

01128
12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aplicación de un método multicriterio de sobreclasificación al análisis de un problema real de toma de decisiones.

T E S I S
Que para obtener el título de:
Ingeniera Industrial
p r e s e n t a :

Espinoza Rommyngth | Coral Donaji

Director de Tesis Dr. Servio Tulio Guillén Burguete



Junio de 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**TESIS
FALLA
DE
ORIGEN**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A mi viejita adorada, mi abuelita.

Con todo respeto y admiración:

A mis dos grandes cariños, Consuelo y Marco Antonio, porque han estado conmigo en las buenas y en las malas, por su amor incondicional y porque simplemente los adoro.

A mis hermanos:

Pepe Pancho, Castulito, César, Macoco e Itzé pues gran parte de lo que soy, es un reflejo de ustedes: ¡Gracias por todo!

A mis mejores amigas:

Elenita, Paola y Nelly, por haberme mostrado la vida desde otra perspectiva, por todo lo que hemos compartido, lo que me han enseñado, el cariño que me han dado y por lo mucho que las admiro y las quiero.

A mis amigos de la Facultad:

Dalia, Rolando, Memo, Gidi, Mariana, Sergio, Charlie, Álvaro, José Luis, Carina, Carolina, Jahvé, Javier, Luis Enrique (Foco), y mis colegas industriales Alejandro y Armando por haber hecho de esta etapa, momentos grandiosos de mi vida.

A Rodrigo, por lo esencial que eres en mi andar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agradecimientos:

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por su apoyo a través del proyecto IN114801

A mi director de Tesis, Servio Tulio Guillén Burguete por todas las facilidades que me otorgó para la elaboración de este trabajo, sus enseñanzas y su gran ayuda: Gracias.

A todos mis profesores de la carrera, por ser el principal valor que la Facultad de Ingeniería pueda poseer.

En especial:

A Leonardo, Jesús Manuel Dorador, Ubaldo, Octavio, Gonzalo, Rolando, Silvina, Leda, Ocariz, Yuki, Felix, Manfred y Erick, mi más profunda admiración.

A la maestra Artemisa por su ayuda y sus consejos.

RECORDO a la Dirección General de Bibliotecas
UNAY a su función en formato electrónico e imp.
Contenido de mi trabajo recuperado:
NOMBRE: Cora Espinoza
Artemisa
FECHA: 4 de marzo 2003
FIRMA: Artemisa Espinoza

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PRIMERA PARTE: FORMULACIÓN Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	
Cap. 1 Métodos de ayuda a la toma de decisión multicriterio	3
Cap. 2 Elección del método a aplicar. Métodos ELECTRE	12
a) Antecedentes	12
b) Formulación del problema	12
c) Elección del método a emplear	13
d) Métodos ELECTRE	16
Cap. 3 Aplicación del método	27
a) Reconocimiento de las alternativas	27
b) Mayor información para la elaboración de criterios	30
c) Elaboración de criterios	32
d) Estructuración de la matriz de desempeño	33
e) Ponderación de criterios	34
f) Cálculo de nuevos parámetros	
Umrales de indiferencia, preferencia y veto	35
g) Procedimiento	36
h) Análisis de resultados	41
Cap. 4 Análisis de sensibilidad	42
SEGUNDA PARTE: LA MATRIZ DE DESEMPEÑO Y LOS UMBRALES PREFERENCIA INDIFERENCIA Y VETO	
Cap. 5 Factor económico	44
Cap. 6 Calidad en el producto	52
Cap. 7 Medio ambiente	62
Cap. 8 Seguridad e higiene laboral	66
Cap. 9 Imagen de la compañía	71
Cap. 10 Obtención de los índices de dispersión, umbrales de preferencia, indiferencia y veto	76
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	87

INTRODUCCIÓN

Se presenta una aplicación de las técnicas de teoría de decisiones multicriterio al análisis de un problema real referente a una prestigiada empresa del área química, la cual por problemas de competitividad enfrenta el dilema de cerrar una planta o bien reorganizar todas sus líneas de producción para poder mantener su lugar en el mercado. De los métodos multicriterio considerados, el denominado ELECTRE III resultó el más adecuado a las condiciones del propio problema y con el que los directivos se sintieron más cómodos para responder las preguntas necesarias para ajustar el correspondiente modelo de preferencias. Para esto hubo que convencer a personas en la industria de la importancia de tomar en cuenta varios criterios en el análisis y de no reducirlo a sus términos puramente económicos.

Es decir, se pretende mostrar en el análisis de toma de decisión, los conceptos en los que se basa el método ELECTRE III, para después lograr que sean entendidos y aceptados por las empresas habituadas a herramientas de gestión enfocadas a encontrar un óptimo monocriterio.

En el capítulo 1 se muestran antecedentes sobre los métodos para la toma de decisiones, en especial sobre los métodos de decisión multicriterio. A través de este análisis se pueden encontrar diferencias y similitudes entre los diversos modelos para la ayuda a la toma de decisiones. Con ello se introduce al lector en nuevos conceptos basados en una teoría que, en el caso de los ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), aun no cuenta con una base axiomática estricta, pero que tiene la ventaja de introducir en el proceso el sentido común de los decisores implicados. La subjetividad interviene necesariamente en el análisis, puesto que las decisiones deben tomar en cuenta por un lado las posibles consecuencias, que deben ser estimadas lo más objetivamente posibles, pero también las preferencias sobre estas consecuencias, las cuales son de naturaleza enteramente subjetiva.

En el capítulo 2 se describe la problemática de la empresa, incluyendo entre otros aspectos, información sobre la planta en específico, un poco de su historia comercial, su producción y su participación en el mercado. Por razones de confidencialidad se omiten la identidad de la empresa y los nombres comerciales de sus productos. Tampoco se dan a conocer datos del proceso y otra información que permitieran identificar a la empresa. En la descripción de la problemática se muestran aspectos de tipo externo e interno causantes de la necesidad de un cambio en la planta. Una vez situados en la problemática actual de la empresa, se explica el porqué de la elección del método ELECTRE III a partir de sus ventajas y desventajas frente a otros. Ya determinado el método a emplear, se da un bosquejo de los métodos pertenecientes a la familia de los ELECTRE con el fin de explicar sus conceptos básicos, se presenta un resumen de cada uno de ellos (ELECTRE I, II, III y IV) y se muestra gráficamente en dos esquemas las ideas fundamentales sobre las que opera el ELECTRE III.

En el capítulo 3 se formulan los principales factores que según los directivos de la empresa deben ser tomados en cuenta en el análisis. Una vez definidos los criterios comienza la etapa de recaudación de datos relevantes para cada criterio (datos financieros, administrativos, del proceso, etc.). En este punto se formula la llamada matriz de desempeño, esencial en todos los métodos de decisión multicriterio. Cabe mencionar en este punto, que la segunda parte de este trabajo, está dedicado a la obtención de los valores que aparecen en la matriz de desempeño. Así, para cada criterio o atributo, se dedica un capítulo (desde el capítulo 5 hasta el 9) en el que se justifican las cifras correspondientes. Para cada uno de los cinco criterios identificados se presenta una breve descripción y el porqué es esencial su consideración en el proceso de decisión. Ahí se formula el impacto que cada alternativa tendrá sobre el criterio correspondiente.

Aquí entra la primera parte de la información subjetiva: El hecho de determinar qué factores afectan más que otros implica la introducción de preferencias sobre cada uno de los aspectos a través de discusiones continuas entre ellos mismos para llegar a un acuerdo que resuelva intereses encontrados. Con esto concluye la etapa de especificar pesos. La segunda información subjetiva se presenta en el capítulo 10 (también dentro de la segunda parte), el cual se dedica a los umbrales de preferencia, indiferencia y veto, la forma de determinar sus valores para cada criterio y su significado en el proceso.

Todos los datos recaudados permiten efectuar los cálculos requeridos por el método, en especial, la matriz de concordancia, las matrices de discordancia (una para cada criterio), y finalmente las matrices de sobreclasificación y credibilidad. Con ellas, ya es posible otorgar un resultado sobre la alternativa más adecuada.

En el capítulo 4 se hace un análisis de sensibilidad variando las ponderaciones de los decisores, lo que permite evaluar la robustez de los resultados.

Finalmente, en el último capítulo (Cap. 11) se dan las conclusiones, las cuales se refieren principalmente a la forma en que se lograron los objetivos. Explica algunas consecuencias positivas en la implantación del método dentro de la organización. Se habla además sobre los resultados finales, es decir hasta qué grado los decisores quedaron satisfechos con la aplicación de esta nueva metodología, cuáles fueron sus impresiones y algunos otros aspectos negativos y positivos que se hayan podido presentar en el proceso. Además se habla sobre el trabajo realizado para la obtención de algunas cifras en la matriz de impactos, algunos análisis adicionales a la información otorgada, programas de cómputo empleados y experiencias en el transcurso de implantación.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PARTE I

FORMULACIÓN Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I

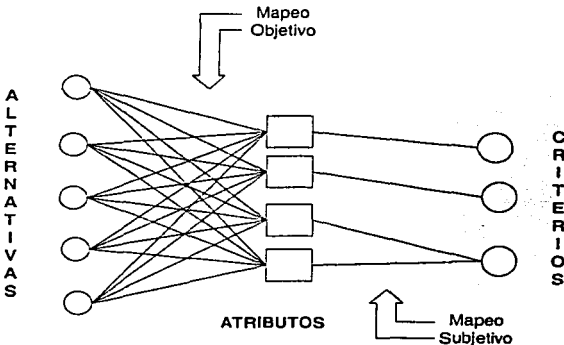
Métodos para la ayuda a la decisión multicriterio.

Decisiones multicriterio¹.

Un problema de decisión se puede concebir tomando en cuenta dos componentes, un conjunto de alternativas A (acciones potenciales que son admisibles), del cual se dispone información objetiva. Este conjunto puede ser finito (como es el caso que se plantea en este trabajo) o infinito² (con restricciones implícitas o explícitas).

En el análisis multicriterio interviene además otro conjunto, finito, compuesto por los criterios que representan las preferencias del decisor con respecto a un cierto rasgo del problema (por esto su determinación se basa en un proceso subjetivo). Es sobre este conjunto, donde las alternativas serán evaluadas estableciéndose una relación descrita mediante atributos. A partir de dichas evaluaciones, puede definirse un vector que determine el desempeño de las acciones según cada atributo o criterio.

Esquema 1.1 Objetividad y subjetividad en el proceso.



¹ Barba-Romero S., Pomerol J. C., Decisiones Multicriterio, Janssen Ron, Multiojective Decision support for Environmental Management.

² En el caso infinito, generalmente se recurre a la programación matemática de objetivos múltiples (PMOM).

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Generalmente el problema de decisión debe reducirse por la dificultad del decisor e incluso de los programas de computadoras para manejar tantos criterios con tantas posibilidades; en ciertos métodos las comparaciones a efectuar aumentan exponencialmente con el número de criterios.

Al no ser posible la consideración de todos y cada uno de los factores que intervienen en el problema real, existen varias formas de reducir alternativas y criterios: Pueden elegirse los criterios más relevantes (según el punto de vista del decisor), dejándose a un lado aquellos que por su impacto (casi nulo) no afectan la decisión final, sea cual fuere su resultado. También pueden agruparse (o sub-agregarse) criterios similares, o tomarse aquellos criterios que resulten preponderantes y eliminar así alternativas que no cuenten con el límite necesario que exige el criterio (una vez eliminadas dichas alternativas el criterio también se excluirá del análisis). Ciertos criterios pueden retenerse (por su naturaleza) hasta el final, etc.

La mayoría de los criterios pueden descomponerse en medidas de atributos más simples y mejor definidas. En cada caso se define una fórmula lógica para otorgar una evaluación (calificación) a cada una de las alternativas según cada criterio. Este conjunto de datos, donde cada alternativa es relacionada con cada criterio, produce una matriz llamada de impactos o de desempeño.

Un primer nivel de subjetividad entra al agregar o clasificar los atributos en el criterio que corresponde, y un segundo nivel entra con la información de preferencia que refleja la importancia relativa de cada criterio.³

Esta parte en la resolución del problema es una de las etapas más complejas (elaboración de la matriz de desempeño), pues requiere del análisis y la elaboración de funciones que modelen los distintos atributos y traducirlos en una familia de criterios. Una forma para lograrlo, es el establecer los objetivos globales que se quieren lograr en cada atributo, y a su vez ir definiendo los sub-objetivos de cada objetivo hasta llegar a un valor que pueda ser medido. Otra forma de obtener tal conjunto es el investigar las dimensiones de las consecuencias que pueden resultar al aplicar las acciones y analizarlas en ejes de significación sobre los cuales pueden obtenerse los criterios. El análisis para obtener tal conjunto debe dar por resultado un grupo de criterios con las propiedades de: exhaustividad, no redundancia, coherencia, independencia, etc.⁴

La cantidad de criterios dentro de este conjunto no está restringida a un número en específico, sin embargo, el número debe ser suficientemente restringido para que sea posible razonar sobre esta base, y lograr una modelización adecuada en y entre los diversos criterios (ya sea para aplicar un método de agregación o no). Una vez establecida tal información ésta debe tomarse como base para echar a andar el método de ayuda a la decisión.

³ Artículo de Teoría de Decisiones, aplicación del método ELECTRE, Lamsade.

⁴ Roy y Bouyssou, 1993.

Las evaluaciones de las acciones según los diversos criterios elegidos pueden realizarse de diversas maneras (utilizando fórmulas analíticas, con instrumentos de medición, a través de juicios...), y esto definitivamente involucra subjetividad en el proceso de decisión. (Roy, 1989)

Esta formulación tiene buenas probabilidades de ser confiable, siempre y cuando todas las partes involucradas en el problema de decisión tengan una participación plena en el asunto.

Así pues, como un punto de partida para definir nuestro problema de decisión en cuestión y establecer el método para llevar a cabo su resolución, es conveniente definir conceptos que están directamente relacionados y que se emplean continuamente en el proceso:

Factores que deben tomarse en cuenta en los problemas de decisiones⁵:

A: Información disponible

- cantidad de información a ser procesada.
Puede ser limitada (si no más de cinco criterios son esenciales para describir 5 alternativas como máximo); o extensiva (en cualquier otro caso). Una cantidad extensiva de información puede ocasionar ineficiencias en el proceso de decisión.
- Qué tan completa es la información.
La información se considera incompleta cuando, los decisores consideran que algo importante falta, que no es suficientemente precisa o no se tiene certeza plena de ella. En algunas ocasiones el conocimiento limitado del tipo de sistema en estudio nos puede llevar a trabas para conseguir buena información y de una buena fuente.
- El nivel de medida de dicha información.
Puede ser cuantitativa (en cifras), cualitativa (presentada sólo como descripciones verbales, o en términos relativos). Puede ser información certera, incierta con probabilidades conocidas, o incierta con probabilidades desconocidas.

B: Efectos esperados

- efectos temporales
Pueden considerarse como a corto plazo si suceden inmediata o continuamente dentro del primer año. Y a largo plazo si ocurren después del año. Los efectos pueden ser reversibles si es posible restaurar la

⁵ Janssen Ron, Multiojective Decision support for Environmental Management

situación a su estado inicial (antes de la implementación de la actividad) o irreversibles si no es posible regresar al estado inicial del proyecto.

- patrón espacial de tales efectos.
Pueden variar de locales a globales. Pueden ser puntuales (en ocasiones no relevantes para la decisión), o de patrón. Los efectos pueden expandirse de niveles locales a regionales, nacionales o inclusive globales.

C: El medio de decisión

- tipo y número de participantes
Uno o varios. Autoridades gubernamentales, semi-gubernamentales, firmas, organizaciones de firmas, interés público, grupos de acción. Puede ocurrir que su participación sea estratégica (con intereses personales), por lo que debe tenerse cuidado en el proceso de decisión (para obtener resultados legítimos).
- tipo de decisión.
Puede ser única, no rutinaria o rutinaria (si ya existen procedimientos establecidos disponibles para llegar a la decisión). Pueden ser decisiones individuales o secuenciales (la decisión final depende de los resultados de todas las decisiones anteriores).
Informal, si uno o varios individuos pueden hacer la decisión sin hacerla legítima en el medio externo; jerárquica si uno de los individuos puede tomar la decisión final, o con negociaciones, si ésta sólo se puede tomar a través de negociaciones entre las partes involucradas.

Métodos Multicriterio:

En la mayoría de los casos la matriz de desempeño no permite totalmente responder al problema en cuestión y necesita de algún método multicriterio para procesar las preferencias globales del decisor.

La mayoría de los métodos multicriterio son parte de una de las tres tendencias operacionales hoy en día:

1) La tendencia de juicios locales interactivos con iteraciones de prueba y error, se alternan las etapas de cálculo con las etapas del diálogo (fuentes de información complementaria sobre las preferencias del decisor).

En este caso, el conjunto de acciones está implícito y definido por un conjunto de restricciones explícitas, estos métodos multicriterio son generalmente del tipo PMOM

(Programación Matemática de Objetivos Múltiples), los cuales tienden a determinar un conjunto eficaz de alternativas donde no intervengan las preferencias del decisor, además este conjunto no aporta una respuesta definitiva al problema de decisión ya que contiene una infinidad de acciones de tal forma que en ocasiones es necesario un proceso de agregación para dejar sólo a las alternativas más significativas.

2) La tendencia del criterio único, anulando toda incomparabilidad.

En la segunda tendencia, de inspiración americana, las preferencias locales se agregan en una función de utilidad única que se tratará después de optimizar. Estos métodos estudian las condiciones de agregación, las formas particulares de la función agregante y los métodos de construcción de estas funciones (tanto a nivel local como global). Los principales son: MAUT (*Multicribut Utility Theory*), SMART, UTA (*Utilité Additive*), TOPSIS (*Technique for Order preference by Similarity to Ideal Solution*), AHP (*Analytic Hierarchy Process*) y GP.

Este tipo de métodos, en particular el modelo MAUT, están basados en un sistema denominado, sistema "U", el cual se basa en un conjunto de axiomas que hacen referencia a un sistema de preferencia completo y altamente coherente que constituyen una realidad objetiva. El punto aquí es determinar y hacer explícito un sistema de preferencia.

Las probabilidades ayudan sobre aquello donde exista incertidumbre en las consecuencias (ligadas a diversos criterios), de cada acción. Gracias a éstas es que podrán realizarse funciones de utilidad parciales u_i (el índice i se refiere a un atributo, o eje de significación). Este método establece que la esperanza matemática de la utilidad global es un criterio en el sistema de preferencias.

