



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DESARROLLO DE MÉTODO PARA LA PRE-
EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE
PROYECTOS INDUSTRIALES"

ESTUDIO DEL CASO: PLANTA DE MOLIENDA
DE CARBONATO DE CALCIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO - ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

P R E S E N T A:
MAURICIO DESCHAMPS GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS:
ING. VICTOR M. RIVERA ROMAY



CIUDAD UNIVERSITARIA

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Mauricio

Deschamps González

FECHA: 11 de Junio 2009

FIRMA: P.A. [Firma]

A MI PADRE
IGNACIO DESCHAMPS A.
POR TU INCONDICIONAL APOYO
CON TODO MI AMOR Y RESPETO

CONTENIDO:

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
EL PROBLEMA DE LOS PROYECTOS CON LIMITACIONES EN SU FORMULACION Y LAS POSIBLES VIAS PARA SU ADECUADA EVALUACION	4
1.1. El sistema diseñado por Stanford Research Institute (SRI), empleado en la elaboración de un catálogo en el que se tipifica la estructura y comportamiento económico de muy diversas industrias de proceso	6
CAPITULO II	
DESARROLLO DEL METODO	10
2.1. Orientación y alcance del Método de Prueba	10
2.2. Bases del Método	13
2.3. La aplicación del Método	14
Diagrama para la determinación del potencial económico de proyectos industriales	16
2.3.1. Algunas precisiones en torno a las variables fundamentales del Método desarrollado	17
Inversiones de activo	17
Volumen de Producción	17
Precios de los productos	18
Ingresos durante los primeros años	19
Depreciación	19
Utilidad necesaria para hacer posible la recuperación de las inversiones ...	20
Costos de Producción	20
Gastos Generales	20
Gastos de Administración y Ventas	21
Impuestos inherentes a la operación	21
Margen residual	21
2.4. Procedimiento para la calificación de los proyectos sometidos al Método	22

CAPITULO III	
EL SEGMENTO DE LA INDUSTRIA DE LA MOLIENDA DE MINERALES, DEDICADO A LA PRODUCCION DE CARBONATO DE CALCIO, DE DIVERSAS ESPECIFICACIONES, ELEGIDO PARA LOS PROPÓSITOS DE LA ILUSTRACION DEL METODO	23
3.1. Especificaciones técnicas	25
3.2. El desarrollo de marco de referencia apropiado para la evaluación de casos específicos	26
CAPITULO IV	
APLICACIÓN DEL METODO AL CASO DE PROYECTOS ESPECÍFICOS	31
4.1. Información relativa al sector de empresas dedicadas a la fabricación de carbonato de calcio	31
4.2. El catalogo de costos, gastos y precios unitarios	31
4.3. Casos Prácticos sometidos a prueba, conforma a las bases del método desarrollado	34
CAPITULO V	
INFORMACION RELATIVA AL SEGMENTO DE EMPRESAS DEDICADAS A LA FABRICACION DE CARBONATO DE CALCIO	37
5.1. El proceso de molienda del Carbonato de Calcio, a partir de piedra caliza	37
5.1.1. Quebradoras	38
5.1.2. Molinos	40
5.1.3. Clasificadores	44
5.2. Estructura Económica de la Industria del Carbonato de Calcio Mineral	47
5.2.1. Naturaleza del Carbonato de Calcio	47
5.2.2. Carbonatos de calcio naturales y precipitados (sintéticos)	48
5.2.3. Propiedades y usos	50
5.2.4. Disponibilidad de la calcita a nivel mundial	52
5.2.5. Mercado interno	53
Características del Carbonato de Calcio de Alta Pureza	63
Cuadro 1 Proceso típico para la producción de Carbonato de Calcio seco, de diferentes granulometrías	64
Cuadro 2 Localización de las Principales Minas de Calcita, por Estados	65
Cuadro 3 Estructura de la demanda de Carbonato de Calcio Natural y Sintético de todos los grados	67

México D.F., 17 de febrero de 2004.

NOTA ACLARATORIA

Para: Los Señores Sinodales.

ASUNTO: Revisión de Tesis Profesional

De: Mauricio Deschamps González,

Con todo respeto y atención.

1.- La tesis objeto de consideración fue elaborada en 1998, tras de un largo periodo previo dedicado a la identificación, revisión y ponderación de métodos apropiados para la pre-evaluación de proyectos industriales, sobre todo de los que implican inversiones de activo significativas. Lamentablemente, surgieron impedimentos para presentar la tesis en su oportunidad, misma que ahora es objeto de revisión, como condición para poder dar por concluidos los estudios universitarios y obtener el título correspondiente, de Ingeniero Mecánico Electricista - Area Industrial.

2.- La pre-evaluación se refirió, a título ilustrativo, a una planta que fuera relativamente pequeña, productora de carbonato de calcio, cuyo modelo adoptado consideró las inversiones de activo, costos y márgenes de operación, así como otros elementos pertinentes, para con ello anticipar, sobre bases confiables, los resultados esperables durante el período de 10 años entre 1998 – 2008, por lo que el desarrollo del proyecto se mantiene en curso y la metodología seguida se ha mantenido también válida, a través de estos años posteriores. La aplicación de la pre-evaluación al caso del proyecto objeto de tesis, tuvo lugar contando con información amplia sobre los rubros de las inversiones de activo, costos de operación, comportamiento de los mercados, costos de transporte e impuestos aplicables.

3.-Debo indicar que la misma técnica fue utilizada mas tarde por el suscrito en varios proyectos industriales del interés de una de las principales instituciones

de crédito del país, atendida por entidad externa, en la que presté mis servicios por varios años.

4.- La metodología seguida adquiere particular importancia en los casos de proyectos pequeños con mercado anticipable, como el que fue objeto de la tesis profesional.

5.- Cabe reconocer, sin embargo, que hoy se observan factores económicos en juego, que plantean la necesidad de penetrar a mayor profundidad en el examen de determinados aspectos del proyecto, y en particular, en relación con el impacto de la globalización creciente de los mercados, que hace cada vez más difícil la posición competitiva de las plantas pequeñas, con limitados márgenes de operación, e impedidas por ello, de abatir paulatinamente el precio de sus productos y poder confrontar así a sus competidores, los que generalmente están en posición de proceder en tal sentido.

6.- Evidentemente, estas diversas circunstancias no afectan, en rigor, la estructura y forma de manejo del modelo de pre-evaluación empleado, ya que sólo plantean profundizar en mayor medida, en determinados rubros, para asegurar una apreciación razonablemente confiable del comportamiento del proyecto en años subsecuentes, en protección de los inversionistas y de las entidades de crédito que les brindan su apoyo.

7.- Un examen reciente de la situación que hoy priva, en relación con plantas pequeñas en México, incluida la que fue objeto de estudio en la tesis, revela que en el año de 1998, cuando se elaboró la misma, existían en México muy diversas instalaciones de esa magnitud, que han dejado de existir y que operaban en paralelo con plantas de dimensión muy superior.

8.- Sobre el particular, me permito señalar que recientemente realicé un nuevo examen de los modelos desarrollados por Stanford Research Institute, California E.U.A, respecto de numerosos procesos y productos a nivel mundial, siguiendo una técnica similar a la empleada en la tesis. Dichos modelos reflejan con gran claridad los diversos efectos a los que me he permitido referirme

incluido el de orden dimensional, con significación creciente para los países en desarrollo, circunstancia que hoy requiere de examen y ponderación muy cuidadosa.

9.- Atentas las circunstancias señaladas, en relación con la validez a la fecha, del modelo de pre-evaluación considerado en la tesis, puedo afirmar que éste se mantiene esencialmente inalterado, si bien con algunas modalidades de manejo, sobretodo en lo que hace al grado de profundidad requerido en el estudio de determinados factores de interés creciente, con particular referencia al comportamiento del margen de operación, que contrasta notablemente entre las plantas grandes y las de pequeña o mediana dimensión. En algunos casos, como el estudiado en la tesis (minerales y diversos otros), la pequeña dimensión de la planta se ve compensada por los bajos costos de transporte, como resultado de su proximidad a los mercados en los que los productos son utilizados.

10.- Me complace afirmar que la revisión que recientemente he efectuado de la tesis, es sugerente de que las conclusiones de la misma, se mantienen esencialmente inalteradas y que, por ello, la propia tesis debiera satisfacer ampliamente lo prescrito por la Universidad, como condición para dar curso al procedimiento conducente al otorgamiento pendiente del título universitario, tras de haber satisfecho los demás requisitos que me han sido señalados a la fecha, para ese mismo fin.

INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido que los métodos tradicionales para la evaluación técnico-económica y financiera de proyectos industriales permiten usualmente establecer, con algún grado de precisión, la rentabilidad esperable de los mismos. Sin embargo, la validez de los resultados de su aplicación, presuponen el poder contar, previamente, con información suficientemente amplia, precisa y confiable, en torno a los montos destinados a las inversiones, rubro en el que se centra el mayor riesgo inherente del proyecto, así como en relación con los demás rubros de interés económico, y en particular, el relativo a los volúmenes de producción que previsiblemente podrán ser colocados en los mercados de acceso. Sin duda alguna, esta variable resulta ser, generalmente, de gran trascendencia, dadas sus consecuencias en la rentabilidad del negocio y también, la que más frecuentemente plantea problemas de certidumbre, que sólo pueden disiparse mediante estudios detallados de esos mercados y de la posición de los productos frente a los de la competencia. En la actualidad, la circunstancia de la globalización de los mercados imprime a esta importante variable, características de la más alta significación.

Atento lo anterior, resulta de especial interés, sobre todo para las instituciones de crédito que apoyan el desarrollo de la pequeña y mediana industria, contar con métodos que les faciliten la pronta pre-evaluación de proyectos dotados de información técnica, económica y de mercados, no siempre suficientemente fundamentadas; ello, como resultado de un estudio previo relativamente limitado.

La importancia de un método de esa naturaleza resulta de particular mérito en el caso de proyectos industriales en los que inciden inversiones de activo de nivel significativo. En estos casos, los métodos de evaluación, ordinariamente aplicados, no permiten establecer, sobre bases confiables, el verdadero potencial de esos proyectos, sin antes examinar, con el mayor detalle, las implicaciones

prácticas de sus características estructurales y funcionales, y los parámetros fundamentales que gobiernan su economía.

Evidentemente, los muy diversos elementos de costos y las demás variables que afectan la rentabilidad de esos negocios, hacen necesario que el método de pre-evaluación tome en cuenta los márgenes de incertidumbre advertibles al examinar el proyecto como condición para poder ilustrar la eficiencia del mismo en las distintas circunstancias en que pueda venir a operar, no sólo en términos de cifras alusivas a resultados numéricos, sino señalando también, su posible efecto en el tiempo requerido para la recuperación virtual de las inversiones incurridas, en los diversos supuestos de posible de mérito.

En contraste con la amplia disponibilidad de información asequible en el caso de los proyectos relativos a las empresas grandes, sustentadas en inversiones cuantiosas y orientadas, frecuentemente, a la fabricación de un conjunto de productos destinados a diversos mercados, evaluados generalmente con la debida profundidad, en el caso de los proyectos de empresas pequeñas y medianas, no siempre se dispone de toda la información requerida, y la disponible puede resultar en alguna medida deficiente o adoptada sobre bases no suficientemente fundamentadas; ello, generalmente, ante las limitaciones de sus promotores para realizar los estudios de preinversión de manera integral, en términos de cubrir los diversos aspectos técnicos, económicos y de mercado relativos al proyecto, con verdadera objetividad.

La inseguridad, especialmente en torno a las cifras destinadas a las inversiones de activo y al volumen de producción que se hubiera estimado factible colocar en los mercados, conlleva la necesidad de considerar la magnitud de esos rubros con las debidas reservas. A los efectos de lograr un diagnóstico confiable del comportamiento del proyecto, se hace indispensable en estos casos, la incorporación de determinadas condiciones deliberadamente restrictivas respecto

de esos rubros y determinar si, no obstante esas medidas, los montos destinados a esas inversiones podrán ser recuperadas en un plazo razonable.

La disponibilidad de un método que permita apreciar el potencial económico de un proyecto en el que ya se incorporaron esas restricciones, no sólo permitiría disminuir el riesgo de incurrir en una inversión menos eficiente que la anticipada, sino lograr también importantes ahorros en tiempo y en los costos relacionados con la evaluación del proyecto.

Cabe desde luego observar, que un método que permita dicho objetivo, habría de resultar más valioso, en tanto se pudiere contar, para la evaluación del proyecto, con un marco general de referencia con información pertinente al tipo de negocio de que se trate y al segmento industrial y de mercado correspondientes, para facilitar su análisis y la aplicación certera del propio método, en términos de permitir una adecuada ponderación de los resultados obtenidos, al aplicarlo. En estos términos, el método podría emplearse en el caso de distintos proyectos de empresas industriales, de índole relativamente similar, asimilables al referido marco de referencia. Evidentemente, conforme fueren más numerosos los proyectos susceptibles de asimilarse a ese marco, así también se mejoraría la relación costo-beneficio del desarrollo del mismo.

La presente tesis da cuenta de las características del método desarrollado, que permite identificar el potencial económico de un proyecto industrial, mediante la determinación de su capacidad para hacer posible la recuperación virtual de los montos destinados a las inversiones de activo en un tiempo determinado, y con ello, establecer si el proyecto es de alta eficiencia y bajo riesgo, y merecedor, según ello, de apoyo para su realización.

CAPITULO I.

EL PROBLEMA DE LOS PROYECTOS CON LIMITACIONES EN SU FORMULACION Y LAS POSIBLES VIAS PARA SU ADECUADA EVALUACION.

Como quedó señalado en la introducción, los métodos tradicionales para la evaluación técnico-económica y financiera de proyectos industriales, usualmente permiten establecer, sobre la base de cifras específicas de cálculo, la rentabilidad esperable de los proyectos objeto de examen. Su aplicación resulta factible para muy distintos tipos y tamaños de proyectos industriales, lo que hace que esos procedimientos resulten de uso relativamente universal. Sin embargo, la valoración certera del proyecto, sólo resulta factible, en tanto los datos correspondientes a las variables fundamentales que gobiernan la economía del proyecto, puedan considerarse como suficientemente confiables. La formulación del proyecto debió haber tomado en cuenta, también, los riesgos inherentes al proyecto como resultado de posibles desviaciones en el comportamiento de los factores de influencia económica; ello, a través de un examen, de suficiente alcance y profundidad, realizado como parte del estudio de preinversión del propio proyecto. Asimismo, éste debió haber incluido, entre otros aspectos, el examen de la contribución marginal de los diversos productos factibles de ser colocados en sus respectivos mercados, como cuestión previa a la determinación de los volúmenes de los más promisorios.

En relación con lo anterior, corresponde observar que en la práctica, la formulación de los proyectos de empresas grandes, suele contar con amplio apoyo técnico y con recursos financieros relativamente ilimitados para lograr un proyecto bien estructurado, llamado a operar en forma eficiente, dentro del cual suelen haberse considerado las más variadas alternativas de equipos y procesos disponibles. Que asimismo, para el logro de esos objetivos, resulta

frecuentemente observable, en esos casos, la intervención de muy diversos profesionales y firmas técnicas, que cubren con el mayor detalle, los distintos rubros de interés técnico y económico, a los que se examina tanto en términos individuales, como por su efecto conjugado en el comportamiento del proyecto.

Corresponde también señalar que en contraste con lo anterior, en el caso de muchos proyectos de empresas del sector de la pequeña y mediana industria, la decisión por parte de quienes los formulan, toma con frecuencia, como base principal, el éxito que hubieren advertido en alguna o varias de las empresas del ramo que estuvieren operando en forma rentable, lo que lleva a restarle importancia a la conveniencia de realizar un análisis cuidadoso de los diversos factores fundamentales de incidencia. En esos casos, suele llegarse a una valoración inapropiada del proyecto y de las oportunidades y limitaciones de los mercados, en los que el propio proyecto vendrá a operar. Esta situación se torna difícil de evitar ante los limitados montos de recursos usualmente destinables a esos proyectos, lo que a su vez tiende también a restringir los recursos que los promotores encuentran justificable aplicar a los estudios de pre-inversión correspondientes.

La apreciación hipotética de que el proyecto estaría operando de manera similar a la observable en el caso de alguna o de varias empresas exitosas, con las que el propio proyecto habría de competir, suele ser un argumento importante para incurrir en la realización del proyecto, sin que obre de por medio el debido análisis y ponderación del caso.

En esas circunstancias, resulta a veces difícil precisar, en términos confiables, la rentabilidad esperable del negocio o en alguna otra forma, su potencial anticipable, atenta la consideración de que varios de los factores en juego, pudieran haberse examinado en forma un tanto superficial, o adoptando determinados criterios, a priori, que en rigor, pudieran afectar seriamente los resultados económicos anticipados.

