. Ayuntamiento de Linares, 2019).



Figura 14. Localización del municipio Linares, en el estado de Nuevo León. Fuente: (H. Ayuntamiento de Linares, 2019)

El clima predominante en este municipio es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, su temperatura media anual es de 22°C y su precipitación de 749 mm. Las temperaturas frías se presentan en los meses de noviembre, diciembre y enero; con un régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, agosto, septiembre y octubre (H. Ayuntamiento de Linares, 2019).

Microlocalización

Se plantea que la nueva planta de blanqueamiento de barita se instale dentro de la **Planta Baramin S.A. de C.V. (Molienda) Nuevo León**, que se localiza en Vía Tampico Km 369, Linares Centro, Linares, C.P. 67700, Linares, Nuevo León y cuyas coordenadas son: 21.1402553, -101.641863 (Subsecretaría de Minería, 2019).

Descripción actual: En la planta de molienda de la empresa Baramin S.A. de C.V. se realiza la molienda del mineral con el molino de martillos, para mejorar el control del tamaño de partícula, la molienda es útil para ajustar el tamaño a las necesidades del cliente. Actualmente, esta planta tiene como principal producto la barita con un tamaño de la malla de 200, de acuerdo con la norma API 13 (BARAMIN, s.f.).

Fuerzas locacionales: Es conveniente instalar la planta de blanqueamiento de barita en esta zona (planta de molienda existente) ya que se cuenta con el espacio necesario para su instalación, lo que disminuiría o eliminaría los costos de transporte de materia prima de la planta de molienda a la nueva planta de blanqueamiento, permite la disponibilidad de los recursos para la operación de la planta y las condiciones climatológicas y en su entorno son aptas para su instalación.

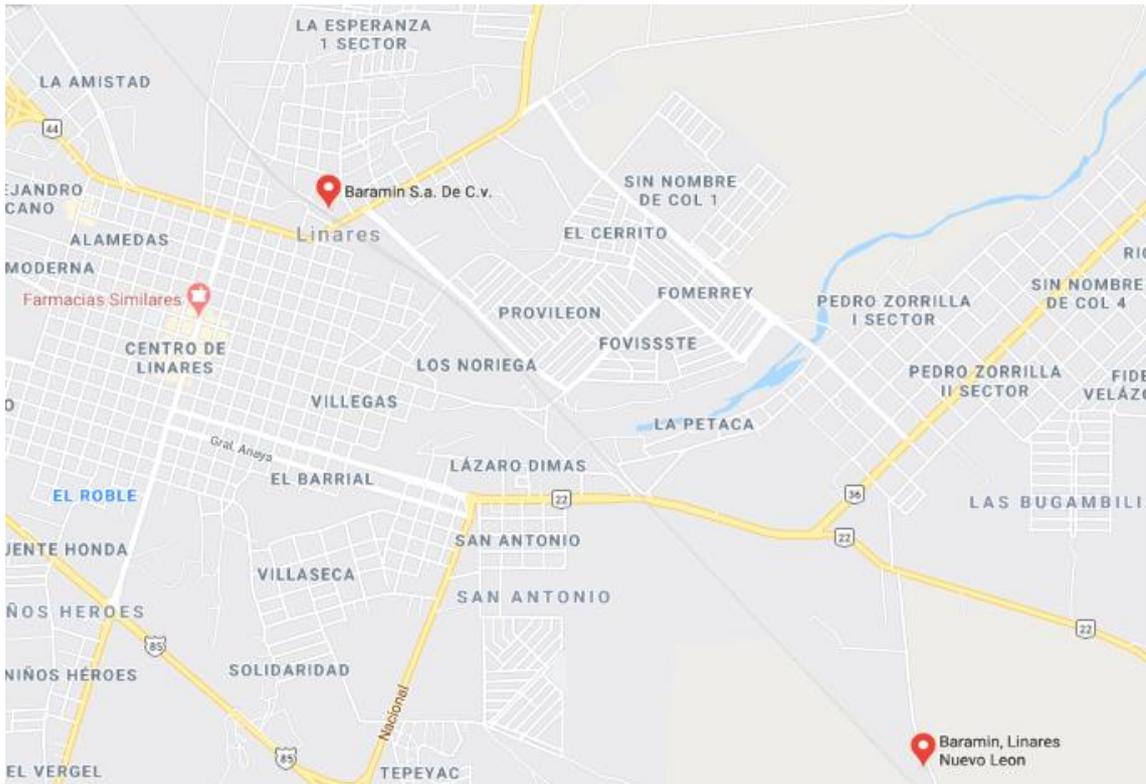


Figura 15. Mapa Baramin S.A. de C.V. Fuente: (Google, 2020)

6.3 Mercado

Mercado actual

Baramin cuenta con su mercado principal en la industria petrolera, a través de sus canales de logística multimodal ha logrado extender su distribución a las principales zonas petroleras del continente americano. Controlando cada etapa del proceso logístico para asegurar que sus clientes internacionales reciban satisfactoriamente sus productos (BARAMIN, s.f.).

Los clientes principales de la empresa Baramin son a Baker Hughes, Brake Parts Inc., Halliburton, Weatherford, Schlumberger, Qmax, CEMEX y gc(gWD) (BARAMIN, s.f.).

Mercado objetivo

Hoy en día la industria automotriz ha tomado fuerza e importancia en nuestro país y con ella la industria de la pintura automotriz y recubrimientos. Cada vez más plantas automotrices de ensamblaje y producción de automóviles son instaladas en México, por lo que la demanda de pintura automotriz ha crecido, por lo que el producto Barita blanqueada grado pintura puede ser introducido en este mercado, como pigmento para pintura automotriz.

De acuerdo con los Censos Económicos 2019 de Fabricación de pinturas, recubrimientos y tintas para impresión realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía la actividad que reportó el mayor consumo de pinturas, lacas, esmaltes y barnices fue la fabricación de automóviles y camionetas, representando un 56.7% del valor de los materiales consumidos dentro de la industria manufacturera, de estos, el 21% se realizó mediante la importación de productos del extranjero. El censo reportó una producción de pintura automotriz original de 142.4 millones de litros, con un valor de 7,632 millones de pesos (2019, págs. 12, 94).

A su vez, dentro de los resultados de los Censos Económicos 2019, dentro de las materias primas consumidas por los establecimientos grandes (EGE) dentro de los pigmentos blancos empleados en la fabricación de pintura el dióxido de titanio presentó un consumo de 53,910 toneladas con un valor de 3,118 millones de pesos, con 11,506 toneladas importadas con un valor de 733 millones de pesos. En cuanto al caolín su consumo fue de 121,846 millones de toneladas con un valor de 256 millones de pesos, con 11,143 toneladas importadas, con un valor de 29.7 millones de pesos (2019, págs. 87, 88).

Dentro de la industria de la pintura, los pigmentos más empleados, tanto por sus características físicas y químicas, como por la oferta que se tiene en el mercado son el dióxido de titanio y el caolín, lo que representa una oportunidad y permitiría mantener una demanda estable al poder satisfacer la demanda de las importaciones de estos productos, que equivalen a 22,649 toneladas, con un valor de 763 millones de pesos. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2019, págs. 87, 88).

En México, los principales surtidores de pintura automotriz son PPG, Axalta (antes DuPont), Sherwin Williams, AkzoNobel y BASF. De acuerdo con la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (Anafapyt), la pintura automotriz representa el 41% de la producción, dentro del mercado de manufacturas originales, con 56.254 millones de litros al año, cifras reportadas para el año 2014. A su vez, durante el 2014 los fabricantes de pintura destinaron mayores recursos a sus áreas de investigación y desarrollo para mejorar y crear productos que cumplan los estándares del sector automotriz.

Durante el periodo 2014-2016, las empresas de pintura comenzaron proyectos de ampliación y aperturas de plantas, destinadas a la división de pintura automotriz:

- **PPG:** en 2015 comenzó la ampliación de su planta en San Juan del Río, Querétaro, construyendo cuatro edificios enfocados en la fabricación de pintura y recubrimientos para equipo original automotriz, industrial, envases metálicos, así como repintado automotriz (Rosas, 2015).
- **Axalta Coating System:** En el año 2014 Axalta fue proveedora de Nissan, Honda, Toyota y Volkswagen; en este año incrementó en un 10% las ventas al sector automotriz debido a la inauguración de la planta de Nissan en Aguascalientes, en el 2013, y a la inauguración de la planta de Honda en Celaya, en el 2014. Axalta tiene 27% de participación de mercado en el segmento automotriz y le surte a todas las armadoras de autos y camiones en México. En 2016, Axalta inauguró la expansión de su planta de resina ubicada en Tlalnepantla, Estado de México para apoyar a sus clientes con las últimas tecnologías utilizadas en una variedad de recubrimientos para el mercado automotriz, industrial y arquitectónico (Cantera, 2014)
- **BASF:** declaró a inicios de 2014 que planeaban incrementar 6% su proveeduría de pintura para las armadoras, al lograr convertirse en proveedores de la nueva planta de Mazda en Salamanca, Guanajuato. De las siete plantas que opera BASF en México, sólo la planta de Tultitlán, Estado de México, está dedicada exclusivamente a la producción de pintura automotriz (Cantera, 2014).
- **Sherwin Williams:** reportó en 2014 tener planes de crecimiento de doble dígito durante sus próximos cinco años, dadas las oportunidades para el mercado arquitectónico, la industria automotriz y procesos de manufactura. Actualmente su planta en Texcoco, Estado de México, manufactura productos para la industria automotriz (González, 2014).
- **AkzoNobel:** La división AkzoNobel Automotive And Aerospace Coatings México, donde su principal línea de pintura automotriz es Sikkens. La planta AkzoNobel Automotive And Aerospace Coatings México S.A. de C.V. está ubicada en Naucalpan de Juárez, Estado de México (AkzoNobel, 2020).

Por tanto, de acuerdo con el crecimiento de la demanda de pintura automotriz, estos cinco productores de pintura automotriz, PPG, Axalta (antes DuPont), Sherwin Williams, AkzoNobel y BASF, se plantean como clientes potenciales para Baramin, al cubrir las necesidades con un producto como la barita blanqueada grado pintura.