Se tiene pues que si:

$$E(u(a')) > E(u(a)) \Leftrightarrow a' P a$$

$$E(u(a')) = E(u(a)) \Leftrightarrow a' I a$$

Donde P e I representan respectivamente las relaciones de preferencia estricta y de indiferencia. Estos criterios, cuyo impacto se refleja en la esperanza matemática de utilidad, son también llamados "verdaderos-criterios".

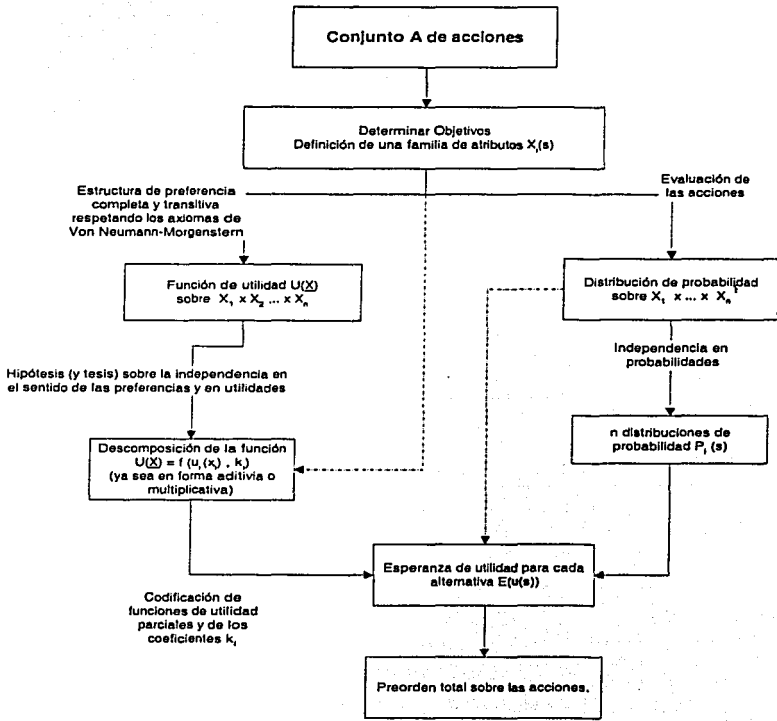
Los esquemas que enseña se muestran (esquema 1.2 y 1.3) enseñan la estructura de los modelos de utilidad multiatributo (inciso 2) y los modelos de sobreclasificación (inciso 3)⁶.

⁶ Roy B., Bouyssou D., Comparaison, sur un cas précis, de deux modeles concurrents d'aide a la décision. Documento No. 22, Lamsade.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Modelo "U"

Esquema 1.2 Estructura del modelo "U".



3) La tendencia de sobreclasificación, aceptando la incomparabilidad.

La tercera tendencia, de inspiración francesa, está encaminada en principio a construir relaciones binarias denominadas relaciones de sobreclasificación, para representar las preferencias de los decisores tomando en cuenta la información disponible. En muchos casos, antes de formar las relaciones de sobreclasificación introducen los umbrales de discriminación (indiferencia, preferencia y veto) a nivel de cada uno de los criterios, para modelar las preferencias del decisor. Su objetivo es ayudar a formular una recomendación que pueda aportar una respuesta al problema de decisión. La formulación se hace teniendo en cuenta a la problemática decisional retenida. Esto es, ayudar a decidirse no es sólo resolver el problema de elección de la mejor solución. La ayuda a la decisión puede contener otros problemas más allá que la elección. Este acercamiento reafirma la importancia de aquellos métodos que no tienen una muy buena base axiomática pero que están hechos con base en un sentido común realista, presente en la mayoría de los contextos que se hayan en la toma de decisiones. Esta tendencia es muy rica en nuevos conceptos como el del poder discriminante de los criterios, etc... Los principales métodos o familias de métodos son: ELECTRE, PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), ORESTE (*Organisation, Rangement et Synthèse de données relationelles*),⁷ QUALIFLEX, algunos de los cuales son puramente ordinales⁷.

Este tipo de métodos están basados en un sistema, denominado sistema, "S" (de sobreclasificación). Ya no hace referencia a un sistema completo y de preferencia altamente coherentes (pues las relaciones ya no son ni transitivas ni completas), sino que reposa sobre la idea de que de dos acciones a y a' , y sus respectivas evaluaciones según los diferentes criterios, se puede llegar a cada una se las siguientes afirmaciones:

- a' debe ser vista como al menos igual de buena que a ($a'S a$)
- a debe ser vista como al menos igual de buena que a' ($a S a'$)

Puede ser que sea aceptado, rechazado, o en el caso ambiguo valorado sobre una escala de credibilidad. Aceptar o rechazar el uno no implica nada en cuanto al rechazo o a la aceptación del otro (doble rechazo implica incomparabilidad).

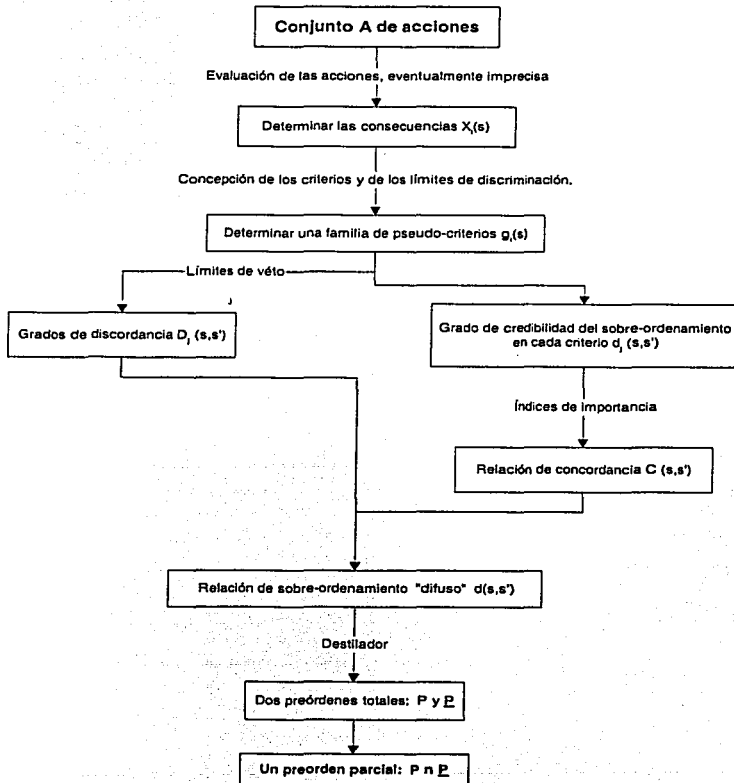
Las fórmulas para definir S se construyen respetando ciertos principios cualitativos y rechazando claramente la posibilidad de compensar una desventaja importante sobre un criterio por una serie de pequeñas ventajas sobre otros criterios (principio de no compensación).

Contrariamente a la esperanza matemática de utilidad $E(u)$, S no presenta rangos claros de acciones en la forma de un preorden completo, (no se justifica la búsqueda sistemática de tal preorden). El modelo conduce solamente a poner en evidencia un preorden parcial. Un análisis más robusto permite mostrar en las comparaciones de las acciones, una justificación certera que contrarresta la parte arbitraria de valores atribuidos a ciertos parámetros (límites, índices de importancia, etc.).

⁷ Barba-Romero S., Pomerol J. C., Decisiones Multicriterio.

Modelo "S"

Esquema 1.3 Estructura del modelo "S".



Para llevar a cabo las comparaciones en el modelo "S", primeramente se plantean las opciones que se tienen para actuar, y se toman en cuenta además los atributos a evaluar (por ejemplo en el caso de realizar la clausura o no de una planta, se determina un conjunto de acciones posibles además del posible cierre, y se definen atributos afectados por la decisión a tomar, (como el impacto en las ventas, el flujo neto de efectivo, el impacto al medio ambiente, a la calidad del producto, etc.).

Posteriormente se realiza una descripción de cada una de las consecuencias de la acción i (cerrar, no cerrar., etc.). y se aplica el método elegido de sobreclasificación.

Aplicaciones:

Las principales áreas de aplicación son : el medio ambiente, la gestión de recursos naturales, la planificación minera, la gestión energética, problemas de localización, la planificación económica, la gestión financiera y bancaria, la gestión urbana y los transportes, la evaluación y la selección de proyectos (como es el caso del problema presentado aquí), la gestión de la producción y de los aprovisionamientos, la gestión de los recursos humanos y materiales, gestión de sistemas de defensa y planificación militar, el desarrollo internacional, etc.

CAPÍTULO 2

ELECCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR. MÉTODOS ELECTRE

Antecedentes.

Nutrición Animal

El departamento Nutrición Animal inició operaciones en 1979 con la producción de vitaminas individuales cloruro de colina y luantines. En ese mismo año fue adquirida la empresa de Vitaminas y Resinas Industriales, fabricante de pantotenato de calcio, cloruro de colina líquida y polvo, y se estableció la empresa de Vitaminas dedicada a la producción de cloruro de colina y D-pantotenato de calcio.

En 1982 se inicia la producción de vitamina A y E. Al año siguiente, se produce la vitamina A/D3 500/100.

Para 1987 se inicia la producción de premezclas vitamínicas.

En 1993 la producción de mezclas de minerales, se traspa de Sta. Clara a CIVAC, donde también inicia el proceso de reticulación de vitamina A.

En 1994 se fusionan esta empresa de Vitaminas con la Corporativa en México y se deja de producir cloruro de colina líquida.

En 1996 inicia operaciones la nueva planta de premezclas en CIVAC a la que de ahora en adelante, llamaremos planta X.

Este departamento ofrece actualmente tres tipos de productos químicos (A, B y C), que son aditivos para elaborar alimentos balanceados para las diferentes especies animales, tales como vitaminas individuales, carotenoides usados como pigmentos para piel de pollo y yema de huevo, conservadores de grano y alimento balanceado. Actualmente se producen premezclas vitamínicas y/o minerales, tanto de línea o bien premezclas de acuerdo a las necesidades o sugerencias del cliente.

Formulación del Problema.

Los químicos (A, B, y C), son producidos con una gran calidad reconocida ante otras plantas de la empresa que son productoras de la misma sustancia química. Su calidad supera inclusive a plantas de Estados Unidos y Europa. Sin embargo, los ejecutivos encargados de su administración han pensado en tomar la decisión de clausurar dicha planta.

Principales causas de cierre:

- A pesar de las expectativas de ventas sobre un mercado potencial amplio, la planta sólo trabaja a un 60% de su capacidad total lo que la ha marcado como una de las plantas menos rentables en toda la empresa, de hecho en el último año se han reportado pérdidas contables de \$ - 1,650,000 MN (su margen de utilidad es del -12.2%).
- No existe una coordinación como tal entre el plan de ventas y el de producción, pues en el área de compras se pide una cantidad de materia prima, mucho mayor a la procesada y consecuentemente, los costos por inventarios son muy altos. Sin contar los costos adicionales por fletes en aquellos casos en los que por normas gubernamentales de higiene y seguridad establecidas, deba ser trasladada la materia prima caduca a otros sitios donde éstos puedan someterse a un tratamiento químico para ser desechados.
- El costo de mantener el inventario también es muy alto, ya que el tiempo de entrega de la materia prima es de 40 días (sin contar casos imprevistos como condiciones de clima, etc.).
- El precio de venta de los productos es de igual forma muy alto y tuvo que subir en el último año (antes de su cierre). Uno de los principales motivos a este hecho fue que el costo de Materia Prima es alto de por sí debido a que todo es importado de Europa (así que adicional al valor en sí de la materia prima, habría que incluir los costos de fletes y embarques, y los impuestos arancelarios). Agravándose la situación con el reciente aumento por parte del gobierno en los aranceles en un 3%¹.

Dicha situación en la que resulta más costoso mantener a la planta que lo que ésta reditúa, conllevó a la decisión de su cierre definitivo. Lo que en un principio parece ser lo más conveniente. Ya que se ha proyectado que algunos costos se reducirán a cero pues desaparecerán los costos de producción, los costos por inventarios, costos adicionales por pérdida de la materia prima inservible, los fletes en los casos en que ésta tiene que ser transportada, gastos de operación, administrativos y otros costos serán ahorrados (en lo que respecta al producto A y B) al cerrar la planta. Esto demostraría una mayor rentabilidad financiera de la empresa en México ante la Corporativa en E.U. quien tendría con este cierre la oportunidad de incrementar las ventas en su planta productora de las líneas A y B.

Elección del método a emplear:

Después de haber analizado muy a fondo la situación actual de la empresa, el problema de decisión que presenta, los caminos por los cuales puede llegar a una mejora del

¹ Ver Anexo 1.

estado presente, y de una discusión con los responsables en la toma de decisión en cuanto a sus preferencias, a sus necesidades respecto al método, etc.; se ha considerado prudente llevar a cabo la resolución de este problema a través de un método multicriterio de sobreclasificación y en particular el ELECTRE III. Las principales razones que se tienen para dicha resolución son:

Incomparabilidad, (que no debe ser confundida con indiferencia), que ocurre entre cualquier alternativa a y b cuando no hay evidencia clara a favor de alguna de las dos alternativas a o b.

A nivel informático, este método no impone ninguna restricción en lo que se refiere a las dimensiones del problema (cosa que no sucede en el caso de MHM y de PREFCALC, ya que entre número de alternativas y criterios, las comparaciones resultan exponenciales).

Ponderaciones

El conjunto de decisores se han prestado a este tipo de análisis, ellos mismos han convenido en un método donde sus preferencias para cada criterio sea tomada más que como una tasa de sustitución, como pesos, importancias relativas que se le otorgan a cada criterio. En este caso, la mayoría de los métodos de utilidad esperada manejan los pesos como tasas de sustitución y no cómo pesos que expresan las preferencias del decisor. En el método de la media ponderada, los pesos son en realidad constantes de escalas, iguales a un factor cerca de las tasas de sustitución, para determinarlos se propone hacer preguntas como "la ganancia sobre un criterio que permita compensar una pérdida sobre algún otro criterio", y no se basa en términos de "importancia" de los criterios como es lo deseado por el grupo de trabajo.

No compensación²:

Que sea además un método no compensatorio es importante para aquellos que lo han decidido así, pues de esta forma pueden eliminarse alternativas si en algún aspecto el resultado es inadmisibles. De esta forma, los directivos están conscientes de que el método favorecerá sólo a las acciones bien equilibradas y no a aquellas muy buenas en algunos criterios y pésimas en otros.

El concepto de "concordancia" en los métodos ELECTRE III y IV son ejemplos de métodos no compensatorios, (de ahí el concepto de discordancia). Sin embargo, el ELECTRE IV será descartado porque en su proceso no se toman en cuenta los pesos en cada criterio.

Para otros métodos, que no se manejen como el ELECTRE III y IV son compensatorios, que en sus propias condiciones, se obtienen diferentes grados de compensación.

² Vincke Philippe, *L'aide multicritère à la décision*.

Pseudo-criterios:

A los decisores, les ha parecido muy importante la consideración del concepto de pseudo-criterio ya que existen en las evaluaciones intervalos en los cuales los diversos expertos no pueden definir si una alternativa es mejor que otra. Gracias a este concepto las personas perciben de una manera más clara el valor en las evaluaciones y esto les permite además una participación más profunda en el método ya que es posible lograr un análisis de una forma más flexible y realista que con los otros métodos (ELECTRE I, II, IS). Este manejo conlleva a definir los umbrales de preferencia, indiferencia y veto, lo que a su vez, permite al grupo de decisión establecer un diálogo continuo entre éstos mismos, enriqueciendo los distintos puntos de vista y las perspectivas que cada experto tiene sobre el problema.

Otros aspectos a considerar:

No se utilizan otros métodos de sobre clasificación fuera de la familia de los ELECTRE, porque en este problema en específico no nos interesa generar una relación de importancia sobre los criterios (simplemente se les da una ponderación según las preferencias del decisor), como es el caso de los métodos QUALIFLEX, ORESTE, MELCHIOR.

En el caso del PROMETHEE, es un método muy parecido al ELECTRE III en el sentido de que también toma en cuenta parámetros que tengan una interpretación física (o económica) muy clara y comprensible para el decisor. Sin embargo este método no toma en cuenta los umbrales de veto, factor indispensable para el grupo decisores, ya que el principio de discordancia y por ende el de no compensación están basados en este aspecto.

Por último para terminar de verificar el porqué de la elección del ELECTRE III, se ha considerado en este trabajo que las consecuencias de las acciones fueron tomadas como información certera, para simplificar los cálculos, no son aleatorias ni presentan una distribución de probabilidad determinada. La consideración de este argumento es válido si nos referimos a análisis anteriores de proyectos de inversión de la planta, donde tampoco se toma en cuenta función de probabilidad alguna. Además en lo que respecta a los análisis descritos en el laboratorio son altamente confiables por lo que sería innecesario considerar que existe incertidumbre en los resultados. Esto evita la necesidad de los métodos que aunque toman en cuenta distribuciones de probabilidad para las consecuencias, dejan de lado muchos otros conceptos como la no concordancia, el uso de umbrales de dispersión, etc.

Las personas involucradas en este proceso tienen confianza en su aplicación, sobre todo porque continuamente se les estará involucrando en el método para determinar correctamente las preferencias en los criterios, darán su opinión respecto a la definición de los diversos umbrales, de las tolerancias en los grados de credibilidad, etc.

Por otra parte, si el método llegara a presentar inconsistencias, entonces el planteamiento deberá ser reanalizado este proceso enriquecerá la comprensión del problema y la toma de decisión final será mejor y más sencilla.

A continuación se muestra una tabla donde se contrastan las diversas características anteriormente mencionadas, entre cada los diversos métodos de decisión.

Tabla 2.1 Tabla comparativa entre los distintos métodos de decisión.