La situación descrita, coloca con frecuencia a las instituciones de crédito, en la necesidad de realizar su propia evaluación, la que sólo resulta factible, las más de las veces, en forma muy limitada, al tener que atender, simultáneamente, muy diversos proyectos objeto de examen. Por ello, algunas de las instituciones se ven obligadas a orientar el procedimiento de evaluación del caso, con énfasis en la valoración del cliente como sujeto de crédito y a adoptar, en ocasiones, medidas relativamente excesivas, para garantizar los créditos correspondientes; ello, en términos de que los inversionistas otorguen en garantía no sólo los propios bienes industriales, sino con frecuencia, garantías colaterales, para asegurar la recuperación de dichos créditos. Estas medidas pudieran resultar excesivas, en el caso de proyectos con muy buenos antecedentes de estudio, dotados de amplia información, en relación con su estructura y forma prevista de operación y en torno a los riesgos inherentes.

1.1. El sistema diseñado por Stanford Research Institute (SRI), empleado en la elaboración de un catálogo en el que se tipifica la estructura y comportamiento económico de muy diversas industrias de proceso.

Tras de la búsqueda de métodos que en alguna medida pudieran utilizarse para la pre-evaluación de proyectos, se examinó de cerca el procedimiento desarrollado por la institución de referencia. Dicho procedimiento se refiere mayormente a proyectos de grandes empresas, en relación con las cuales esa institución aporta amplia información en torno a su estructura y forma de operación, lo cual logra a través de consultas a empresas del mismo género, fabricantes de equipo, firmas de ingeniería, y organismos técnicos y de promoción, relacionados con el tema.

Indudablemente, muchos de esos datos son objeto de reconfirmación a través de las investigaciones que realiza la propia SRI, a nivel mundial.¹

En el catálogo publicado por esa institución, se pueden observar las características estructurales del proyecto, sus costos, volúmenes de producción considerados y otros elementos con efecto advertible en la economía del proyecto, una vez en operación; ello, a tres distintas capacidades, así como a tres diversos grados de aprovechamiento de las mismas. Los tres distintos niveles de capacidad de diseño, quedan aparejados a tres distintos montos de inversión en activos fijos, a los cuales se ha adicionado un amplio margen de reserva para imprevistos del 25%, que se incorpora por igual a todos los proyectos del catálogo.

Las cifras alusivas a las inversiones, así como a los costos de producción, gastos de administración y ventas, a los precios medios unitarios de los productos y a los márgenes resultantes, corresponden a las vigentes en la fecha en que tuvo lugar la incorporación del caso dentro del citado catálogo. La reseña de cada caso ilustra el comportamiento eficiente del proyecto, cuando se le formula a una determinada capacidad de producción y a un determinado grado de aprovechamiento de ésta, así como la forma en que esa eficiencia se afecta a menores capacidades relativas. En todos los casos, de proyectos eficientes, el monto destinado a las inversiones fijas, así como los costos, precios y volúmenes de venta, hacen posible una utilidad bruta derivable de la operación durante los primeros cuatro años de vida del proyecto, equivalente a la requerida para la plena recuperación de las inversiones de activo, dentro de ese mismo período; ello, sobre la base de sumar dicha utilidad bruta a los montos de depreciación de cada año sucesivo, del período.

¹ Este método de SRI ha sido instituido como parte del programa denominado Long Range Planning System, de esa misma institución, programa que ha dado lugar a un catálogo con la tipificación de varios cientos de empresas de proceso industrial, con las más variadas tecnologías.

Los interesados en examinar algún tipo de industria, en particular, de entre las incluidas en el catálogo de estructuras industriales, deben de recabar los costos y precios vigentes en el mercado, a la fecha en que ese examen tenga lugar, a efecto de actualizar las cifras originalmente previstas; ello, con el propósito de determinar si sobre la base de esos nuevos costos y precios, el proyecto sería capaz de permitir la plena recuperación virtual de las inversiones.

De ahí que el método de referencia sólo pretende reseñar el comportamiento de industrias en operación, incluidas en catálogo, dando cuenta de los diversos elementos que integran la estructura de sus costos, y demás elementos de significación económica, los que una vez actualizados permitirán identificar la capacidad del proyecto para cumplir con el objetivo señalado, de la plena recuperación virtual de las inversiones, en el período indicado (4 años).

En los casos en que las cifras relativas a costos, volúmenes, precios y otros, hacen posible la generación, dentro de los primeros 4 años de operación, de recursos netos, equivalentes los requeridos para lograr la recuperación plena de dichas inversiones fijas, tras de considerar la depreciación acumulada al término del periodo; ello, vendría a reflejar un adecuado potencial económico del proyecto, sobre la base, desde luego, de suponer que la planta objeto de consideración, vendría, en todo caso, a operarse de manera apropiada, sujeta a manejo y administración competentes. Cabe observar que en el método de referencia no se consideran impuestos de ninguna naturaleza, ni señalamiento alguno en relación con el capital de trabajo, ello, precisamente, para adecuar el procedimiento a las circunstancias muy diversas que se observan en los distintos países, con costos de dinero frecuentemente muy disímolos. Según ello, todas las cifras incluidas en las estructuras industriales de referencia, deben entenderse a valor presente y sin obrar de por medio créditos que pudieran afectar, en alguna medida, los montos correspondientes. El capital de trabajo se considera un instrumento de operación sin costo explícito, que se reconstituye en forma revolvente, sin modificar los resultados económicos del negocio.

En los términos descritos, las reseñas de SRI no dan cuenta en forma directa, del nivel específico de rentabilidad esperable, pero ésta puede ser calculada por métodos tradicionales, aprovechando las propias cifras alusivas a la estructura de costos del proyecto y a su comportamiento anticipable, frente a los mercados de acceso.

Como podrá apreciarse, el sistema descrito es sugerente de la factibilidad de considerar los parámetros fundamentales del mismo, como posibles bases de un método de evaluación que persiga la identificación de proyectos eficientes. Esta identificación vendría a sustentarse, como en el caso del método de SRI, en la circunstancia de que el proyecto pueda o no cumplir con el objetivo de permitir una temprana recuperación virtual de los montos destinados a las inversiones de activo, lo cual habría de depender del comportamiento de los costos, precios y márgenes de operación propios del proyecto, operando éste al volumen de producción señalado por los promotores del propio proyecto y sin hacer consideración alguna al concepto de capital de trabajo, conforme al criterio expuesto. En lo relativo a impuestos, el método si habría de contemplar los correspondientes a la legislación que priva en México, para poder establecer el comportamiento del proyecto, en términos apegados a las condiciones fiscales del país.

CAPITULO II.

DESARROLLO DEL METODO.

2.1. Orientación y alcance del Método.

La concepción y el desarrollo mismo del método objeto de consideración, fue precedido por un cuidadoso examen de diversos posibles enfoques, conducentes a permitir la determinación del potencial efectivo de proyectos, con independencia de su tamaño, pero con el propósito en mente de que resultara de particular utilidad en aquellos casos en los que, a juicio del evaluador no se dispusiere de suficientes elementos de juicio como para poder evidenciar, más allá de toda duda razonable, si en su formulación se tomaron debidamente en cuenta los diversos elementos objeto de consideración y en particular, los requerimientos del rubro de las inversiones de activo, así como el volumen y valor de la producción, tras de haber examinado en forma suficientemente detallada los diversos escenarios, dentro de los cuales habría de tener lugar la colocación de los productos en los mercados de acceso. Todo ello, sin perjuicio, desde luego, de que se hubieren examinado, con el debido detalle, los demás rubros de interés, con efecto directo o indirecto en el margen de operación del negocio.

En los términos en que fue concebido, el método adopta algunas de las bases del procedimiento de SRI para la tipificación de proyectos industriales y del mismo modo, no pretende poner de manifiesto la rentabilidad específica de los proyectos objeto de examen. A diferencia de dicho procedimiento, el método no da cuenta de su comportamiento a distintas capacidades de diseño de la planta, o a diferentes grados de aprovechamiento de la misma, ya que los niveles correspondientes son, de suyo, los adoptados específicamente por los propios promotores, responsables de su formulación. En lo fundamental, el método pretende ponderar: a) el potencial del proyecto en términos de poder establecer el período dentro del cual podrá permitir la recuperación virtual de las inversiones y,

en forma simultánea su sensibilidad frente a desviaciones en los volúmenes y valor de la producción, de magnitud pre-establecida, así como frente a incrementos deliberados en los montos previstos por los promotores para las inversiones de activo, ambas con consecuencias de posible significación anticipable en la economía del proyecto.

A diferencia de los objetivos que se persiguen con el procedimiento de SRI, de ilustrar la estructura de los diversos proyectos de su catálogo, el método objeto de desarrollo vino a enfocarse a lograr una calificación confiable del potencial económico de un proyecto dado, tras de incurrir en un incremento del mismo orden de magnitud en las inversiones de activo (25%), que el adoptado en dicho procedimiento, y ello, sobre la base de considerar, simultáneamente, los riesgos inherentes a posibles cambios adversos que pudieran presentarse, tras de haber afectado no sólo la magnitud de las inversiones de activo sino también el volumen y valor de la producción, en medida porcentual semejante.

En los términos señalados, el estudio de alternativas permitió establecer las bases conforme a las cuales resultaría posible la identificación de proyectos a los que pudiera considerárseles de menor riesgo relativo y clasificarlos asimismo, en función de su capacidad intrínseca para encarar adecuadamente, esas posibles desviaciones adversas en el volumen y valor de la producción, con efecto en los ingresos netos de la empresa y por ende, en su margen de operación. Dicho método sería aplicable de manera universal a cualquier proyecto industrial con inversiones de activo significativas, a condición de contar con un adecuado marco de referencia dotado de la información pertinente al negocio de que se trate y en relación con el segmento industrial en el que vendría a ubicarse.

La información principal que habría de ser suministrada por los promotores del proyecto, para ese propósito es como sigue:

- a) La reseña misma del proyecto, dando cuenta de: el monto de la inversión prevista, el capital de trabajo, como mera referencia, la capacidad de diseño de la planta objeto de instalación, el grado de aprovechamiento anticipado de la misma durante el período de su depreciación fiscal; información suficiente que permita advertir la índole e implicaciones prácticas de la tecnología elegida, así como de la maquinaria y sistemas de producción a emplear. Lo anterior, aunado a los datos relativos a la producción contemplada para cada año sucesivo, los requerimientos de mano de obra y mantenimiento, así como la información relativa a la operación de otras plantas similares en el sector industrial correspondiente y dando cuenta, asimismo, entre otros datos pertinentes, a los concernientes a los niveles de producción de cada una de ellas y a la magnitud de los mercados de acceso para todas ellas. La información relativa a la distribución de los productos, a los precios y al orden de magnitud de los volúmenes a ser colocados en dichos mercados, y en su caso, en el exterior, resulta también indispensable.
- b) La elaboración de un catálogo de gastos, costos y precios, en el que deberán quedar precisados: i) los costos relativos a los diversos insumos de producción, tales como materias primas, servicios, materiales de mantenimiento, mano de obra, etc., ii) el porcentaje de los ingresos aplicable al rubro de los gastos generales y de administración y ventas, conforme a la formulación del proyecto, referidos a los ingresos totales esperables, iii) los precios unitarios específicos de cada uno de los productos objeto de fabricación, así como iv) los porcentajes que ya hubieren sido incorporados en materia de reservas en el rubro de las inversiones de activo, para su debido ajuste conforme al método, así como cualesquiera otros datos de posible interés, tales como los correspondientes a regalías, comisiones, publicidad y otros.

2.2. Bases del Método.

El comportamiento anticipable del proyecto objeto de examen podrá entonces apreciarse, conforme a las bases del Método, sobre la base de:

1. Adoptar como nivel de referencia para la recuperación virtual de las inversiones, el periodo comprendido entre 4 y 6 años a partir de la puesta en operación del proyecto, con respecto al cual, éste vendría a exhibir su grado de eficiencia.
2. Considerar, como quedó previamente mencionado, una dotación de recursos para imprevistos en el renglón de los bienes y servicios que integran el rubro de las inversiones de activo, a modo de que la cifra correspondiente exhiba un 25% de margen de reserva para ese mismo propósito, Este tratamiento habría de aplicarse de manera general a todos los proyectos objeto de examen; ello, a condición de contar para cada caso, con un marco de referencia dotado de información apropiada.

Según ello, en el caso de que los promotores del proyecto hubieren considerado un porcentaje menor de reservas para ese propósito, éste deberá ser ajustado en términos de alcanzar el nivel citado del 25%. En esta forma, el monto que los promotores hubieren previsto para las inversiones fijas, antes de considerar cualquier dotación para imprevistos, habría de representar precisamente el 75% del monto total correspondiente a ese rubro, una vez dotado de esas mismas reservas.

3. Aplicar una disminución del 25% en el volumen de producción anticipado, ajustando, por ello, al 75% el rubro de los costos variables de producción.
4. Determinar si el proyecto es capaz de permitir la recuperación virtual de las inversiones de activo en un periodo de entre 4 y 6 años, sobre la base, de que

genere algún margen positivo residual aplicable también a posibles imprevistos adicionales o destinado, en su caso, a ampliar utilidades del negocio.

2.3. La aplicación del método.

Cumplidas las anteriores especificaciones del método, el proyecto habrá de ser sometido a prueba, en términos de establecer:

- a) Si el proyecto, una vez dotado de las reservas para imprevistos en los renglones de las inversiones de activo, al nivel del 25% de la suma total correspondiente a ese rubro, y ajustado su volumen de producción, a sólo el 75% del previsto por los promotores, es capaz de lograr la plena recuperación virtual de las inversiones, entre el 4º y 6º año de operaciones; ello, tras de someterlo primero a prueba, sobre la base de 4 años y si se encontrara necesario, repitiendo el ejercicio en base a 6 años, con lo que se habrá podido identificar la posición relativa del proyecto en cuanto a su capacidad para recuperar las inversiones así concebidas.

- b) Si en adición a lo anterior, el proyecto todavía exhibiera recursos remanentes, estos servirían para encarar variaciones aún más adversas en el volumen y valor de la producción, cualesquiera que fueren las causas mediatas o inmediatas de esas posibles desviaciones adicionales. En todo caso, de existir dicho margen, ello significaría una característica muy favorable del proyecto, en forma tanto más significativa cuanto mayor fuere la magnitud del mismo. En la práctica, éste vendría a acrecentar las utilidades netas del negocio, en tanto no fuere requerido para encarar las posibles desviaciones señaladas, con efecto adverso en la economía del proyecto.

Se entenderá que en cualquier caso, el proyecto sometido a prueba habría generado recursos suficientes entre el 4º y 6º año de operación, para haber hecho posible:

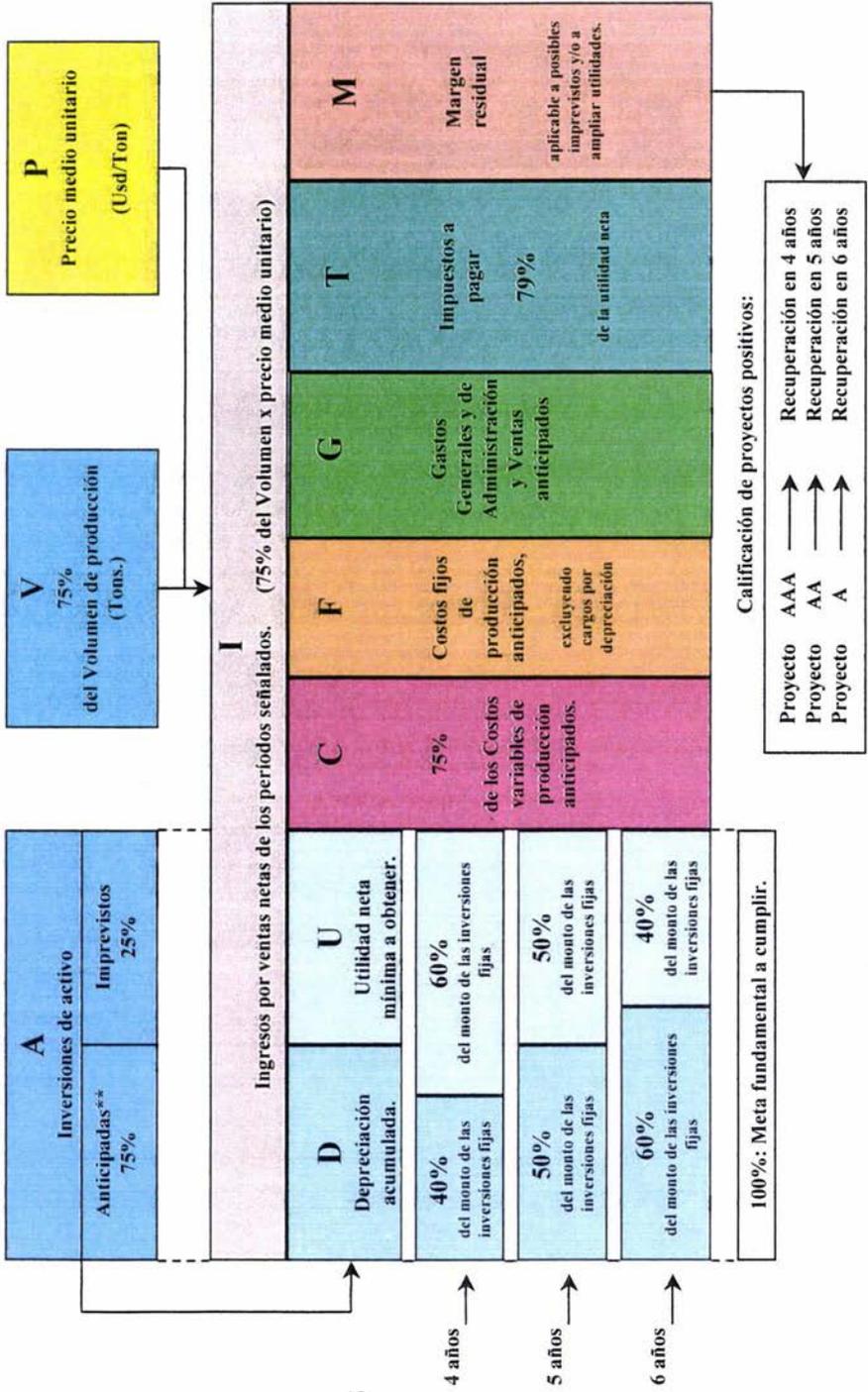
- i) cubrir con la debida amplitud los costos de producción y los gastos de administración y ventas, así como los montos correspondientes a la depreciación fiscal de las instalaciones, acumulada durante el período correspondiente (entre el 40% a 60% de la depreciación total, según el caso);
- ii) producir utilidades netas durante ese período, en monto no inferior al necesario para lograr la plena recuperación virtual de las inversiones de activo, al sumar esas utilidades al monto de la depreciación acumulada en el período respectivo;
- iii) generar, asimismo, los recursos necesarios para cubrir adecuadamente los impuestos correspondientes a la operación en el período de referencia;
- iv) exhibir un remanente de ingresos, que en su caso pueda utilizarse, en alguna de las aplicaciones señaladas en párrafo anterior.