Plantas, minas y mercado objetivo de la empresa Baramin en México

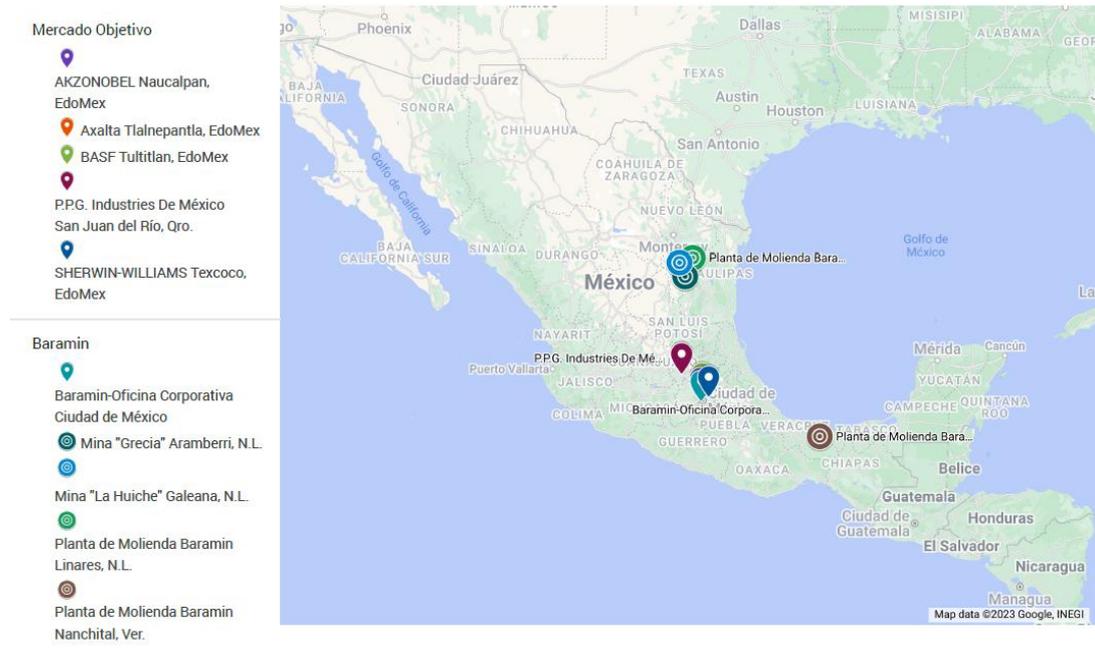


Figura 16. Plantas, minas y mercado objetivo de la empresa Baramin en México. Elaboración propia, a través de plataforma Google Maps. Fuente: (Google, 2020)

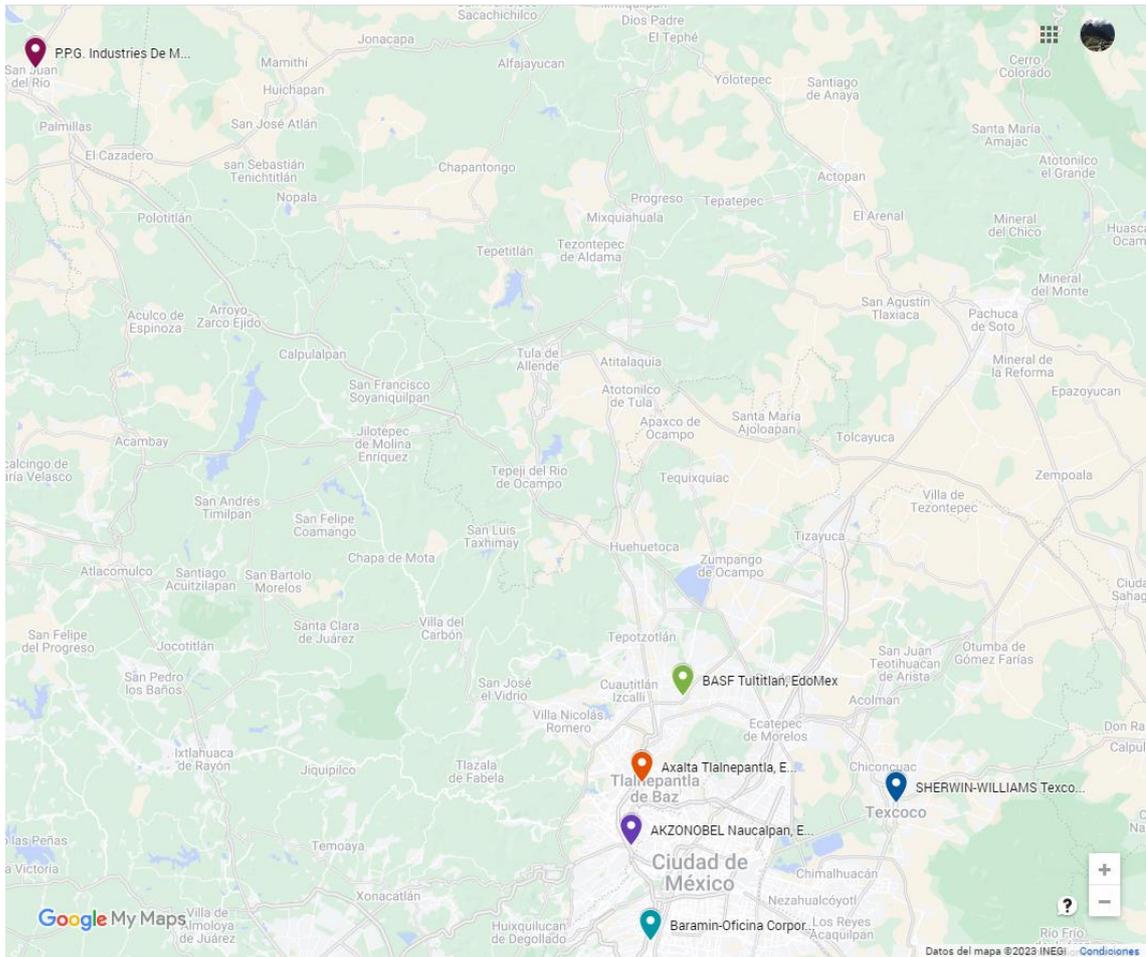


Figura 17. Mapa de ubicación geográfica de clientes potenciales. Elaboración propia a través de plataforma Google Maps. Fuente: (Google, 2020)

Cotizaciones

De acuerdo con el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2018, del Servicio Geológico Nacional, las cotizaciones internacionales por presentación y origen, en el año 2017, para la barita grado pintura se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Cotizaciones Internacionales por Presentación y Origen, 2017 (En moneda corriente por unidad de medida: Libras esterlinas por toneladas métricas). Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2019)

Barita Grado Pintura: Forma de Presentación y Lugar de Cotización	Cotizaciones internacionales, 2017 [Dólares por tonelada métrica]
Residual, blanco grado pintura, con un contenido de 96 a 98% de BaSO ₄ molido de 325 a 350 mallas. En lotes de 1 a 5 toneladas, de Reino Unido	de 406.04 a 476.93
De China, en terrones C.S.F. Costa del Golfo	de 216.88 a 246.25
Barita, Grado Pintura (En polvo blanco 96-98% BaSO ₄ , de 325 a 350 mallas, lotes de 1-5 toneladas, en planta del Reino Unido)	de 218.27 a 248.35

6.4 Marco legal normativo

Los minerales o sustancias de los que se extraiga bario, así como los minerales de uso industrial, como la barita y witherita, quedan sujetos al Artículo 4 de la Ley Minera.

La industria de procesamiento de barita está regulada por normas nacionales para su uso dentro de la industria petrolera, para fluidos de perforación, sin embargo, dentro de la normatividad nacional no hay regulación para su uso como pigmento para pinturas.

Para regular los usos y métodos de prueba para la barita grado pintura existen estándares y certificaciones de organizaciones y sociedades internacionales que deben cumplirse de acuerdo con las especificaciones de los productos y procesos.

6.4.1 Normas nacionales (Normas Mexicanas)

En la Tabla 15 se presentan las Normas Mexicanas empleadas para la industria petrolera, referentes al uso y especificaciones de la barita. Debido a que el uso de la barita en pinturas automotrices no es común en México aún no se ha implementado alguna norma que regule sus procesos dentro de la normatividad mexicana.

Para poder establecer normas mexicanas que regulen los procesos, especificaciones y calidad relacionados a la barita grado pintura es necesario considerar la normatividad internacional.

Tabla 15. Normas nacionales (Normas mexicanas). Fuente: (Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2012), (Dirección General de Desarrollo Minero, 2013)

Clave	Título	Síntesis
NMX-L-159-SCF1- 2003	Exploración del Petróleo- Barita empleada en fluidos de perforación, terminación y mantenimiento de pozos petroleros especificaciones y métodos de prueba (CANCELA A LA NMX-L-159-1996-SCF1)	Establece la metodología de evaluación y las especificaciones que debe cumplir la barita, empleada como densificante en los fluidos de perforación, terminación y mantenimiento de pozos. Tiene aplicación en los productos y sistemas de los fluidos de control utilizados durante la perforación, terminación y mantenimiento de pozos en las diferentes regiones petroleras de la República Mexicana.
NMX-R-065-1968	Determinación de granulometría de la barita por vía húmeda	-

6.4.2 Normas internacionales y extranjeras

En la Tabla 16 se muestran algunas regulaciones técnicas internacionales (IS: Indian Standard) y documentos normativos emitidos por organismos internacionales de normalización u organismos internacionales relacionados con la materia (ISO: International Organization for Standardization y ASTM International: American Society for Testing and Materials).

Tabla 16. Normas internacionales relacionadas a los métodos de muestreo y análisis para barita grado pintura. Fuentes: (Indian Standard, 2009), (ASTM International, 2019) (ASTM International, 2019), (ISO, 1998), (ASTM International, 2003), (ASTM International, 2007), (ASTM International, 2014).

Clave	Título	Síntesis
IS:64-1972 (2009)	Specification for barium sulphate pigments for paints	Este estándar prescribe los requerimientos y métodos de muestreo y análisis de la barita (sulfato de bario natural) y blanc fixe (sulfato de bario precipitado). El material es usado como relleno para pintura.
ASTM D602 –81 (2019)	Standard Specification for Barium Sulfate Pigments	Esta especificación cubre los pigmentos comerciales de sulfato de bario, conocidos como barita y blanc fixe. Los pigmentos deben ser sometidos a los siguientes análisis: análisis de humedad, análisis de sulfato de bario, análisis de óxido de hierro, análisis de silicio libre, pH, análisis de tamaño de partícula, y análisis de materia soluble en agua.
ASTM D1208-96 (2019)	Standard Test Methods for Common Properties of Certain Pigments	Este método cubre los procedimientos para determinar ciertas propiedades de pigmentos. Para pigmentos secos: pérdida por ignición y ceniza, materia soluble en agua, pH, alcalinidad o acidez por titulación, contenido de agua (método de destilación). Para pastas de pigmentos en aceite: contenido de agua, contenido de pasta de pigmento en aceite, materia volátil total en pasta en aceite.
ASTM D715-86 (2014)	Standard Test Methods for Analysis of Barium Sulfate Pigment	Este método se emplea para determinar la pureza del sulfato de bario, así como el contenido de impurezas conocidas. La información obtenida por esta prueba es útil para los productores y usuarios, para la fabricación de recubrimientos.
ASTM D1366-86 (2003)	Standard Practice for Reporting Particle Size Characteristics of Pigments	Esta práctica sirve para reportar las características de finura de los pigmentos. Algunos de los métodos empleados son: de sedimentación, métodos microscópicos y turbidimétricos; parcialmente se emplean: métodos de absorción y permeabilidad.
ASTM D281-95 (2007)	Standard Test Method for Oil Absorption of Pigments by Spatula Rub-out	Este método permite la determinación de la absorción de aceite de pigmentos con la técnica de eliminación con espátula.
ISO 3262-2 (1998)	Extenders for paints- Specifications and methods of test- Part 2: Barytes (natural barium sulfate)	Esta parte del estándar ISO 3262 especifica los requerimientos y métodos de análisis correspondientes para la barita grado pintura.

6.4.3 Certificaciones

Actualmente la empresa Baramin está certificada con un proceso de calidad por API (American Petroleum Institute), bajo el estándar API 13A-0082. Dicho estándar es una especificación para materiales fluidos para perforar, donde la Sección 2, habla de la barita.

La empresa Baramin ha sido reconocida como una Empresa Socialmente Responsable e Industria Limpia. Debido al cumplimiento de ciertos requisitos legales, tales como: Agua Potable, Aguas Residuales, Emisiones Atmosféricas, Residuos no peligrosos, Residuos peligrosos, Suelo y Subsuelo, Riesgo Ambiental, Impacto Ambiental, Ruido y Sistema de Administración Ambiental.