	Ponderación Como pesos "medidas de importancia" no como "tasas de sustitución".	No compensación (introducción de los umbrales de veto).	Uso del concepto de "pseudocriterio".	Posibilidad de incomparabilidad
ELECTRE III	Si	Si	Si	Si
ELECTRE I	Si	En cierta medida	No	En cierta medida
ELECTRE II	Si	En cierta medida	No	En cierta medida
ELECTRE IV	Si	Si	Si	Si
QUALIFLEX	No	En cierta medida	No	En cierta medida
ORESTE	No	En cierta medida	No	En cierta medida
MELCHIOR	No	En cierta medida	No	En cierta medida
PROMETHEE	Si	No	Si	En cierta medida
Métodos con tendencia a un criterio único	No	En cierta medida	No	No
Métodos interactivos	No	En cierta medida	no	No

Métodos ELECTRE

Se han desarrollado distintas versiones del ELECTRE (I, II, III, IV), todos ellos basados en los mismos conceptos fundamentales, pero difieren operacionalmente y algunos introducen nuevos conceptos. Además, su uso depende del tipo de problema de decisión. Particularmente, ELECTRE I está diseñado para problemas de selección, ELECTRE II, III y IV para problemas de ordenamiento (clasificación). ELECTRE II es el más

conocido. ELECTRE III se usa cuando es posible y deseable cuantificar la importancia relativa de los criterios y el IV cuando la cuantificación no es posible³.

ELECTRE I

Las características del método ELECTRE I son las bases para el desarrollo de las siguientes versiones. Ya que busca encontrar un conjunto N de alternativas tal que las demás acciones no contenidas en este conjunto sean sobreclasificadas por al menos un elemento perteneciente al conjunto N (óptimo de Pareto⁴). Y es sobre éste conjunto donde el análisis se concentra.

Este método parte del hecho de que no se habla de pseudo-criterios (al contrario del ELECTRE III), sino de criterios solamente, así que teniendo dos alternativas a, b:

$$c_j(a,b) = w_j \dots\dots\dots \text{si } g_j(a) \geq g_j(b) \quad \text{donde } j \text{ es el } j^{\text{ésimo}} \text{ criterio.}$$

y así; $C(a,b) = \sum_{j \in C(a,b)} w_j$ donde los $w_j > 0$ representan los pesos, normalizados de

forma que $\sum_j w_j = 1$

Estos coeficientes de concordancia son puramente ordinales pues no dependen de la función de valor sino de los preórdenes. La matriz C(a,b) siempre tendrá valores desde cero (cuando b domine a en todos los criterios) hasta uno (en el caso de que a domine a b en cada criterio). Asimismo C(a,b) representa el grado de concordancia con la afirmación "a sobreclasifica a b". No obstante, pueden presentarse casos en los que exista preferencia de b sobre a en uno o varios criterios y que esta preferencia sea tal que ponga en duda la afirmación anterior. Esta situación se expresa con la ayuda de un índice de discordancia.

$$D(a,b) = \begin{cases} 0, \dots\dots\dots \text{si } g_j(a) \geq g_j(b), \dots\dots\dots \forall j, \\ \frac{1}{2} \max_j [g_j(b) - g_j(a)], \dots\dots\dots \text{e.n.} \dots \text{c.o.c.} \end{cases}$$

donde $\delta = \max_{c,d,j} [g_j(c) - g_j(d)]$

Es decir, D(a,b) es la mayor diferencia de utilidad entre a y b para los criterios en los que b domina estrictamente a a ($g(b) > g(a)$), y esta diferencia se divide por la máxima diferencia posible en todas las alternativas y todos los criterios. También D(a,b) tiene valores entre cero y uno.

³ Barba-Romero S., Pomerol J. C., Decisiones Multicriterio

⁴ Será un óptimo de Pareto siempre que S sea transitiva.

Gracias a esta matriz de discordancia, se puede ver claramente que la concordancia con la aseveración "a sobreclasifica a b" es claramente no compensatoria.

Posteriormente, se fijará el valor de los parámetros $0 < u_c < 1$, y $0 < u_d < 1$ denominados umbrales de concordancia y de discordancia respectivamente, (se fija el mínimo valor para la concordancia y el máximo para la discordancia). Entre más apretados estos umbrales, más estricta será la clasificación. Se puede con ellos finalmente definir una relación de sobreclasificación S:

$$a S b = \begin{cases} 1 & \text{.....sí y sólo sí:.....} \\ & \begin{cases} c(a,b) \geq u_c \\ d(a,b) \leq u_d \end{cases} \\ 0 & \text{..... en .. c.o.c.} \end{cases}$$

Por esto, se dirá que a sobreclasifica a b (aSb) mientras que $c(a,b) \geq u_c$ y $d(a,b) \geq u_d$.

Una vez obtenida la relación S, se busca el subconjunto N de acciones tal que:

$$\begin{cases} \forall b \in A/N, \dots \exists a \in N : a S b, \\ \forall a, b \in N, a S b. \end{cases}$$

Esto es, se busca un subconjunto N, tal que las acciones no contenidas en este subconjunto sean sobreclasificadas por al menos una acción perteneciente a N, al mismo tiempo que las acciones dentro de N son incomparables entre sí. Al conjunto N se le denomina Núcleo.

Para lograr tal conjunto es necesario encontrar un Núcleo único (donde la clasificación no presente circuitos)⁵. Una técnica posible es la de hacer que los elementos del ciclo formen un subconjunto y si alguno de estos elementos sobreclasifica a alguno de afuera, entonces todo el conjunto sobreclasifica al elemento en cuestión (como si entre sí fueran indiferentes), y este conjunto se convertirá en el un núcleo. En caso contrario, el núcleo estará fuera del ciclo.

Esta operación sin embargo puede eliminar información importante en la relación de sobreclasificación. Otro método consiste en romper el ciclo por la relación de superación que el decidor considere menos justificada. Existen varios métodos⁶, sin embargo, para la elección de la mejor técnica de obtención de un Núcleo único, es conveniente realizar análisis de sensibilidad, haciendo variaciones a los parámetros del método como (w_i , u_c , y u_d).

⁵ Según el trabajo de Vanderpoolen (1990), se sugiere seleccionar el núcleo como el conjunto de mejores alternativas siempre y cuando no existan ciclos en la clasificación.

⁶ Barba-Romero Sergio, Pomerol Jean-Charles, Decisiones Multicriterio, Ed. Colección de Economía Universidad de Alcalá, 1997. pp. 221.

Existe un paquete de computadora inspirado en este primer método de sobreclasificación, denominado ELECTRE IS, el cual realiza la misma metodología para llegar a los mismos objetivos, pero está adaptado para usar pseudo-criterios en lugar de criterios verdaderos. El principal propósito del método ELECTRE IS consiste en construir el núcleo en el que se presenta al decisor la(s) mejores acciones entre el conjunto de acciones potenciales. Pero no otorga ninguna información adicional sobre la situación entre las acciones del núcleo, ni aquellas situaciones externas a éste. El método, en muchos casos, no otorga la posibilidad de efectuar una elección sensible. Toda información complementaria a aquella establecida por el núcleo; necesita también un esfuerzo complementario de búsqueda e investigación.

Los siguientes métodos (ELECTRE II, III y IV), permiten obtener una ordenación final de todas las alternativas:

ELECTRE II

Su idea diferenciadora consiste en utilizar el primer método para la reducción de ciclos ya comentado (considerar a todas las alternativas de un ciclo como indiferentes). Lo demás consiste en clasificar las alternativas, en primer lugar a aquellas que no están superadas por otras, en segundo, aquellas (del conjunto restante) que no están superadas por otras y así sucesivamente⁷. Así, mientras que el método ELECTRE I se destina a la problemática de selección, éste método trata de encontrar una clasificación de las acciones de la mejor a la peor (problemática de clasificación).

Aquí, se introducen dos umbrales de concordancia u_{c1} y u_{c2} tales que $u_{c1} > u_{c2}$ y se construye una relación de sobreclasificación fuerte y una débil:

$$a \text{ S}^F \text{ b sí y sólo sí: } \begin{cases} c(a,b) \geq u_{c1}, \\ \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} p_j > \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} p_j, \\ (g_j(a), g_j(b)) \notin D_j, \forall j. \end{cases}$$

las condiciones para la preferencia débil (a S^{de} b), son las mismas, excepto que $c(a,b) \geq u_{c2}$.

También en el caso de los índices de discordancia, pueden darse dos niveles de severidad y así se obtendrán dos conjuntos de discordancia donde uno esté contenido en el otro.

Posteriormente, el procedimiento consiste en la reducción de circuitos para S^F y se determinará el conjunto B de acciones que no son sobreclasificadas fuertemente por ninguna otra acción. Después al interior de B se reducen los circuitos para S^{de} y se obtiene un conjunto A¹ de las acciones que no son sobreclasificadas débilmente por

⁷ Una desventaja de este método es que puede producir muchos empates.

ninguna otra acción en B. A^1 constituye el primer nivel de clasificación y el proceso continúa con el conjunto restante (fuera de B), encontrando así un preorden completo.

Después, se construye un segundo preorden completo, de la misma manera pero empezando por las acciones menos buenas (las que no sobreclasifican a ninguna otra) y escalando hasta las mejores.

Estos dos preórdenes no son siempre los mismos. Si están cercanos se le propone al decidor un "preorden medio", si no será más difícil tratar de establecer un preorden completo que sea aceptable. En ambas situaciones, es necesario realizar un análisis de sensibilidad, ya que en muchos casos existen acciones que no sobreclasifican a otra, y tampoco son sobreclasificadas (incomparables), en este caso es conveniente encontrar un preorden parcial (que sería la intersección de los dos preórdenes completos encontrados).

El resto de la familia de los ELECTRE, introducen el nuevo concepto, de los pseudo-criterios. Lo cual les permite un desempeño más realista sobre el análisis en los distintos casos prácticos sobre los cuales se aplican, pues gracias a ello, pueden introducirse preferencias del decidor más finas que los preórdenes habituales.

ELECTRE III

El método ELECTRE III fue desarrollado originalmente por Roy para incorporar la naturaleza imprecisa e incierta de un proceso de decisión, al incorporar en el proceso, los umbrales de indiferencia, preferencia y veto, basados en el concepto de cuasi-criterio. Su estructuración tiene la ventaja de que la sobreclasificación realizada será menos sensible a las variaciones que se puedan dar en los datos y los parámetros introducidos. Como en el caso del ELECTRE II, se trata de una problemática de clasificación.

La sobreclasificación aquí, se basa en la definición de un grado de sobreclasificación $S(a,b)$ asociado a cada pareja de acciones, que representa la mayor o menor credibilidad de la sobreclasificación de a sobre b. Este grado, comprendido entre 0 y 1 es una función creciente de $g(a)$ y decreciente de $g(b) \forall j$.

En los métodos anteriores (ELECTRE I y II) para modelar las preferencias se asumen dos simples relaciones para dos alternativas $(a,b) \in A$:

$$\begin{aligned} a P b \text{ (a es preferida a b)} &\iff g(a) > g(b) \\ a I b \text{ (a es indiferente de b)} &\iff g(a) = g(b) \end{aligned}$$

Sin embargo este método introduce el concepto de un umbral de indiferencia, q, y de las relaciones de preferencia definidas:

$$\begin{aligned} a P b \text{ (a es preferida a b)} &\iff g(a) > g(b) + q \\ a I b \text{ (a es indiferente de b)} &\iff |g(a) - g(b)| \leq q \end{aligned}$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Existe un punto en el que el decidor tendrá que cambiar de indiferencia a una preferencia estricta (q). Conceptualmente existe una buena razón para introducir una zona entre la indiferencia y la preferencia estricta, llamada zona de preferencia débil, que refleja una indecisión por parte del decidor con respecto a la zona en la que se encuentra. Este concepto también es una relación binaria (Q) y puede modelarse introduciendo un umbral de preferencia (p). Un modelo de dos umbrales con esta última relación binaria incluida se muestra:

$$\begin{aligned} a P b \text{ (a es estrictamente preferida a b)} &\iff g(a) > g(b) + p \\ a Q b \text{ (a es preferida débilmente a b)} &\iff q < g(a) - g(b) \leq p \\ a I b \text{ (a es indiferente de b)} &\iff |g(a) - g(b)| \leq q \end{aligned}$$

Usando estos umbrales, el método busca construir la relación aSb, que significa "a es al menos tan buena como b" O "a no es peor que b". Cada par de alternativas son evaluadas para verificar si la relación se cumple o no. Estas evaluaciones pueden arrojar las siguientes situaciones.

$$aSb \text{ y no (bSa); no(aSb) y bSa; aSb y bSa; no(aSb) y no(bSa).}$$

La evaluación para poder implementar esta relación S, se hace utilizando dos principios:

- Principio de concordancia, el cual requiere que la mayoría de los criterios, después de considerar su importancia relativa, esté a favor de la afirmación aSb
- Principio de discordancia, que requiere que de entre la minoría de los criterios que mostraron no estar acordes, ninguno de ellos se oponga fuertemente a la afirmación.

Para implementar cada uno de estos dos principios se considera la relación con cada criterio aS_jb que significa "a es al menos tan buena como b con respecto al criterioj", j=1,2,...,r

El criterio j está en concordancia con la afirmación aSb si y sólo si aS_jb, esto es si $g_j(a) \geq g_j(b) - q_j$. Por otro lado, el criterio j está en discordancia con aSb si y sólo si bP_ja, es decir, $g_j(b) \geq g_j(a) + p_j$, (b es estrictamente preferido a a).

Con este concepto ya es posible medir la fuerza (credibilidad) de la afirmación aSb. El primer paso es desarrollar una medida de concordancia, esto es, construir una matriz de concordancia C(a,b) para cada par de alternativas (a,b) ∈ A, siendo w_j el coeficiente de importancia (o ponderación) para el criterio j:

$$C(a,b) = 1/W \sum_{j=1}^r w_j c_j(a,b), \quad \text{donde } W = \sum_{j=1}^r w_j$$

$$c_j(a,b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{si } g_j(a) + p_j \leq g_j(b) \end{cases}, \quad j = 1, \dots, r$$

$\frac{g_j(a) + p_j - g_j(b)}{p_j - q_j}$, en cualquier otro caso.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Para ello los umbrales q, p , tienen que estar previamente definidos.

Tanto umbrales como pesos representan información subjetiva dada por los proveedores. Las ponderaciones que se emplean (no compensatorias) son distintas a las de otros modelos (como el caso del SMART) en donde los pesos son tasas de sustitución y conllevan cierta preferencia entre los criterios. Los pesos en ELECTRE son "coeficientes de importancia" (como votos que se les da a cada criterio, candidatos).

Los valores que muestra la matriz de concordancia $C(a,b)$ se interpretan como una medida de, qué tan fuerte es la afirmación de que la alternativa a sea al menos tan buena como la alternativa b , (si las ponderaciones fueran iguales para cada criterio, C podría interpretarse como el porcentaje de los criterios en que una alternativa es al menos tan buena como la otra).

En lo que respecta al principio de discordancia, se debe definir un nuevo umbral, denominado umbral de veto (v_j), el cual permite la posibilidad de que aSb sea rechazada totalmente si para algún criterio j : $g_j(b) > g_j(a) + v_j$; el índice de discordancia $d_j(a,b)$ para cada criterio j puede calcularse:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{si } g_j(a) + p_j \geq g_j(b) \\ 1, & \text{si } g_j(a) + v_j \leq g_j(b) \end{cases} \quad j = 0, \dots, r$$

$(g_j(b) - g_j(a) - p_j) / (v_j - p_j),$ c.o.c.

Una vez definidos los umbrales de veto para cada criterio, se calculan los índices de discordancia para cada criterio (una matriz para cada criterio sin tener que agregarlos como en el caso de los índices de concordancia), si un criterio es discordante ($d_j(a,b) = 1$), es suficiente para descartar aSb .

El paso final es combinar estos resultados para dar una medida del grado de ordenamiento, esto es una matriz de credibilidad que muestre la fortaleza de la afirmación aSb . El grado de credibilidad para cada par (a,b) en A se define como sigue:

$$S(a,b) = \frac{C(a,b)}{C(a,b) \cdot \prod_{j \in J(a,b)} (1 - d_j(a,b)) / (1 - C(a,b))} \quad \text{si } d_j(a,b) \leq C(a,b) \quad \forall j$$

donde $J(a,b)$ es el conjunto de criterios en el que $d_j(a,b) > C(a,b)$.

Esta fórmula asume que si alguno(s) de los valores de discordancia excede a aquellos de concordancia, entonces no hay certeza de que aSb y se debe modificar el valor de concordancia $C(a,b)$. Si el valor de discordancia es 1 entonces $S(a,b) = 0$.

El siguiente paso es realizar una jerarquización de las alternativas según la matriz de credibilidad.

En forma general, se construyen dos preórdenes Z_1 y Z_2 usando una destilación descendente y ascendente respectivamente, para después combinarlas y producir un preorden parcial $Z=Z_1 \cap Z_2$. Para generar cada preorden se hace lo siguiente:

Hacer que $\lambda = \max_{a,b \in A} S(a,b)$. Determinar el "valor de credibilidad" $s(\lambda)$, tal que sólo los valores de $S(a,b)$ que estén suficientemente cerca de λ sean considerados; esto es si $\lambda - s(\lambda)$. Se define entonces la matriz T como:

$$T(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{si } S(a,b) > \lambda - s(\lambda) \\ 0, & \text{c.o.c.} \end{cases}$$

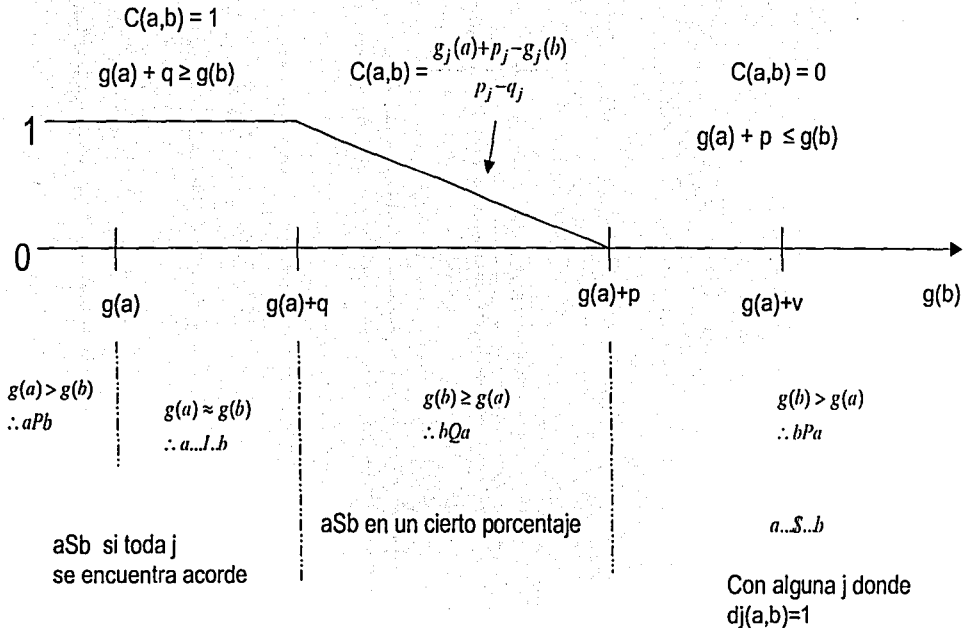
Posteriormente se define una calificación para cada proyecto (el número de proyectos que sobrepasan al proyecto a, menos el número de proyectos que son sobrepasados por el proyecto a. El conjunto de alternativas que tengan la calificación más alta es el primer destilado de D_1 . Si D_1 contiene solo una alternativa, se debe repetir el procedimiento con $A \setminus D_1$; en cualquier otro caso, se aplica el mismo procedimiento dentro de D_1 si el destilado D_2 contiene sólo una alternativa, el procedimiento se empieza con $D_1 \setminus D_2$; de otra forma se aplicará dentro de D_2 , y así hasta terminar el análisis de D_1 . El procedimiento se repite empezando con $A \setminus D_1$. El resultado obtenido es el primer preorden Z_1 (la destilación descendente). La destilación ascendente se lleva a cabo de una forma similar pero en este caso son los proyectos de menor puntuación los que se retienen en un principio.