Corresponde señalar también que el mismo método permite apreciar si el período de recuperación pudiera resultar en la práctica, menor a 4 años o mayor a 6, ello, a juzgar por la magnitud de los ingresos remanentes, positivos o negativos, según el caso. Se entenderá que un proyecto que pudiera cumplir con ese objetivo, en un período de entre 4 y 6 años, habría de considerarse como muy satisfactorio y merecedor de apoyo financiero. En términos prácticos, un período de recuperación no superior a 4 años pudiera considerarse como el más eficiente (triple A), en tanto que el que requiriese de no más de 6 años, podría ser clasificado como proyecto A, todavía con muy buen comportamiento, en el marco del tratamiento aplicado.

El siguiente diagrama gráfico muestra las relaciones que guardan entre sí las variables fundamentales de un proyecto dado, sometido a evaluación siguiendo el método reseñado en el presente capítulo.

DIAGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECONÓMICO DE PROYECTOS INDUSTRIALES.*

Base para el cálculo: Cifras acumuladas en los períodos señalados de operaciones.



* En función de su capacidad para generar recursos suficientes que licieran posible la recuperación de las inversiones en los 4 primeros años de su operación, así como del margen residual de ingresos que viera a exhibir, destinable a cubrir riesgos inherentes y/o a ampliar utilidades netas.
 ** El monto anticipado para inversiones fijas debe representar el 75% del monto total destinado a ese rubro, a fin de contar con el 25% remanente para imprevistos en ese renglón específico, arbitrariamente elegido, como condición de aplicación universal a todos los casos.

2.3.1. Algunas precisiones en torno a las variables fundamentales del Método desarrollado.

Inversiones de Activo.

Como quedó previamente señalado, el renglón de las inversiones de activo debe incluir en los términos del Método un 25% para imprevistos, como medida de protección, ante la posibilidad de que en la práctica, el nuevo negocio se vea precisado a incrementar sus inversiones, sin contar para ello con reservas apropiadas. En ese caso, podrían presentarse serios trastornos que afecten la producción y, en su caso, las especificaciones de los productos; todo ello, con efecto adverso en la rentabilidad del negocio. Esta es por ello una condición uniformemente aplicada a todos los casos objeto de examen.

Las aportaciones para cubrir el referido monto de inversiones de activo son recuperables, en términos fiscales, a través de la depreciación. Las destinadas a capital de trabajo, son de carácter revolvente, y constituyen una parte del capital total del negocio. Corresponde calcular este rubro, en base a los requerimientos propios del proyecto industrial que se somete a evaluación, cálculo que deberá quedar reflejado, con el debido detalle, dentro de la estructura de costos anticipados. Sin embargo, su carácter revolvente y la condición considerada de recursos a valor constante, hacen innecesario que se le incluya dentro de las variables sujetas a cambio, en los términos del método.

Volumen de Producción.

Evidentemente, los niveles de aprovechamiento de la capacidad de la planta habrán de constituir un parámetro fundamental de la factibilidad y eficiencia del proyecto. Si bien resulta con frecuencia difícil que desde el primer año de operaciones, ya se esté observando un aprovechamiento intensivo de la planta, la

experiencia muestra que la producción tiende a elevarse en forma muy significativa, de año a año, durante sus primeros años de operaciones, para más adelante exhibir una tendencia a incrementos menores, relativamente sostenidos. Una capacidad residual suficientemente amplia, a partir del sexto año de operaciones, habría de permitir ampliar la producción en forma sostenida en el resto del período de depreciación fiscal, el que, sin embargo, no es objeto de consideración dentro del método. Cabe observar que de poder lograrse un aprovechamiento sustantivo durante los 6 primeros años, ello pudiera obligar a ampliar la planta en el corto plazo, lo cual significaría en buena medida, falta de previsión de su más probable comportamiento en el mercado, y la necesidad de incurrir en nuevas inversiones, con implicaciones económicas que, en su caso, pudieran resultar más adversas, que las que habrían derivado de la elección de una planta de mayor capacidad, antes de iniciar el negocio.

Si bien el método considera el grado de aprovechamiento de la capacidad de la planta, que especifique el promotor para cada año sucesivo, cabe observar que para el caso de muchas plantas pequeñas y medianas, éste suele ubicarse, en los primeros 6 años, en una capacidad de diseño aprovechada que rara vez impide continuar ampliando la producción por insuficiencia en la capacidad de diseño.

Los precios de los productos.

Los precios unitarios de los distintos productos en el mercado y su relación con el volumen de producción alcanzado para cada uno de ellos, resultan también fundamentales, atenta su significación económica y deben ser igualmente precisados con el mayor cuidado.

Evidentemente, los ingresos obtenibles por la venta de los productos deberán ser ampliamente suficientes como para poder ir afrontando los costos y gastos inherentes a la operación del negocio, a lo largo del tiempo y permitir, asimismo, la recuperación de las inversiones.

Corresponde señalar que el cálculo correcto del precio medio ponderado de los productos resulta crítico, para poder advertir el efecto del valor agregado de cada uno de ellos, en la economicidad del negocio.

La comprobación de los precios en el mercado para los productos objeto de fabricación suele ser un dato obtenible en forma confiable, en tanto que el volumen de producción y la contribución marginal de cada producto, puede resultar de más difícil estimación, salvo a través de investigación de mercado apropiada, que conduzca al conocimiento de las fluctuaciones que puedan tener lugar en los niveles esperables.

Ingresos durante los primeros años.

Los ingresos generados en los primeros años de operación corresponden a la suma de los volúmenes de cada uno de los tipos de producto que serán objeto de fabricación, considerando para ellos, el precio medio unitario correspondiente a los mismos. Un valor medio debidamente ponderado se utiliza en los cálculos a realizar, conforme al método.

Depreciación.

La depreciación acumulada en el período de cuatro a seis años de operación, suponiendo a ésta para fines únicamente del método, corresponde a un monto de entre el 40% y 60% del de la plena depreciación fiscal, a razón del 10% anual. El cálculo se efectúa determinando primero el monto total de los renglones relativos a las inversiones fijas, incluyendo la obra civil (naves y otros) que generalmente deben ser depreciadas a razón de una tasa anual del 5%; ello, en contraste con lo aplicable a la mayoría de la maquinaria y equipo, al que suele corresponderles un régimen del 10% anual (éste varía en lo referente a determinados equipos auxiliares). Por lo que hace a los equipos anticontaminantes, estos tienen una

depreciación del 100% anual. Por esta razón, la depreciación puede variar año con año, pero para efectos del método, se consideró una depreciación acumulada de la magnitud señalada, y acumulada en el período que corresponda dentro del lapso de 4 a 6 años.

Utilidad necesaria para hacer posible la recuperación de las inversiones.

En los casos positivos, los ingresos generados durante el período que se examine (entre 4 y 6 años), no sólo permiten satisfacer la condición de lograr la utilidad neta indispensable a fin de poder garantizar la recuperación virtual de las inversiones, en ese mismo período, sino que hacen posible la obtención, dentro del mismo, de un remanente que mejore en alguna medida el potencial del proyecto, objeto de identificación, conforme al método.

Costos de Producción.

Por lo que hace a los costos de producción, tanto los fijos como los variables, deberán ser analizados con extremo cuidado. Los de carácter variable se referirán principalmente a: i) las materias primas requeridas para la fabricación de los productos, ii) la mano de obra directa inherente al proceso productivo, iii) Los insumos por el concepto de los servicios requeridos, tales como agua, energía eléctrica, combustible, etc. y iv) los relativos a mantenimiento y otros relacionados.

Gastos Generales.

En este rubro se deberán considerar todos los gastos no incorporables directamente al rubro de la producción y a la administración y ventas, tales como los de carácter supervisorio por áreas y departamentos de operación, así como los relativos a la intervención de servicios externos (seguridad, vigilancia, limpieza y

varios más), y los originados en investigaciones de mercado u otros conducentes a la optimización del sistema productivo, con miras a una mejor manejo y penetración en los mercados de interés.

Gastos de Administración y Ventas.

De acuerdo con lo previsto en el método, la dotación de recursos destinados a este renglón habrá de ubicarse en el nivel señalado por los promotores (generalmente del orden del 10% de los ingresos previstos), en congruencia con los niveles observados en diversos tipos de empresas industriales. En este renglón se incluye el personal administrativo de manejo y supervisión de las operaciones comerciales y de distribución, así como los inherentes a esas mismas operaciones.

Los impuestos inherentes a la operación.

El impuesto sobre la renta aplicable (ISR) a la utilidad bruta habrá de ubicarse en el 34%, en tanto que el correspondiente a la participación de utilidades (PTU), en el 10%, lo que da lugar a un total de 44% de impuestos. Al configurarse el marco de referencia en base a la utilidad neta, el impuesto significará, entonces, un 79%, de ésta aproximadamente.¹

Margen residual

El método permite anticipar que los proyectos de mayor mérito relativo, con menor riesgo y mayor eficiencia financiera, habrán de mostrar una mejor aptitud para no sólo cumplir con el objetivo de permitir la plena recuperación de las inversiones en el período correspondiente, sino generar además suficientes ingresos

¹ Este porcentaje se deriva de la siguiente ecuación: Utilidad bruta - impuestos = Utilidad neta. Impuestos = 0.44(Utilidad bruta). Utilidad neta = 0.56(Utilidad bruta). Utilidad bruta = Impuestos/0.44. Utilidad bruta = Utilidad neta /0.56. Impuestos / 0.44 = Utilidad neta/0.56. Impuestos = (Utilidad neta) 0.44 /0.56. Impuestos = Utilidad neta (0.7857) = 78.5% de la utilidad neta.

remanentes, aplicables, en su caso, a requerimientos imprevistos adicionales, o bien, acrecentar la utilidad del negocio, como ya quedó señalado. Este remanente deberá ser estimado con la mayor precisión posible, ya que será determinante para lograr una calificación certera del proyecto, en los términos del método.

2.4. Procedimiento para la calificación de los proyectos sometidos al Método.

Cuando el proyecto sea incapaz de cumplir con el primer cometido de la plena recuperación de las inversiones, en el período de 4 años, en las condiciones señaladas, dicho proyecto deberá entonces someterse a prueba, sobre la base de 5 y 6 años, con lo cual el evaluador podrá identificar el potencial del proyecto en los términos de la calificación A, doble A y triple A, como quedó descrito. De no resultar suficientemente positivo en los términos señalados, el proyecto tendría que ser reformulado por sus promotores, introduciendo los mecanismos que resultaran conducentes a mejorar su eficiencia intrínseca. Ello, pudiera significar cambios en los procesos, el empleo de materias primas alternas y/o mediante incrementos en los volúmenes de fabricación hasta donde ello resultara factible, tras del estudio minucioso de mercados adicionales.

CAPITULO III.

EL SEGMENTO DE LA INDUSTRIA DE LA MOLIENDA DE MINERALES, DEDICADO A LA PRODUCCION DE CARBONATO DE CALCIO, DE DIVERSAS ESPECIFICACIONES, ELEGIDO PARA LOS PROPOSITOS DE LA ILUSTRACION DEL METODO.

Una vez definidas las bases del método, se procedió a examinar el gran sector de la pequeña y mediana industria, con miras a elegir un determinado segmento de dicho sector, integrado por grupos de empresas de índole y propósito similar, que pudieran convenientemente considerarse para ilustrar la aplicación de método.

La estructura y comportamiento de las empresas, dentro de ese segmento, permitirían observar los parámetros fundamentales de su operación, y contar con información técnica, económica y de mercados, con la cual pudiera integrarse un marco de referencia apropiado para la evaluación de casos específicos, formulados ex-profeso.

Con ese propósito, se examinaron varios segmentos de la pequeña industria en los que operan simultáneamente distintas empresas en el país, de índole relativamente similar. La existencia de diversas plantas en México, con similitudes advertibles entre ellas, que muelen materiales minerales, y en particular las dedicadas a la molienda de piedra caliza, parecieron muy apropiadas para ilustrar la aplicación del método, razón por la cual este segmento en particular, fue el elegido con ese fin.

El cuadro que se muestra en la página siguiente, permite advertir los diversos productos minerales que son objeto de molienda, dentro del cual aparece el grupo elegido de empresas, dedicadas a la producción de Carbonato de Calcio, partiendo de piedra caliza. Cabe señalar que además de los materiales citados

Cargas minerales	Usos Industriales
• Asbestos*	Losetas, plásticos, asbesto-cemento, productos aislantes, materiales de construcción y productos de línea hidráulica y drenaje.
• Barita	Hules, pinturas y uretanos.
• Bentonita	Pesticidas, aglomerados (pellets), asfaltos y detergentes.
• Caolín	Papel, pastas cerámicas, pinturas, adhesivos, textiles, plásticos, hules, tintas y pesticidas.
• Cemento Pórtland	Concretos asfálticos, pavimentación y otras composiciones.
• Diatomita	Pinturas, papel, plásticos, pesticidas, cementantes y en la mayoría de usos como carga.
• Feldespato	Pinturas, plásticos y hule espuma.
• Mica	Productos para techados en seco, juntas de cemento, pinturas base agua, hules, plásticos y papel tapiz, y otros.
• Perlita	Pinturas, lodos de perforación, relleno suelto y plásticos, y otros,
• Piedra Caliza en polvo	Asfaltos, fertilizantes, insecticidas, pinturas, papel, hules, adhesivos, plásticos, y muchos otros.
• Piedra pómez	Estucos, yeso y pinturas, y otros.
• Pirofilita	Insecticidas, techado asfáltico, pinturas, plásticos y cajas para baterías.
• Pizarra	Techado, selladores, linóleo para asfaltos, pinturas y hule duro.
• Polvo de roca	Compuestos asfálticos y diversos usos como carga barata.
• Sílice	Pinturas, bitúmenes, moldes de fundición, etc.
• Talco	Pinturas, insecticidas, techado hules, asfaltos, papel, cosméticos y textiles.
• Tierra Fuller	Pesticidas, principalmente; también en productos grasos y papel, en menor grado.
• Vermiculita	Fertilizantes, pesticidas y arena para macetas.
• Yeso	Placas para muros, pinturas, papel, laminados de algodón y pesticidas.

en cuadro, diversos otros como los cuarzos, granitos, basaltos, mica, wollastonita, dolomita y diversas escorias de valor comercial, utilizan también determinados

* Cada vez menos usados, en razón a implicaciones adversas para la salud (fibras que afectan vías respiratorias y otras)

procesos similares de molienda en seco, así como otros procedimientos complementarios, en húmedo, e incluso posibles tratamientos químicos especializados, con el fin de mejorar la calidad y el valor agregado de los productos.