En materia internacional, la empresa Baramin tendría que implementar y certificarse bajo la Norma IATF 16949:2016, adoptando el sistema de gestión necesario para ser proveedor para la industria automotriz. Ésta se basa y, en muchas ocasiones, se acompaña con la certificación ISO 9001; por lo que es pertinente también considerarla dentro de las inversiones que tendrían que realizarse para garantizar el cumplimiento de calidad requerido por este sector.

6.5 Determinación de equipos e instrumentación

Para la determinación de los equipos a emplear para el blanqueamiento de barita se realizó un análisis de las operaciones unitarias involucradas en el proceso empleando el programa METSIM®. En dicho programa se realizó previamente la simulación del proceso, con el trabajo realizado por Puon Cortés, en 2019, lo que permite recopilar información de las condiciones de trabajo en cada etapa, así como los flujos de alimentación y recirculación en éstas. Los flujos son empleados para calcular los volúmenes de los reactores, se obtienen condiciones de pH y temperatura, que permiten realizar la selección de materiales en los reactores. El proceso engloba 11 operaciones unitarias, sin embargo, algunos de los reactores a emplear pueden llevar a cabo más de una de estas operaciones. En la Figura 16 se muestra el diagrama de flujo del proceso global y, a continuación, se detallan las operaciones que se realizan en cada uno de los reactores, así como sus características generales y condiciones de trabajo.

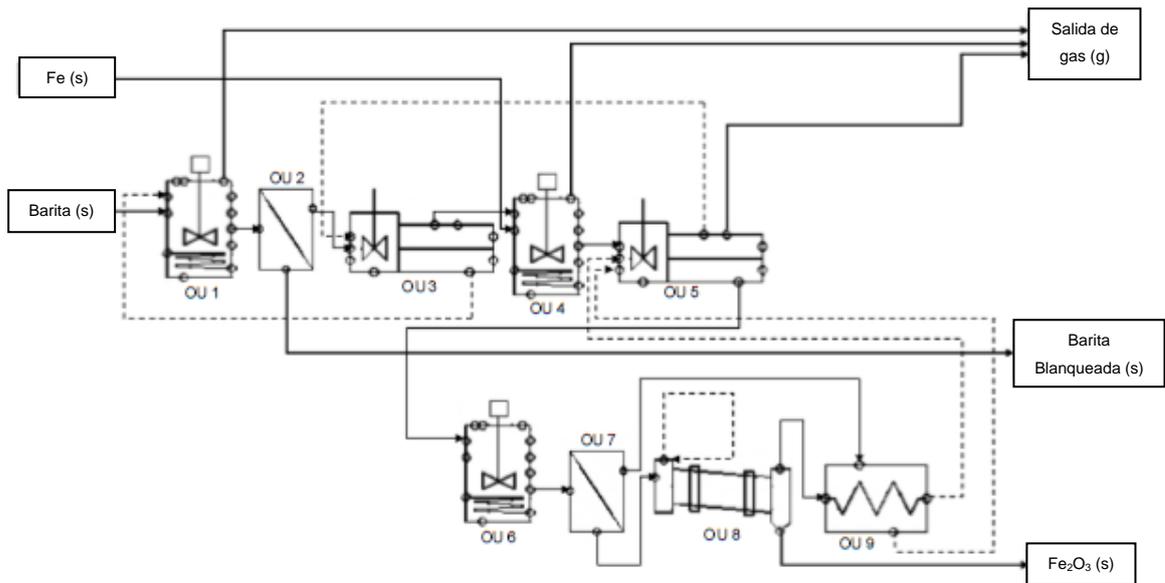


Figura 18. Diagrama de flujo del proceso global de blanqueamiento de barita. Fuente: (Puon Cortés, 2019)

Reactor de lixiviación

Consiste en un tanque agitado con coils (bobinas), alimentado por una pulpa de barita negra, que al poseer un filtro permite realizar una separación sólido-líquido. El tanque es alimentado con $5.2 \text{ m}^3/\text{h}$ de barita y $19.3 \text{ m}^3/\text{h}$ de H_2SO_4 , teniendo un flujo neto de alimentación al tanque de $24.5 \text{ m}^3/\text{h}$. El reactor agitado opera a una temperatura de 40°C , esto para reducir los costos energéticos, si se desea incrementar la eficiencia del proceso se debe optimizar y trabajar a una temperatura de 60°C . El tiempo de residencia en este reactor es de dos horas. El reactor de lixiviación es un sistema abierto; durante el proceso se tiene una pérdida de $86.2 \text{ m}^3/\text{h}$ de $H_2O(g)$, que se emplea posteriormente en el reactor de piroconversión. El sistema de filtración funciona como medio separador sólido-líquido, permitiendo el enjuague y lavado de la barita blanqueada, se emplea un filtro a presión de granulometría malla 400.

Los materiales seleccionados para el reactor son acero al carbón de espesor grueso recubierto con hematita. El tanque al tener presencia de H_2SO_4 , con una concentración de 0.5 M y un pH de 0.3 , debe tener una cubierta interna de polipropileno o Pb.

Reactor extracción por solventes (SEX)

Se emplea un proceso SEX convencional con un reactor agitado con separador de fases, mediante una unidad de agitación con asentamiento. Al reactor de SEX se alimentan 40 m³/h de orgánico y 20 m³/h de acuoso, teniendo un flujo neto de 60 m³/h, por un tiempo de operación de cinco minutos. Al igual que el reactor de lixiviación este debe estar recubierto de polipropileno, tanto las propelas de agitación como las paredes.

Reactor de despojo

Al reactor de despojo se alimentan 40 m³/h de orgánico y 100 m³/h de acuoso, con un flujo neto de 140 m³/h, con un tiempo de residencia de 10 minutos. Este reactor consta de distintas capas, debe ser de acero, recubierto de una pared de polipropileno, esta debe tener un sistema de protección con malla de acero consumible, ya que el tanque estará en contacto con chatarra de acero filoso.

Reactor de cristalización

El reactor es alimentado con 100 m³/h de HCl diluido, este tiene un tiempo de residencia de 20 minutos. El reactor tiene un filtro que retiene posibles impurezas. El pH que se tiene en este reactor es de 1.5 y debe estar recubierto por polipropileno.

Reactor de piroconversión

Es alimentado con 0.5 m³/h de sólidos, 158 m³/h de H₂O_(g), proveniente del reactor cristalización, y 188 m³/h de Aire, teniendo así un flujo neto de 346.5 m³/h, con un tiempo de residencia de 10 minutos. El proceso de piroconversión se lleva a cabo a una temperatura de 400°C Los gases de salida son procesados mediante un sistema de colección de polvos, para la obtención de hematita en forma de polvos con tamaño de partícula de 1 a 10 µm, con un alto grado de pureza, mediante el uso de un precipitador electrostático. El flujo de salida del óxido de hierro a procesar es de 1100 m³/h.

Cálculos para la determinación del volumen de cada reactor

Empleando la simulación realizada en el programa METSIM y a través de mediciones experimentales, sabiendo que:

$$V = F * t_{residencia} \quad Ec. (15)$$

Donde: V : volumen [m^3],

F : flujo volumétrico [$\frac{m^3}{s}$],

$t_{residencia}$: tiempo de residencia en el reactor [s]

Se realizó el cálculo del volumen de cada reactor, de acuerdo con los distintos flujos netos alimentados en cada uno de ellos, a los tiempos definidos experimentalmente y empleando la Ec (15). En la Tabla 17 se muestran los resultados del volumen de cada reactor involucrado en el proceso.

Tabla 17. Compilado de condiciones de tiempo de residencia, flujos netos de alimentación y volumen de los reactores involucrados en el proceso de blanqueamiento de barita. Elaboración propia.

Reactor	Tiempo de Residencia [s]	Flujo Neto de Alimentación [m^3s^{-1}]	Volumen reactor [m^3]
<i>Lixiviación</i>	7200	24.5	49
<i>SEX</i>	300-600	60	5
<i>Despojo</i>	300	140	24
<i>Cristalización</i>	1200	100	34
<i>Piroconversión</i>	480-600	346.5	58

6.6 Diagramas y estructura del proceso

El proceso se basa en tres etapas principales que engloban todo lo necesario para suministrar las materias primas necesarias al proceso, para poder realizar las transformaciones necesarias a la materia prima y convertirlo en nuestro producto y así poder finalmente distribuirlo.



Figura 19. Diagrama de flujo general de un proceso para la elaboración y venta de un producto. Elaboración propia.

6.6.1 Suministros



Figura 20. Diagrama de flujo para la etapa de suministros del proceso. Elaboración propia.

Tabla 18. Matriz de explotación de procesos (5M's+1) para la etapa de suministros del proceso. Elaboración propia.

	Extracción	Conminución	Compra	
			Materia prima	Empaques y embalajes
Material	Mena barita	Mena barita	H ₂ SO ₄ , H ₂ O, D2EHPA, queroseno, HCl	Supersaco 1.5 ton, Saco papel 50kg
Maquinaria	Jumbo de perforación, pala excavadora scoop, guía de levante, robochott, rozadora	Tritutadoras, molino	Camiones	Camiones
Mano de obra	Operadores de maquinaria	Operadores de maquinaria, analistas químicos	Choferes, almacenista	Choferes, almacenista
Método	Extracción mediante perforación y voladura	Trituración y molienda	Solicitud de cotización, llamada telefónica y pedido	Solicitud de cotización, llamada telefónica y pedido
Medición	Toneladas de mena extraídas, ley del mineral	Tamaño de partícula	L, m ³ , kg	Número de unidades
Medio ambiente	Contaminación auditiva, contaminación por partículas pequeñas de polvo	Contaminación auditiva, contaminación por partículas pequeñas de polvo	Gases de efecto invernadero producidos por los camiones	Gases de efecto invernadero producidos por los camiones

6.6.2 Transformación



Figura 21. Diagrama de flujo para la etapa de transformación del proceso. Elaboración propia.

Tabla 19. Matriz de explotación de procesos (5M's+1) para la etapa de transformación del proceso. Elaboración propia.

	Lixiviación	Extracción por Solventes (SEX)	Despojo Galvánico	Cristalización	Piroconversión
Material	Pulpa de Barita negra H ₂ SO ₄	Orgánico Acuoso	Orgánico Acuoso Chatarra de Acero	HCl	Sólidos Vapor de Agua Aire
Maquinaria	Reactor de Lixiviación	Reactor SEX	Reactor de Despojo	Reactor de Cristalización	Reactor de Piroconversión
Mano de obra	Operador cuarto de control (OPC) Operador Reactor de Lixiviación	OPC Operador del Reactor SEX	OPC Operador reactor de Despojo	OPC Operador Reactor de Cristalización	OPC Operador Reactor de Piroconversión
Método	Lixiviación Separación sólido-líquido Filtración Enjuague/Lavado	Extracción por Solventes	Despojo Galvánico	Cristalización	Piroconversión Precipitador electrostático
Medición	Flujo: m ³ /h Temperatura: °C Agitación: rpm Concentración: M≡mol/L pH Tiempo: minutos	Flujo: m ³ /h Agitación: rpm Concentración: M pH Tiempo: minutos	Flujo: m ³ /h Agitación: rpm Concentración: M pH Tiempo: minutos	Flujo: m ³ /h Agitación: rpm Concentración: M pH Tiempo: minutos	Flujo: m ³ /h Temperatura: °C Tiempo: minutos
Medio ambiente	Cuidar que únicamente se tenga vapor de agua en los gases, ya que es un tanque abierto a la atmósfera				Cuidar que el filtro sea del tamaño adecuado

6.6.3 Puesta en mercado



Figura 22. Diagrama de flujo para la etapa de puesta en mercado del proceso. Elaboración propia.