El ordenamiento final es la combinación de Z_1 y Z_2

Este método es mucho más sofisticado que el ELECTRE II. Integra muchos aspectos que son subestimados muy frecuentemente por otros métodos, además de que arroja resultados que son relativamente estables.

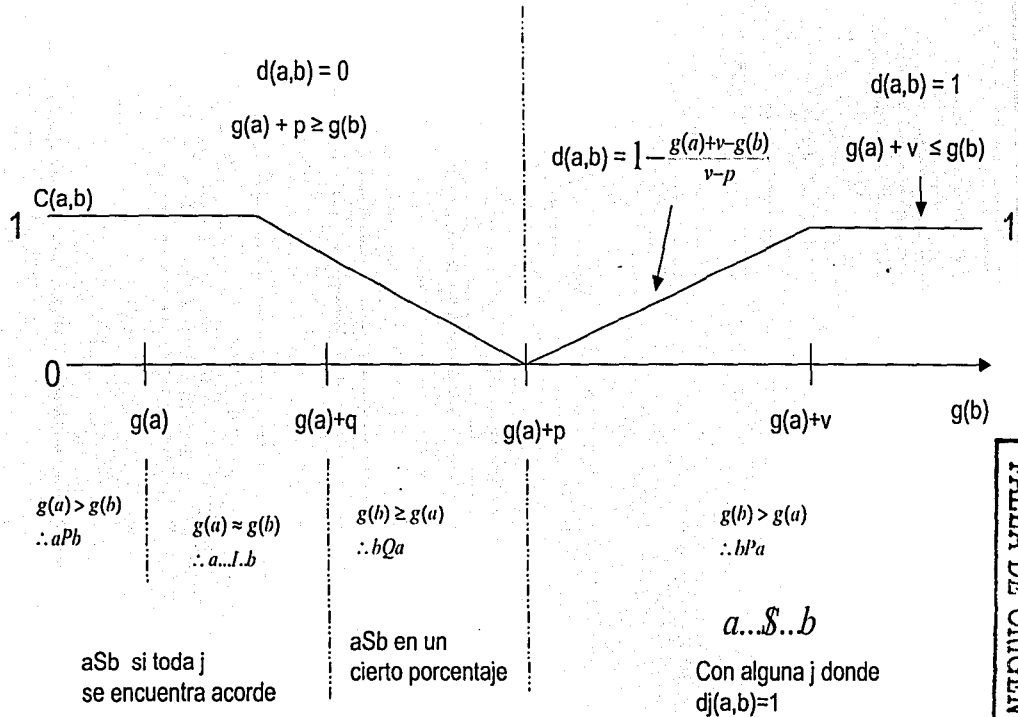
Resumen gráfico.

Umbral de Preferencia, Indiferencia y Veto (para cada criterio j)



TESIS CON FALTA DE ORIGEN

Umbral de Preferencia, Indiferencia y Veto (para cada criterio j)



TESIS CON FALTA DE ORIGEN

ELECTRE IV:

Sigue los mismos fundamentos y metodología que el ELECTRE III, pero sin ponderar los criterios. En este caso, se construyen dos relaciones S^F y S^{de} , tomando en cuenta el desconocimiento de las importancias relativas de los criterios:

$$a S^F b \text{ si: } \begin{cases} \exists j: \dots b_j S^F a_j \\ \lambda^{a,b} \cdot j_{vj,h,S^{de}a_j} \leq \lambda^{a,b} \cdot j_{vj,a,S^F b_j} \end{cases}$$

$a S^{de} b$ sucederá como a $S^F b$ pero sin cumplir la segunda condición, o si existe un criterio en el cual $b S^F a$ pero que la diferencia entre las funciones de valor no sea mayor al umbral de veto, y que a $S^F b$ en al menos la mitad de los criterios existentes.

El procedimiento restante continúa como en el ELECTRE III (a través de destilaciones), sólo varía en el hecho de que aquí sólo hay dos niveles de sobreclasificación, esto es, se determina el subconjunto D_1 de acciones que obtuvieron la calificación más alta en A para S^F . Si D_1 tiene sólo a una acción, entonces se recalculan las calificaciones en A/D_1 y se determina D_2 y así sucesivamente. Si existe un D_k con más de una acción, entonces se hace el mismo proceso pero con base en S^{de} . Este procedimiento termina cuando todas las acciones son clasificadas en un preorden completo. Se obtendrá (como en el ELECTRE III) un segundo preorden completo (en forma ascendente). La información determinada es similar a aquella del ELECTRE II o III.

Este método es práctico, pues anula el análisis para determinar los pesos de los criterios, bajo la hipótesis de que no existe ninguna relación de mayor o menor importancia entre los criterios. Esto no significa que los criterios tengan los mismos pesos, sino que ninguno de ellos es subestimado frente a otro.

Como puede observarse de los párrafos anteriores, el ELECTRE III es el método más completo de toda la familia. Puede lograr un ordenamiento de las alternativas en el que el decisor pueda compararlas y analizar sus puntos fuertes y débiles. Esto es, responde muy bien al objetivo demandado, que consiste en encontrar la(s) mejor(es) alternativa(s) en cada región, sin, inmediatamente querer establecer un ordenamiento completo. El decisor puede encontrar suficiente información a través del orden parcial establecido por el método para determinar su elección final. Puede fácilmente interrogarse sobre las posiciones de las alternativas en la clasificación obtenida y estudiar la sensibilidad de los resultados en referencia a los parámetros predefinidos.

Este método obliga al decisor (o grupo) a adentrarse en el problema, de forma tal que se logre vislumbrar claramente la manera en que los distintos factores intervienen. Además pone en descubierto la importancia entre tales factores (cuestión que no puede lograrse con ELECTRE IV) y se involucra en los impactos a producir en la acción a realizar.

**CAPÍTULO 3
APLICACIÓN DEL MÉTODO**

Reconocimiento de las alternativas

A pesar de que la situación económica de la planta (planta "X") sea una clara razón para cerrarla (según lo visto en el capítulo 2), siempre existirá la opción de modificar la situación actual sin tener que clausurar el lugar. Así, después de haber dado un panorama general de la situación actual de la empresa, nos encontramos frente a tres posibilidades de acción: realizar la clausura de la planta, no realizarla y efectuar cambios en ella, o bien, no hacer nada (situación actual).

a) No hacer nada. El no realizar cambio alguno en la situación implica continuar simplemente con los mismos problemas anteriormente mencionados.

b) El clausurar la planta implicaría las siguientes acciones:

1. Paro de la producción de las tres líneas de productos químicos fabricados: A, B y C, a pesar de que el objetivo primordial del cierre es frenar la producción de los compuestos A y B en México. El cierre de la planta obligaría a que la producción de C se llevara a cabo en instalaciones de otra planta (llamémosla planta "Y"), sin el mismo desarrollo de infraestructura con el que ya se contaba.
2. Reducción en costos de los equipos de producción de las líneas A y B.
3. La relocalización de la línea de producción C en alguna la planta Y de la compañía en México originará nuevos costos como el pago de nuevos permisos e instalación.
4. Renta del espacio desocupado. Que implica algunos costos remanentes (por mantenimiento de equipo que no hubiera podido ser trasladado).
5. Mantenimiento de otros costos remanentes anuales en moneda nacional (MN), en los siguientes dos años:

a. Predial	\$ 11, 000.
b. ADIEM COPARMEX	\$ 5,000.
c. Radio comunicaciones	\$ 4,000.
d. Costos por pertenecer al parque industrial	
i. Agua potable	\$120,000.
ii. Recogedor de basura	\$ 9,600.
iii. Tratamiento de agua	\$ 30,000.
iv. Costo PROCIVA	<u>\$ 36,000.</u>
	\$ 115,600.

Estos costos se presentarán mínimo durante los dos primeros años después de haberse cerrado la planta.

En un primer análisis se tomó en cuenta solamente la disminución de todos los costos implicados en la operación normal de la planta a una cantidad de cero más los costos remanentes (al clausurarla). Sin embargo, existen otros costos que se tienen que pagar y no fueron incluidos en el primer análisis: tales como la pérdida de muchos activos fijos al no poder trasladarlos de esa planta a otra (como instalaciones de gas, plomería, sistemas de bombeo, etc.).

c) No clausurar la planta y realizar modificaciones:

En caso de no cerrar la planta los costos no serían los mismos que anteriormente debido a todos los cambios que se proponen llevar a cabo. Por ejemplo, el costo para la producción de vapor (necesario para el proceso de la línea B), ya no sería necesario. De esta forma, debe existir un re-ajuste en el análisis financiero de la alternativa "Status-Quo" que implica situación inicial (seguir en el estado en el que nos encontramos).

Así pues, además de no clausurar la planta X, esta alternativa propone llevar a cabo las siguientes modificaciones:

- Concentrarse en la producción de la línea restante empleando los equipos ya existentes de las líneas A y B.
- Realizar una inversión para reestructurar el proceso general (\$ 6,500,000 MN) dicha inversión se hace para aumentar la infraestructura del laboratorio ya existente, esto con el objeto de aumentar la calidad en el producto C y generar un centro de atención al cliente como parte de un nuevo plan mercadológico¹. Este plan, buscará posicionamiento en el ámbito nacional y sobre todo en el internacional para lograr un aumento en la capacidad real de la planta (que logre acercarse a la instalada) lo que consecuentemente implicaría un incremento en las ventas.
- Reducción de inventarios:
 - Para reducir los inventarios, se propone modificar las estrategias del pronóstico de ventas, es decir, que se realicen diseños de pronósticos más reales enfocados a la línea del producto restante (en coordinación con las posibilidades del área de producción).

¹ Datos sobre el mercado en este tiempo dan a conocer que con un plan de mercado, el producto puede ser vendido en una buena proporción en México (expandiendo el mercado), pero sobre todo en el Extranjero (Estados Unidos y Brasil), ya que en estos países es posible crear un posicionamiento en sus industrias. Con lo cual la productividad de la planta podría aumentar entre un 30 y 35% aproximadamente. Esto es si el volumen de producción (para esa línea) era hasta el 2002 de 1,527,743 kg un 30% proyectado implicaría 1.900 toneladas aproximadamente para el 2004 con posibilidad de mayores proyecciones en un futuro.

- Además se realizará la compra de materia prima a una de las plantas instalada en los Estados Unidos en lugar de realizar los pedidos hasta Europa. Una de las razones para efectuar un cambio de proveedor es que el precio de los químicos necesarios para la producción es menor en Estados Unidos que en Europa. Otra razón es reducir el tiempo de entrega que genera mayores días de materia prima en inventario (a diferencia de Europa que son 40 días de entrega, Estados Unidos propone una entrega de 10 días).
- Otra ventaja que representa la compra de materia prima en los Estados Unidos, es el de eliminar el impuesto arancelario del producto, tal como lo expresa la siguiente tabla:

Si se tiene una regla de origen: < 96%

Tabla 3.1 Impuestos Arancelarios.

Año	Estados Unidos (TLC)	Europa (Alemania)
1998 (arancel prom. 15%)	0 %	0% (si cumple con la regla de origen) 10% (no cumple)
1999 (arancel prom. 18%)	0%	0% (si cumple con la regla de origen) 13% (no cumple)

- Además de estas ventajas de compra en E.U. se tiene que los costos de envío de materia prima se reducirían considerablemente (al ser más caro el embarque más el traslado por tierra desde el puerto a la planta, que el traslado desde E.U. hasta la planta).
- Existen oportunidades para aumentar la participación en el mercado, y una estrategia clave en el plan, será el posicionamiento y el conocimiento del producto en nuevos clientes potenciales. El plan de mercado estará enfocado en la imagen de la empresa y en especial en el servicio al cliente.

Estrategia de Mercado:

Este plan de mercadotecnia utilizará a la segmentación como su arma más fuerte. La segmentación estará basada en promociones dirigidas muy específicamente al mercado que se quiere alcanzar. Parte de este trabajo se realizará con personas muy bien capacitadas del laboratorio que fungirán como agentes de ventas. Ellos serán personas especializadas en el producto, sus características, sus ventajas sobre los productos de la competencia, proporcionarán informes sobre nuevas tecnologías, darán consejos a cerca de la alimentación de los animales, etc.

El objetivo del plan es encargarse de que el público (los clientes potenciales) se percaten del porqué debe comprar este artículo en lugar de aquellos que consume con regularidad. Esto es, crear un lugar en la mente del consumidor donde pueda demostrarse la calidad, el servicio, las facilidades de compra, capacidad para adaptarse a circunstancias cambiantes. Se desea abrir un espacio conceptual en el consumidor donde se imponga el liderazgo de la empresa, es decir, demostrar que ésta se puede fortalecer y enfrentar los cambios de las nuevas demandas en el mercado. Lo que se busca es posicionarse correctamente, desde productos de marcas genéricas a productos hacia nichos que permiten mejores precios. Se trata de innovar y dar a los consumidores fuertes razones para gastar en los productos de esta compañía y no en los de la competencia.

Para lograr tal posicionamiento, parte de la inversión estará destinada a la elaboración de exámenes diagnósticos y sistemas para hacerse de información más confiable, y así poder encontrar mejores nichos donde actuar.

La cuestión es mantener precios bajos buscando siempre un lugar preferencial con los consumidores y proveedores. Además de la creación de relaciones largas y duraderas. Eso generará por consecuencia mayores volúmenes de ventas.

Por todo esto la importancia de la instalación de un laboratorio de primera calidad, que no sólo realice controles sino también se logre convertir en un verdadero centro de negocios y atención al cliente para la empresa. Esto le dará una verdadera diferenciación por el valor añadido en el servicio a los productos que ya cuentan con muy buena calidad.

Mayor información para la elaboración de los criterios

Una de las personas involucradas en el proyecto (en este caso el controller técnico en la administración del proyecto) apoyó el realizar un análisis más profundo de las alternativas porque considera que no se tomaron en cuenta otros factores esenciales.

Se realizaron varias entrevistas con dicho controller en las cuales se obtuvo mayor información que, después de haberla procesado, fue utilizada para definir junto con el grupo tomador de decisiones el resto de los criterios no considerados, ya que sólo se estaba tomando en cuenta el aspecto financiero de la planta. Las siguientes razones muestran la necesidad de incluir en el estudio a otros aspectos además del económico:

- a) En el aspecto ecológico (ver capítulo 7, medio ambiente). En la actualidad las normas y reglamentaciones para mejorar las emisiones de contaminantes de este tipo de plantas, van en aumento. Puede mencionarse la nueva reglamentación en cuanto a las emisiones de óxidos de cobre que afecta directamente a nuestro proceso en cuestión. Producir un cambio en el proceso de C puede originar un desfasamiento en la concentración media del sulfato de cobre (generador de los

óxidos de cobre), esto por consiguiente puede resultar en penalizaciones gubernamentales, u otras consecuencias como pérdidas de certificaciones, o penalizaciones internas por parte de la propia empresa.

- b) Otro de los puntos que fueron subestimados en el primer análisis, es el de las implicaciones correspondientes a nivel de las ventas. El cerrar o no cerrar la planta tendrá por seguro un impacto en la imagen de la compañía ya sea para bien o para mal. Este criterio esta muy ligado con el aspecto económico, pues la imagen se reflejará directamente en un incremento o decremento en las ventas. Así pues, la decisión que se tomará debe considerar que las acciones que se lleven a cabo tendrán un impacto directo sobre la imagen de la compañía y por lo mismo los responsables deben tratar de aprovechar este hecho de la mejor forma posible, (en el caso de cerrar la planta, se pronostica que las ventas de C se vendrán abajo en un 52% a causa del impacto en la imagen²).
- a) No hay que olvidarnos de que los productos tienen la mejor calidad de todas las plantas de la empresa, dicho factor debió definitivamente ser considerado en el primer análisis de alguna u otra manera. Sin, embargo, esto no fue así. Dicho punto es tan importante por las repercusiones que tiene en el sistema de calidad de toda la empresa. Actualmente, la compañía ya se encuentra certificada por las Normas ISO 9000:2000, pero es necesario prever que de cerrar la planta, se corre el riesgo de perder la certificación al cambiar drásticamente el proceso de fabricación de uno de los productos (en este caso el producto C). Es necesario, pues, plantear cuáles serán las condiciones de trabajo reales tanto en la nueva planta Y donde se continúe con la producción de C para posteriormente analizar qué tanto cambiará la calidad del producto en dichas condiciones. El mismo análisis debe realizarse para el caso en el que no exista clausura alguna y se hagan modificaciones y el presente caso, no realizar cambio alguno (ver capítulo 6 calidad del producto).
- b) Por último y de forma remarcable, no se consideró que la planta no era sólo una planta como tal, esto es, además de tener sus tres líneas de producción, este establecimiento contiene en forma adicional un laboratorio que seguirá siendo requerido ya que:
- Realiza labores de control de calidad (en un 50%) no sólo para las dos líneas canceladas sino también para la C.
 - Analiza otros compuestos (300 a 400 muestras por mes) que representa un 10% de su actividad.
 - Otorga diversos servicios al cliente que significa 30% de su actividad.
 - Funciona como soporte de las operaciones de América Latina en general, realizando análisis correctos de otros productos químicos finos y para necesidades ecológicas tanto internas como externas a la planta (10%).

² Ver capítulo 9 Imagen de la Empresa.