En efecto, este examen permitió advertir el mérito que tendría enfocar el estudio al segmento de las empresas dedicadas a la molienda de piedra caliza, para la producción de diversos tamaños de partícula del material, productos que se ofrecen en el mercado, como Carbonato de Calcio de varias especificaciones. Estos productos son del interés de muy diversas industrias usuarias; que los utilizan como cargas destinadas a recubrimientos para papeles y en la elaboración de plásticos, pinturas y otras muchas aplicaciones, a las que esos materiales minerales les imparten determinadas características estructurales, funcionales y/o de acabado. Algunas de ellas no sólo muelen piedra caliza, abundante en el país, sino otros materiales de distinto uso industrial, como los caolines, feldespatos, arcillas y varios más, del interés sobre todo de la industria cerámica, aprovechando para ello, esencialmente el mismo equipo.

3.1. Especificaciones técnicas.

Dependiendo de la industria usuaria, las cargas incorporadas pueden modificar alguna o varias de las siguientes propiedades:

- Costo
- Propiedades ópticas (color, brillo, apariencia, entre otros)
- Resistencia química
- Densidad
- Dureza, fragilidad y resistencia al impacto
- Resistencia a la abrasión
- Conductividad eléctrica
- Características físicas y mecánicas
- Viscosidad, punto de reblandecimiento y de deformación
- Retardancia al fuego
- Propiedades térmicas
- Contribución al proceso de manufactura
- Textura y suavidad.
- Características de flujo

Existen especificaciones particulares para estos muy diversos materiales, según los usos a los que se les destina. Dependiendo de la aplicación de que se trate, los materiales deben exhibir determinadas características físicas y químicas, todos ellos confrontando distintos requerimientos en lo relativo a las inversiones de activo y costos de proceso, para diversos volúmenes de producción anual. Las especificaciones de cada tipo de material pueden precisarse en términos de las establecidas por la ASTM* y la AASHTO** así como de otras a nivel mundial. En la actualidad estos productos se encuentran apegados a especificaciones internacionales establecidas en normas, como la ISO 9000.

Las pruebas y especificaciones más comunes están relacionadas con la blancura, brillo, dureza, tamaño, porosidad y forma de las partículas, resistencia a la compresión; y a la abrasión, así como con su composición y pureza química y otras características de mérito.

3.2. El desarrollo de marco de referencia apropiado para la evaluación de casos específicos.

En lo que hace al proceso aplicado a la piedra caliza, que se describe ampliamente en el Capítulo 5, resulta de interés consignar que en la base de su operación se tiene la explotación de los yacimientos, de los que se obtienen, mediante explosivos y/o equipo de rupturación y quebrado, grandes rocas que suelen ser transportadas a la planta de molienda, frecuentemente en ubicación aledaña, pero en ocasiones, también, a distancia considerable del yacimiento. Dichas rocas son sometidas a los procesos mecánicos correspondientes, hasta obtener diversas granulometrías que ya hacen posible su empleo como cargas minerales u otros usos. En el caso de las plantas que procesan piedra caliza, por

* American Society of Testing Materials

** American Association of State Highway and Transportation Officials

ejemplo, el producto de mayor tamaño derivado de la trituración, sólo resulta apto para algunas aplicaciones y usos en industrias como la de la construcción. Estos materiales gruesos suelen exhibir un bajo precio unitario; en tanto que los de mayor precio relativo son los obtenidos por molienda fina, y en su caso, llevados a pulverización, para lograr la condición de material impalpable, sujeto a diversas especificaciones.

En efecto, en el caso de las explotaciones a base de piedra caliza, para los propósitos señalados, los productos de tamaño de partícula muy fina son de suyo los que contribuyen a lograr una mayor eficiencia económica y a mejorar el aprovechamiento de la capacidad de la planta. En estos proceso de molienda se utilizan, generalmente, procedimientos mecánicos con objetivos técnicos similares, si bien empleando equipos de variados diseños y especificaciones, procedentes de muy diversas empresas fabricantes de equipo a nivel mundial, para diversas capacidades y operaciones especializadas.

Para el diseño de las plantas de referencia, se parte generalmente de experiencias previas, así como de determinados supuestos razonables, derivados, en parte, del análisis y pruebas físicas aplicados a las materias primas de interés. El estudio previo del proyecto, por parte de sus promotores, suele resultar conducente a anticipar los costos unitarios de extracción y molienda, y a establecer el orden de magnitud de los montos destinados a las inversiones, a diversas capacidades de operación.

En la práctica, los materiales relativamente blandos suelen plantear menores inversiones en equipo que los correspondientes a la molienda de materiales muy densos, de marcada dureza. Los costos de mantenimiento pueden, en ocasiones, también diferir en forma muy importante, dependiendo también de las características de los materiales objeto de proceso, dado el distinto grado de desgaste que sufren los elementos metálicos que intervienen en la molienda (equipo de discos, martillos y varios más). La distancia de la mina a la planta

productora y la que prive entre ésta y los mercados de consumo, tendrán asimismo, un impacto económico que varía significativamente de proyecto a proyecto.

Estos diversos puntos son de particular importancia al considerar la integración del marco de referencia. En particular el relativo a las inversiones de activo, en las que se sustentan el tamaño de las instalaciones y los equipos y demás elementos que integran la planta, resulta de la mayor significación. Con esa información se podrán observar las diferencias entre las distintas plantas, en lo que toca a la relación entre el costo de las inversiones de activo y los volúmenes de producción obtenibles. También podrá observarse, como los costos fijos tienden a diluirse y a perder significación conforme se incrementa la capacidad efectiva de las instalaciones y su grado de aprovechamiento. Se observará cómo estas relaciones tienden a disminuir en forma cada vez más significativa, conforme se incrementa la capacidad aprovechada de la planta y disminuyen asimismo, los cargos de depreciación, por tonelada de producto fabricado.

En estos términos, el Marco de referencia debe integrarse con información alusiva a plantas de varias capacidades, tomando como base los niveles de producción anual observables en el escenario de las industrias pertenecientes a ese segmento industrial. De esta manera, podrá precisarse la posición competitiva de los negocios, entre sí, y clasificarlos según sus capacidades específicas, y su incidencia relativa en los mercados de acceso.

Cabe señalar que el segmento industrial de las medianas y pequeñas industrias, dedicadas a la fabricación de productos de molienda de determinados minerales de uso industrial, como la piedra caliza, muestra la existencia de plantas de muy diversos tamaños y grados de desarrollo tecnológico y comercial. Asimismo, no es excepcional encontrar plantas similares en tamaño; con muy distintos niveles de inversión, ello, sobre todo por la incorporación de equipos usados, de bajo precio

residual, en combinación con equipos nuevos de producción local o de importación.

Como sería de anticiparse, en las plantas de mayor capacidad, el efecto de la depreciación por tonelada producida tiende a ser menor que en el caso de las plantas medianas y pequeñas, lo cual suele significar una importante ventaja de las plantas grandes, ya que ello suele traducirse en un mejor margen de operación y en la posibilidad de penetrar a menores costos relativos, en los mercados de acceso.

Atenta la circunstancia de que aún en el caso de plantas, de estructura y operación similares, no siempre se observa una relación específica entre el monto de las inversiones y la capacidad efectiva de la planta industrial, se hace necesario examinar dicha capacidad, con el debido detalle, así como el verdadero grado de aprovechamiento de las instalaciones, que se hubiere previsto para los diversos productos objeto de manufactura.

Un monto de inversión que resultara significativamente superior al correspondiente a otras plantas de índole y propósito similar, podría repercutir adversamente en la economía del negocio, salvo que los volúmenes de producción fueren congruentes con esa mayor inversión, y/o que la planta produjera volúmenes significativos de productos de mayor valor agregado, que vinieran a compensar esa relación insatisfactoria entre el monto de la inversión y la capacidad aprovechable; en ambos casos, a condición de que esa mayor producción pudiera también ser adecuadamente colocada en los mercados de acceso.

Se comprenderá que una planta dedicada a la producción de materiales de bajo precio unitario, sólo resulta concebible a través de una elevada capacidad de producción, y en posibilidad de contar con mercados, a distancias accesibles, ya que de lo contrario, el proyecto estaría mostrando limitaciones para lograr el

objetivo de una generación amplia de ingresos, suficiente para cubrir costos y gastos y permitir, asimismo, la plena recuperación de las inversiones, durante sus primeros años de operación. Evidentemente, una planta en esa situación habría de buscar la posibilidad de fabricar algunos productos de mayor valor agregado, para no depender únicamente del volumen de fabricación de los productos de menor precio relativo, con escaso margen, como medio para lograr una mayor eficiencia operativa.

El marco de referencia debe incluir en forma actualizada también, los costos de los materiales y de los servicios (electricidad, agua, etc.), y los precios vigentes en los mercados para los productos, así como los costos de acceso y transporte a los mercados de interés. Dentro de dicho marco deben incluirse asimismo, los costos probables de la mano de obra requerida, los correspondientes al mantenimiento de los equipos y cualesquiera otros que originen costos de operación. Evidentemente, toda esta información habría de ser considerada, tanto para formular adecuadamente un proyecto dado, como para realizar su evaluación, cualquiera que fuere el método a seguir para ese propósito.

Conforme a lo anterior, el propósito de integrar un marco de referencia específico, aplicable a una industria en particular, no sólo resulta de mérito para el análisis de esa industria, sino también desde el punto de vista de poder apreciar el comportamiento de otros proyectos industriales con determinadas características similares, con fines comparativos.

CAPITULO IV.

APLICACIÓN DEL METODO AL CASO DE PROYECTOS ESPECIFICOS

4.1. Información relativa al sector de empresas dedicadas a la fabricación de carbonato de calcio.

La investigación realizada en torno al sector de referencia, como parte del presente trabajo, que se presenta por separado en Capítulo 5, tuvo como propósito describir el tipo de información que el promotor de un proyecto debe recabar para fundamentar adecuadamente la formulación de su proyecto; ello, con apego a un marco de referencia, que como quedó señalado, debe ser integrado por el propio promotor, que incluya los diversos datos y demás elementos requeridos para ese propósito.

En lo que hace a los principales pasos del Método objeto de desarrollo, estos se mantienen los mismos para cualesquiera tipos de industrias que se desee examinar; sin embargo, resulta muy valioso contar con información genérica del sector dentro del que se suscita el caso, para facilitar la adecuada ponderación de las variables económicas en juego y para disponer de criterios en torno a las implicaciones prácticas de cambios dimensionales en los factores de influencia económica.

4.2. El catalogo de costos, gastos y precios unitarios.

En el formato que se presenta a continuación se desglosan cada uno de los renglones fundamentales del proyecto objeto de examen, formulado para los fines de ilustrar el Método objeto de desarrollo.

CATÁLOGO DE COSTOS, GASTOS Y PRECIOS

a. Inversión total (USD).

Activos fijos (USD):	
Equipo de proceso	
Nave y otras obras civiles.	
Instalaciones de servicios.	
Gastos Preoperatorios y de Estudio	
Total Inversión fija:	
Capital de trabajo (USD).	

b. Corresponde al Grupo Promotor informar el origen de los diversos equipos y demás bienes requeridos, así como en relación con los diversos fabricantes de esos equipos:

El grupo promotor se servirá aclarar, también, las condiciones y precios individuales de los equipos, ya fueren nuevos o usados, referencias de los fabricantes, así como los elementos de juicio disponibles que llevaron al grupo promotor a la conclusión de la idoneidad de los mismos, su vida útil y cualquier limitación que deba tomarse en consideración por su posible efecto en la economicidad del proyecto.

c. Estructura del Financiamiento:

Concepto	Monto expresado en USD	% de la inversión total
Recursos propios		
Crédito Nacional		
Crédito Extranjero		

d. Periodo de recuperación previsto de la inversión total del proyecto (Meses).

e. Capacidad Instalada de la planta (USD/Año) _____.

f. Capacidad aprovechada de la planta (USD/Año) _____.

g. Características de los productos:

Producto:*	Tamaño de partícula (micras)	Precios unitarios para mercado nacional (usd/ton)	Precios unitarios para mercados internacionales (usd/tons)	Capacidad de producción de la planta según tipos de producto (tons/año)
a.				
b.				
c.				
d.				

* Si esta estructura difiere a la del proyecto, favor de presentar en anexo los tipos de producto, características y su proporción relativa.

g. Volúmenes de producción previstos (Tons./año)

Producto:*	Año 1	Año 2	Año3	Año4.
a.				
b.				
c.				
d.				

h. Estructura de costos y gastos de operación previstos por grupo promotor (USD).

Concepto / año.	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Costos unitarios variables.				
Materia prima				
Mano de obra				
Energía eléctrica				
Regalías				
Suministros de operación				
Costos fijos de producción				
Depreciación				
Imp. sobre la propiedad				
Seguro de planta				
Mantenimiento				
Imprevistos				
Gastos de operación				
Gastos. de administración				
Gastos de ventas				
Fletes				
Publicidad				
Comisiones.				
Gastos de Distribución				
Gastos de Inv. y desarrollo				
Gastos financieros				
Otros				
Total costos y gastos				
Costo de venta unitario				

4.3. Casos Prácticos sometidos a prueba, conforma a las bases del método desarrollado.

A continuación se presentan las formulaciones típicas de casos de proyectos de producción de carbonato de calcio, que tomaron en cuenta datos específicos de empresas en operación.

Caso 1

Para 4 años

Inversiones Fijas Anticipadas (Usd):	\$4,000,000	Costos variables de producción anticipados en los primeros 4 años (Usd):	\$17,800,000
Volumen de Producción Anticipado en los primeros 4 años (Tons.):	210,000	Costos fijos de producción anticipados en los primeros 4 años (Usd):	\$460,000
Precio Medio Unitario (Usd/Ton.):	\$125	Gastos de operación anticipados en los primeros 4 años (Usd):	\$5,427,000

Inversiones Fijas Ampliadas (Usd): (Inversiones anticipadas/0.75)	\$5,333,333	Costos variables de producción modificados (Usd): (Costos var. anticipados x 0.75)	\$13,350,000
Volumen de Producción modificado (Tons.) (Volumen anticipado x 0.75):	\$157,500	Impuestos a pagar en el periodo (79% de la utilidad neta) (Usd):	\$2,528,000
Ingreso neto por ventas (Usd): (Volumen de producción x precio)	\$19,687,500	Margen residual aplicable a posibles imprevistos y/o a ampliar utilidades:	-\$1,983,833
Depreciación acumulada durante el periodo: (40% de las inversión fija) (Usd)	\$2,133,333	Relación entre el margen residual y los ingresos (Margen residual / Ingresos)	-10.08%
Utilidad neta a obtener durante los primeros 4 años: (60% de las inversión fija) (Usd)	\$3,200,000		

Resultado: No pasa por ser el margen residual negativo.

Para 5 años

Inversiones Fijas Anticipadas (Usd):	\$4,000,000	Costos variables de producción anticipados en los primeros 5 años (Usd):	\$23,500,000
Volumen de Producción Anticipado en los primeros 5 años (Tons.):	278,000	Costos fijos de producción anticipados en los primeros 5 años (Usd):	\$575,000
Precio Medio Unitario (Usd/Ton.):	\$125	Gastos de operación anticipados en los primeros 5 años (Usd):	\$7,167,000

Inversiones Fijas Ampliadas (Usd): (Inversiones anticipadas/0.75)	5,333,333	Costos variables de producción modificados (Usd): (Costos var. anticipados x 0.75)	17,625,000
Volumen de Producción modificado (Tons.): (Volumen anticipado x 0.75)	208,500	Impuestos a pagar en el período (79% de la utilidad neta) (Usd):	\$2,106,667
Ingreso neto por ventas (Usd): (Volumen de producción x precio)	\$26,062,500	Margen residual aplicable a posibles imprevistos y/o a ampliar utilidades:	\$422,500
Depreciación acumulada durante el período: (50% de las inversión fija) (Usd)	\$2,666,667	Relación entre el margen residual y los ingresos (Margen residual / Ingresos)	1.62%
Utilidad neta a obtener durante los primeros 4 años: (50% de las inversión fija) (Usd)	\$2,666,667		

Resultado: Al ser el margen residual positivo en la prueba de los 5 años, el proyecto se considera AA.

CAPITULO V.

INFORMACION RELATIVA AL SEGMENTO DE EMPRESAS DEDICADAS A LA FABRICACION DE CARBONATO DE CALCIO.

5.1. El proceso de molienda del Carbonato de Calcio, a partir de piedra caliza.

El desarrollo del marco de referencia, de aplicación múltiple para el caso de materiales inorgánicos de muy diversas naturalezas y composición, puede ser sustentado, en buena medida, en la estructura técnico-económica típica de la fabricación de carbonatos de calcio, de diferentes granulometrías. El proceso aplicado a la piedra caliza es utilizado en prácticamente todo el mundo, y los productos de su molienda son ampliamente utilizados en el mercado para distintas aplicaciones.

En el presente capítulo se incluyen los diferentes procedimientos y equipos utilizados con mayor frecuencia en la molienda de piedra caliza para obtener el referido carbonato de calcio de diversos tamaños de partícula, relativamente uniformes, desde los más gruesos, hasta los más finos e impalpables, los que a su vez tienden a clasificarse en términos de su blancura y pureza química. Estos mismos equipos son también utilizados en la molienda de otros minerales que el mercado demanda, sujetos también a determinadas especificaciones granulométricas.