Tabla 20. Matriz de explotación de procesos (5M's+1) para la etapa de puesta en mercado del proceso. Elaboración propia.

	Almacenar	Vender	Cargar	Transportar	Liquidar	Entregar
Material	Barita malla200 Súper saco Saco de papel	Barita en sus distintas modalidades	Barita en sus distintas modalidades	Barita Gasolina	Dinero	Barita
Maquinaria	Banda Transportadora Grúa Báscula	Computadora Teléfono	Camiones o trailers Grúas Básculas	Camiones o trailers	Computadora	Camiones o trailers
Mano de obra	Operador Banda Transportadora Operador grúa Ope. Inventarios	Agente de Ventas	Operador del camión Operador grúa Operador báscula	Operador del camión	Agente de Ventas	Operador del camión
Método	Empacar la barita Pesar la barita	Confirmar la solicitud de compra	Con la grúa se cargan camiones o trailers con barita	Se lleva el producto hasta el comprador o a un centro de distribución	Considerar el crédito o pago total y confirmar que el pago requerido previo a su entrega	Se entrega el producto al comprador o a un centro de distribución
Medición	Toneladas Libras	Toneladas, Libras, tolvas o piedras vendidas	Toneladas, Libras, tolvas o piedras vendidas	Toneladas, Libras Km Litros	\$MXN	Toneladas, Libras, tolvas o piedras vendidas
Medio ambiente				Emissiones de CO ₂		

Capítulo 7 Resultados

7.1 Estudio económico

Una vez que se tiene toda la visión de la planta y sus procesos, a través de las matrices de procesos, localización, mercado y normatividad, la determinación de equipos, personal e insumos necesarios, se puede llevar a cabo el estudio económico de la planta de blanqueamiento de barita.

Previo a iniciar el desarrollo y cálculo de los costos cabe mencionar que la planta trabajará siete días a la semana, teniendo un total de 360 días trabajados al año; con tres jornadas de trabajo de ocho horas cada una, con un tiempo de operación neto de 24 horas, con un procesamiento de 19.81 kg/h, 475.50 ton/día. El tipo de cambio se consideró de acuerdo con el día en que se realizó la última actualización del estudio (15-noviembre-2020), siendo este de 20.31 pesos mexicanos por dólar. Se considera que el salario mínimo de un obrero es de \$176.72 al día, esto dependerá del área en que labore y como se desarrolla, dando oportunidades de crecimiento a los trabajadores.

Para futuros cálculos, se considerará que el crédito al que vende la empresa está en un rango de 30-60%, con un promedio de 45%.

En la Tabla 21 se muestran los precios estimados de venta del producto de acuerdo con la investigación en el mercado de la barita.

Tabla 21. Precios de productos que vende la empresa. Elaboración propia.

Precio barita blanqueada en mercado (baja)						
[\$MXN/ton]	[\$MXN/kg]	[\$MXN/lb]				
4,500	4.50	2.04				
Producto de Barita	Precio Unitario	Cantidad [ton] total proc./día	% proc.	Cant./ día	Utilidad [\$MXN/día]	Ventas anuales [\$MXN/año]
Super saco 1.5 ton	6,841	119	25	79	542,112	195'160,370
Saco papel 100 lb	206	71	15	1572	324,115	116'681,484
Tolva 30 ton	135,000	285	60	10	1'283,688	462'127,680
Total					2'149,915	773'969,534
Precio final [\$ /ton]					4,522	

7.1.1 Costos

De acuerdo con las matrices de explotación de procesos (apartado 5.6 Diagramas y Estructura del Proceso), se determinan los costos dados por insumos en el proceso. En el caso del costo de materia prima (Tabla 42), la materia prima se recircula en el proceso y se mantiene prácticamente constante; para efectos prácticos, se añade únicamente 10% de merma al consumo anual.

Para los costos por empaques y embalajes (Tabla 43) se contempla un 3% extra por merma.

En la Tabla 44 se muestran los costos de otros materiales empleados en la planta, ya sea para el laboratorio, el EPP, artículos de limpieza, entre otros.

El consumo de agua (Tabla 45) se estima con el consumo diario para el personal, limpieza del equipo de producción, limpieza general de la empresa, riego de áreas verdes y procesos generales. Se contempla una tarifa para uso industrial y añadiendo el porcentaje correspondiente a drenaje.

Para determinar el costo energético de la planta se consideran los equipos que se tienen en la planta, así como los kW-h que consumen y se contempla la tarifa Demanda Industrial de Transmisión (DIT) de acuerdo con los costos por área que determina la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Lo anterior se muestra en la Tabla 46, así como el consumo y costo anual energético.

Los costos de mano de obra indirecta y directa (Tablas 47 y 48) se determinan de acuerdo con el número de trabajadores necesarios en cada área y departamento de la planta, así como de la empresa; de manera general, también deben contemplarse los tres turnos de operación que se tienen al día y los días laborales de la planta.

Para el gasto de combustibles (Tabla 49) se tomó en cuenta que la distancia más larga que recorrerán los camiones será hacia el puerto de Veracruz para llevar los pedidos que se exportarán. La distancia entre la Planta de Molienda de Linares al Puerto de Veracruz de 861.9 km y con un consumo de una distancia de 21 L/h, considerando que los camiones de estas capacidades se manejan a una velocidad media de 62 km/h, aproximadamente.

Los costos por mantenimiento se muestran en la Tabla 50. Mientras que en la Tabla 51 se presentan los costos por control de calidad, en el cual se contemplan los costos relacionados con el laboratorio de investigación.

En la Tabla 22 se presentan los costos totales de producción anual considerando el valor de depreciación anual, el cual se calculará más adelante.

Tabla 22. Costos totales de producción anual. Elaboración propia.

Costos totales de producción	
Concepto	Costo anual total [\$MXN]
Materia Prima	278'045,852
Empaques y embalaje	4'132,408
Otros materiales	322,919
Energía eléctrica	246'643,892
Agua	720,893
Argón	206,440
Mano de obra directa	9'671,138
Mano de obra indirecta	1'652,400
Mantenimiento	1'160,000
Control de Calidad	350,000
Depreciación	10'339,983
Total	553'245,925

7.1.2 Gastos

En los gastos de administración del personal se contemplan los sueldos del gerente general de la planta y un despacho de contabilidad externo. Esto se muestra en la Tabla 52, la cual puede encontrarse en el Anexo A2. Gastos de Administración.

En la Tabla 23 se muestran los gastos de administración general, contemplando el sueldo anual del personal de administración, gastos de oficina (materiales) y la comida de los empleados.

Tabla 23. Gastos de administración generales. Elaboración propia.

Gastos de administración (general)	
Concepto	Costo [\$MXN]
Sueldos del personal	1'992,600
Gastos de oficina	50,000
Comida para empleados	720,000
Total anual [\$MXN]	2'762,600

En los gastos de operación de vehículos se contemplan los costos de combustible, el mantenimiento anual de los camiones y los viáticos de los choferes. En los gastos de personal de ventas se contempla el sueldo del gerente de ventas, los vendedores, la secretaria y los choferes de los camiones, exclusivos para la distribución de este producto (Tabla 53 y 54, en Anexo A3. Gastos de ventas).

En la Tabla 24 se muestran los gastos de ventas general, contemplando el sueldo anual del personal de ventas, la comisión por ventas de 0.05% otorgada y los gastos por operación de vehículos.

Tabla 24. Gastos generales de ventas. Elaboración propia.

Gastos de ventas (general)	
Concepto	Costo [\$MXN]
Sueldos del personal	5'799,600
Comisión por ventas	773,930
Operación de vehículos	86'941,748
Total anual	93'515,278

En la Tabla 25 se muestran los costos totales de operación de la planta, dados por los costos de producción, administración y ventas, así como el porcentaje que aporta cada uno de estos al costo total de operación.

Tabla 25. Costo total de operación de la planta. Elaboración propia.

Costo total de operación		
Concepto	Costo [\$MXN]	Porcentaje (%)
Costo de producción	552'516,410	85
Costo de administración	2'762,600	0.4
Costo de comercialización	93'515,278	14
Total	648'794,288	100
Costo Unitario (ton)	4,522	

7.1.3 Activos

Los activos fijos se dividen en activos fijos de producción, de oficinas y ventas y los dados por el costo total de obra civil. Mientras que la inversión en activo diferido está dada por los costos de planeación e integración, la ingeniería del proyecto, supervisión y administración del proyecto.

Activos fijos

Los activos fijos de producción se calculan con el precio de los equipos y maquinaria que deben adquirirse para la operación de la planta, contemplando el número de equipos necesario para realizar cada operación unitaria del proceso. Se incluye un 5% de fletes y seguros con respecto al valor de cada equipo (Anexo A4. Tabla 55). Para el activo fijo de oficinas y ventas se contempla todo el mobiliario necesario (Anexo A4 Tabla 56).

En la Tabla 57 (Anexo A4) se muestra el costo de obra civil, contemplando un costo de \$50,000 por m² de construcción total, para este se contempló el área ocupada por cada equipo, así como un espacio para un laboratorio de muestreo y el espacio destinado a oficinas. También se contempla un 30% extra de área necesaria para pasillos y espacios entre los equipos (Tabla 58, Anexo A4).

En la Tabla 26 se observa el subtotal del Activo Fijo, compuesto por el activo fijo de producción, el activo fijo de oficinas y ventas, así como el activo dado por obra civil.

Tabla 26. Subtotal activo fijo. Elaboración propia.

Subtotal Activo Fijo	
Activo Fijo	Costo [\$MXN]
Producción	26'876,027
Oficinas y ventas	42'937,295
Obra civil	21'296,994
Subtotal Activos fijos	91'110,316

Activo diferido

Para el cálculo de activo diferido la planeación e integración representa el 3% del subtotal de activo fijo (Tabla 26), la supervisión representa el 1.5% del mismo y la administración del proyecto su 0.5%. Mientras la ingeniería de proyecto representa el 3.5% del activo fijo de producción. En la Tabla 27 se muestra la inversión en activo diferido dada por lo mencionado anteriormente.

Tabla 27. Inversión en activo diferido. Elaboración propia.

Inversión en activo diferido	
Concepto	Total [\$MXN]
Planeación e integración	2'733,309
Ingeniería del proyecto	940,661
Supervisión	1'366,655
Administración del proyecto	455,552
Total	5'496,177

Una vez que se obtienen ambos activos, en la Tabla 28 se muestra la inversión total dada por activo fijo y diferido, contemplando un 5% de imprevistos.

Tabla 28. Inversión total en activo fijo y diferido. Elaboración propia.