La existencia de este laboratorio ayuda a que la calidad del producto sea buena, y ayuda a mantener al proceso y a las condiciones de trabajo en constante monitoreo para evitar emisiones o concentraciones que pongan en peligro a la seguridad del empleado o que bajen la calidad del producto. Y no sólo eso, como se ha mencionado, el laboratorio dispone el 30% de su actividad total a trabajos para clientes, por ello la imagen de la compañía se ve involucrada al convertirse la planta en un centro de atención y servicio al cliente.

Elaboración de los criterios:

Discutiendo con el decisor sobre toda esta información proporcionada, encontramos todos los criterios relevantes que deben ser tomados en cuenta al momento de hacer la evaluación³:

1. Factor económico.- Se realizó un reajuste de las cifras presentadas en el estudio económico financiero en los tres casos: si la planta sigue operando (con o sin modificaciones) y si ésta es clausurada.
2. Calidad en el producto.- Se considera un factor relevante debido a que su impacto podría ser causa de varias multas y penalizaciones, y llevándolo a un caso extremo, podría significar la pérdida de varias certificaciones, o el decremento gradual en las ventas y la consecuente pérdida de participación en el mercado cediéndola a la competencia.
3. Medio ambiente.- Todas las disposiciones tanto internas (reglamentos de la propia empresa) como externas (reglamentos y leyes gubernamentales para la protección de medio ambiente), fueron tomadas en cuenta. Será necesario tener cuidado de que el cambio que pueda producirse en el proceso ya sea clausurando o no la planta, no provoque el descontrol en los niveles de ciertos tóxicos en la premezcla, para evitar el daño a los ecosistemas.
4. Seguridad e higiene laboral.- En este caso, una vez más al realizar cambios en el proceso de C, se corre el riesgo adicional de que los límites permisibles de sustancias en el ambiente sean superados; en cuyo caso, la empresa en México puede tener problemas en el momento de las auditorías y, en una situación extrema, podría llegarse a afectar la salud del trabajador, situación inadmisibles para la compañía.
5. Imagen de la empresa.- Como se ha mencionado con anterioridad, los directivos deben tomar ventaja de la situación actual de la planta en cuanto a su buena

³ El análisis para cada criterio se ha realizado en los capítulos del 5 al 9, de esta manera el capítulo 1 corresponde al criterio 1 "factor económico", y así sucesivamente.

imagen por la calidad con la que goza C. Los decisores han determinado incluir en el análisis la posibilidad de aumentar las ventas a través de un plan para fortalecer esta imagen. Es importante recalcar pues, que cualquier acción que se tome repercutirá en forma decisiva en las ventas a través de la imagen de la compañía.

Independencia de los criterios.

En esta tesis se trabajará bajo la hipótesis de que existe "independencia preferencial" entre los criterios, esto significa que no existen factores que influyeran a dos criterios en el mismo sentido. Esta idea no es totalmente aplicable a nuestro caso, por ejemplo, podemos ver que el primer criterio y el último (imagen de la empresa) están relacionados entre sí, sin embargo dado la complejidad de ligas o lazos que se puedan tener, sería ilusorio tratar de redefinir a una familia que evite correlación entre criterios. Sin embargo, el hecho de eliminar un criterio porque esté fuertemente correlacionado a otro, podría destruir información indispensable en el análisis. En este caso por ejemplo, si agregara al criterio imagen con el económico, se considerarían las ventas en el flujo de efectivo (como de hecho ya están consideradas), sin embargo, se pierde la información del porqué ese impacto en las ventas. El decisor no podría ver claramente que la imagen como tal (y el plan de mercado basado en ella) es un arma poderosa en el crecimiento y la mejora de la situación de la planta.

Estructuración de la matriz de desempeño (matriz de decisión):

Con los datos mencionados para cada criterio e información adicional otorgada por la empresa, se elaboró junto con los decisores y otras personas que estuvieron implicadas en el proyecto (ingenieros químicos responsables del área de logística de la planta, la persona responsable del área de calidad y el departamento jurídico), la siguiente matriz de desempeño:

Tabla 3.2. Matriz de impactos o de desempeño⁴.

Criterio ----- Alternativa	Económico (S MN)	Calidad del Producto (% prob.)	Medio Ambiente (ppm)	Seguridad e Higiene Laboral (mg/m ³)	Imagen (S MN)
No hacer nada (N)	5,462,638	.702	33	0.07	9,864,000
Clausurar (C)	8,881,887	.546	34	0.16	6,500,000
No Clausurar (NC)	8,509,129	.984	30	0.01	11,858,500

⁴ El respaldo de estos datos puede consultarse en cada uno de los capítulos (5-9) correspondientes a su criterio.

Ponderación de criterios.

La importancia relativa criterios es evidentemente una información crucial. La mayor parte de los métodos traducen esta importancia relativa por números "pesos". Sin embargo, su interpretación puede variar dependiendo del uso que se les de. Es necesario ser cautelosos a la hora de emplear los mismos pesos en métodos diferentes, con miras a la comparación de resultados (que podrían estar fuera de sentido). Una de las razones por las cuales se escogió este método, es precisamente porque el ELECTRE III maneja el concepto precisamente de pesos y no el de tasas de sustitución que implica qué tanto de un criterio se está dispuesto a sacrificar por un mejor valor en otro criterio. En el caso de los ELECTRE la interpretación es totalmente diferente, prácticamente los pesos de un criterio juegan el mismo papel que un número de voces en proceso de votación. En este método no compensatorio si se tiene una familia de criterios F; G y H son subconjuntos de F se puede decir que G es preferido a H si se pueden encontrar dos acciones a y b tales que:

- a es mejor que b por todos lo criterios G
- b es mejor que a por todos los criterios de H,
- a y b son indiferentes para todos demás criterios
- a es globalmente mejor que b.

Puede hacerse la hipótesis de que esta relación "mejor que" es representable por medio de n constantes p_1, p_2, \dots, p_n (asociados a n criterios) tales que la comparación de G y H se establezca con base a $\sum_{j \in G} p_j$ y $\sum_{j \in H} p_j$

Pueden buscarse transformaciones de los pesos elegidos sin que los resultados del método sean modificados. (esto permite normalizar los pesos para arreglar que su suma de 1). En el método de la media ponderada este es la única forma permitida, sin embargo en el método ELECTRE se permite toda transformación que preserve el orden de los pesos en los conjuntos de criterios. En este caso particular se simplificó su cálculo dejando que las personas interrogadas otorgaran pesos a los criterios como porcentajes de importancia y se evitó el cálculo por juego de pesos o análisis del espacio de pesos factibles.

La importancia que cada criterio tiene depende de los intereses del tomador de decisiones, por ello es necesario que esta persona o grupo de personas sean objetivas y manejen todos los aspectos con la correcta importancia que le corresponde a cada uno. Esto es, que el decidor pueda separar intereses personales de los intereses comunes para la empresa⁵.

Para este caso, se trabajó directamente con el segundo encargado de la elaboración del proyecto (quien además pidió la realización de este análisis), esta persona, en

⁵ Para mayor información sobre otros tipos de métodos ponderatorios puede consultarse: Barba Romero Sergio y Pomerol Jean-Charles "Decisiones Multicriterio", 1997, cap 4 "Los métodos de ponderación y sus problemas".

coordinación con otras involucradas en este proyecto, otorgaron los siguientes grados de importancia:

En lo que refiere a la parte económica, el decidor acordó que este factor era de primordial interés sobre todo por la posición financiera que mostrará México frente a la división corporativa en E.U.. Por ello le otorgó un 70% de importancia.

Al Medio Ambiente (factor ecológico): 4 %.

A la Seguridad e Higiene Laboral: 4 %.

A la Calidad del producto: 14 % ya que aunque no sea un factor que vislumbre su importancia inmediatamente, en un tiempo no tan largo como parecería, su falta de atención podría reflejar severos problemas para la empresa. Ésta podría llegar a perder inclusive la certificación frente a ISO, y esto repercutiría en la estabilidad con las relaciones con los clientes, su renombre frente a la corporativa en Estados Unidos y su pérdida de prestigio que hasta el momento había logrado tener frente a su competencia en México y a otras plantas de la empresa en el mundo.

Imagen de la Compañía (Servicio al Cliente 8%): Este es el tercer criterio de mayor importancia, que va aunado a la calidad del producto, pues ésta es calidad en el servicio, debido a la nueva tendencia que tiene la empresa de su enfoque total hacia el cliente.

Una vez obtenida la matriz de desempeño y el vector de pesos, se cuenta con la mayoría de la información necesaria para la resolución del problema. Sin embargo, aún es necesario determinar con ayuda de todas estas personas implicadas, los umbrales de indiferencia, preferencia y veto⁶.

Cálculo de nuevos parámetros: Umbrales de indiferencia, preferencia y veto:

Después del análisis realizado, se resumen los resultados obtenidos en la siguiente tabla.

Tabla 3.3 Parámetros en el método: Umbrales de indiferencia, preferencia y veto.

Criterio/Parámetros	Umbrales de indiferencia	Umbrales de preferencia	Umbral de veto.
Económico	.02 g(a)	.04 g(a)	\$ 4,000,000 MN
Calidad en el producto	4 %	8 %	50 %
Medio Ambiente	1 ppm	2 ppm	36 ppm
Seg. e Hig. Laboral	0.05 mg/m ³	0.1 mg/m ³	0.2 mg/m ³
Imagen de la empresa	.02 g(a)	.04 g(a)	\$ 5,500,000 MN

⁶ Para el cálculo de estos parámetros, ver capítulo 10.

Para mayor información a cerca de los umbrales, puede consultarse el capítulo 10, donde se plantean las bases y el respaldo para la obtención de estos datos. De igual forma, puede consultarse el capítulo 2 para revisar conceptos concernientes al ELECTRE III.

Procedimiento:

Concordancia

El primer paso es desarrollar una medida de concordancia, esto es, construir una matriz de concordancia $C(a,b)$, para cada par de alternativas $(a,b) \in A$, siendo w_i el coeficiente de importancia (o ponderación) para el criterio i :

$$C(a,b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i c_i(a,b)$$

siendo n el número total de criterios (que para este caso es $n = 5$) mientras que:

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

El cálculo de cada $c_i(a,b)$ se obtiene de la siguiente manera:

$$c_i(a,b) = \begin{cases} 1 & \dots \dots \dots si \dots g_i(a) + q_i \geq g_i(b) \\ 0 & \dots \dots \dots si \dots g_i(a) + p_i \leq g_i(b) \dots \dots j = 1, \dots, n \\ \frac{p_i + g_i(a) - g_i(b)}{p_i - q_i} & \dots \dots \dots en \dots C.O.C. \end{cases}$$

Con este concepto ya es posible medir la fuerza (credibilidad) de la afirmación aSb , pues estos índices expresan un grado de certitud en el cual las alternativas N , C y NC se sobreclasifican unas con otras en determinado criterio, y viceversa.

La matriz resultante $C(a,b)$, es:

Tabla 3.4 Matriz de Concordancia.

Alternativa	No hacer nada (N)	Clausurar (C)	Hacer modificaciones (NC)
N	1	0.3	0.032
C	0.748	1	0.7
NC	1	0.3	1

Los valores que muestra la matriz de concordancia $C(a,b)$ se interpretan como una medida de, qué tan fuerte es la afirmación de que la alternativa a sea al menos tan buena como la alternativa b , (si las ponderaciones fueran iguales para cada criterio, C puede

interpretarse como el porcentaje de criterio en que una alternativa es al menos tan buena como la otra.

Discordancia

En lo que respecta al principio de discordancia, se debe definir un nuevo umbral, denominado umbral de veto, v_j , el cual permite que la posibilidad de que aSb sea rechazada totalmente si para algún criterio i : $g_i(b) > g_i(a) + v_i$. El índice de discordancia $d_i(a,b)$ para cada criterio i puede calcularse:

$$d_i(a,b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_i(a) + v_i \leq g_i(b) \\ 0 & \text{si } g_i(a) + p_i \geq g_i(b) \\ \frac{g_i(b) - g_i(a) - p_i}{v_i - p_i} & \text{en } C.O.C. \end{cases} \quad i = 1, \dots, n$$

Una vez definidos los umbrales de veto para cada criterio, se calculan los índices de discordancia para cada criterio (una matriz para cada criterio sin tener que agregarlos como en el caso de los índices de concordancia), si un criterio es discordante, es suficiente para descartar aSb.

En este caso, no se adicionan los valores de cada matriz i , para formar una sola matriz $D(a,b)$, como sucedió en el caso de $C(a,b)$, esto se debe al principio de no compensación de este método, así si un criterio no está definitivamente acorde con la aseveración de que aSb, este hecho se mantendrá penalizado hasta el final.

A continuación se presentan las matrices resultantes en el cálculo de discordancia para cada criterio:

Tabla 3.5 Matrices de discordancia para cada criterio.

$D_1(a,b)$: Económico.

	N	C	NC
N		0	0.84642289
C		0	0
NC		0	0.00885139

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

$D_2(a,b)$: Calidad en el Producto.

	N	C	NC
N		0.000	0.481
C		0.181	0.852
NC		0.000	0.000

D₃(a,b): Medio Ambiente.

	N	C	NC
N	0.000	0.000	0.029
C	0.000	0.000	0.059
NC	0.000	0.000	0.000

D₄(a,b): Seguridad e Higiene Industrial.

	N	C	NC
N	0.000	0.000	0.000
C	0.000	0.000	0.500
NC	0.000	0.000	0.000

D₅(a,b): Imagen de la compañía.

	N	C	NC
N	0	0	0.313
C	0.592	0	0.973
NC	0	0	0

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Grado de Credibilidad.

El paso final es combinar estos resultados (el grado de concordancia y de discordancia) para dar una medida del grado de ordenamiento, esto es una matriz de credibilidad que muestre la fortaleza de la afirmación aSb "a es al menos tan buena como b".

El grado de credibilidad para cada par (a,b) en A se define como sigue:

$$S(a,b) = \begin{cases} C(a,b) \dots \dots \dots \text{si} \dots d_i(a,b) \leq C(a,b) \dots \dots \forall i \\ C(a,b) \cdot \prod_{j \in I(a,b)} \frac{1-d_j(a,b)}{1-C(a,b)} \dots \dots \text{donde} \dots I(a,b) \dots \text{es} \dots \text{el} \dots \text{conjunto} \dots \text{de} \dots \text{criterios} \\ \dots \dots \dots \text{en} \dots \text{el} \dots \text{que} \dots d_i(a,b) \phi C(a,b) \end{cases}$$

Esta fórmula asume que si alguno(s) de los valores de discordancia excede a aquellos de concordancia, entonces no hay certeza de que aSb y se debe modificar el valor de concordancia C(a,b). Si el valor de discordancia es 1 entonces S(a,b)=0.

La matriz S queda:

Tabla 3.6 Matriz de Credibilidad S.

	N	C	NC
N	1	0.07	0.0032
C	0.75	1	0.031
NC	1	0.3	1

Ahora se determina el la matriz de sobreclasificación T. Determinando el “valor de credibilidad” $s(\lambda)$, tal que sólo los valores de $S(a,b)$ que estén suficientemente cerca de λ sean considerados; esto es sólo si el valor se encuentra dentro de $\lambda - s(\lambda)$. Haciendo que $\lambda = \max_{a,b \in A} S(a,b)$

$$T(a,b) = \begin{cases} 1 & \dots \dots \dots \text{si} \dots \dots S(a,b) \phi \lambda - s(\lambda) \\ 0 & \dots \dots \dots \text{en} \dots \dots \text{C.O.C} \end{cases}$$

En este caso se tiene que $\lambda = 1$ y se establece que $s(\lambda) = 0.56$

La matriz de sobreclasificación T queda:

Cuadro 3.7 Matriz de sobreclasificación T.

	N	C	NC
N	1	0	0
C	1	0	0
NC	1	0	1

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Jerarquización:

El siguiente paso es realizar una jerarquización de las alternativas según la matriz de credibilidad. Esto es, realizar la “destilación”.

Se construyen dos preórdenes Z_1 y Z_2 usando una destilación descendente y ascendente respectivamente, para después combinarlas y producir un preorden parcial $Z=Z_1 \cap Z_2$. Para generar cada preorden se hace lo siguiente:

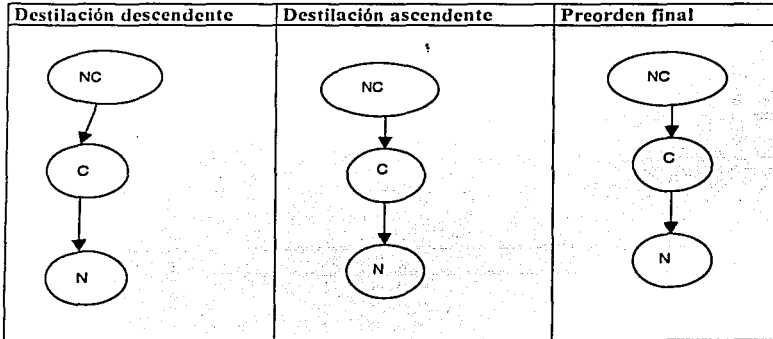
En forma general se define una calificación para cada proyecto (el número de proyectos que sobrepasan al proyecto a, menos el número de proyectos que son sobrepasados por el proyecto a. El conjunto de alternativas que tengan la calificación más alta es el primer destilado de D_1 . Si D_1 contiene solo una alternativa, se debe repetir el procedimiento con $A \setminus D_1$; en cualquier otro caso, se aplica el mismo procedimiento dentro de D_1 , si el destilado D_2 contiene sólo una alternativa, el procedimiento se empieza con $D_1 \setminus D_2$; de otra forma se aplicará dentro de D_2 , y así hasta terminar el análisis de D_1 . El procedimiento se repite empezando con $A \setminus D_1$. El resultado obtenido es el primer preorden Z_1 (la destilación descendente). La destilación ascendente se lleva a cabo de una forma similar pero en este caso son los proyectos de menor puntuación los que se retienen en un principio.

El ordenamiento final es la combinación de Z_1 y Z_2

Cuadro 2.9 Resultados finales.

$Q(N) =$	-1			
$Q(C) =$	0			
$Q(NC) =$	1			
destilación descendente:				
$D1 =$	NC			
$AD1 =$	C			
$Z1 =$	NC	C	N	
destilación ascendente:				
$D1 =$	N			
$AD1 =$	C			
$Z2 =$	NC	C	N	
Preorden final, $Z_{tot} = Z1 \cap Z2 =$				
	NC	C	N	

Los resultados finales pueden mostrarse gráficamente como lo muestra la siguiente figura.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Como puede observarse en el preorden final, se ha llegado a la conclusión de que la alternativa más conveniente no es la de clausurar la planta como se creía anteriormente, sino la de mantenerla y realizar inversiones en ella.