La gran variedad de procesos y métodos de producción utilizados presupone la existencia de muy distintos equipos y maquinaria complementaria empleados para dichos propósitos industriales. Estos equipos se seleccionan en función de su aptitud para producir los materiales, con las características específicas que demanda el mercado, según la aplicación final a la que se les destina.

Existen, en efecto, determinados procesos básicos y tipos de maquinaria, así como variantes y modalidades de los mismos, que se eligen dependiendo de sus características y precio, teniendo como meta la molienda efectiva de materiales de las más diversas durezas y otras características. Con frecuencia, influye también en esta decisión, la disponibilidad de maquinaria y equipo en el país en el que se ubica la planta, así como de refacciones y servicios para su instalación, ajuste, mantenimiento y reparación.

El proceso básico consta, generalmente, de varias operaciones sucesivas: a) extracción en mina o cantera de rocas en trozos grandes mediante perforación y explosión o por equipo de rupturación, b) quebrado o molienda primaria, c) molienda secundaria o fina y d) pulverización. Mediante clasificación posterior a cada operación mencionada, se logra separar el material de interés y regresar al sistema la porción gruesa que aún requiere de mayor molienda, como se describe en el diagrama del cuadro 1.

5.1.1. Quebradoras.

El quebrado o molienda primaria se hace necesario cuando la materia prima que se somete a proceso es de tamaño grande y debe reducirse a tamaños más pequeños, empleando para ello equipos tales como trituradoras, quebradoras de martillos, quebradoras de quijadas, quebradoras de rodillos dentados y otros medios ampliamente arraigados en la industria.

La **quebradora de martillos** es, principalmente, utilizado para materiales de dureza media. Consiste en un eje central del cual cuelgan, libremente los martillos, y realiza una operación muy sencilla; el flujo comienza en la tolva receptora de materia prima, de donde se conduce el material a la parte superior de la tolva, los trozos de piedra caen por gravedad alcanzando el área de giro de los martillos, los cuales las golpean lanzándolas contra una placa de impactos. De ahí, y por efecto de la acción mecánica, dichos trozos son de nuevo lanzados

contra los martillos. Después de haber sufrido el segundo impacto de los martillos, el material queda desplazado a 180° en relación con el eje de la entrada del molino, localizándose en la parte inferior de la cámara, de donde se descarga el material por gravedad. En esta zona de descarga, existe un sistema de clasificación gravitacional de rejilla, frecuentemente formada con barras cuadradas que guardan cierta separación entre sí. Cuando los trozos de piedra son más grandes que la distancia entre las barras, no logran pasar y son rechazadas hacia los martillos, contra los que se impactan de nuevo hasta reducir su dimensión. Para operar esta quebradora, son necesarios motores, con frecuencia, de 30 Hp o mayores, para accionar adecuadamente los juegos de discos, los cuales están sujetos por medio de flechas independientes. Además, es necesario otro motor para mover la banda alimentadora de tablillas (2 o 3 Hp, dependiendo de la marca, modelo y otros factores). La transmisión de ambos motores no es directa, y se realiza mediante sistemas reductores de velocidad.

La finura del producto se controla con la separación entre las barras de la rejilla del clasificador. Dependiendo de la finura y del tipo de materia prima que se maneje, el equipo podrá ajustarse para operar a la velocidad de alimentación que se requiera. De dichas posibilidades de ajuste dependerá que pueda ser seleccionado para los fines descritos.

La **quebradora de quijadas** es una de las unidades más simples y menos costosas de entre los equipos destinados a la ruptura del material, y consiste en un plato de acero contra el cual una quijada, también de acero, ejerce presión, impartiendo mediante una leva, una combinación de deslizamientos y movimientos recíprocos. La máquina quiebra los materiales de mayor tamaño y más resistentes a la acción mecánica. Un tornillo de ajuste regula el tamaño de las partículas deseado.

La **quebradora de rodillos** se emplea, principalmente como una alternativa de los equipos señalados, pero con frecuencia interviene en segunda instancia

para reducir los trozos de piedra de tamaño medio, a material aún más pequeño, y por ello interviene en el proceso, tras de que el material ya ha sufrido una primera ruptura en la quebradora de quijadas. Los rodillos pueden ser lisos o corrugados, y consisten en dos cilindros cuyos ejes se encuentran ubicados en un mismo plano horizontal, y se ajustan para que puedan ir reduciendo las partículas hasta lograr el tamaño deseado.

Las diversas operaciones sucesivas de molienda permiten finalmente ajustar el tamaño de las partículas de los materiales a las necesidades de las industrias. En cada caso, se hace necesario satisfacer determinadas especificaciones de operación para lograr tamaños de partícula específicas. Estos pueden exhibir desde varios milímetros hasta décimas de micrones, dependiendo de las características que se deseen. Esto último aunado a las propiedades específicas de la materia prima, determinará el tipo de equipo apropiado que deba emplearse.

5.1.2. Molinos.

La molienda secundaria puede ser de dos tipos: molienda húmeda y molienda en seco. La más frecuente es la molienda en seco, empleándose la húmeda cuando el material objeto de molienda debe ser lavado y/o flotado para poder liberarlo de determinadas impurezas de difícil eliminación por vía seca, o bien, para separar el material coloidal disperso en el agua. Una ventaja relativa del proceso húmedo, es la reducción significativa del desgaste del equipo ocasionado por la abrasión del material. Sin embargo, los procesos húmedos suelen ser más costosos por las operaciones adicionales que pueden involucrarse, tales como la de decantación, clasificación a través de mallas y mesas vibratorias, y centrifugación, para luego incurrir en el empleo de secadores y otros equipos, según los objetivos que en cada caso se persiguen.

Entre los equipos de molienda intermedia más comunes, destacan los molinos de rodillos, los desintegradores rotatorios, giratorios, los molinos de bolas, de tubos y barras y de guijarros. Los más de ellos se operan a base de cargas sucesivas

(Batch) o en forma continua, contando algunos con mecanismos vibratorios, paletas y cribas para realizar la clasificación que el productor requiere.

El **molino de rodillos**, es muy utilizado en estas operaciones y consiste en tres rodillos de acero que se hacen rotar a diferentes velocidades, mientras el material avanza hacia su salida, donde es separado conforme al tamaño de las partículas producidas en su interior. Mediante ajuste en la distancia entre rodillos, se logra un control de la granulometría, pudiendo así producir diversos tamaños de partículas en proporciones relativamente uniformes.

El **molino de rodillos Raymond** es uno de los más comunes en esta industria, ya que permite manejar capacidades de entre 1 a 10 toneladas por hora y aún mayores cargas, para obtener tanto partículas gruesas como finas. Además de los rodillos, suele contar con un sistema muy eficiente de recirculación de gruesos para procesar finalmente la totalidad del material reduciéndolo a finos altamente pulverizados, que son separados mediante la propia fuerza centrífuga del sistema.

Este equipo consiste esencialmente de 5 rodillos, que giran alrededor de una anillo o pista y la molienda tiene lugar entre las superficies de los rodillos y la pista sobre la que giran.

La materia prima llega a la zona de molienda a través de un alimentador tipo estrella y cae sobre la pista. Parte del material es reducido mediante prensado contra la pista por los rodillos, cayendo el resto al fondo del molino, de donde es lanzado de nuevo hacia arriba para que vuelva a ingresar a la zona de molienda. El aire caliente o frío entra tangencialmente por una serie de orificios en la parte inferior, que actúan como toberas. El material ya molido es acarreado por la corriente de aire del ventilador y se somete a la acción de un clasificador tipo Whizzer, donde las aspas lanzan las partículas gruesas a la periferia del molino, de donde caen nuevamente a la zona de molienda entre los rodillos y la pista.

El material fino que logra pasar a través del Whizzer, sale del cuerpo del molino y es llevado a un ciclón colector, donde se separa del aire para ser descargado directamente dentro de la tolva receptora del producto terminado, o bien, es enviado a un sistema complementario de clasificación neumática. El aire que sale del ciclón colector alcanza a arrastrar una pequeña parte de las partículas más finas, mismas que son recirculadas al interior del molino. El aire que circula dentro del molino puede ser siempre el mismo, salvo cuando se tengan fugas en el sistema. En el caso de que se requiera introducir aire caliente para secar materiales húmedos, entonces se hace necesario ventear constantemente a la atmósfera parte del aire y de la humedad, para evitar contrapresiones; ello, a virtud de que el molino trabaja siempre a succión. Para evitar la contaminación del ambiente, antes de ventear el aire junto con algo de humedad, se pasa este flujo a través de un sistema colector de mangas, donde se logra capturar la totalidad del polvo fino, purgándose al exterior el aire ya limpio.

La potencia del motor del molino es comúnmente de 350 Hp, mientras que el ventilador suele ser accionado por un motor de 420 Hp. El motor del alimentador es generalmente de 3.5 Hp., y el de la válvula del ciclón colector, de 1 Hp. Fuera del sistema, se encuentra un motor de 20 Hp para mover la banda transportadora que alimenta la materia prima a la tolva. Un último motor acciona el ventilador del sistema de colección de polvos, que suele ser de 25 Hp dependiendo del número de colectores instalados.

Los **molinos de bolas**, en sus diversos tipos, son adaptables a las diferentes necesidades técnicas de la molienda que en cada caso corresponde realizar. Esencialmente, consisten en un anillo o dado horizontal contra el cual se impactan las bolas del molino al girar en forma de hélice. El dado está hecho de acero al carbón, y las bolas, de acero forjado. Giran a una velocidad de 155 revoluciones por minuto, y ejercen una elevada fuerza centrífuga. El material se descarga por el alimentador y cae en una tolva receptora, situado debajo del dado; posteriormente

el material es impulsado entre las bolas y el dado mediante corrientes de aire producidas por ventiladores situados en una cámara ubicada detrás del dado. El material es pulverizado por el impacto de las bolas contra el dado, y luego sale del sistema a través de mallas. Las partículas grandes son regresadas al sistema.

El **molino de piedras** opera, principalmente, debido a la fricción provocada por numerosas piedras pétreas o de porcelana, que se mueven libremente en el interior del molino a cierta velocidad regulada mezcladas con el material que se va a procesar. Este molino requiere que dicho material se hubiere triturado previamente, debido a que no es quebradora.

El **molino de tubos** opera de forma muy similar al molino de piedras, con la diferencia de que en el primero el material a moler se alimenta por un extremo, y el producto ya molido se obtiene por el otro. La finura del producto se regula mediante el control del gasto del material al molino. Cuanto menor es la velocidad de alimentación, más fino resulta el producto molido. Consiste en un alimentador en forma de espiral, en el que los trozos de piedra avanzan hasta la zona de molienda. Después de dos o tres giros, la cantidad de material alimentado se vuelve constante. Del área de molienda, el material avanza a través de un disco perforado, en un espiral de giro invertido al que presenta el espiral de alimentación, y sale del sistema.

El **molino cónico Harding** consiste en un mecanismo en el cual los elementos de molienda se encuentran dispuestos de mayor a menor tamaño conforme se hace más angosto el diámetro del cono. El material más grueso, es sometido al impacto de los elementos de molienda más grandes, y conforme va reduciendo su tamaño, avanza hacia los elementos más pequeños, hasta que sale del sistema

Para la pulverización, pueden emplearse además de los equipos ya mencionados, los molinos periféricos de velocidad media con flechas horizontales o verticales, siendo las partes de trabajo de varios tipos como aspas, martillos, rodillos y anillo.

5.1.3. Clasificadores.

Los clasificadores se emplean para separar las fracciones del material según su tamaño. El grado de uniformidad de las partículas obtenidas en cada fracción granulométrica, es condición de calidad que debe lograrse para satisfacer las exigencias del mercado. Este es también importante para facilitar su adecuado empleo en procesos en los que esos materiales son utilizados, a su vez, como cargas, o bien, como materias primas objeto de transformación en diversas industrias. Los clasificadores pueden consistir en cribas, mallas, mesas rotatorias, separadores electrostáticos, así como mediante operaciones de centrifugación sedimentación y otros.

Después de que el material se ha triturado y molido, se debe separar en forma tal que pueda cumplir con todos los requerimientos del proceso en el cual va a ser utilizado.

Cribas: Cuando el material debe separarse conforme al tamaño de las partículas, se utilizan, frecuentemente, equipos de cribado, de los cuales se pueden encontrar distintos tipos en el mercado. El grado de finura se regula mediante el empleo de mallas, con aberturas específicas. El material va ocupando los distintos estratos sucesivos, de mayor a menor tamaño. Cada una de las charolas de cernido retendrá las partículas de mayor tamaño que la abertura correspondiente.

Lecho Fluidizado: Para separar polvo muy fino del resto del material triturado, se utilizan, con frecuencia, sistemas de flotación en aire que permiten separar a las partículas, según su posición relativa en el lecho fluidizado; ello, conforme a su densidad específica y otros factores inherentes al material. El lecho dispone de salidas laterales a diversas alturas mediante las cuales se capturan las partículas flotantes de cada nivel. El polvo más fino es elevado a los estratos superiores, en tanto que las partículas más grandes ocupan las áreas más bajas del lecho. Las

compuertas dispuestas en los diversos niveles son, generalmente, de apertura continua, mediante dispositivos de control automático.

Precipitación Eléctrica: El proceso consiste en que los gases pasan a través de ductos de sección relativamente pequeña en las que se encuentra un electrodo central. Entre los electrodos y la pared del conducto se mantiene un campo electrostático unidireccional de alta potencia. Las partículas se cargan eléctricamente y se desplazan hacia alguno de los polos. Las partículas se desplazan conforme a su grado de sensibilidad a la corriente eléctrica. La corriente unidireccional se obtiene convirtiendo corriente alterna en corriente de alto voltaje.

Sedimentación: Para lograr el lavado del material, o bien, para evitar la pérdida de polvo suspendido en el aire, muchos materiales se muelen en agua. La suspensión derivada de la dispersión del material en agua, fluye a través de una serie de tanques, donde las partículas más pesadas se depositan, dejando las más finas en suspensión. El líquido pasa a un segundo tanque, donde se deja un tiempo superior al requerido en el primero, y así sucesivamente en los tanques posteriores. La dispersión siempre permanece más tiempo en el tanque sucesivo que en el tanque previo, dando lugar a diferentes grados de finura de producto. Las partículas más gruesas se regresan al molino para su remolienda.

Concentración: La separación del material de mayor valor, mediante la segregación de las porciones de menor valor relativo permite la recuperación del producto de interés principal. Esta operación se puede llevar a cabo de muchas maneras, pero en todo caso, el mineral deberá triturarse hasta convertirlo a los tamaños deseados, antes de incurrir en la concentración. Una vez reducido el mineral, uno de los métodos más utilizados, consiste en dispersar el material en agua. La operación del equipo se basa en el principio de Arquímedes, conforme al cual los fragmentos sólidos caen a través de un área líquida o gaseosa en forma proporcional a su gravedad específica y a su tamaño.

Concentración Magnética: Se utiliza con aquellas sustancias como la magnetita, que pasar a través de un campo magnético, tienden a separarse conforma a su tamaño relativo, así como respecto de otras partículas que no responden de igual manera a la atracción magnética.

Concentración Electrostática: Permite separar el producto deseado de otros mediante la atracción estática de los materiales sin brillo, mientras que aquellos que presentan lustre metálico, se repelan de la carga estática.

Clasificador Whizzer: Este equipo está situado en la parte superior del molino de rodillos y consiste esencialmente en dos hileras giratorias de aspas que se ajustan a láminas fijas en la pared circular del molino. La finura del producto se controla aumentando o disminuyendo la velocidad de giro del whizzer por medio de un variador de velocidad. A mayor velocidad se logra mayor finura, y disminuyendo la velocidad se obtiene un producto cada vez más grueso. La finura puede controlarse también con el número de aspas que se instalen en el clasificador; a mayor número de dichas aspas corresponderá mayor finura, y reduciendo el número de aspas se reduce también la finura. En cada hilera de aspas se puede instalar el mismo número de ellas, generalmente se instalan más aspas en la hilera o banco superior.

Separador cónico marca Sturtevant: Está constituido esencialmente por dos conos concéntricos. En la parte superior del cono menor, se localiza un sistema de eyección, soportado desde la parte superior del cuerpo del clasificador. Al girar a altas velocidades, el sistema genera una fuerza centrífuga capaz de obligar al material a pasar a través de una hilera de laminillas fijas que giran junto con el eyector. Estas laminillas permiten el paso de las partículas más finas, rechazando las gruesas que son impulsadas al interior del cono menor para ser descargadas por debajo de dicho cono. Las partículas finas son colectadas en

el cono exterior y el aire sale por un extremo. El sistema de eyección cuenta con su propio ventilador, el cual toma el material que se alimenta por encima del ventilador y lo impulsa hacia abajo, con movimiento centrífugo, para que las laminillas ejerzan su acción clasificadora. Para el movimiento del eyector se requiere, generalmente, de un motor de 35 Hp.