Inversión total en activo fijo y diferido	
Concepto	Costo [\$MXN]
Equipo de producción	26'876,027
Equipo de oficinas y ventas	42'937,295
Obra civil	21'296,994
Activo diferido	5'496,177
Subtotal	96'606,493
5% imprevistos	4'830,325
Total	101'436,818

Depreciación y amortización de activo fijo y diferido

Para realizar la depreciación del activo fijo y la amortización del activo diferido se contemplan los costos de equipo de producción, vehículos, equipo de oficina, computadoras y obra civil se deprecia, mientras que la inversión diferida se amortiza. El porcentaje de amortización o depreciación viene dado de acuerdo con las leyes hacendarias, estos son autorizados por el gobierno mexicano. El valor de salvamento calculado es el valor residual de las depreciaciones. Los resultados de la depreciación y amortización de los activos fijos y diferidos se observan en la Tabla 29.

Tabla 29. Depreciación y amortización de activo fijo y diferido. Elaboración propia.

Depreciación y amortización de activo fijo y diferido								
Concepto	Valor [\$MXN]	%	1	2	3	4	5	VS
Equipo de producción	26'876,027	10	2'687,603	2'687,603	2'687,603	2'687,603	2'687,603	13'438,014
Vehículos	16'657,200	20	3'331,440	3'331,440	3'331,440	3'331,440	3'331,440	16'657,200
Equipo de oficina	25'943,775	10	2'594,378	2'594,378	2'594,378	2'594,378	2'594,378	12'971,888
Computadoras	336,320	33	112,095	112,095	112,095	112,095	112,095	560,477
Obra Civil	21'296,994	5	1'064,850	1'064,850	1'064,850	1'064,850	1'064,850	5'324,249
Inversión diferida	5'496,177	10	549,618	549,618	549,618	549,618	549,618	2'748,088
Total			3'416,352	3'416,352	10'339,983	10'339,983	10'339,983	51'699,915

Activo circulante

Para el cálculo del valor del activo circulante (Tabla 30) se contemplan los valores de la planta (gastos de ventas), inventarios y cuentas por cobrar. Los valores e inversiones (Tabla 59, Anexo A5) están dados por los préstamos realizados, otorgando créditos a 30 días, pero es necesario tener valores e inversiones equivalentes a 45 días de gastos en ventas. En el inventario (Tabla 60, Anexo A5) se contemplan las materias primas necesarias para 45 días de operación. Para cuentas por cobrar (Tabla 61, Anexo A5) se contempla el costo total de operación en un mes.

Tabla 30. Valor activo circulante. Elaboración propia.

Valor activo circulante	
Concepto	Costo [\$MXN]
Valores e inversiones	140'272,917
Inventarios	40'615,185
Cuentas por cobrar	54'126,984
Total	235'015,086

7.1.4 Pasivos

Pasivo circulante

El pasivo circulante presenta, estadísticamente, una relación de activos circulantes (AC) y pasivos circulantes (PC): $AC/PC = 2$ a 2.5. En la Tabla 31 se muestra su cálculo y valor del PC.

Tabla 31. Pasivo circulante. Elaboración propia.

Pasivo circulante [\\$MXN]	
PC=AC/2	117'507,543

Pasivo fijo

El pasivo fijo (Tabla 32) está dado por el préstamo a cinco años para los activos de inversión (fijo y diferido).

Tabla 32. Pasivo fijo. Elaboración propia.

Pasivo fijo [\\$MXN]	
Préstamo a cinco años	96'606,493

Capital de trabajo

El capital de trabajo es la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante, considerando siempre una proporción de capital de trabajo menor a 2.5 como saludable, en este trabajo la proporción empleada es de 2:1. En la Tabla 33 se muestra su cálculo y su valor.

Tabla 33. Capital de trabajo. Elaboración propia.

Capital de trabajo [\\$MXN]	
CT=AC-PC	117,507,543

Dada la naturaleza temporal, a corto plazo, de los gastos considerados dentro del capital de trabajo y a que el proyecto de inversión, estos podrían ser cubiertos a través de una línea de crédito rotativa sin garantía o financiamiento interno de los socios de la compañía, también se contemplan las cuentas por cobrar de la producción regular de barita para lodos de perforación.

7.1.5 Punto de equilibrio

Se realiza una clasificación de costos (Tabla 34) fijos y variables de acuerdo con el presupuesto de ingresos y costos de producción, para determinar el nivel de producción donde los costos totales se igualan a los ingresos (punto de equilibrio).

Tabla 34. Clasificación de costos. Elaboración propia.

Clasificación de costos		
Concepto	Costo [\\$MXN]	Costo (millones de pesos) [\\$MXN]
Ingresos	773'969,534	774
Costos totales	649'523,803	650
Costos variables	553'245,925	553
Costos fijos	96'277,878	96

Se contempla un volumen de producción de 171,158 toneladas anuales programadas, con un 100% de utilización de la planta. En la Tabla 35 se muestran ingresos y costos a distintos niveles de producción.

Tabla 35. Ingresos y costos totales a diferentes niveles de producción.

Producción (toneladas)	Ingreso [\$MXN]	Costo total [\$MXN]
0	0	0
17,116	193'492,384	162'187,468
34,232	386'984,767	324'374,936
51,348	580'477,151	486'562,405
68,463	773'969,534	648'749,873

Con los datos de las Tablas 34 y 35 se construye la gráfica del punto de equilibrio.

Matemáticamente el punto de equilibrio puede calcularse de acuerdo con la Ec.(3), considerando un costo fijo de 95'503,948 \$MXN, un precio unitario de 4,522 \$MXN y un costo variable (costos variables/costos fijos) de 5.8\$MXN.

$$Q = \frac{F}{P - V} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde: Q: punto de equilibrio en toneladas,

F: Costos fijos,

P: Precio unitario del producto,

V: Costo variable unitario

$$Q = \frac{95'503,948 \$}{4,522 \frac{\$}{ton} - 5.8 \frac{\$}{ton}} = 21,146 \text{ ton}$$

De acuerdo con el valor obtenido de la Figura 21, el punto de equilibrio se alcanza con una producción de 30,000 toneladas. Mientras que el punto de equilibrio obtenido con la ecuación matemática se alcanza con una producción de 21,146 toneladas.

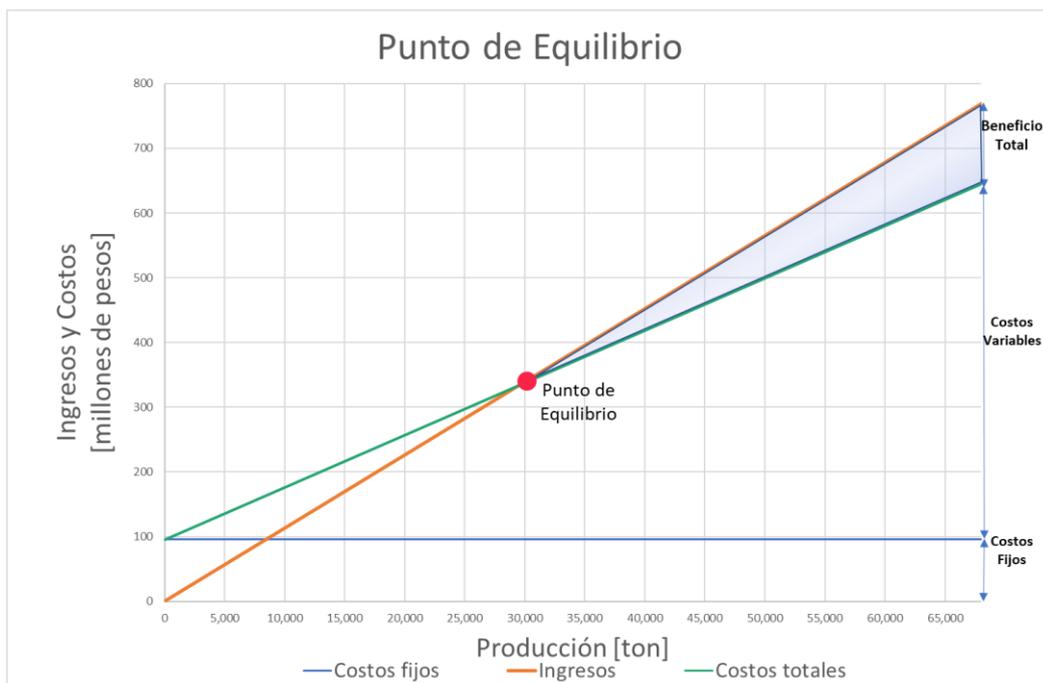


Figura 23. Gráfica del punto de equilibrio

Determinación de ingresos

En la Tabla 36 se muestra la determinación de ingresos sin inflación para cinco años de proyección, con un aprovechamiento de la capacidad de planta de 100% y con una producción constante.

Tabla 36. Determinación de ingresos, proyección a cinco años.

Determinación de ingresos				
Periodo anual	Producción anual (toneladas)	Aprovechamiento de la capacidad (%)	Precio por tonelada en pesos [\$MXN]	Ingreso total [\$MXN]
1	171,158	100	4,522	773'969,534
2	171,158	100	4,522	773'969,534
3	171,158	100	4,522	773'969,534
4	171,158	100	4,522	773'969,534
5	171,158	100	4,522	773'969,534

7.1.6 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

La TMAR es la tasa de ganancia anual que solicita el inversionista para llevar a cabo la instalación y operación de la empresa. Este valor depende de tres parámetros: la estabilidad de la venta de productos similares, la estabilidad o inestabilidad de las condiciones macroeconómicas del país y de las condiciones de competencia en el mercado. De esta manera, a mayor riesgo, mayor ganancia.

Al emplear la Ec. 6 para el cálculo de la TMAR y contemplando un 12% de inflación, 15% de riesgo en el caso del inversionista, 17% de riesgo en el caso de otras empresas y que en el caso del banco el $TMAR = \% \text{interés}$, se obtienen los resultados de la Tabla 37.

Tabla 37. TMAR para los distintos accionistas.

TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento)	
Inversionistas	27
Otras empresas	29
Banco	34

De acuerdo con la aportación de cada accionista y del banco para la inversión de activos fijo y diferido, contemplando la TMAR, se realiza una ponderación para determinar la TMAR global (Tabla 38).

Tabla 38. Determinación de TMAR global mixta.

Accionista	%Aportación	TMAR	Ponderación	% Ponderación
Inversionista privado	50	27.02	0.14	13.51%
Otras empresas	25	29.02	0.07	7.26%
Banco	25	34.00	0.09	8.50%
TMAR global mixta			0.29	29.26%

De acuerdo con el capital total, los porcentajes de aportación de los accionistas y del banco, así como de la TMAR se calcula el interés que ganará cada uno anualmente (Tabla 39).

Tabla 39. Pago de intereses a accionistas y banco.

Capital total	96'606,493			
Accionista	%Aportación	Aportación [\$MXN]	TMAR	Interés
Inversionista privado	50	48'303,247	27.02	13'050,571
Otras empresas	25	24'151,623	29.02	7'008,898
Banco	25	24'151,623	34.00	8'211,552

Dado que la proyección del proyecto es a cinco años se contemplan los siguientes planes de pago del financiamiento de acuerdo con los préstamos que cada accionista y el banco realizaron (Tablas 62, 63 y 64, Anexo A6). El cálculo de la anualidad se realiza de acuerdo con la Ec. (9).

7.1.7 Balance general inicial

El balance general inicial (tiempo cero) presenta los activos y pasivos de la planta de blanqueamiento de barita. Así como su capital, representado por dinero o títulos que son propiedad de accionistas o propietarios directos de la empresa. Los pasivos muestran la aportación neta que deben realizar los accionistas y promotores del proyecto (deuda de la planta), estos son contemplados dentro del pasivo fijo, mientras que los activos son pertenencias materiales e inmateriales de la planta.