Por supuesto que estos resultados fueron obtenidos según las preferencias de los decisores, esto es, a pesar de que el factor económico tiene la mayor ponderación, los demás factores influyeron en forma remarcable para contrarrestar la fortaleza de este criterio, pues éste es el único donde las evaluaciones de la alternativa C (clausurar) resultan ser preferidas a las de las demás alternativas, en el resto de los criterios predomina la alternativa NC (no cerrar y hacer modificaciones).

De haber realizado únicamente un análisis del valor presente neto (VPN) para las alternativas (considerando solamente el factor económico), se hubiera podido tomar cómodamente la opción de clausurar la planta X. Pero ahora que se ha investigado más a fondo sobre las repercusiones a nivel producción de esta alternativa, definitivamente se considera mejor permanecer con la planta e invertirle planes de desarrollo, aunque el flujo total haya resultado ser menor que en el caso de clausurar la planta.

La elaboración de cada uno de los criterios implicó un estudio más a fondo de la situación en cada caso. Por ello fue necesaria la participación de especialistas que tuvieran conciencia de las implicaciones de cambios físicos en el proceso provocados al cambiar la producción de C a otra planta. Esta etapa del trabajo fue la más complicada, por la cantidad de información a investigar y la búsqueda de las posibles consecuencias, pero una vez completada, se obtuvo una visión mucho más clara y estructurada de problema en general y de la forma en que éste sería solucionado.

Para llevar a cabo los cálculos en el método, y el posterior análisis de sensibilidad, fue necesario realizar una programación en excell. Sin embargo para comparar los resultados y comprobar que el programa en excell arrojava los resultados correctos, se utilizó un demo de un programa de ELECTRE III⁷. Este hecho plantea la posibilidad de generar un programa sin tener que pagar por alguno ya existente. Aunque el programa generado en Excell es muy particular, es posible generar un programa más flexible teniendo las herramientas de programación en C, Visual Basic, etc.

De cualquier manera, con los cálculos efectuados, se confirma la importancia que tienen los programas de computadora que manejen paquetes ELECTRE, ya que con su ayuda es posible realizar diversos análisis de sensibilidad en un tiempo muy corto. Sin ellos los cálculos hubieran sido muy lentos y engorrosos, además las probabilidades de error habrían aumentado considerablemente.

⁷ Programa Electre III/IV, <http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html>

CAPÍTULO 4

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MÉTODO

Este apartado está dedicado a analizar qué pasaría si las preferencias de los decisores resultaran distintas, esto es, si se cambian los pesos en cada criterio, hasta qué punto se acepta que la mejor decisión es NC (no cerrar y realizar modificaciones).

Comentando este tema con el grupo de trabajo en la planta, se ha decidido ir mejorando las ponderaciones hacia el primer criterio (pues este criterio ha resultado ser el más influyente), y se vuelven a determinar los pesos restantes (tratando de conservar las preferencias entre ellos), así es posible observar las variaciones en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Variación en el resultado final (preorden final) al variar las ponderaciones del factor económico en forma ascendente.

Criterio	Pesos Iniciales	Pesos 1	Pesos 2	Pesos 3	Pesos 4	Pesos 5	Pesos 6
Económico	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85
Calidad	0.2	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.09
Medio Ambiente	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
Seguridad e Higiene Laboral	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
Imagen	0.12	0.1	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04
CIN	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2
CQ	0	0	0	0	0	0	1
CINCY	1	1	1	1	1	1	1

Como puede observarse, en el momento en que los pesos cambian a 85% a favor del factor económico, las dos alternativas C y NC se vuelven indiferentes (exactamente al 84% en el criterio económico, 9% en Calidad, 1% en Medio Ambiente y en seguridad e Higiene Laboral, y 5% en Imagen).

Es posible seguir subiendo el valor del factor económico, y no es sino hasta un 97% en el que la decisión cambia a favor de la clausura de la planta, los demás criterios serán casi nulos (1% para la calidad del producto e imagen y un .5% para el medio ambiente y la seguridad e higiene laboral). Esto concuerda con el análisis anterior donde sólo se consideraba al criterio 1 (tenía un 100% de ponderación, los demás 0%).

Si al contrario, en lugar de subir la preferencia del criterio económico, ésta baja, podemos observar los siguientes resultados:

Tabla 4.2 Variación en el resultado final (preorden final) al variar las ponderaciones del factor económico en forma descendente.

Criterio	Pesos Iniciales	Pesos 1	Pesos 2	Pesos 3	Pesos 4	Pesos 5	Pesos 6
Economico	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
Calidad	0.2	0.22	0.24	0.25	0.26	0.26	0.25
Medio Ambiente	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.12	0.15
Seguridad e Higiene Laboral	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11	0.13	0.15
Imagen	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.19	0.2
NC	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
CC	0	0	0	0	0	0	0
CCNO	1	1	1	1	1	1	1

En este caso, puede disminuirse el peso del criterio económico drásticamente y nada sucederá, sin embargo, reordenando los pesos y otorgándoles más valor a los criterios de seguridad e higiene laboral y de medio ambiente (30% a cada uno), 20% a la calidad y 10% a los criterios restantes, la decisión no cambiaría, se seguiría eligiendo NC, pero esta vez en último lugar quedaría la alternativa de cerrar C y no la de no hacer nada.

En general, puede observarse que la decisión seguirá siendo la misma siempre y cuando las preferencias de los decisores no cambien aumentando hasta un peso de 85% al criterio económico.

Esto por un lado es un resultado positivo para el método ya que esto implica que existe un intervalo grande (del 15% aproximadamente), en el que las preferencias pueden cambiar, variando los pesos, sin que se produzca cambio alguno en la toma de decisión.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PARTE II

**LA MATRIZ DE DESEMPEÑO Y LOS
UMBRALES PREFERENCIA INDIFERENCIA
Y VETO**

**CAPÍTULO 5
FACTOR ECONÓMICO**

Se realizará un análisis del Valor Presente Neto para todas las alternativas, utilizando como punto de referencia al caso actual (alternativa de no hacer nada). En este caso con los datos otorgados de la empresa, se obtuvieron los siguientes resultados:

Los costos totales anuales de la planta en operación (considerando la producción normal de las líneas de químicos A, B y C) se muestran en la siguiente tabla. Las cifras se encuentran en pesos mexicanos:

Tabla 5.1 Costos de la Planta sin realizarle ningún cambio.

Descripción	Costos actuales de cada centro de costos			Total de costos (A+B+C)
	A	B	C	
1) Costos originales				
a) Material	100.008	203.278	251.540	554.826
b) Inventario	667	1.355	1.677	3.699
c) Personal	288.984	190.975	526.797	1,006,756
d) Depreciación	795.709	205.001	1,907.930	2,908,640
e) Mantenimiento y servicios	58.836	16.453	87.140	147,429
Total de Costos originales	1,244.204	617.062	2,775.084	4,636,350
2) Costos de instalaciones y mantenimiento				
a) Electricidad	137.307	61.778	197.999	397,084
b) Vapor	126.289	56.821	182.110	365,220
c) Agua filtrada y fría	36.596	16,466	52,773	105,835
d) Compresor de aire	21.752	9,787	31,367	62,906
e) Mantenimiento Mec. y Elect.	451,340	203,070	650,839	1,305,249
f) Infraestructura	473,857	213,201	683,309	1,370,367
g) Gerencia de la planta	1,064,781	479,073	1,535,428	3,079,282
h) Laboratorio	416,520	187,403	600,627	1,204,550
Total de Costos de instalaciones y mantenimiento	2,728,442	1,227,599	3,934,452	7,890,493

3) Otros servicios	908.262	408.652	1.309.726	2.626.640
Total de costos	4,880.908	2.253.313	8,019.262	15,153,483

El total de las ventas para los últimos años era de: S 13,500,000. MN.

S 1,245,000 MN para la línea A

S 2,391,000 MN para la línea B

S 9,864,000 MN para la línea C

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PRIMERA ALTERNATIVA: CERRAR LA PLANTA.

Si se clausura la planta, se piensa dejar de producir definitivamente los productos A y B. El químico C se seguirá produciendo en forma casi manual en algún espacio disponible en alguna otra instalación. Por lo tanto, al no existir producción de A y B, se eliminarán sus costos; sin embargo, seguirán existiendo algunos costos remanentes y costos para la producción de G (aunque éstos se lleven a cabo en otro lugar):

De esta manera:

- El costo de la materia prima se ve reducido enormemente pues ya no se requiere material para A ni para B.
- Los costos por inventarios también bajan (pues sólo quedan los de la línea C)
- La pérdida ocasionada por la materia prima almacenada que llega a caducar baja a un nivel mínimo.
- Se reducen los costos de mantenimiento y servicio.
- Gastos de operación, administrativos y otros, también disminuyen considerablemente.
- Quedan otros costos remanentes:
 - Relocalización de la línea C (pago de nuevos permisos e instalación)
 - Venta del equipo
 - Renta de espacio desocupado
 - Mantenimiento de instalaciones de A, B y C que no pudieron ser trasladadas.
 - Pérdida de equipo que no pudo ser vendido.
- Costos remanentes otros servicios (punto tres de la tabla 4.2):
 - a. Predial \$ 11,000.
 - b. ADIEM COPARMEX \$ 5,000.

- c. Radio comunicaciones \$ 4,000.
- d. Costos por pertenecer al parque industrial
 - i. Agua potable \$ 120,000.
 - ii. Recogedor de basura \$ 9,600.
 - iii. Tratamiento de agua \$ 30,000.
 - iv. Costo PROCIVA \$ 36,000.

\$ 115,600.

Estos costos serán añadidos al punto tres de la tabla 4.2, así:

$$981,714 + 115,600 = \$ 1,097,314 \text{ MN.}$$

Este costo sólo se presentará en los primeros dos años posteriores al cierre. En los siguientes tres años el costo de otros servicios permanecerá como \$ 981,714 MN.

Las ventas en C disminuyeron a: \$ 6,500,000 MN¹ anuales, es decir bajan en un 34%, también los costos de materia prima y de inventario se ven reducidos a: \$ 165,755 MN y \$ 1,105 MN correspondientemente.

Tabla 5.2: Costos implicados al cerrar la planta anuales (hasta el segundo año después del cierre).

Descripción	Costos actuales de cada centro de costos			Total de costos (A+B+C)
	A	B	C	
1) Costos originales				
a) Material	15,850	10,569	165,755	287,959
b) Inventario	106	137	1,105	1,348
c) Personal	0	0	526,797	526,797
d) Depreciación	0	0	1,907,930	1,907,930
e) Mantenimiento y servicios	10,004	9,500	87,140	106,644
Total de Costos originales	25,960	20,206	2,688,727	2,734,893
2) Costos de instalaciones y mantenimiento				
a) Electricidad	20,110	22,064	197,999	240,173
b) Vapor	0	0	182,110	182,110
c) Agua filtrada y fría	6,121	0	52,773	58,894
d) Compresor de aire	0	0	31,367	31,367
e) Mantenimiento Mec. Y Elect.	70,667	42,867	550,839	664,373
f) Infraestructura	1,387	1,500	683,309	686,196
g) Gerencia de la planta	5,000	5,000	535,428	545,428

¹ Ver capítulo 9.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

h) Laboratorio	0	0	500,627	500,627
Total de Costos de instalaciones y mantenimiento	103,285	71,431	2,734,452	2,909,168
3) Otros servicios	1,262	2,652	1,093,400	1,097,314
Total de costos	130,507	94,289	6,516,579	6,741,375

SEGUNDA ALTERNATIVA: QUEDARSE CON LA PLANTA, Y REALIZAR DIVERSAS MODIFICACIONES.

Las principales modificaciones a realizar son las siguientes:

a) Se hará una inversión de \$ 6,250,000 MN para reestructurar el proceso en general. Esta inversión repercutirá en los siguientes aspectos:

-- 60% de las instalaciones para A y B pueden ser adaptadas para el proceso de C (en el que estará concentrada toda la planta).

-- Se incurrirá en nuevos costos por la adaptación de un horno eléctrico en el tanque mezclador, un nuevo sistema de bombeo, la compra de una homogeneizadora, algunos calentadores y controladores (todo ello incluido en la inversión de \$6,250,000 MN). Este aumento se verá reflejado en los costos por mantenimiento y servicios, los cuales aumentarán a \$ 155,000 MN, y los costos por depreciación aumentarán también a \$ 2,100,000 MN, el costo de mantenimiento mecánico y eléctrico del equipo subirá a \$ 650,839 MN.

-- Se realizarán fuertes inversiones al laboratorio, que será también un centro de atención al cliente. El costo también aumentará a \$ 900,627 MN.

-- Con el nuevo plan de mercadotecnia que se piensa implantar, se pretende aumentar las ventas en forma gradual a \$ 13,316,400 MN. Considerando que las ventas anteriores eran de \$ 9,864,000 MN, es decir, se logrará un aumento gradual hasta el 35% en las ventas a partir del segundo año. Por lo tanto, la materia prima para C aumentará también hasta un 35%. La tabla 5.3 muestra el ascenso gradual en las ventas y en los costos correspondientes.

b) Los costos de A y B se reducen en un 95.69%, es decir, de \$ 7,134,221 MN a \$ 307,709 MN.

c) Además de los beneficios que la inversión representa, se realizará un cambio de proveedor. Esto es, en lugar de traer la materia prima de Alemania, ésta se traerá de los Estados Unidos, la reducción en su costo se refleja en los siguientes aspectos:

El costo de la materia prima para la línea C era de \$ 251,540 MN al año su valor real se puede encontrar desglosando los siguientes costos en pesos mexicanos:

Valor original del producto	209,402
Costo de embarque + flete	14,916
Impuesto arancelario (13%)	27,222
TOTAL	251,540

Comprando la materia prima en Estados Unidos se obtendrían los siguientes costos en pesos mexicanos:

Valor original del producto	209,402
Costo de embarque + flete	8,000
Impuesto arancelario	0.00
TOTAL	217,402

Sin embargo, el costo de la materia prima aumentará en un (por el aumento en las ventas de C) 35% en forma gradual (ver tabla 5.3).

d) Además el costo por mantener el inventario se reduce gradualmente de la siguiente manera al reducir el periodo de entrega de 40 días a 10 días (ya que el costo de encargar los pedidos se considera despreciable):

$$\frac{360 \text{ días}}{40 \text{ días}} = 9 \text{ periodos antes}$$

$$\frac{360 \text{ días}}{10 \text{ días}} = 36 \text{ periodos ahora}$$

Costo de inventario promedio (antes) = $1/9 (251,540)/2(.12) = \$ 1,677 \text{ MN}$.

Costo de inventario promedio (en el primer año después de la inversión) = $1/36((\$231,424)/2) \cdot .12 = \$ 386 \text{ MN}^2$.

El resto de los valores están calculados en la tabla 4.3.

Además, al disminuir los días de inventario, se incrementará el flujo de efectivo:
 $251,540/9 = \$ 27,949 \text{ MN por periodo}$

ahora si se estima que para el primer año se tendrá un incremento de materia prima del 6.45%, el costo en el primer año después de la inversión es de \$ 231,424 MN, que por periodo sería: $\$ 231,424 / 36 = \$ 6,428 \text{ MN por periodo}$

El incremento del flujo de efectivo adicional será de: $27,949 - 6,428 = \$ 21,520 \text{ MN}$ en el primer año cuando ya se ha hecho el cambio de proveedor.

La tabla dos muestra este análisis:

² Se considera un costo de oportunidad del 12%.

Tabla 5.3 Ascenso gradual en las ventas (unidades en pesos mexicanos).

Año	Crecimiento	Costo Materia Prima	Costo de inventario	Flujo generado	Ventas
1	6.45%	231.424	386	21.520	10.500.228
2	11.51%	242.423	404	0	10.999.346
3	20.64%	262.274	437	0	11.899.930
4	27.5%	277.188	461	0	12.576.600
5	35%	293.492	489	0	13.316.400

Estos costos evaluados y el resto de los gastos implicados para los últimos dos años se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.4 Costos de la planta sin cerrar y haciendo modificaciones (resultados del último año, año5).

Descripción	Costos actuales de cada centro de costos			Total de costos (A+B+C)
	A	B	C	
1) Costos originales				
a) Material	15,850	20,569	293,492	287,959
b) Inventario	26	34	489	549
c) Personal	0	0	526,797	526,797
d) Depreciación	0	0	2,100,000	2,100,000
e) Mantenimiento y servicios	0	0	155,000	155,000
Total de Costos originales	15,876	20,603	3,075,778	3,112,257
2) Costos de instalaciones y mantenimiento				
a) Electricidad	31,110	22,064	230,000	283,174
b) Vapor	0	0	182,110	182,110
c) Agua filtrada y fría	10,121	0	62,773	72,894
d) Compresor de aire	0	0	45,367	45,367
e) Mantenimiento Mec. y Elect.	127,667	62,867	750,839	941,373
f) Infraestructura	1,387	1,500	983,309	986,196
g) Gerencia de la planta	22,00	10,600	1,635,428	1,646,028

h) Laboratorio	0	0	900,627	900,627
Total de Costos de instalaciones y mantenimiento	170,285	97,031	4,790,453	5,057,769
3) Otros servicios	1,262	2,652	977,800	981,714
Total de costos	187,423	120,286	8,844,031	9,151,740

ANÁLISIS DEL FLUJO DE EFECTIVO (VPN):

Para todos los cálculos se tomará en cuenta un ISR del 36% y un PTU del 10%. El costo de oportunidad se considerará del 15%. Las unidades se encuentran en pesos mexicanos (% MN).

Tabla 5.5 Sin realizar cambio alguno.

Año	Inversiones	Ventas	Costos	Utilidad antes de ISR y PTU	Utilidad después de ISR y PTU	Depreciación	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente
0	0	13,500,000	15,153,483	1,653,483	1,653,483	2,908,640	1,255,157	1,255,157
1	0	13,500,000	15,153,483	1,653,483	1,653,483	2,908,640	1,255,157	1,091,441
2	0	13,500,000	15,153,483	1,653,483	1,653,483	2,908,640	1,255,157	949,079
3	0	13,500,000	15,153,483	1,653,483	1,653,483	2,908,640	1,255,157	825,286
4	0	13,500,000	15,153,483	1,653,483	1,653,483	2,908,640	1,255,157	717,640
5	0	13,500,000	15,153,483	1,653,483	1,653,483	2,908,640	1,255,157	624,035
VPN = TOTAL								5,462,638

Tabla 5.6 Realizando el cierre de la planta.