Existe en el mercado una gran variedad de separadores, pero la gran mayoría trabajan bajo los mismos principios.

5.2. Estructura Económica de la Industria del Carbonato de Calcio Mineral.

5.2.1. Naturaleza del Carbonato de Calcio.

El carbonato de calcio utilizado como carga funcional, procede generalmente de piedra caliza finamente molida, lo que lo convierte en un material con valor significativamente mayor que cuando se le utiliza en grano constituido por partículas mayores. En efecto, su valor unitario tiende a elevarse conforme alcanza la condición de material impalpable y ello, en mayor medida, en tanto exhibe mayor blancura y otras propiedades de posible mérito, según la aplicación a la que se le destine. Suele exhibir mayor precio también, el producto de alta blancura y pureza destinado, sobre todo, a usos químicos y farmacéuticos en los que esa característica resulta de particular interés.

Algunos depósitos de piedra caliza consisten principalmente en el mineral aragonita, el cual tiene la misma composición que la calcita, pero de diferente estructura. Como se aprecia en el cuadro 1, la forma cristalina de la calcita se apega a un sistema hexagonal, mientras que la aragonita se encuentra en forma ortorómbica. Los mármoles están constituidos por piedra calcárea que con

frecuencia se somete a pulido, abrillantado y otros tratamientos mecánicos o químicos (modificadores de superficie).

La industria de los materiales a base de carbonato de calcio, tanto naturales como sintéticos, usados como cargas funcionales, es una de las más importantes dentro del sector del aprovechamiento de minerales. Tanto en Norteamérica como en Europa los mercados más importantes para los materiales impalpables, son la industria papelera, plásticos, pinturas, adhesivos, selladores y productos de la industria farmacéutica. La demanda de algunas de estas industrias se ha ido incrementado.

5.2.2. Carbonatos de calcio naturales y precipitados (sintéticos):

Hay dos tipos de carbonatos de calcio grado carga funcional: 1) el "natural" proveniente de mármoles molidos, ya sea por procesos en seco o vía húmeda, generalmente como proceso posterior relacionado con la flotación del material en agua, que en ocasiones se utiliza como medio para eliminar determinadas impurezas como silicatos primarios, para elevar la brillantez del material, y/o para segregar aquellas granulometrías más grandes que son objeto de reprocesamiento para ajustar su tamaño de partícula a determinadas especificaciones (materiales impalpables, características coloidales y otros), y 2) el carbonato de calcio "precipitado" o sintético.

Los carbonatos de calcio naturales se clasifican como sigue: a) Los gruesos, que son aquellos que tienen un diámetro promedio de partícula superior a las 10 micras, incluyendo los granulados, cuyas partículas son medidas en milímetros, así como los de las partículas gruesas cuyas medidas se expresan en centímetros o pulgadas, b) los finos que son aquellos que tienen un diámetro promedio de partícula de entre 2 y 10 micras, y c) los ultrafinos que tienen un diámetro promedio de partícula inferior a 2 micras.

El término "precipitado" se utiliza para el carbonato de calcio producido químicamente mediante la reacción que tiene lugar entre el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) y el bióxido de carbono (CO_2); este último obtenido generalmente mediante calcinación de piedra caliza con formación de dicho gas y de óxido de calcio, el cual, al estar en contacto con agua, genera el hidróxido de referencia. Este tipo de producto se distingue por un tamaño de partícula más fino y uniforme, así como con un mayor alto grado de pureza. Se puede producir por diferentes métodos, con grados de pureza semejantes para cada uno:

REACCIÓN	GRADO DE PUREZA
1. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	98.36%
2. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaOH}$	98.43%
3. $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaCl}$	98.62%

La mayoría de los diferentes grados de carbonato de calcio precipitado tiene un brillo en seco del 98%.

Dependiendo del uso final, tanto los carbonatos de calcio naturales como los sintéticos pueden ser modificados en su superficie mediante técnicas aplicadas en la fase final del proceso de producción. Su uso en determinados tipos de plásticos y otros materiales poliméricos facilita la elaboración de esos productos y/o su uso posterior.

Una clasificación adicional de los carbonatos de calcio naturales y sintéticos se hace en función de su presentación. Esta puede ser en forma de polvo seco, o como suspensión acuosa. La primera tiene una aplicación general y la segunda tiene su uso restringido hacia aquellos procesos que ocurren en agua, como por ejemplo en la producción de papel y en algunos tipos de pinturas.

La estructura de la producción de los distintos carbonatos de calcio es como sigue:



5.2.3. Propiedades y usos:

Las propiedades físicas de los carbonatos de calcio varían de acuerdo a la materia prima empleada, del grado de finura correspondiente, cualquiera que fuere el método de manufactura empleado.

Los carbonatos de calcio molidos a diversas granulometrías suelen ser usados como cargas inertes y como extendedores de bajo precio en numerosos productos manufacturados. Algunas características estandarizadas en los carbonatos de calcio naturales como son su densidad, su coeficiente de expansión lineal, su índice de refracción medio y diversos otros, les permite su empleo en aplicaciones específicas, como son la producción de asfaltos, pega azulejos, sellos de alfombra y muchos más, a los que les imparte volumen y peso. Los grados finos de carbonatos de calcio participan, además, en la composición de otros productos como son los mastiques y los selladores, impartiendo volumen, blancura, brillo y otras características favorables. Por último, los grados ultrafinos, que son verdaderas cargas funcionales para el papel, las pinturas, los plásticos y los hules, tienen características más específicas de pureza, brillo, opacidad, viscosidad, forma de partícula, propiedades reológicas y de superficie, absorción de agua y aceite, así como efecto en la densidad y otras propiedades en los productos en los que participan.

En el caso específico de la industria del papel, el tipo de carbonato de calcio exhibe elevada blancura y pureza. El tamaño de partícula y su forma son factores que pueden influir en sus propiedades mecánicas. La pureza del carbonato de calcio precipitado suele ser más elevada que el de la mayoría de los productos naturales obtenibles de yacimientos de calcita; si bien algunos pueden llegar a exhibir una pureza cercana a la del producto sintético, este tipo de producto suele ser más bien excepcional. Las principales impurezas más frecuentemente presentes en la calcita son el carbonato de magnesio y el óxido de silicio.

El carbonato de calcio contribuye al brillo, opacidad y receptividad de la tinta en lo que a recubrimiento de papel se refiere; el porcentaje de carbonato de calcio en la fórmula, varía del 5% al 50% dependiendo de las propiedades que se persiguen con dicho recubrimiento.

Determinados factores físicos, como son el tamaño de partícula y su forma, influyen en la reactividad del material y ello puede tener un efecto pronunciado en las características finales y el nivel del brillo del recubrimiento, ya que su presencia afecta la orientación de las partículas del pigmento presente en el papel. En una misma fórmula y para un color dado, los resultados pueden variar de acuerdo al tamaño de la partícula y a la forma que el carbonato de calcio es empleado.

Por muchos años, el ácido utilizado tradicionalmente en el proceso de fabricación del papel (proceso al sulfito), restringía el uso de carbonato del calcio como carga funcional. Exceptuando el papel para cigarrillos, en el que la incorporación de un alto porcentaje de carbonato de calcio como carga ayuda a controlar la porosidad y el grado en que se va quemando el cigarrillo, los demás usos del carbonato de calcio en papeles diversos fue, por mucho tiempo, de uso escaso, hasta en tanto pudo disponerse de papeles neutros o alcalinos (proceso la sosa y al sulfato, Kraft).

Finalmente, cabe señalar, que los productos a los que eventualmente sustituye el carbonato de calcio como cargas funcionales suelen ser de mayor precio relativo. Tales productos son, entre otros, los caolines, talcos, dolomitas, micas, baritas, wollastonita, y varios más. Su efecto económico comparativo en las empresas que los producen puede ser examinado en un marco apropiado de referencia como el que es objeto de consideración en la presente tesis.

5.2.4. Disponibilidad de la calcita a nivel mundial:

Los más de los países del mundo son autosuficientes en lo que hace a disponibilidad de piedra caliza, y pueden cubrir su demanda doméstica. En los Estados Unidos pequeñas cantidades de piedra triturada o molida a diversas granulometrías, utilizadas principalmente como agregados para la construcción, se importan de las Bahamas, Canadá y México. En lo relativo a la producción en Estados Unidos de piedra molida, ésta se incrementó significativamente en los 40 años transcurridos entre 1950 y 1990, desde 229 millones de toneladas métricas a 1,100 millones de toneladas métricas. El nivel más alto de la producción durante ese periodo, se alcanzó en 1988 (1,130 millones). Entre 1950 y 1973, debido sobretodo a la construcción del sistema de autopistas interestatales, el crecimiento de la producción se incrementó en forma sostenida.

El transporte es un factor muy importante en los precios de la piedra molida. Su costo desde la planta hasta el mercado puede llegar a igualar o a superar incluso los costos de producción en planta, razón por la cual, se precisa buscar yacimientos cercanos a los mercados de interés. El precio medio de estos materiales mantiene niveles relativamente uniformes gracias al gran número y grado de dispersión de plantas productoras a lo largo de la Unión Americana. En el caso de algunas canteras, que no siempre se encuentran cercanas a las áreas de mayor población, los precios relativos de la materia prima tienden a elevarse significativamente frente al de canteras más cercanas a los mercados de consumo.

5.2.5. Mercado interno:

Los mantos de piedra caliza, materia prima para la fabricación del carbonato de calcio, se encuentran distribuidos en numerosas regiones a lo largo y ancho del territorio nacional, destacando los estados de Chihuahua, Hidalgo, San Luis Potosí y Sonora, como se muestra en el cuadro 2. La producción anual en México de calizas molidas es de alrededor de 25 millones de toneladas anuales, pero su pureza como carbonato de calcio generalmente es baja y muy variable. En México y en el mundo, estas calizas son utilizadas también por la industria cementera, por las plantas productoras de cal hidratada y por la industria de la fundición, principalmente.

a) Producción Nacional

La producción de carbonatos de calcio naturales molidos está muy extendida en toda la República Mexicana. Hay alta concentración en algunos estados, como son: Hidalgo, Nuevo León, Jalisco, San Luis Potosí, Puebla y el estado de México. Sin embargo, como se ha señalado, esta oferta está dirigida principalmente a los consumidores de carbonatos de calcio relativamente gruesos (industria de la construcción, alimentos balanceados para uso animal, la industria de la fundición y la industria metal-mecánica).

Esta producción le ha permitido a México ser prácticamente autosuficiente, por lo menos en lo que a los productos gruesos se refiere, ya que cubre más del 90% del consumo nacional aparente. (Ver cuadro 3). En años anteriores, la producción llegó a representar el 99% del consumo nacional, pero en el periodo 1990 - 1995, las importaciones han ido ganando terreno, alcanzando su punto más alto en 1993 (5.32%).

Algunas empresas producen pequeñas cantidades de carbonato de calcio fino como subproducto en la fabricación de productos gruesos. Esta oferta se encuentra localizada en los estados de Puebla y Jalisco. Dentro de las principales empresas cuya producción está dirigida, principalmente, a carbonatos de calcio gruesos, se encuentran:

Empresa	Localización	Capacidad (ton/año)
Arcillas Industriales de Durango, S.A. de C.V.	Gómez Palacio, Dgo.	109,500
Básicos Minerales de Oriente	Guadalupe Victoria, Pue.	18,000
Calcio del Noroeste, A. en P.	Culiacán, Sin.	29,200*
Calicarbonatos, S. de R.L. de C.V.	Cadereyta de Montes, Qro.	18,000*
Carbonatos el Alamo, S.A. de C.V.	Zimapán, Hgo.	47,450*
Cía. Minera Gral. Rodolfo Fierro, S.A. de C.V.	Hidalgo, N.L.	144,000
CO ₂ de México, S.A. de C.V.**	México, D.F.	7,500
Inertes Racala, S.A. de C.V.	Charo, Mich.	11,000
Isla y Compañía, S.A. de C.V.	México, D.F.	13,140
Liquid Carbonic de México, S.A. de C.V.**	México, D.F.	7,500
Liquid Química Mexicana, S.A. de C.V.	Cuautitlán Izcalli, Méx.	N.D.
Materias Primas Xiloxoxotla, S.A. de C.V.	Tepeyanco, Tlax.	15,600
Minerales de Morelos, S.A.	Emiliano Zapata, Mor.	24,000*
Minerales Industriales El Zarco	Cd. Hidalgo, Mich.	12,000
Minerales La Cruz del Sur, S.A. de C.V.	Cholula, Pue.	146,000
Minerales y Arcillas, S.A. de C.V.	Galeana, N.L.	54,750
Moliendas Micronizadas, S.A. de C.V.	Amozoc, Pue.	25,000
Moliendas Tizayuca, S.A. de C.V.	Tizayuca, Hgo.	30,000
Molinos del Norte, S.A. de C.V.	Apodaca, N.L.	146,000
Molinos Longoria, S.A. de C.V.	Sta. Catarina, N.L.	36,500*
Nutek, S.A. de C.V.	Tehuacán, Pue.	48,000*
Procesadora de Carbonato de Calcio, S.A. de C.V.	Cadereyta de Montes, Qro.	38,400
Pulvín Minerales y Moliendas, S.A. de C.V.	Ecatepec, Mex.	24,000*
Talcos Lozano, S.A. de C.V.	Sta. Catarina, N.L.	48,000
Técnica Mineral, S.A. de C.V.	Tlaquepaque, Jal.	58,400
Ventas Técnicas, S.A. de C.V.	México, D.F.	14,600
Yeso y Mármoles Zacarías, S.A. de C.V.	San Luis Potosí, S.L.P.	11,520

Fuentes: Directorio de la Minería Mexicana, Consejo de Recursos Minerales
 Informática Cosmos, S.A. de C.V.

* Producción estimada de carbonato de calcio.

** Productores exclusivamente de carbonato de calcio sintético del grado fino.

Todos los productores antes mencionados (excepto los dos señalados) benefician en sus plantas más de una línea de minerales no metálicos diferentes de los carbonatos de calcio, lo que hace que la capacidad instalada resulte muy difícil de estimar, ya que se desconocen las proporciones relativas de producto a producto.

Otros minerales frecuentemente beneficiados son: arcillas, azufre, barita, bentonita, boratos, caolín, diatomita, dolomita, feldespatos, fosforita, mica, talco, wollastonita, y varios más.

b) Consumo Nacional Aparente:

Dados los usos tan diversos de los carbonatos de calcio naturales y sintéticos, se estima un consumo de mayor significación en el Distrito Federal y estados colindantes (40%); ello frente a otros consumos importantes en Jalisco (10%), Nuevo León (10%), Baja California Norte (5%) y diversos otros de menor significación cuantitativa.

De acuerdo a datos disponibles, los consumos de los carbonatos de calcio naturales y sintéticos para uso como cargas simples y cargas funcionales, ha crecido en México en el periodo 1980-1995 en un 72% y en un 4.48% como promedio anual. (Ver cuadro 4). Se observa que el comportamiento del consumo ha sido bastante irregular, con grandes incrementos en 1983 y 1984, e importantes descensos en los años 1985, 1988 y 1993.

c) Consumo por Sectores:

La incidencia de los carbonatos de calcio fino y ultrafino en los más importantes sectores industriales a nivel nacional es como sigue:

Industria	% de carbonato de calcio por unidad de producto terminado
Papel	
Escritura e Impresión	10-15%
Cartoncillo	3%
Cartulina sin recubrir	1.5%
Pinturas	
Emulsionadas Finas	30%
Emulsionadas Intermedias	20%
Emulsionadas Económicas	15%
Adhesivos Construcción	
Pega Azulejo	50-65%
Asbesto Cemento	10%*
Plásticos y Hules	
PVC Flexible	17-40%
PVC Rígido	1-30%
PVC Pisos	8-80%
PVC Plastisoles	17-50%
Resinas para laminados de plástico	70%
Resinas para moldeo de plástico	72%
Poliéster Marino	64-68%
Hule Natural y Sintético	1%
Polipropileno	30-40%

* Estimado

Fuente: Industrial Minerals, Consumer Survey.

Un buen número de consumidores de carbonato de calcio, adquiere el producto grueso para convertirlo en sus propias plantas en grados más finos y, en su caso, en el ultrafino. El procedimiento utilizado supone el empleo de equipo de molienda adecuado, inversión que en ocasiones tiene un efecto detrimental en sus costos de operación, que no pueden evitar en razón a no poder adquirir los grados ultrafinos en el mercado a precios unitarios suficientemente bajos.

Otros usos industriales del carbonato de calcio tienen lugar en la industria agrícola y la avicultura.

d)Proyecciones de la demanda:

El conocimiento histórico de las ramas industriales que consumen carbonato de calcio, ha sido como sigue:

- 1) El crecimiento de la producción de pinturas domésticas emulsionadas fue de 45.4% en el periodo 1987-1991. Este consumo representa un incremento promedio de 11.35% anual, porcentaje que se estima representará el nivel mínimo de crecimiento a ser observado hasta el año 1999.