En la Tabla 40 se presenta el balance general inicial de la planta, el cual obedece la igualdad fundamental del balance, Ec. (10).

Tabla 40. Balance General Inicial.

Balance General Inicial			
Activo		Pasivo	
Activo circulante		Pasivo circulante	
Valores e inversiones	139,112,021	Sueldos, deudores e impuestos	116,894,848
Inventarios	40,615,185		
Cuentas por cobrar	54,062,489		
Subtotal	233,789,696		
Activo fijo		Pasivo fijo	
Equipo de producción	26,876,027	Préstamo a cinco años	96,606,493
Equipo de oficinas y ventas	42,937,295		
Obra civil	21,296,994		
Subtotal	91,110,316		
Activo diferido		Capital	
	5,496,177	Capital social	116,894,848
Total de activos	330,396,190	Pasivo+Capital	330,396,190

7.1.8 Estado de resultados

En el análisis del estado de resultados (Tabla 41) se calculó la utilidad y los flujos netos de efectivo del proyecto, que muestran, en forma general, el beneficio real de la operación de la planta, y que se obtienen restando a los ingresos todos los costos de la planta y los impuestos que deba pagar. La importancia de calcular el estado de resultados radica en la posibilidad de determinar los flujos netos de efectivo, que se usan en la evaluación económica.

Tabla 41. Estado de resultados proyectado a cinco años con inflación, financiamiento y producción constante.

Estado de Resultados con inflación, con financiamiento y con producción constante						
Año	0 (2019)	1 (2020)	2 (2021)	3 (2022)	4 (2023)	5 (2024)
Tasa de inflación (%)		3.62	3.48	3.45	3.44	3.42
Producción		171,158	171,158	171,158	171,158	171,158
Inversión Inicial	101,436,818					
+Ingreso		801,987,231	829,896,387	858,527,812	888,061,169	918,432,861
-Costo de producción		573,273,428	593,223,343	613,689,548	634,800,469	656,510,645
=Utilidad marginal (UM)		228,713,804	236,673,044	244,838,264	253,260,701	261,922,217
-Costo de administración		2,862,606	2,962,225	3,064,422	3,169,838	3,278,246
-Costo de ventas		96,098,584	99,442,815	102,873,592	106,412,444	110,051,749
-Costos financiamiento		28,271,021	18,892,345	21,023,534	15,732,165	8,879,431
=Utilidad antes de impuestos (UAI) (Utilidad bruta)		101,481,593	115,375,659	117,876,716	127,946,254	139,712,790
-Impuestos		47,696,348	54,226,560	55,402,057	60,134,739	65,665,011
=Utilidad después de impuestos (UDI) (Utilidad neta)		53,785,244	61,149,099	62,474,660	67,811,514	74,047,779
+Depreciación		10,714,290	11,087,148	11,469,654	11,864,210	12,269,966
-Pago de Capital		10,853,783	14,013,428	18,101,270	23,392,639	30,245,373
=Flujo neto de efectivo (FNE)	-101,436,818	53,645,751	58,222,819	55,843,044	56,283,086	56,072,372

7.2 Evaluación económica

7.2.1 Valor Presente Neto (VPN)

Para el cálculo del VPN se sumaron los flujos descontados en el presente y se restaron a la inversión inicial, en términos de su valor equivalente en el tiempo cero.

Tomando los valores necesarios de las Tablas 29, 39 y 41, considerando el TMAR global mixto (ponderada), con un valor de 29.26% y un VS para un tiempo de cinco años con valor de 51'699,915\$MXN. Sustituyendo los valores de FNE para cada año y los valores mencionados anteriormente en la Ec. (11) se obtuvo un **VPN de 36'458,862 \$MXN.**

7.2.2 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La TIR es, por tanto, la tasa de descuento con la que el VPN es igual a cero, igualando la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Su cálculo en el proyecto de inversión implicó el uso de la Ec. (12).

Nuevamente se sustituyen los valores necesarios de las Tablas 29, 39 y 41, se resuelve el polinomio, del cual únicamente se obtuvo una raíz real, con un valor de **4.7**. Siendo este valor una fracción, es necesario multiplicarlo por 100 para obtener el valor porcentual, obteniendo una **TIR de 47%**.

7.2.3 Periodo de Retorno de Inversión (PRI)

Se empleó el valor de los FNE de la Tabla 41 para calcular el $FNE_{promedio}$, el cual resultó en \$56'013,414. Al sustituir el $FNE_{promedio}$ junto con el valor de la Inversión Inicial del Proyecto, \$101'436,818, en la Ec. 14 se obtuvo el valor del PRI, el cual tuvo un valor de 1.8 años, o sea, **1 año 9 meses** aproximadamente. Al emplear la Ec. 13 también se comprobó dicho resultado.

Tabla 42. *Compilado de resultados del estudio de viabilidad económico-financiero. Elaboración propia.*

Elemento	Valor
<i>Punto de equilibrio (Método gráfico)</i>	30,000 ton
<i>Punto de equilibrio (Cálculo)</i>	21,146 ton
<i>Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) para inversionistas privados</i>	27.02%
<i>TMAR para otras empresas</i>	29.02%
<i>TMAR banco</i>	34.00%
<i>TMAR global mixta</i>	29.26%
<i>Flujos Netos de Efectivo (FNE) (promedio)</i>	56'013,414 \$MXN
<i>Valor Presente Neto (VPN)</i>	36'458,862 \$MXN
<i>Tasa Interna de Rendimiento (TIR)</i>	47%
<i>Periodo de Retorno de Inversión</i>	1 año 9 meses

Capítulo 8. Discusión de resultados

8.1 Punto de equilibrio

Al analizar la Figura 21 se observa que el punto de equilibrio se presenta cuando se llega a una producción de 30,000 toneladas, el valor matemático es de 21,146 toneladas; al no diferir tanto los valores, el análisis se realiza con base en la Gráfica del Punto de Equilibrio (Figura 21), ya que está requiere un volumen de producción más elevado.

Al observar la gráfica, la zona sombreada indica el beneficio total obtenido, lo cual se debe a la automatización de la planta, al recirculamiento de la materia prima en el proceso (ya que no se tiene que estar adquiriendo nueva materia prima) y a que la principal materia prima es la barita triturada y esta proviene de la mina de la misma empresa, otorgándole un costo preferencial; por lo que el procesamiento de esta refleja tales beneficios. A su vez, los costos de administración y de ventas son muy bajos, representado únicamente el 0.4% y el 14%, respectivamente, del costo total de operación. Al ser una planta pequeña no requiere grandes consumos energéticos, además de que los equipos tampoco requieren una gran potencia para su operación, ni un consumo de agua elevado ya que el proceso también recircula el vapor de agua. Dado que la planta está muy automatizada si la producción es superior al punto de equilibrio las ganancias serán sumamente elevadas, esto también es benéfico ya que no se requiere producir volúmenes grandes de barita blanqueada para generar ganancias de este proceso. Esto también se debe a que la inversión en la automatización requiere de grandes riesgos e inversiones elevadas para arrancar con su producción, por lo que al generar y vender grandes volúmenes aumentan las ganancias.

8.2 TMAR

Al no tener una referencia de otras compañías que se dediquen al blanqueamiento de barita en México es complicado comparar este mercado, por lo que dificulta el cálculo de TMAR, ya que este se basa en la estabilidad de la venta de productos similares, la estabilidad o inestabilidad de las condiciones macroeconómicas del país y de las condiciones de competencia en el mercado.

Los inversionistas aportan el porcentaje más alto dado que consideran la inversión desde un punto de vista privado, la TMAR exige para su proyección compensar la inflación. El premio de riesgo que corren los inversionistas y promotores al invertir en este proyecto entra en el rango de riesgo medio (11 a 20%), dado que la inversión es muy grande debido a que se tendrá una planta automatizada.

De acuerdo con la Tabla 38, si el rendimiento no fuera de 29.26% (el mínimo que puede ganar para operar) no alcanzaría a cubrir el pago de intereses a los accionistas.

8.3 Balance general

En el balance general se muestran los activos (pertenencias materiales o inmateriales) y los pasivos (obligaciones y deudas con terceros) de la planta, se dice que este balance es inicial ya que, al comenzar a operar, al pasar los años los rubros que se tienen en este pueden cambiar, por ejemplo, el capital puede variar debido a las utilidades distribuidas y retenidas. Si bien el balance general sólo está considerado para el primer año y no se puede realizar una proyección de este debido a lo mencionado anteriormente y a que las ganancias de la empresa pueden emplearse en distintas formas, este permite determinar el valor de la empresa en el arranque de su operación (Tabla 40), a un tiempo cero, presentando un valor de 330,396,190 \$MXN.

8.4 Estado de resultados

El estado de resultados sintetiza la información que se ha obtenido en secciones anteriores, donde el cálculo de ingresos fue simplificado al máximo. Para fines prácticos, se calculó el precio por tonelada de barita, con la finalidad de no tener que contemplar la producción individual de cada presentación de empaque, y así evitar contemplar sus ingresos por separado. Esto puede dar oportunidad a que una vez que esté puesta en marcha la planta se estudien las ventas de cada empaque y se aumente la producción del producto del cual se obtengan mayores ganancias en función del volumen de ventas, esto debido a que el consumo de cada mercado es muy variable y algunos de sus usos son muy peculiares.

Un caso que ameritaría el cálculo de los ingresos por separado es la existencia de un subproducto o desecho en la producción, en este caso, el Fe_2O_3 , que se puede vender y que podría representar un porcentaje considerable de los ingresos.

La Inversión Inicial para el proyecto es de \$101'436,818. Dentro de esta inversión, los conceptos que requieren de la inversión más grande dinero son los equipos de producción, equipos de oficinas y ventas, así como la obra civil requerida para el proyecto.

Dado que los flujos netos de efectivo (FNE) son elevados y positivos desde el primer año (Tabla 41), con un valor de 53'645,751 \$MXN para el primer año, la rentabilidad económica del proyecto será buena, sin embargo, para comprobar esto es necesario calcular la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) en la evaluación económica y el (PRI).

8.5 VPN

Los criterios de evaluación son:

$$VPN \geq 0 \rightarrow \text{Acepte la inversión}$$

$$VPN \leq 0 \rightarrow \text{Rechace la inversión}$$

El valor obtenido para el VPN de este proyecto es sumamente superior a cero, teniendo un valor de 36'458,862 \$MXN, por lo cual es muy recomendable invertir en este proyecto.

8.6 TIR

El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR es:

$$TIR \geq TMAR \rightarrow \text{Acepte la inversión}$$

$$TIR \leq TMAR \rightarrow \text{Rechace la inversión}$$

El valor de la TIR es de 47%, siendo esta mayor a la TMAR, la cual tiene un valor de 29.26%, lo cual muestra que recomendable realizar una inversión en este proyecto, ya que el rendimiento de la empresa es sumamente mayor al mínimo fijado como aceptable. La inversión es altamente rentable, aun cuando su clasificación es de Clase V.

8.7 PRI

Dado que el Período de Retorno de Inversión es relativamente corto, 1 año 9 meses, el proyecto es rentable y es recomendable realizar la inversión. A su vez, el hecho de que este período sea corto permitirá realizar inversiones en nuevos proyectos dentro de la empresa.