Año	Inversiones	Ventas	Costos	Utilidad antes de ISR y PTU	Utilidad después de ISR y PTU	Depreciación	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente
0	0	15,500,000	15,153,483	346,517	187,119	2,908,640	3,095,759	3,095,759
1	0	6,500,000	6,741,375	241,375	241,375	1,907,930	1,666,555	1,449,178
2	0	6,500,000	6,741,375	241,375	241,375	1,907,930	1,666,555	1,260,155
3	0	6,500,000	6,625,775	125,775	125,775	1,907,930	1,782,155	1,171,796
4	0	6,500,000	6,625,775	125,775	125,775	1,907,930	1,782,155	1,018,953
5	0	6,500,000	6,625,775	125,775	125,775	1,907,930	1,782,155	886,046
VPN = Total								8,881,887

Tabla 5.7: No se clausura la planta, se realizarán ciertas modificaciones. Paro de la producción de químicos A y B, reestructuración para adaptar la planta a el producto C.

Año	Inversiones	Flujo Excedente	Ventas	Costos	Utilidad después de ISR y PTU	Utilidad después de ISR y PTU	Depreciación	Flujo Neto de Efectivo	Valor Presente
0	6,250,000	0	15,500,000	15,153,483	346,517	187,119	2,908,640	3,154,241	3,154,241
1	0	21,520	10,500,228	9,089,569	1,410,659	761,756	2,100,000	2,883,276	2,507,196
2	0	0	10,999,346	9,100,586	1,898,760	1,025,330	2,100,000	3,125,330	2,363,199
3	0	0	11,899,930	9,120,470	2,779,460	1,500,908	2,100,000	3,600,908	2,367,656
4	0	0	12,576,600	9,135,408	3,441,192	1,858,244	2,100,000	3,958,244	2,263,139
5	0	0	13,316,400	9,151,740	4,164,660	2,248,916	2,100,000	4,348,916	2,162,180
VPN = Total									8,509,129

Los datos que se introducirán en la matriz de desempeño son precisamente el VPN para cada uno de los casos.

CAPÍTULO 6 CALIDAD DEL PRODUCTO Y SERVICIO

Calidad del Producto

Para hablar de Calidad en el producto, es necesario reconocer cuáles son las necesidades que cubre este producto al consumidor, quién es ese consumidor y en qué aspectos es posible aumentar la satisfacción del cliente.

Cabe entonces mencionar que el producto de la línea C consiste en un producto que se añade al alimento para el animal de cría. Se trata de una premezcla de vitaminas y microminerales que funcionan como suplementos externos para la alimentación de los animales domésticos, debido a que los ingredientes naturales de las raciones son a menudo deficientes en vitaminas y minerales.

Para formular el corrector, es importante conocer las necesidades del animal y la disponibilidad de los micronutrientes, tanto en las materias primas del pienso como de las fuentes externas utilizadas.

Para un mismo contenido en vitaminas y minerales no siempre la materia prima más barata es la más efectiva desde un punto de vista económico. Pero la mayoría de las veces tampoco la materia prima más cara es la más rentable. Factores importantes y generalmente difíciles de evaluar en la práctica son:

- 1) origen y estructura de las fuentes utilizadas,
- 2) estabilidad y disponibilidad de las mismas,
- 3) textura, naturaleza y cantidad del excipiente que afecta a la homogeneidad y a la estabilidad de los microingredientes incorporados,
- 4) tamaño y uniformidad de las partículas del excipiente,
- 5) otros factores tales como higroscopicidad, electrostática, humedad, facilidad de manejo, fluidez y presentación (Larrabee, 1976; Coelho, 1994) y 6) período de caducidad¹.

En general, la materia prima ya sea proveniente de Europa o de los Estados Unidos, cuenta ya con un nivel adecuado para cada una de las características anteriormente citadas. Sin embargo, a pesar de que la riqueza inicial es importante, lo fundamental finalmente

¹ XIV Curso de Especialización AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL COMPOSICIÓN MICROMINERAL Y VITAMÍNICA DE CORRECTORES COMERCIALES G.G. Mateos, M. García Jiménez, M. Gracia Lorenzo Dpto. de producción animal, Ets de ingenieros agrónomos de Madrid

será el obtener la mejor composición en la premezcla final, si es que se quiere cubrir con un fundamento básico de la empresa, la satisfacción al cliente.

Existen tres características esenciales que se encuentran en función de las proporciones de la premezcla: seguridad, calidad y eficacia. Por esto, los expertos en la materia han decidido tomar en cuenta como variable de la calidad, a la concentración de los ingredientes más importantes en la composición final.

Principales elementos que debe contener la premezcla:

1. Cobre (Cu)

Es un elemento promotor del crecimiento y esencial para la formación de la hemoglobina y la síntesis y activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo animal. Una deficiencia en Cu da lugar entre otros, problemas de anemia, queratinización de la piel, problemas articulares y fallos reproductivos en todas las especies, etc. Sin embargo, el exceso de Cu puede conducir a tres problemas colaterales: 1) incremento de la incidencia de erosiones de molleja², 2) reducción de la calidad de la grasa³, y 3) intoxicación en ovinos alimentados con forrajes. El problema es tanto más grave cuanto menores sean los aportes de Mo y S ya que ambos interactúan de forma negativa con la absorción del Cu. La formulación óptima de cobre es de 175 ppm sin pasar ésta de los 100 ppm ni rebasar los 250 ppm por las razones anteriormente citadas.

2. Yodo (I)

La principal función conocida del I es la de ser componente esencial de la tiroxina, hormona tiroidea responsable del control del metabolismo. Una deficiencia en I resulta en bocio (alargamiento compensatorio del tiroides), letargia del animal y en el caso de las reproductoras, en nacimiento de fetos débiles e inmaduros.

Las recomendaciones mínimas de I en porcino son de 0,14 ppm (NRC, 1998) aunque en la industria se llegan a incluir 2,0 ppm en piensos para lechones, sin llegar a un exceso de 3,0 ppm.

3. Manganeso (Mn)

Es un elemento traza que actúa como activador o como constituyente de numerosas enzimas. Es esencial para la síntesis del sulfato de condroitina, componente de la matriz orgánica del hueso. En general, los requerimientos en cerdas reproductoras es más importante, ya que afecta a la fertilidad y al peso de la camada. De hecho, las recomendaciones del NRC, han pasado de 10 ppm (NRC, 1988) a 13 ppm (NRC, 1998).

4. Selenio (Se)

² Wideman *et al.*, 1994; Bayyari *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1998.

El contenido en Cu de las materias primas varía entre 5 y 20 ppm. La mayoría de las fuentes de Cu (metionato, lisinato, sulfato, acetato, cloruro, óxido cruposo, etc) son bien utilizadas tanto en monogástricos como en ruminantes. El $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ se toma como patrón

³ especialmente en porcino, (Scherf y Bieber-Wlaschny, 1990)

Es un componente de la enzima glutatión peroxidasa que detoxifica los peróxidos lipídicos y protege las membranas celulares contra la degradación. Su función antioxidante está íntimamente ligada a la de la vitamina E. El Se es tóxico a dosis altas (> 5 ppm) por lo que debe manejarse con precaución. Los requerimientos mínimos de Se varían entre 0,3 ppm y 0,15 ppm.

5. Zinc (Zn)

Es un activador enzimático clave y además es un componente de numerosas metaloenzimas. Su principal función está relacionada con la replicación celular y el desarrollo de los cartílagos. De particular interés resulta los efectos positivos de altos niveles de Zn (hasta 3,000 ppm), suministrados en forma de óxido (y quizás otras sales). Sus requerimientos mínimos están entre 100 y 250 ppm.

VITAMINAS

La palabra vitamina define a un grupo de compuestos complejos de naturaleza orgánica presentes en pequeñas cantidades en los alimentos naturales y que son esenciales para el metabolismo animal. Su carencia da lugar a enfermedades que se manifiestan con problemas de salud, crecimiento y fallos reproductivos. Se diferencian de los microminerales por su naturaleza orgánica. Ciertas vitaminas no cumplen con la definición general en el sentido que no siempre es necesario su aporte dietético, ya que el organismo animal es capaz de sintetizarla aunque no a la velocidad precisa para rápidos crecimientos o altas producciones.

Vitamina A

Su riqueza se mide en unidades internacionales (U.I.). Los animales domésticos son bastante tolerantes ante excesos de vitamina A (NRC, 1987). Dosis 10 a 30 veces superiores a las necesidades fisiológicas no causan problema alguno en la productividad. Sin embargo, este tipo de excesos (como cuando se suministra en forma continua dosis masivas como antiestrés vía agua o inyectable) puede perjudicar la absorción de otras vitaminas o aditivos con similar mecanismo de absorción. Así, se ha observado que un exceso de vitamina A reduce la absorción de la vitamina E (Grobas, 1997) y de los pigmentantes, lo que resulta en pérdida de color en yema de huevo y en piel de pollo.

Vitamina D

El término vitamina D designa a un grupo de compuestos que poseen actividad antirraquítica. Esta función puede ser activada a través de componentes presentes en la piel por irradiación con luz ultravioleta. Las dos formas más importantes de vitamina D son el ergocalciferol (D₂) y el colecalciferol (D₃). El primero es de procedencia vegetal y el segundo de procedencia animal (esta vitamina D₃, es la suministrada en esta empresa a través del corrector).

La vitamina D₃ juega un papel importante en el metabolismo del Ca y del P. Por tanto, una deficiencia en esta vitamina va a producir los mismos síntomas que una deficiencia en Ca ó en P. El mínimo requerimiento de dicha vitamina en porcino, aves y otros es de 200 U.I. (NRC, 1998), aunque lo habitual es recomendar casi 8 veces más. No obstante,

hay que destacar que más de 3.000 U.I. de vitamina D₃ en el pienso se encuentran prohibidas⁴.

Vitamina E

La vitamina E es un excelente antioxidante natural y muchas de sus funciones orgánicas se explican por esta propiedad. Tiene un papel importante en la estabilidad de las membranas, la resistencia a las enfermedades y en fenómenos de protección contra elementos tóxicos (McDowell, 1989; Kolb, 1997). Una deficiencia resulta en mayor incidencia de mamiitis, problemas de fertilidad y diátesis exudativa. Los niveles mínimos a aportar son de 44 U.I. (NRC, 1998), ciertas empresas llegan a recomendar hasta 200 veces más, ya que mejora el tamaño de la camada y el sistema inmune.

Vitamina K

El principal síntoma de deficiencia de vitamina K es el fallo en el mecanismo de coagulación de la sangre, que resulta en hemorragias y anemia. Además, la vitamina K está relacionada con el metabolismo del Ca. A efectos prácticos, una deficiencia en vitamina K resulta en alta mortalidad embrionaria y aumento de decomisos de pollos en matadero. Recientemente, diversos autores han indicado que una carencia en vitamina K incrementa la incidencia de hemorragias digestivas en porcino. La mayor parte de los centros de investigación, casas de genética y fábricas de pienso y correctores, recomiendan su inclusión, aunque en un rango muy amplio (0.5 a 5.0 ppm).

Colina

La colina (vitamina B4) es precisa en grandes cantidades, por lo que no siempre la síntesis fisiológica es suficiente para la óptima productividad. Esta vitamina es un metabolito esencial como componente de la estructura celular; participa en el metabolismo de los lípidos; actúa contra la acumulación anormal de lípidos en hígado (degeneraciones grasas) favoreciendo el transporte de los ácidos grasos y su utilización; es necesaria para la transmisión del impulso nervioso. Su deficiencia origina: hígado graso en ponedoras, baja fertilidad en reproductoras pesadas y camadas de tamaño reducido y nacimiento de lechones débiles en cerdas gestantes.

En la práctica las necesidades mínimas son de 600, ppm (NRC, 1998), mientras que el máximo es de 1.000 ppm ya que su adición en cantidades altas en microcorrectores concentrados reduce la estabilidad de numerosas vitaminas.

Otros factores a considerar en las proporciones de ingredientes a introducir en la premezcla:

- Numerosas vitaminas y algunos microminerales se degradan con el tiempo. Períodos largos de caducidad ofrecidos por empresas éticas dan mayor seguridad, pues indica que se están añadiendo niveles extras de microingredientes para asegurar la riqueza a niveles etiquetados aún meses después de la fabricación.

⁴ Directiva 91/248/CEE del Consejo sobre los aditivos en la alimentación Animal en la Comunidad Económica Europea.

- Niveles altos de microminerales o de vitaminas no siempre indican mayor calidad del corrector sino a veces desconocimiento, no sólo por lo descrito en párrafos anteriores, sino también porque un suplemento que se apelmaza por exceso de alguna vitamina o mineral se distribuirá menos homogéneamente en la mezcla.

Tabla 6.1 Rangos permisibles para conservar un nivel de calidad estándar.

Compuesto	Nivel mínimo permisible (ppm)	Nivel máximo permisible (ppm)	Nivel óptimo en el proceso (ppm)
Cu	100	250	175
Yodo (I)	0.14	3	1.5
Manganeso (Mn)	3	25	13
Selenio (Se)	.15	5	2.5
Zinc (Zn)	100	3,000	1,500
Vitamina D ₃	10 (UJ ⁵)	3,000 (UI)	1,500 (UI)
Vitamina A	6,000 (UJ ⁶)	20,000 (UI)	13,000 (UI)
Vitamina E	44 (UJ ⁷)	25,000 (UI)	10,000 (UI)
Colina	600	1,000	800
Vitamina K	0.5	5	2.5

Análisis

Se realizaron varios experimentos para conocer la concentración de los elementos de la tabla 1, considerados los de mayor importancia en la premezcla (producto C). Estos experimentos hechos para obtener las mezclas tanto en el caso del no cierre y el caso del cierre, fueron hechos en el laboratorio aún existente, simulando las condiciones reales de operación en cada caso. Se consideraron diversos factores como la precisión de las máquinas a emplear (de la mezcladora, la despachadora de polvo), aparatos de medición, condiciones de almacenamiento, etc.

La inferencia estadística se basó en que los procesos de llenado para cada elemento se realizaron todos de la misma manera, por ejemplo para la alternativa de no cerrar la planta, se instalaron controladores para aumentar la precisión y se utilizó parte de la

⁵ Una U.I. de vitamina D₃ equivale a 0,025 µg de colecalciferol.

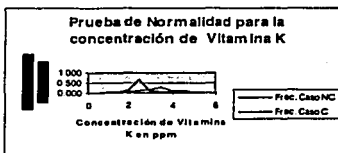
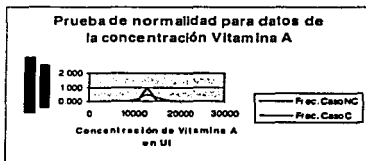
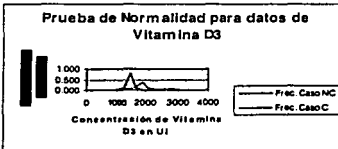
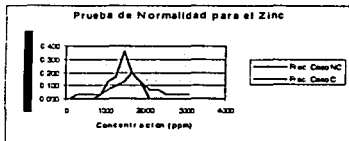
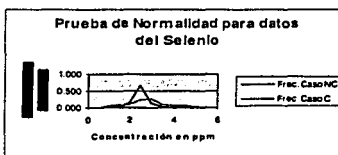
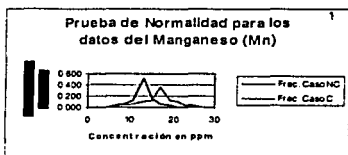
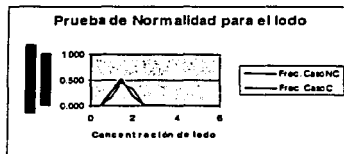
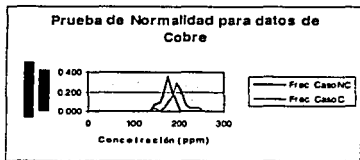
⁶ Una U.I. equivale a 0,3 µg de la forma alcohol de la vitamina, a 0,344 µg de la forma acetato, a 0,55 µg de la forma palmitato y a 0,359 µg de la forma propionato. A efectos prácticos, los productores indican simplemente su contenido en actividad vitamínica.

⁷ Una U.I. de vitamina E se define como la actividad de 1 mg de DL- α -tocoferol acetato, que es la forma normal de suplementación.

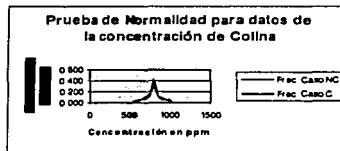
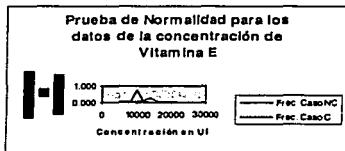
maquinaria ya existente para realizar dicho estudio. Todo esto para poder acercarse lo más posible a las condiciones reales de operación.

Por otra parte, las medias de las mediciones obtenidas corresponden a una distribución normal como se comprueba al graficar los promedios de los datos otorgados⁸:

Esquema 6.1 Gráficas de prueba de normalidad para los datos de las concentraciones de los diversos componentes.



⁸ Y también siguiendo el teorema del Límite Central (con 30 mediciones para cada muestra, en total 30 muestras).



El análisis estadístico de los datos obtenidos, se resume en el siguiente cuadro.

Tabla 6.2. Media, desviación estándar y confiabilidad para cada uno de los elementos.

Elementos en la premezcla		Situación Actual ⁹	No clausurar	Clausurar
Cobre (Cu)	X*	150	174	198
	S	21	13	19
	P(120<x<230)	0.97	1.000	0.95
Yodo (Y)	X*	1.7	1.5	1.7
	S	0.423	0.3045	0.4496
	P(.5 ≤ X ≤ 2.5)	0.967	0.999	0.96
Manganeso (Mn)	X*	13.7	13.26	16.4
	S	2.8	2.36	3.87
	P(5<x<23)	0.96	1.000	0.954
Selenio (Se)	X*	2.4	2.49	2.82
	S	0.76	0.35	1.01
	P(0.5<x<4.5)	0.978	1.000	0.94
Zinc (Zn)	X*	1578	1511	1702
	S	321	262	675
	P(300<x<2800)	0.965	1.000	0.929
Vitamina D ₃	X*	1400	1510	1960
	S	432	108	472
	P(300<x<2700)	0.964	1.000	0.944
Vitamina A	X*	13100	13044	13997
	S	506	353	3097
	P(7000<x<19000)	0.957	1.000	0.935
Vitamina E	X*	10300	10166	14010
	S	2456	1401	4924
	P(1044<x<24000)	0.97	1.000	0.975
Colina	X*	810	800	795
	S	87	82	117

⁹ Los datos para la situación actual, fueron obtenidos de pruebas de rutina efectuadas en meses anteriores. Estos datos también siguen una distribución Normal. Sus medias y desviaciones estándar, se encuentran disponibles (no hubo necesidad de graficar los datos).