En esta industria existe un movimiento importante de innovación de productos. Actualmente se producen, por ejemplo, recubrimientos para uso en texturizados y en enjarres, que hace pocos años no se fabricaban en México. En esta forma, el consumo de carbonatos de calcio tanto molidos como sintéticos se ha ido incrementando en ese sector.

- 2) Otros cambios tecnológicos graduales en la industria papelera han dado paso a la sustitución de caolín por carbonato de calcio natural, con mayor proporción de carga y con una consecuente disminución en los costos del papel, al utilizar menores cantidades de celulosa que tiene valor más alto que el carbonato de calcio empleado.

El consumo en 1990 de caolín importado para recubrimiento en México fue de 90,000 toneladas anuales. En años posteriores, la sustitución del caolín por carbonato de calcio ha ocurrido en Europa Occidental y en los Estados Unidos, en donde han surgido nuevas tecnologías para la producción de papel, algunas de ellas adoptadas más adelante por México.

En esta misma industria, el crecimiento en el consumo del carbonato de calcio se ha estimado en 4.4% anual para el periodo 1991-1995, y se anticipa que el

incremento porcentual promedio anual de carbonatos de calcio naturales y sintéticos para el periodo 1990-1995 se ubicará en el orden del 6.6%.

- 3) El crecimiento obtenido en el consumo aparente de las resinas sintéticas (plásticos) ha sido alto, como a continuación se indica:

Resina	Consumo Aparente (Miles de toneladas)		Incremento (%)
	1986	1990	
Polivinilo	120,770	150,627	24.8
Polipropileno	93,159	147,779	58.7

Fuente: Anuario Estadístico de la Industria Química Edición 1991

Estas dos resinas constituyen en conjunto el 23.5% del total del consumo aparente de las resinas sintéticas producidas en México, y son materiales que requieren de cargas funcionales, fundamentalmente constituidas por carbonato de calcio.

e) Exportaciones

En 1991 las exportaciones mostraron un importante incremento de 117% con respecto a 1990, y una reducción del 18% en 1995 frente a los volúmenes exportados en 1994. El incremento promedio de las exportaciones ha sido del orden del 38% anual durante el periodo considerado. (Ver cuadro 4).

El volumen de las exportaciones de México se destina principalmente a los Estados Unidos con un 35.4% del total exportado en 1990, y de 76.1% para 1995, alcanzando su punto más alto de 93.1% en 1993. (Ver cuadro 5). Las exportaciones restantes estaban dirigidas principalmente a Centroamérica, y en especial, a Belice, Costa Rica y El Salvador, países que prácticamente han dejado

de importar el producto mexicano. En los últimos años, España se ha convertido en un importante importador del carbonato de calcio mexicano.

f) Importaciones

Se registraron en México, importaciones por 25,000 toneladas en 1995 (Ver cuadro 6), a nivel inferior, sin embargo, que el observado en 1994 de 34,000 toneladas. Estas importaciones se han dirigido a la industria papelera (90%) localizada en los estados de Querétaro y México, y el resto a las industrias de plásticos y pinturas localizadas en el área metropolitana del Distrito Federal y en los estados de Baja California Norte y Jalisco, principalmente.

La importación de carbonatos de calcio había permanecido prácticamente invariable hasta el año 1989, pero en 1992 el consumo se incrementó en un 1,129% con respecto a 1989, la mayor parte proveniente de los Estados Unidos (94%). (Ver cuadro 7).

El volumen y valor de las importaciones del carbonato de calcio a partir de 1990, mostraron un fuerte incremento. Desafortunadamente, la imagen de la evolución del valor de la producción local se ve distorsionada por la devaluación del peso mexicano; sin embargo, se estima que el precio del producto no ha sufrido gran alteración en términos reales en el periodo que se analiza.

Entre los países que nos proveen de cargas funcionales de carbonato de calcio destacan los Estados Unidos que en los últimos años han participado con un porcentaje superior al 77%, sin embargo, inferior al porcentaje promedio observado para el periodo 1986-1982, que se ubicó en promedio en 90.6%. Se observa que en el periodo 1992-1995, los Estados Unidos cubrieron más del 94% de la demanda nacional de importaciones, seguidos, muy atrás, por el Reino Unido.

Fracciones arancelarias:

2836.50.1 Carbonato de Calcio Precipitado

2836.50.2 Los demás Carbonatos excepto el Precipitado

Principales Importadores:

Uso en Papel y Cartón:

- Cartonajes Estrella, S.A. de C.V.
- Crisoba Industrial, S.A. de C.V.
- Kimberly Clark de México, S.A. de C.V.
- Sonoco de México, S.A. de C.V.

Uso en Pinturas y Adhesivos:

- Imperquimia, S.A. de C.V.
- Industrias Resistol, S.A. de C.V.

Uso en Recubrimientos.

- Powder Coatings de México, S.A. de C.V.
- Recubrimientos Plásticos, S.A.

Uso en Plásticos:

- Conductores CM, S.A. de C.V.
- Conductores Monterrey, S.A. de C.V.
- Gates Rubber de México, S.A. de C.V.
- Mega Plast, S.A. de C.V.
- Plásticos Heler México, S.A. de C.V.
- Plastotécnica, S.A.
- Conductores Latincasa, S.A. de C.V.
- Cynamid México, S.A. de C.V.
- Maclin, S.A. de C.V.
- Nal. de Conductores Eléc., S.A. de C.V.
- Plásticos Omega, S.A.
- Polyducto, S.A.

Uso en Productos Químicos.

- Excel Química, S.A. de C.V.
- Feno Resinas, S.A. de C.V.
- Sayer Lack Mexicana, S.A. de C.V.

Uso Farmacéutico.

- Compañía Nestlé, S.A. de C.V.
- Procter & Gamble de México, S.A. de C.V.

g) Precios en el mercado

Varias regiones de los Estado Unidos producen carbonatos de calcio de los que existe una fuerte competencia de precios, dentro de un rango amplio de granulometrías y especificaciones técnicas, en cuanto a color, tamaño de partícula, poder cubriente y otras, todo lo cual influye en sus precios de mercado. (Ver cuadro 8). El transporte del producto es un importante factor en los costos y precios de los productos. En general, los precios de los carbonatos de calcio en Europa suelen ser menores que en los Estados Unidos, probablemente en razón a distancias más cortas entre los yacimientos y las áreas de consumo respectivas; sin embargo, en Europa Occidental, la competencia de precios es también muy intensa.

Los rangos de variación de precios en el mercado norteamericano son como sigue:

Tipo de carbonato de calcio (en micras cuando se indica).	Rango de Variación (Usd/ton)
Ultrafino PCC (0.05 a 0.5)	580
USP muy fino	460-530
Técnico PCC (0.5)	247-262
Revestido ultrafino (1)	265
Revestido fino (2-3)	185-220
En pasta, fino (2-4)	125-177
Para carga, fino (0.5)	115-200
Para carga, grueso (9-17)	87.50-122
Para carga, mediano (4-9)	70-113

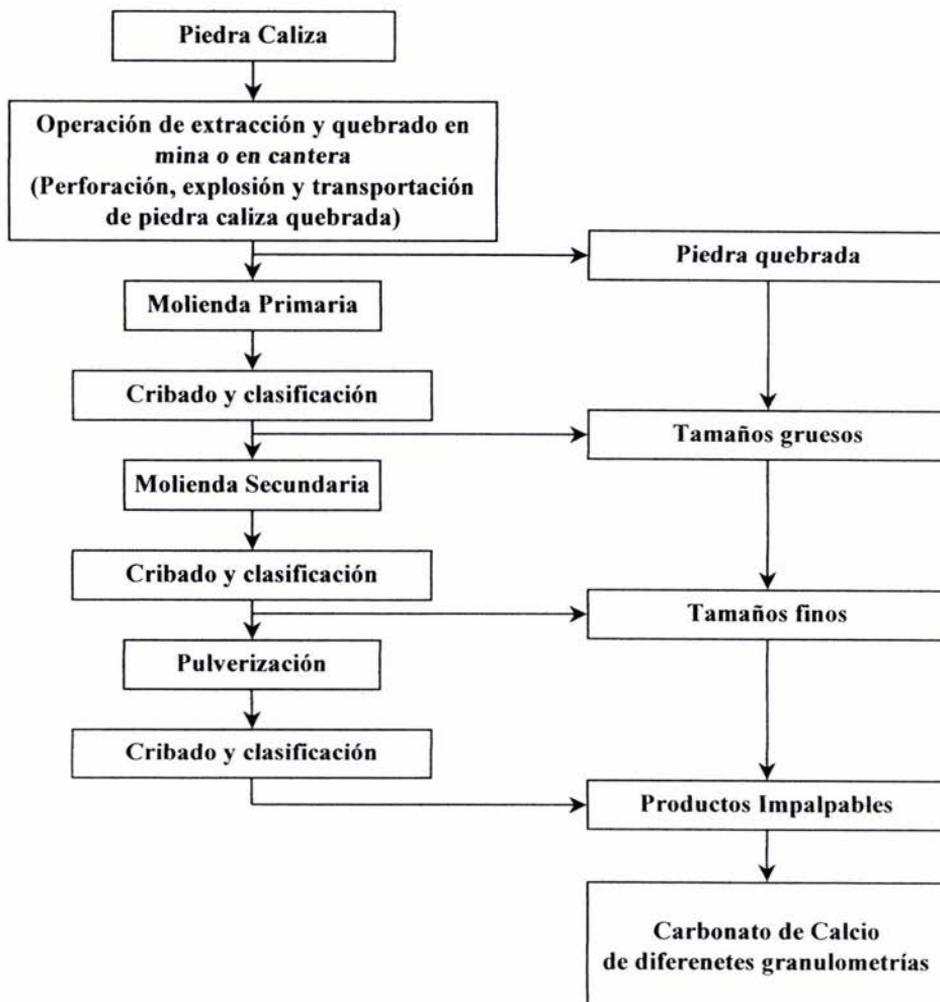
Fuentes: Chemical Marketing Reporter, Junio 9, 1997

El comportamiento de los precios de los productos de carbonato de calcio es muy variable debido al universo de productos con distintas calidades y los distintos segmentos del mercado a los cuales están dirigidos.

CARACTERÍSTICAS DEL CARBONATO DE CALCIO DE ALTA PUREZA

Composición:	CaCO_3 Ca - 40.04%, C - 12%, O - 47.96%
Naturaleza Química:	Sal cálcica del ácido carbónico (H_2CO_3)
Formas Minerales de origen:	Aragonita (Ortorómbico) Calcita (Romboédrico, hexagonal)
Producto de Síntesis:	Mediante saturación con CO_2 de lechada de hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$; suele exhibir 98 - 99% de pureza.
Peso Molecular:	100.09
Propiedades Físicas:	Mineral blanco, constituido por partículas de estructura cristalina, ligeramente higroscópico.
Punto de Fusión:	Aragonita: 825 °C (con descomposición) Calcita: 1339 °C (a alta presión 102.5 atm.), funde también con descomposición a partir de 825 °C.
Densidad:	Aragonita: 2.83 Calcita: 2.71
Dureza (grado Mohs):	3.0 7.8 - 8.5
PH:	Insoluble (0.0014% @25C)
Solubilidad en Agua:	Acido acético, ácido clorhídrico, ácido nítrico, cloruro de amonio y muy diversos otros. Insoluble en alcohol.
Soluble en:	

PROCESO TÍPICO PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO SECO, DE DIFERENTES GRANULOMETRÍAS

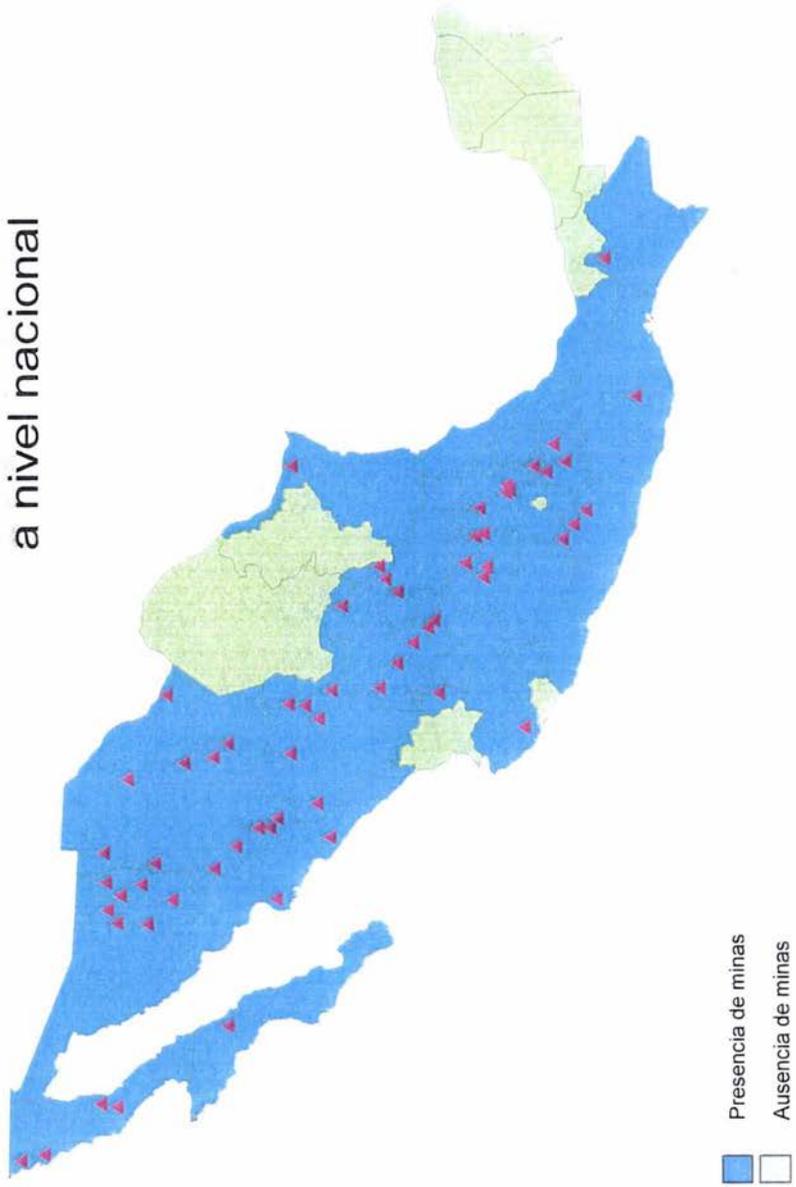


LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES MINAS DE CALCITA, POR ESTADOS

Estado	Minas
Aguascalientes	Nopal y Amarilla
Baja California	Río Salomón y Pedrara
Baja California Sur	El Boleo
Chiapas	Santa Fé
Chihuahua	Mojina, Erupción, Ahumada, El Potosí, Buena Tierra, San Antonio, San Rafael, San Néstor, La Bufa, El Porvenir, La Parla, Flor de Esperanza, La Aurora, El Carmen, La Perla, La Negra, Refugio, Rosario, Arechuchique, Las Trojas, León, y La Esmeralda.
Durango	Río de las Viborillas, Descubridora, La China, La Reina, Ojuela, Peñoles, La Cacina, El Salto, Amparo (La Fe), La Candelaria y La Purísima.
Guanajuato	Valenciana, San Juan de Rayas, La Peregrina, Jesús María, Escondida, Garibaldi, San Antonio, Guadalupe y La Argentina.
Guerrero	Tumbaga, Trinidad, La Cruz, Acatitlán y San Agustín.
Hidalgo	Arévalo, Carretera, San Nicanor, Rosario, San Cayetano, Guadalupe, El Encino, Jacal, San Rafael, Encarnación, Nicolas Flores, Barrón y San Judas.
Jalisco	Santa Fé y Cerro de la Concha
México	Alacrán y la Marsellesa
Michoacán	Municipios de: Zinapécuaro y Cd. Hidalgo.
Morelos	Municipio de Jiutepec.
Oaxaca	San Pedro Taviche
Puebla	Municipios de: Guadalupe Victoria, Tehuizingo, Zacatlán, Puebla, Tecali de Herrera y Zapotitlán.
Querétaro	Santa Inés, La Luz, Claveo Negro y Santo Niño y Bancos de los Ejidos: "Charco Frio" y "Sombbrero".
San Luis Potosí	Santa Inés, La Purísima Concepción, San Agustín, San José, San Sebastián y San Bartolo.
Sinaloa	Municipios de: Sinaloa, Badiraguato y El Fuerte.
Sonora	Las Chipas, El Caliche y El Cristal.
Tamaulipas	Rancho Sta. Ana, Municipio de Reynosa.
Tlaxcala	Cerro Anacoreta, Municipio de Panotla.
Veracruz	Municipio de Huayacocotla.
Zacatecas	Aranzazú, Santa Rita, Rosario y San Francisco.