8.8 General

En este estudio únicamente se contempla la barita blanqueada como producto del proceso, sin embargo, existen productos secundarios obtenidos en el proceso que también se pueden comercializar. Del proceso de piroconversión se obtiene óxido de hierro (Fe_2O_3) con una pureza de 99.9999%, el cual es empleado como ferroaleaciones en industrias como la siderúrgica o en la fundición nodular, gris y blanca; también se emplea como pigmento.

Es necesario buscar y ampliar los mercados y sectores de exportación de la barita blanqueada, ya que el mercado nacional no consume grandes volúmenes de este producto.

Dado que las ganancias de la planta son muy elevadas es necesario contemplar el aumento del sueldo del personal o implementar el reparto de utilidades a todos los trabajadores.

Capítulo 9. Conclusiones

Dada la naturaleza de los datos empleados para realizar el estudio de viabilidad económica, así como las estimaciones e hipótesis realizadas, el estimado de costos de este proyecto es de Clase 4 o 5.

La instalación de una planta para el blanqueamiento de barita es viable dados los resultados del estudio y la evaluación económica-financiera realizada. De acuerdo con los criterios de evaluación y con los resultados obtenidos, donde el Valor Presente Neto (VPN) es de 36'458,862 \$MXN y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de 47% , con un periodo de retorno de inversión de 1 año con 9 meses, para una planta de blanqueamiento de barita, podemos determinar que el proyecto de VIABILIDAD ECONÓMICA DEL BLANQUEAMIENTO DE BARITA es rentable.

La presencia de distintos factores ambientales, como problemas político-sociales, siniestros naturales, pandemias y otros, alteran de manera significativa las variables macroeconómicas que pueden definir si un proyecto es viable o no, tales como la inflación, el tipo de cambio, las tasas de interés o el desempleo.

Al realizar este estudio de viabilidad técnica-económica y la evaluación del proyecto de ingeniería, Blanqueamiento de barita con ácido sulfúrico, no sólo se requirió de conocimientos de administración de proyectos, sino que fue indispensable llevar a cabo una metodología dentro de la cual los conocimientos de procesos, ingenieriles y de ciencia de materiales, fueron necesarios. Dichos conocimientos son adquiridos durante la formación de un ingeniero químico metalúrgico y permitieron un análisis óptimo de la viabilidad técnica y la determinación de los parámetros necesarios para llegar a la resolución de que el proyecto es económicamente viable.

Capítulo 10. Recomendaciones

Dado que el mercado objetivo del proyecto es la industria automotriz y que esta industria trabaja con normativas particulares para su sistema de gestión de calidad (SGC), establecidos por la AIAG (Automotive Industry Action Group), como la norma IATF 16949, sería necesario reestructurar el SGC con el que cuenta la compañía actualmente. Requiriendo así la contratación de una compañía certificadora y la inversión de tiempo, recursos y capital en un proyecto que permita alcanzar dicha certificación.

Una vez que se demuestre que este proceso es rentable y dado que tiene muchas variables de operación, se podrá maximizar su rendimiento y optimizar las ganancias del tipo de chatarra producida, mediante su investigación experimental en el laboratorio o en una planta piloto, esto se propondrá en otros proyectos posteriores.

Bibliografía

1. H. Ayuntamiento de Linares. (15 de Octubre de 2019). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. Obtenido de Estado de Nuevo León, LINARES: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM19nuevoleon/municipios/19033a.html>
2. AkzoNobel. (17 de 01 de 2020). *AkzoNobel*. Obtenido de Paints and coatings products: <https://www.akzonobel.com/en/products/paints-and-coatings>
3. Anglo Pacific Minerals Ltd. (2020). *Anglo Pacific Minerals*. Obtenido de Global Barite Agency: <https://angpacmin.com/barite/>
4. ASTM International. (2003). *ASTM D1366 - 86(2003)*. Obtenido de Standard Practice for Reporting Particle Size Characteristics of Pigments: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1366-86\(2003\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1366-86(2003))
5. ASTM International. (2007). *ASTM D281 - 95(2007)*. Obtenido de Standard Test Method for Oil Absorption of Pigments by Spatula Rub-out: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D281-95\(2007\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D281-95(2007))
6. ASTM International. (2014). *ASTM D715 - 86(2014)*. Obtenido de Standard Test Methods for Analysis of Barium Sulfate Pigment: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D715-86\(2014\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D715-86(2014))
7. ASTM International. (2019). *ASTM D1208-96(2019)*. Obtenido de Standard Test Methods for Common Properties of Certain Pigments: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1208-96\(2019\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1208-96(2019))
8. ASTM International. (2019). *ASTM D602-81(2019)* . doi:10.1520/D0602-81R19
9. Baca Urbina , G. (2013). *EVALUACIÓN DE PROYECTOS*. Distrito Federal: McGraw-Hill.
10. BARAMIN. (s.f.). *BARAMIN*. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de <http://www.baramin.com.mx/sitio/index.html#inicio>
11. Barrera Godinez, J. (2018). *Mexico Patente n° MX356442 (B)*.
12. Barthelmy, D. (2014). *Mineralogy Database*. Obtenido de Barite Mineral Data: <http://webmineral.com/data/Barite.shtml#.XqYmC2hKjIX>
13. Biggeri , M., & Dusek, A. S. (2018). Desarrollo de estimado de costos de un proyecto. *Petrotecnica*(5), 58-63.
14. Bredehoeft, P., Dysert, L., & Hollmann, J. (2019). *AACE International Recommended Practice No. 18R-97. COST ESTIMATE CLASSIFICATION SYSTEM– AS APPLIED IN ENGINEERING*,

PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION FOR THE PROCESS INDUSTRIES. AACE International .

15. Cámara Minera de México. (2019). *Informe de la Octagésima Segunda Asamblea General Ordinaria de la Cámara Minera de México*. Cámara Minera de México.
16. Cantera, S. (2014). Pintura automotriz crecerá doble dígito. *Expansión*. Obtenido de <https://expansion.mx/negocios/2014/03/17/pintura-automotriz-crecera-en-2014>
17. Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. (24 de mayo de 2012). *AVISOS DE CONSULTA PUBLICA DE LOS PROYECTOS DE NORMAS DE REFERENCIA*. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de Diario Oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5253199
18. Dana, J. D., Gaines, R., Skinner, H., Foord, E., Mason, B., & Rosenzweig, A. (1997). *Dana's New Mineralogy*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
19. Deniz, V., & Guler, T. (2017). Production of White Barite from Barite Concentrates of Shaking Tables by Bleaching Process after Magnetic Methods. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 77-82.
20. Dirección General de Desarrollo Minero . (2018). *Perfil de Mercado de la Barita* . Secretaría de Economía.
21. Dirección General de Desarrollo Minero. (2013). *Perfil de Mercado de la Barita, 2013*. Secretaría de economía.
22. González, V. (2014). Industria energética 'pinta' el éxito de Sherwin Williams. *MANUFACTURA*. Obtenido de <https://manufactura.mx/industria/2014/10/17/industria-energetica-pinta-el-exito-de-sherwin-williams>
23. Google. (26 de 01 de 2020). *Google Maps*. Obtenido de Planta Baramin S.A. de C.V. (Molienda) Nuevo León: <https://www.google.com/maps/search/Planta+Baramin+S.A.+de+C.V.+Molienda+Nuevo+Le%C3%B3n/@24.8547589,-99.552604,14.67z>
24. Indian Bureau of Mines. (2013). Part-III: Mineral Reviews. En *Indian Minerals Tearbook 2013* (págs. 1-11). Indira Bhavan, Civil Lines.
25. Indian Standard. (2009). *Specification for barium sulphate pigments for paints. IS: 64-1972*. Nueva Delhi: Bureau of Indian Standards.
26. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). *Censos Económicos 2019. Fabricación de pinturas, recubrimientos y tintas para impresión / Instituto*. México: INEGI.
27. ISO. (Julio de 1998). *International Organization for Standardization* . Obtenido de ISO 3262-2:1998 Extenders for paints — Specifications and

- methods of test — Part 2: Barytes (natural barium sulfate):
<https://www.iso.org/standard/8478.html>
28. Jeffrey, K. (2006). Classification of Industrial Minerals and Rocks. En J. Elzea Kogel, N. Trivedi C., J. Barker M., & S. Krukowski T. , *Industrial Minerals & Rocks. Commodities, Markets, and Uses* (7TH EDITION ed., págs. 7-11). Littleton, Colorado, USA: Society of Mining, Metallurgy and Exploration.
 29. Johnson, C. A., Piatak, N. M., & Miller, M. (2017). Barite (Barium). En K. J. Schulz, J. H. DeYoung, J. R. Seal II, & S. C. Bradley, *Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply* (págs. D1-D12). Reston, Virginia, USA: United States Geological Survey.
 30. King, H. M. (2015). *Barite. The nonmetallic mineral with an incredible specific gravity*. (G. N. Information, Editor) Recuperado el 2015 de Octubre de 2019, de Geology.com: <https://geology.com/minerals/barite.shtml>
 31. McRae, M. (2019). *Mineral Commodity Summaries. Barite*. U.S. Geological Survey.
 32. O'Keefe, T. (1993). *EEUU Patente nº 5228903*.
 33. Plastics Technology México. (14 de 04 de 2016). *Plastics Technology México*. Obtenido de Axalta inaugura expansión de su planta de producción en México: <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/axalta-inaugura-expansin-de-su-planta-de-produccin-en-mxico>
 34. Puon Cortés, M. (2019). *Simulación computacional del blanqueamiento de barita con ácido oxálico*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
 35. Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/barita>
 36. Rosas, S. (23 de 09 de 2015). PPG México pone en marcha la ampliación de su planta en Querétaro. *EL FINANCIERO*. doi:<https://www.elfinanciero.com.mx/bajio/concluye-ppg-mexico-la-ampliacion-de-su-planta-en-queretaro>
 37. Servicio Geológico Mexicano. (2019). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2018*. Pachuca: Subsecretaría de Minería.
 38. Subsecretaría de Minería. (15 de Octubre de 2019). *Directorio del Sector Minero*. Obtenido de <http://www.desi.economia.gob.mx/empresas/Empresas3.asp?Clave=136>
 39. Transparency Market Research. (10 de 08 de 2018). *Transparency Market Research*. Obtenido de Barite Market: <https://www.transparencymarketresearch.com/barite-market.html>

Anexos

A1. Costos detallados

Tabla 43. Costos de materia prima

Materia Prima	Consumo diario [kg]	Costo [\$MXN]/kg	Consumo anual [kg]	Costo total anual [\$MXN]
<i>H₂SO₄</i>	800	68	880	59,821
<i>H₂O</i>	49000	0.03	53900	1,352
<i>DEHPA</i>	13400	93	14740	1'377,099
<i>Queroseno</i>	21936	22	24130	539,079
<i>HCl</i>	5484	3	6032	20,275
<i>Chatarra de hierro</i>	5600	4	2217568	9'007,763
<i>Barita</i>	475440	1	188274240	267'040,464
			Total	278'045,852

Tabla 44. Costos de empaques y embalajes.

Concepto	Cantidad por día	10% extra de merma	Costo por millar	Consumo/año (miles)	Costo anual [\$MXN]
<i>Super saco 1.5 ton</i>	79	8	91,395	31	2'867,887
<i>Saco de papel 100 lb</i>	1572	157	2,031	623	1'264,520
				Total	4'132,408

Tabla 45. Costos de otros materiales.

Concepto	Consumo Mensual	Consumo Anual	Costo unitario [\$MXN]	Costo Anual [\$MXN]
<i>Mascarillas para polvos</i>	12	144	520	74,880
<i>Guantes de Nitrilo</i>	156	1872	1	2,027
<i>Botas industriales</i>	12	144	749	107,856
<i>Lentes de Seguridad</i>	24	288	44	12,672
<i>Batas</i>	5	60	265	15,900
<i>Overol</i>	5	60	820	49,200
<i>Franelas</i>	4	48	12.99	623
<i>Detergente industrial</i>	3	36	1220	43,920
<i>Escobas</i>	2	24	660	15,840
			Total	322,919

Tabla 46. Consumo de agua para la planta de blanqueamiento de barita.

Concepto	Litros/día	Litros/año	5% extra de imprevistos
Personal	15000	5475000	574,8750
Limpieza del equipo de producción	15000	5475000	5'748,750
Limpieza general de la empresa	15000	5475000	5'748,750
Riego de áreas verdes	15000	5475000	5'748,750
Procesos generales	15000	5475000	5'748,750
		Total [L]	28'743,750
Tarifa para Consumo Industrial [\$MXN/m3]			25
Costo Total Anual [\$MXN]			720,893

Tabla 47. Consumo de energía eléctrica de la planta de blanqueamiento de barita.

Equipo	Unidades	No.de motores	Consumo [kW-h/motor]	Consumo [kW/h total]	h/día	Total Consumo [kW-h/día]
Reactor de Lixiviación	1	1	6	6	24	155
Reactor SEX	1	5	0	0	24	2
Reactor de Despojo	1	3	5	16	24	382
Reactor de Cristalización	1	1	24	24	24	579
Reactor de Piroconversión	1	1	13	13	24	309
Báscula	1	1	0	0	24	0
Campana de Extracción	1	1	0	0	16	1
Espectrómetro de Cromatografía de Gases	2	1	0	0	16	1
Horno de secado	2	-	90	180	24	4320
ICP-OES	3	1	0	0	16	2
Color Spectrophotometer	2	1	0	0	16	2
Bascula industrial de plataforma	1	-	33	33	16	528
Consumo Total Diario [kW-h/día]						6,281
Consumo Total Anual [kW-h/año]						2,261,082
Se considera un 5% adicional de imprevistos. Consumo total						2,374,136
Carga total por hora						271
Demanda Concentrada (70% de la carga total)						190
Cargo por Mantenimiento (25% adicional sobre la carga total)						593,534
Carga por alumbrado público (6% sobre la carga total)						142,448
Carga total neta						3,110,118
Tarifa [\$MXN]						201
Horas por año						6,480
Costo Anual [\$MXN]						246'643,892

Tabla 48. Costo de mano de obra indirecta.

Personal	Sueldo mensual [\$MXN]	Sueldo anual [\$MXN]
Gerente de producción	40,000	480,000
Secretaria	8,000	96,000
Ingeniero en Sistemas	18,000	216,000
Ingeniero en Mecánico	18,000	216,000
Ingeniero Eléctrico	18,000	216,000
Subtotal [\$MXN]		1'224,000
35% de prestaciones [\$MXN]		428,400
Total anual [\$MXN]		1'652,400

Tabla 49. Costo de mano de obra directa.

Plaza	Plazas/ turno	Turnos/ día	Sueldo mensual/ plaza [\$MXN]	Sueldo anual/ plaza [\$MXN]	Sueldo total/ anual [\$MXN]
Operadores (Obreros)	12	3	9,189	110,273	3'969,838
Almacenista	2	2	10,108	121,301	242,601
Supervisor de Planta	1	3	18,000	216,000	648,000
Supervisor de Laboratorio	1	2	18,000	216,000	432,000
Técnico en cromatografía	1	3	9,189	110,273	330,820
Laboratoristas	5	2	9,189	110,273	220,547
Ingeniero de procesos	1	1	25,000	300,000	300,000
Asesor de planta	1	1	35,000	420,000	420,000
Líder de planta	1	1	50,000	600,000	600,000
Subtotal					7'163,806
35% extra por prestaciones					2'507,332
Total anual [\$MXN]					9'671,138

Tabla 50. Costos combustibles.

Combustibles	
Concepto	litros/h
Transporte (camiones)	30
Total	475
horas de transporte por día	24
Consumo diario	11,411
Consumo anual	4,107,802
Precio Diesel [\$MXN]	21
Costo anual [\$MXN]	86'387,068

Tabla 51. Costos de mantenimiento.

Mantenimiento	
Concepto	Costo anual [\$MXN]
Sueldo técnico	360,000
Costo de adquisición de equipos especiales	200,000
Costo de mantenimiento externo	600,000
Total	1'160,000

Tabla 52. Costos por control de calidad.

Control de calidad	
Concepto	Costo anual [\$MXN]
Laboratorio de investigación y control de calidad	35,0000
Total	350,000

A2. Gastos de administración

Tabla 53. Gastos de administración del personal.

Gastos de administración (personal)		
Personal	Sueldo mensual [\$MXN]	Sueldo anual [\$MXN]
Gerente General	75,000	900,000
Secretaria	12,000	144,000
Contabilidad externa	16,000	192,000
Limpieza general	10,000	120,000
Vigilancia	10,000	120,000
	Subtotal	1'476,000
	35% de prestaciones	516,600
	Total anual	1'992,600

A3. Gastos de ventas

Tabla 54. Gastos de operación de vehículos, contemplados dentro de los gastos de ventas.

Gastos operación de vehículos [\$MXN]	
Mantenimiento anual	396,200
Combustible	86'387,068
Viáticos	158,480
Total anual	86'941,748

Tabla 55. Gastos de personal de ventas.

Gastos de venta (personal)				
Personal	Sueldo mensual en pesos	Personal/día	Sueldo anual [\$MXN]	Sueldo total anual [\$MXN]
Gerente de Ventas	50,000	1	600,000	600,000
Choferes	12,000	16	144,000	2'304,000
Secretaria	8,000	2	96,000	192,000
Vendedores	20,000	5	240,000	1'200,000
			Subtotal	4'296,000
			35% de prestaciones	1'503,600
			Total anual	5'799,600

A4. Activos fijos

Tabla 56. Activo fijo de producción.

Activo fijo de producción				
Cantidad	Equipo	Precio unitario [\\$MXN]	10% fletes y seguros [\\$MXN]	Costo total puesto en planta [\\$MXN]
1	Reactor de Lixiviación	2'640,300	264,030	2'904,330
1	Reactor SEX	1'045,070	104,507	1'149,577
1	Reactor de Despojo	3'960,450	396,045	4'356,495
1	Reactor de Cristalización	2'031,000	203,100	2'234,100
2	Reactor de Piroconversión	8'124,000	812,400	8'936,400
6	Balanza Analítica	247,800	24,780	272,580
3	Campana de Extracción	235,411	23,541	258,952
2	Cromatógrafo de Gases	182,790	18,279	201,069
2	Horno de secado	728,398	72,840	801,238
3	ICP-OES	3'336,092	333,609	3'669,701
5	Potenciómetro	32,922	3,292	36,214
2	Color Spectrophotometer	487,440	48,744	536,184
2	Bascula industrial de plataforma	385,890	38,589	848,958
3	Cargadores de ruedas CAT	609,300	60,930	670,230
Total				26'876,027

Tabla 57. Activo fijo de oficinas y ventas.

Activo fijo de oficinas y ventas			
Cantidad	Concepto	Precio unitario [\\$MXN]	Costo total [\\$MXN]
20	Computadora	16,816	336,320
10	Impresora	7,599	75,990
20	Silla secretarial	3,100	62,000
20	Escritorio	13,700	274,000
97	Locker	8,400	814,800
3	Silos	253,875	761,625
6	Trailer doble-remolque	2'776,200	16'657,200
30	Silla comedor	1,232	36,960
6	Mesa comedor	8,400	50,400
16	Camiones	863,175	13'810,800
10	Tolvas presurizadas	649,920	6'499,200
6	Tolvas	593,000	3'558,000
Total			42'937,295

Tabla 58. Costo total obra civil.

Costo total de obra civil	
Concepto	Costo [MXN]
Construcción estructural	21'296,994
Total	21'296,994

Tabla 59. Área necesaria para planta de blanqueamiento de barita.

Área Equipos	
Concepto	Área [m²]
Tanque de lixiviación	16
Reactor SEX	5
Reactor Despojo	12
R. Cristalización	8
R. Piroconversión	9
Lab. Análisis	160
Almacenamiento	37
Área de carga	20
Oficinas	60
Subtotal	328
30% extra pasillos, espacio entre equipos, tuberías, etc.	98
Total	426

A5. Activo circulante

Tabla 60. Valores e inversiones para 45 días de ventas.

Valores e inversiones	
Préstamos (Gastos de ventas) [MXN]	
	139'112,021

Tabla 61. Inventario para 45 días de operación de materia prima.

Inventario [MXN]	
Materia prima	40'615,185

Tabla 62. Cuentas por cobrar para un mes de operación.

Cuentas por cobrar [MXN]	
CxC	54'062,489

A6. Planes de pago del financiamiento

Tabla 63. Plan de pago de deuda a cinco años para el financiamiento otorgado por el banco.

Financiamiento de la inversión (Banco)	
Activos inversión fija y diferida [\$MXN]	96'606,493
25% inv. fija y diferida [\$MXN]	24'151,623
Interés anual (%)	34
Anualidad [\$MXN]	10'684,613

Tabla de pago de deuda (Banco)				
Año	Interés [\$MXN]	Anualidad [\$MXN]	Pago a capital [\$MXN]	Deuda después de pago [\$MXN]
0				24'151,623
1	8'211,552	10'684,613	2'473,061	21'678,563
2	7'370,711	10'684,613	3'313,901	18'364,661
3	6'243,985	10'684,613	4'440,628	13'924,033
4	4'734,171	10'684,613	5'950,441	7'973,592
5	2'711,021	10'684,613	7'973,592	0
			24'151,623	

Tabla 64. Plan de pago de deuda a cinco años para el financiamiento otorgado por el inversionista.

Financiamiento de la inversión (Inversionista)	
Activos inversión fija y diferida	96'606,493
50% inv. fija y diferida	48'303,247
Interés anual (%)	27
Anualidad	18'709,530

Tabla de pago de deuda (Inversionistas)				
Año	Interés	Anualidad	Pago a capital	Deuda después de pago
0				48'303,247
1	13'050,571	18'709,530	5'658,959	42'644,288
2	11'521,634	18'709,530	7'187,896	35'456,392
3	9'579,608	18'709,530	9'129,922	26'326,470
4	7'112,886	18'709,530	11'596,644	14'729,826
5	3'979,704	18'709,530	14'729,826	0
			48'303,247	

Tabla 65. Plan de pago de deuda a cinco años para el financiamiento otorgado por otras empresas.

Financiamiento de la inversión (Otras Empresas)	
Activos inversión fija y diferida	96'606,493
25% inv.fija y diferida	24'151,623
Interés anual (%)	29
Anualidad	9'730,662

Tabla de pago de deuda (Otras empresas)				
Año	Interés	Anualidad	Pago a capital	Deuda después de pago
0				24'151,623
1	7'008,898	9'730,662	2'721,764	21'429,859
2	6'219,031	9'730,662	3'511,631	17'918,229
3	5'199,942	9'730,662	4'530,720	13'387,509
4	3'885,109	9'730,662	5'845,553	7'541,956
5	2'188,706	9'730,662	7'541,956	0
			24'151,623	