Fuente: Minerals of Mexico, William D. Panczner

Localización de minas de Piedra Caliza a nivel nacional

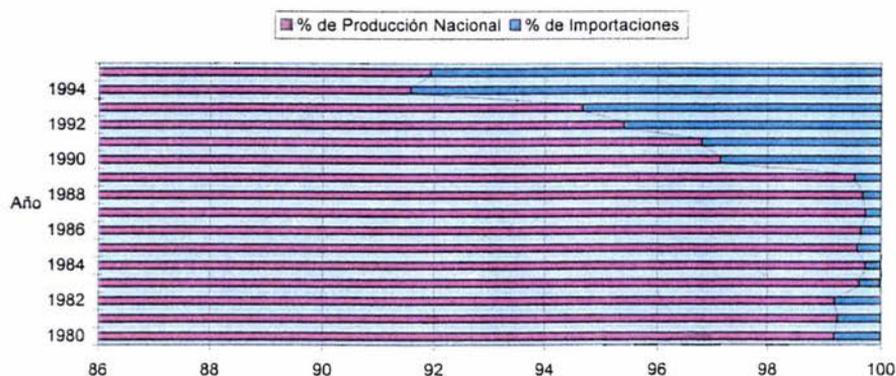


Cuadro 3

**ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE
CARBONATO DE CALCIO NATURAL Y
SINTÉTICO DE TODOS LOS GRADOS**

AÑO	% de Producción Nacional	% de Importaciones
1980	99.16	0.84
1981	99.22	0.78
1982	99.17	0.83
1983	99.62	0.38
1984	99.73	0.27
1985	99.58	0.42
1986	99.65	0.35
1987	99.73	0.27
1988	99.68	0.32
1989	99.53	0.47
1990	97.15	2.85
1991	96.8	3.2
1992	95.41	4.59
1993	94.68	5.32
1994	91.59	8.41
1995	91.94	8.06

**Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana
Consejo de Recursos Naturales**

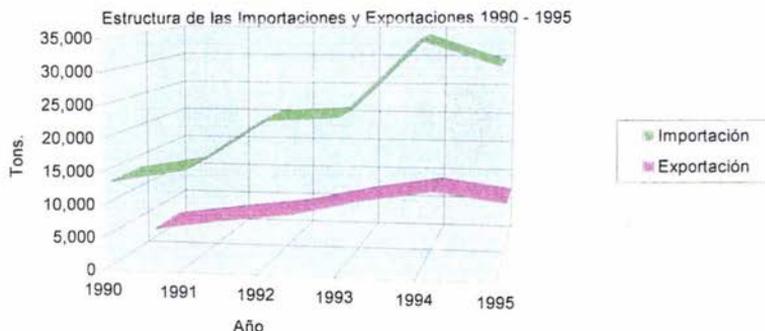
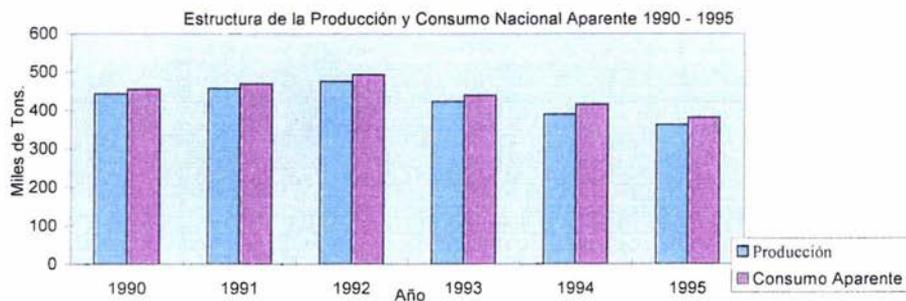


Cuadro 4
**CONSUMO NACIONAL APARENTE DE TODOS LOS GRADOS DE
 CARBONATO DE CALCIO NATURAL Y SINTÉTICO (Tons.)**

Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
1980	226,882	1,925		228,807
1981	246,040	1,931		247,971
1982	234,698	1,961		236,659
1983	344,793	1,304		346,097
1984	480,896	1,298		482,194
1985	400,516	1,709		402,225
1986	437,120	1,518		438,638
1987	486,740	1,338		488,078
1988	436,183	1,400		437,583
1989	445,515	2,067		447,582
1990	444,000	13,004	1,422	455,582
1991	457,925	15,037	3,089	469,873
1992	475,607	22,546	4,506	493,647
1993	422,871	23,307	7,077	439,101
1994	389,749	34,833	8,883	415,699
1995	362,715	25,411	7,229	380,897

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana
 Consejo de Recursos Minerales

* Incluyendo carbonato de calcio natural de granulometría gruesa y fina, así como del tipo precipitado.



EXPORTACIONES DE CARBONATO DE CALCIO NATURAL Y SINTÉTICO POR PAÍSES DE DESTINO

% del volumen de Exportación

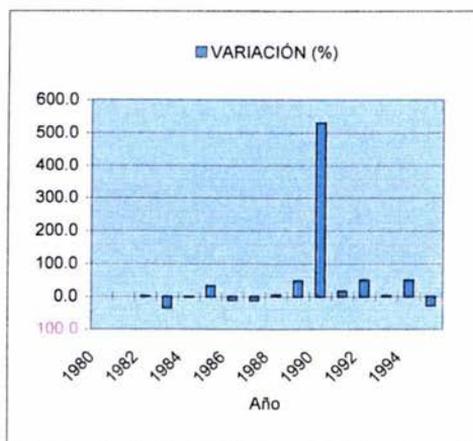
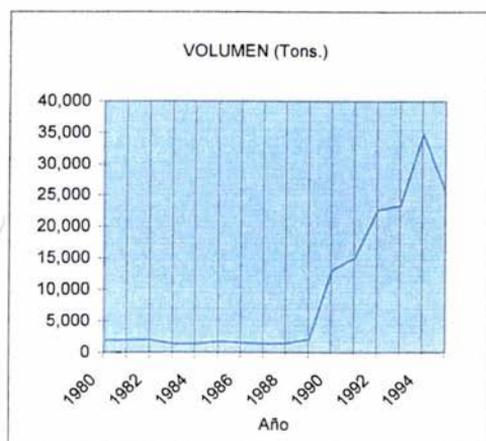
PAIS	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Belice	15.8	14.2	3.1	6.5	4.2	7.9
Canadá					0.7	
Colombia	0.7	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2
Costa Rica	11.7	5.4	5.3	0.2	0.3	0.2
Cuba			0.1		0.5	
El Salvador	15.3	6.8	4	0.0	0.0	0.0
España					5.4	14.5
Estados Unidos	35.4	69.6	86.6	93.1	86.5	76.1
Guatemala	16.2	3.1	0.1			
Honduras	2.8				0.2	
Nicaragua	1.4					
Panamá					2.0	
Perú	0.7		0.7		0.1	0.3
Venezuela						0.7
Puerto Rico		0.6				
	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.9

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana
Consejo de Recursos Minerales

Cuadro 6
**IMPORTACIONES DE CARGAS
 FUNCIONALES DE CARBONATO DE
 CALCIO NATURAL Y SINTÉTICO
 (Histórico)**

AÑO	VOLUMEN (Tons.)	VARIACIÓN (%)
1980	1,925	
1981	1,931	0.3
1982	1,961	1.6
1983	1,304	33.5
1984	1,298	0.5
1985	1,709	31.7
1986	1,518	11.2
1987	1,338	11.9
1988	1,400	4.6
1989	2,067	47.6
1990	13,004	529.1
1991	15,037	15.6
1992	22,546	49.9
1993	23,307	3.4
1994	34,833	49.5
1995	25,411	27.0

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana
 Consejo de Recursos Minerales



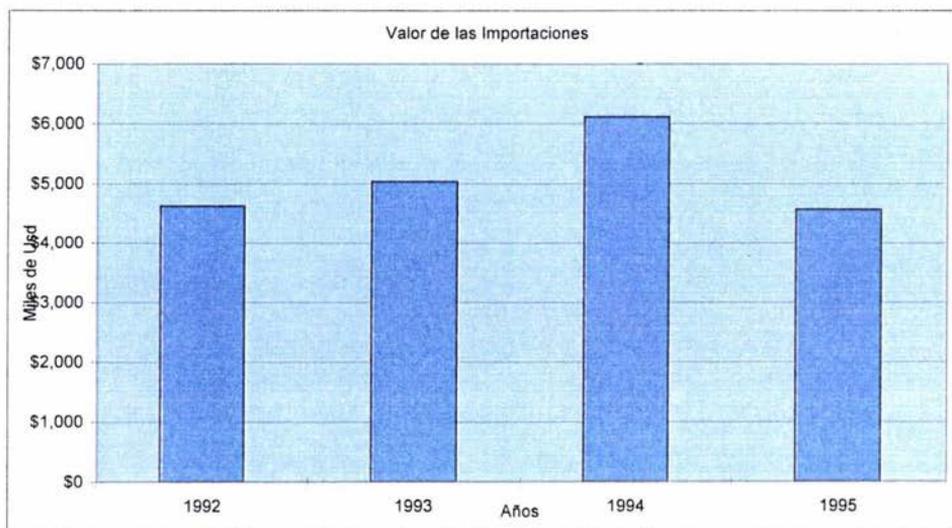
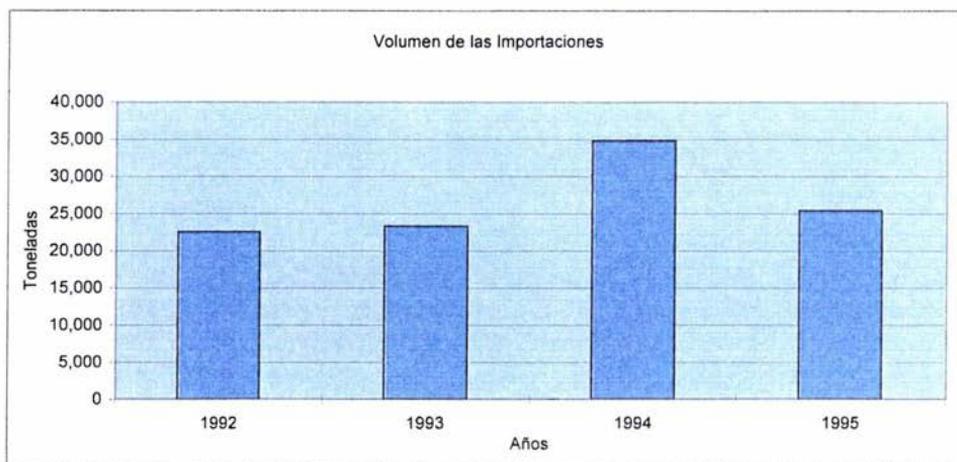
IMPORTACIONES DE CARBONATO DE CALCIO NATURAL Y SINTÉTICO POR PAÍSES DE PROCEDENCIA

País	1992			1993		
	Tons.	Miles Usd	\$/Ton	Tons.	Miles Usd	\$/Ton
Alemania Federal	109.201	\$78.23	716.35	14.817	\$21.60	1,457.78
Bélgica	10.000	\$6.11	611.40	262.675	\$173.17	659.27
Canadá	0.023	\$0.02	695.65			
China Nac.	2.146	\$1.49	692.45	60.000	\$38.56	642.60
China Rep. Pop.				85.750	\$30.61	356.92
Colombia	4.000	\$0.92	229.75	20.247	\$5.55	273.87
Corea del Norte				0.200	\$0.09	425.00
Estados Unidos	21,658.137	\$4,048.69	186.94	22,035.983	\$4,256.18	193.15
Francia	122.424	\$65.25	533.01	105.000	\$14.60	139.00
Italia				0.050	\$0.03	620.00
Holanda	96.000	\$64.04	667.03			
Japón	164.996	\$108.41	657.05	83.752	\$68.67	819.90
Reino Unido	379.000	\$253.68	669.34	637.624	\$424.57	665.86
Totales	22,545.927	\$4,626.83	205.22	23,306.098	\$5,033.61	215.98

País	1994			1995		
	Tons.	Miles Usd	\$/Ton	Tons.	Miles Usd	\$/Ton
Alemania Federal	14.172	\$19.82	1,398.39	12.579	\$14.50	1,152.56
Austria	3.375	\$2.65	785.48	0.975	\$1.69	1,732.31
Bélgica	85.525	\$78.74	920.67	46.000	\$42.29	919.35
China Nac.	84.200	\$64.51	766.20	39.988	\$32.17	804.59
China Rep. Pop.	130.050	\$51.48	395.87			
Colombia	2.000	\$1.26	630.00			
Corea del Norte	7.000	\$2.59	370.00	0.025	\$0.21	8,480.00
España	35.050	\$22.80	650.61	1.028	\$0.16	159.53
Estados Unidos	33,781.895	\$5,335.65	157.94	25,270.680	\$4,426.07	175.15
Francia				0.606	\$3.78	6,237.62
Guatemala				0.040	\$0.06	1,550.00
Italia	0.200	\$0.24	1,190.00	0.227	\$0.38	1,651.98
Japón	18.137	\$14.15	780.01	0.301	\$4.14	13,750.83
Reino Unido	671.829	\$521.03	775.55	38.128	\$42.98	1,127.33
Suiza				0.268	\$0.36	1,324.63
Totales	34,833.433	\$6,114.93	175.55	25,410.845	\$4,568.79	179.80

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana
Consejo de Recursos Minerales

Cuadro 7 (Cont...)
**IMPORTACIONES DE CARBONATO DE CALCIO NATURAL Y
SINTÉTICO**



Cuadro 8

Efecto de la pureza del Carbonato de Calcio Natural* en su precio unitario.
Base: Cotización anual promedio en Reino Unido

(Usd. por Tonelada Métrica)

Forma de Presentación	1992	1993	1994	1995	1996
Impuro, Molido	42.50 - 65.40	42.50 - 65.40	44.70 - 70.80	49 - 81.70	49 - 81.70
Puro, Molido	94.80 - 119.30	94.80 - 119.30	95.90 - 120.40	98 - 122.60	98 - 122.60

*Puesto en Reino Unido

Base: 1 UK = 1.64 Usd

Fuente: Industrial Minerals
 Consejo de Recursos Naturales



CONCLUSIONES

1. Las bases elegidas para el desarrollo del método, adoptado en parte las advertibles en el procedimiento diseñado por Stanford Research Institute, de California, EUA, resultan técnicamente congruentes con los objetivos que el propio método persigue: consistente en la identificación del potencial económico de un proyecto industrial para cumplir con el objetivo fundamental de permitir la temprana recuperación virtual de los montos destinados a las inversiones de activo.
2. La introducción simultánea de restricciones en la operación del proyecto: a) ampliando significativamente el monto destinado a las inversiones de activo, para dotarlo de reservas a nivel del 25% del mismo, y b) haciendo disminuir en un 25% la magnitud del volumen y valor de la producción previstos por los promotores, permite apreciar la sensibilidad del proyecto frente a posibles descensos en los ingresos esperables y determinar, por este medio, su eficiencia intrínseca aún en circunstancias deliberadamente adversas, como las adoptadas.
3. La clasificación del proyecto en tres categorías, conforme a dicho comportamiento, resulta factible y apegado a criterio técnicamente admisible y satisfactorio para los propósitos del propio método.

BIBLIOGRAFÍA :

- ✓ Process Economics Program (PEP) Yearbook International, 1986
Stanford Research Institute
SRI International. Menlo Park CA, USA
Volume I, II & III

- ✓ Directorio de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996
Capacidad de producción instalada por empresa y su localización en el país.

- ✓ Industrial Minerals, Consumer Survey, 1996
Consumo de todos los grados de Carbonato de Calcio natural y sintético por sectores.

- ✓ Anuario Estadístico de la Industria Química, 1991
Consumo aparente de resinas sintéticas (polivinilo y polipropileno) en México.

- ✓ Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996.
Principales empresas nacionales importadoras de cargas funcionales de carbonato de calcio natural y sintético.

- ✓ Chemical Marketing Reporter, Junio 9, 1997
Precios de Carbonato de Calcio en el mercado mundial, de acuerdo a sus distintas calidades.

- ✓ Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996
Estructura de la demanda de carbonato de calcio natural y sintético de todos los grados (Participación porcentual de los volúmenes nacionales e importados).
- ✓ Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996
Consumo nacional aparente de todos los grados de carbonato de calcio natural y sintético.
- ✓ Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996
Exportaciones de México de carbonato de calcio, natural y sintético, por países de destino.
- ✓ Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996
Volúmenes importados por México de cargas funcionales de carbonato de calcio natural y sintético.
- ✓ Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Consejo de Recursos Minerales, 1996
Importaciones de cargas funcionales de carbonato de calcio natural y sintético por países de procedencia.
- ✓ Industrial Minerals Handbook, Consejo de Recursos Minerales, 1997
Efecto de la pureza del carbonato de calcio natural en su precio unitario.
- ✓ Minerals of Mexico. William D. Panczner
Localización de las principales minas de calcita en México, por estados.