	$P(600 < x < 1000)$	0.95	0.985	0.91
Vitamina K	X^*	2.7	2.50	3.45
	S	0.62	0.53	1.1
	$P(.5 < x < 5)$	0.972	1.000	0.917

Lo que se busca en el proceso es mantener un nivel óptimo en la concentración de cada uno de estos elementos, por ello es que la mayoría de los datos tienen una tendencia hacia los niveles recomendados (ver tabla 6.1 y gráficas).

En la tabla 6.2 pueden observarse los datos necesarios para la distribución normal (los estimadores para la media y la desviación estándar). También se ha calculado la probabilidad de que los datos se encuentren dentro del un rango aceptable¹⁰. Mientras mayor probabilidad se tenga, el proceso será más preciso, exacto y por ende mejor.

Los niveles varían en cada alternativa, pero es evidente, que el caso en el que se dará la clausura, muestra menos certitud que en la alternativa donde se mejorará la planta. Esto se debe a las siguientes razones:

PRIMERA ALTERNATIVA: CERRAR LA PLANTA.¹

Cuando se recrearon en la planta X las condiciones de producción de C en la otra planta, se presentó un cambio en la Calidad de dicho producto:

- a) La nueva instalación en la planta Y no cuenta con la maquinaria establecida en CIVAC, así que ésta tendría que trasladarse, sin embargo, no es posible reconstruir la línea de producción por completo porque algunas máquinas no pueden ser reubicadas. Por lo que en este aspecto, la nueva forma de producir ya no contaría con máquinas despachadoras y mezcladoras de alta precisión con controladores colocados en diversos puntos para tener inclusive mayor dominio sobre las concentraciones a mezclar. Muchas de las labores volverían a realizarse en forma manual.
- b) El personal a cargo será liquidado por completo (excepto un gerente)¹¹, esto obligará a que personal que labora en la instalación emergente sea reubicada y capacitada en un corto tiempo para lograr sacar adelante los productos en C. Este hecho, afecta igualmente la calidad en el sentido de que se ocasionan mayores errores en el proceso en el tiempo en el que se da la adaptación de las nuevas personas al proceso.
- c) Como ya se mencionó en el panorama general de la planta X, se tiene instalado además de las líneas de producción, un laboratorio que ofrece múltiples servicios,

¹⁰ Este rango aceptable, fue determinado en conjunto con los gerentes encargados en ese proceso. En la mayoría de los casos, este rango es un poco menor que los límites permisibles por las diversas asociaciones.

¹¹ La liquidación se realizó en forma global para toda la planta.

entre ellos, el análisis de muestras para llevar a cabo un estricto control de calidad para todos los productos incluyendo a todos aquellos del tipo C. Esto gracias a que este departamento cuenta con instrumentos y aparatos de primera calidad para realizar pruebas de concentración y otras (higroscopicidad, electrostaticidad, humedad, pH, etc.).

Al cerrar la planta, el laboratorio sería automáticamente clausurado de igual forma, sin ninguna posibilidad de reestablecerse en el mismo lugar donde se instalaría la línea de producción para C (en la planta Y). De hecho, cada aparato de medición sería trasladado a distintas plantas respectivamente según la necesidad que tuvieran las otras instalaciones. El análisis estadístico del proceso ganaría entonces incertidumbre en los resultados de las muestras obtenidas en los procesos.

SEGUNDA ALTERNATIVA: NO CERRAR LA PLANTA, Y REALIZAR DIVERSAS MODIFICACIONES.

Al no llevar a cabo el cierre de la planta, y por el contrario, invertir en ésta para incrementar su eficiencia y productividad, también se trabajaría en todas las áreas para mejorar aún más la calidad ya lograda.

Esto se llevaría a cabo de la siguiente manera:

- a) Por un lado, la línea contaría con nuevas máquinas además de las ya existentes, de tecnología de punta. Sobre lo establecido se pretende la inserción de nuevos controladores y automatizadores para lograr una red de control que pueda reconocerse desde un cubículo de monitoreo.
- b) Fomentar la capacitación del personal ya habituado a este proceso para mejorar sus técnicas en el uso de las máquinas, en el control de calidad, manejo de sustancias, etc.
- c) El laboratorio también sería renovado con nuevos utensilios de medición (no sólo con el propósito de aumentar la Calidad en C, sino también para dar una mejor atención al cliente)¹².

Los decisores han acordado que la Calidad para cada uno de los elementos a considerar, será medida entonces con la probabilidad de que las concentraciones hayan salido dentro del rango aceptable. Por ejemplo, el Yodo tendrá 0.999 de posibilidades de lograr una buena Calidad en el caso en el que se realicen modificaciones para evitar el cierre, mientras que después de cambiar de instalaciones tendrá tan solo 0.662 de posibilidades.

La Calidad total de este proceso será considerada con base en la probabilidad total de que el proceso se encuentre dentro del rango aceptable. Para conocer esta probabilidad, se tomará en cuenta que el vaciado de cada componente en la premezcla es independiente

¹² Ver Capítulo 9.

uno del otro; así las funciones de probabilidad son independientes entre sí, y las posibilidades de que se de una calidad buena (que todos los elementos estén dentro del rango aceptable) puede calcularse:

$$P(\text{de que el producto tenga un nivel de Calidad bueno}) = \\ P(120 < Cu < 230) P(0.5 \leq Y \leq 2.5) P(5 < Mn < 23) P(.5 < Se < 4.5) P(300 < Zn < 2800) P(300 < D_2 < 2700) \\ P(7000 < A < 19000) P(1044 < E < 24000) P(600 < colina < 1000) P(.5 < K < 5) =$$

Tabla 6.3 Probabilidad total de que cada elementos se encuentre en rango

Alternativa	P(proceso esté en el rango óptimo)
No hacer nada (N)	.702
Clausurar (C)	.546
No Clausurar y realizar modificaciones (NC)	.984

Estas probabilidades son muy importantes ya que de no ser lo suficientemente grandes, entonces las posibilidades de que alguno o varios elementos se encuentren fuera de rango, aumentan. Y si el proceso se sale de control, pueden existir repercusiones severas no sólo en las ventas de este producto, sino también en otras cuestiones como en las certificaciones. En un caso extremo podría llegarse a perder la certificación ISO-9000¹³ lo que le costaría muchísimo dinero a la empresa, además de renombre, imagen y finalmente clientes.

Estos datos serán introducidos a la matriz de desempeño para la aplicación del modelo de decisión ELECTRE III.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

¹³ International Standard Operations. Norma de Calidad que unifica estándares y parámetros internacionales de Calidad.

CAPÍTULO 7 MEDIO AMBIENTE

Hoy en día, todas las empresas están sujetas a normas tanto locales¹ como internacionales² cuyo principal interés es la protección al medio ambiente por medio de la implantación de regulaciones en los procesos y productos; transportación, manufactura, manejo de materiales, eliminación de residuos, descarga de contaminantes hacia el medio ambiente, y en pocas palabras en todas las actividades donde pueda aplicarse la preservación y restauración de los recursos naturales.

Este punto siempre es un debate para los productores, pues para cumplir con tales medidas es necesario incrementar los costos de manejo y control de sistemas. Un punto en contra a estas consideraciones, es que no existe a ciencia cierta nada que asegure que los límites establecidos (para emisiones de compuestos tóxicos), quedarán invariantes con el tiempo, y que la empresa no tendrá necesidad de instalar controles adicionales en el proceso de manufactura, o invertir más en investigación y desarrollo debido a cambios en concentraciones, acumulación de contaminantes en agua, subsuelo, etc. donde antes no era necesario.

Todos estos cuidados ecológicos deben tener un límite pues no sólo los costos se incrementan, sino que en muchas ocasiones se limita la capacidad productora de la planta en estudio.

Nuestra empresa en cuestión no es una excepción, también esta supeditada a legislaciones complejas y en constante cambio. Por ello es importante realizar un análisis, pues tampoco podemos olvidarnos de estas legislaciones, cumplirlas es fundamental no sólo para el prestigio de la empresa sino también para evitarle severos problemas con autoridades gubernamentales y con la sociedad en general (multas, pérdida de la certificación ISO 14000, etc.). Además en lo que respecta a esta rama industrial, existe actualmente una tendencia de los consumidores de ejercer presión sobre los productores, para que todos los productos sean producidos en un ambiente limpio que proteja la calidad del aire, del agua, y que garantice la seguridad tanto en los seres humanos como en los animales.

Estas razones son la base para incluir a este criterio en el trabajo. El decisor toma conciencia de la relevancia de invertir en sistemas ecológicos, considerando hasta qué punto es conveniente aumentar los costos³ involucrados para contrarrestar los efectos negativos al medio ambiente.

¹ Normas Oficiales Mexicanas para la protección del Medio Ambiente, entre otras: NOM-059-ECOL, NOM-062-ECOL, NOM-126-ECOL-2000, NOM-085-ECOL, etc...

² Federal Emission Control Act, Hazardous Incidence Ordinance of European Union, Food and Drug Administration (FDA).

³ Estos costos pueden incluir entre otras cosas: materiales, centros de descarga, plantas de tratamiento de aguas, incineradores de residuos, monitoreo, análisis, investigación y desarrollo para reducir la incidencia de residuos, etc.

Situación actual.

La empresa matriz en Alemania por su parte obliga a todas sus sucursales a mantener un control estricto en los límites de contaminantes permisibles, obligándolas a operar bajo sus propias normas de protección al medio ambiente. Así, tanto la planta X como la planta Y, cuentan ya con instalaciones que cubren en gran medida todos los factores anteriores. Cada una cuenta con sus propios controles según su sistema de producción y sus límites de emisiones se encuentra en rangos menores que los establecidos por normas nacionales y por su puesto por las normas internas de la organización.

Sin embargo, las investigaciones actuales en Biotecnología⁴, han impuesto nuevos límites para la incorporación de óxidos de Cobre en los alimentos para animales. Estos compuestos se encuentran bajo investigación de la FDA⁵ pues se han catalogado como una posible fuente de dioxinas, (sustancias clasificadas como de uso restringido, por ser de las más tóxicas para el medio ambiente en general).

El CuSO_4 es un importante generador de óxidos de cobre y al mismo tiempo, es de vital importancia en este proceso, se emplea para aportar las medidas de Cu necesarias en la premezcla. Por su composición, este elemento puede añadirse al pienso sin restricciones para la salud del animal, puede utilizarse a altas dosis (>80 ppm) en piensos para monogástricos por su efecto positivo sobre su productividad. Sin embargo, aunque es eficaz en numerosas especies (porcino, pavos, conejos, etc.) su uso legal con esta finalidad queda limitado a porcino y a dosis restringidas (menos de 35 ppm en cerdos de más de 16 meses de edad⁶), inferiores a las de interés económico, por razones de contaminación medioambiental expuestas en el párrafo anterior.

ALTERNATIVA I: CLAUSURAR LA PLANTA.

El hecho de incorporar la producción de C en la planta Y, desestabiliza las medidas de control en la producción de C, ya que la planta como ya se mencionó en el anexo de calidad, no cuenta con la misma infraestructura especial para el proceso de fabricación como lo hacía la planta X. Esta alternativa no incluye la instalación de un laboratorio del mismo calibre, ni tampoco la instalación de maquinaria (como sistemas de aire, ductos, aspiradores de polvos, etc..) y equipo especial para todas las actividades involucradas en la elaboración de C (despachadores automáticos, controladores, etc.). Esto porque se ha

⁴ WHO (World Health Organization).

⁵ FDA (Food and Drug Administration) en coordinación con: Environmental management and legal constraints for large concentrated animal feeding operations (CAFOs). Environmental Protection Agency (EPA).

⁶ Directiva 91/248/CEE del Consejo sobre los aditivos en la alimentación Animal en la Comunidad Económica Europea.

visto que la fabricación puede adaptarse a las instalaciones que posee la planta Y y viceversa, sin tener que hacer mayores inversiones. Este aspecto, no es del todo cierto, pues no se consideró las nuevas limitantes del Sulfato de Cobre que es tan empleado en la fabricación de las premezclas. En todos los demás aspectos, el proceso puede decirse que estará bajo los límites permisibles de contaminación según las normas.

En este caso, nos encontramos con el mismo problema de control de concentraciones visto en el Capítulo 6 (calidad), los diversos despachadores no cuentan con una precisión adecuada para lograr las concentraciones óptimas y así asegurar una buena calidad en C. Por falta de un laboratorio más completo, tampoco se contarán con las pruebas más convenientes para realizar un análisis estadístico de las concentraciones.

Para analizar esta situación, en la simulación efectuada para registrar las posibles concentraciones⁷ de la premezcla en cada caso (cerrar, no cerrar, etc.), se han hecho medidas también, para obtener la concentración promedio del CuSO_4 . Esta situación puede tornarse peligrosa de acuerdo con los resultados obtenidas en el laboratorio (ver tabla 7.1).

SEGUNDA ALTERNATIVA: NO CERRAR LA PLANTA, Y REALIZAR DIVERSAS MODIFICACIONES.

Como es difícil estimar los costos futuros en la protección del medio ambiente y las medidas correctivas a favor a éste, por todos los parámetros inciertos involucrados, incluyendo las regulaciones futuras, la disponibilidad y eficiencia de la tecnología, la información relacionada a las localidades, etc. Se ha pensado (en caso de elegir esta alternativa) en integrar en la medida de lo posible las mismas normas establecidas para la planta motriz en Alemania.

Estas acciones constan de dos estrategias: 1) un cambio en la instalación física de la planta; se piensa invertir en aditamentos y equipos para controlar de una manera más estricta la emisión de contaminantes. 2) La introducción en el proceso de dirección de la necesidad de una administración estratégica de los procesos, coordinándose continuamente el factor ambiental con el económico.

Este tipo de administración es una técnica de desarrollo sustentable denominada Eco-Eficiencia (Eco-Efficiency), la cual analiza los productos y los métodos de manufactura investigando sus aspectos económicos y ecológicos para ser mejorados u optimizados, y así encontrar una variable más eficiente. Todo esto con el propósito de: comercializar productos con un buen desempeño ecológico y a un costo óptimo; y para crear procesos más limpios y menos riesgosos para la ecología.

Los costos adicionales por la introducción de estas estrategias se encuentran incluidos en el modelo de inversión que se muestra en el Cap. 5 (factor económico).

⁷ Ver capítulo 6, Calidad.

Forma de muestreo y obtención de datos

Los datos de la concentración de CuSO_4 en las premezclas dentro del proceso fueron obtenidos de los mismos experimentos e igual tipo de pruebas de muestreo que se realizaron para obtener las concentraciones del Cobre (Cu), Zinc (Zn), Yodo (I), Vitamina A, B, etc., donde varios escenarios fueron simulados (el de cerrar la planta, el de no cerrar la planta y mejorarla y el de no hacer nada aunque para ello no se tuvo que hacer simulación alguna).

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 7.1 Concentración de CuSO_4 en las premezclas considerando las diferentes alternativas. Las unidades se encuentran en partes por millón (ppm).

Situación actual (no realizar cambio alguno) (N)	Cerrar la planta (C)	No cerrar la planta y hacerle modificaciones (NC)	<i>Composición Limite.</i>
33	34	30	35

Estos serán los valores a considerar en la matriz de desempeño, en lo que respecta a este criterio para nuestro método de toma de decisión.

CAPÍTULO 8 SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Alternativa 1: Cerrar la planta

Al cerrarse la planta 1 y comenzar a producir la línea C en un espacio adicional de la planta 2, sucederá lo siguiente:

En las nuevas instalaciones no se cuentan con una maquinaria moderna para realizar el proceso, por lo que éste se convierte en una actividad casi manual, esto quiere decir que los trabajadores tendrán un contacto mucho más directo con los polvos en el área de fabricación. Aunque este lugar cuenta ya con sus normas de seguridad e higiene, las condiciones laborales no lograrán los mismos estándares de calidad del aire en el ambiente de trabajo, puesto que las máquinas (que son más viejas) no tienen integrado su propio sistema de recolección como la mayoría de las máquinas instaladas en la planta que se piensa cerrar.

En la nueva ubicación, se tienen algunos ciclones y colectores tipo manga y cartucho (los cuales son recolectores de polvo), sin embargo, estos equipos ya instalados, aunque pueden adaptarse para este proceso en particular, no cuentan con toda la infraestructura con la que contaba la planta 1, es decir, con los accesorios necesarios: extractores, turbinas, ductos, cubiertas, separadores incluyendo los receptáculos de desechos diseñados, contruidos, mantenidos y operados para asegurar la protección requerida manteniendo un volumen y velocidad de aire de extracción suficiente para juntar polvos, gases, humos, vapores y emanaciones procedentes de los procesos y equipos ya mencionados, y conducirlos a puntos apropiados para su eliminación segura, previniendo su dispersión en cantidades dañinas a la atmósfera de las áreas de trabajo.

Todos estos factores provocan que la concentración de partículas suspendidas en el ambiente aumente, a pesar de que las reglas de higiene en la nueva ubicación se vuelvan más estrictas en la medida de lo posible: prácticas de trabajo apropiadas, procedimientos de emergencia, empleo del equipo de protección (uso de máscaras para evitar la inhalación de polvos, batas, guantes, etc.).

Otro punto en contra con el que cuenta esta alternativa, es el hecho de que se liquidará a la mayoría de los trabajadores de la planta, ya que al reubicarse la producción en otro estado de la República, los trabajadores sin embargo, no serán trasladados, y se empleará de la misma gente que trabaja en el lugar donde será reubicada la producción. Habrá nuevas contrataciones para la operación pero todo el personal en general tendrá que ser capacitado para lograr una buena adaptación en este proceso de fabricación. Esto, además de implicar costos adicionales, implica el riesgo de emplear a personas que no están familiarizadas con las máquinas, las normas de calidad, de seguridad e higiene, etc. Este proceso de reconocimiento y aprendizaje puede tardar bastante tiempo y en el transcurso existirán mayores riesgos para la salud de ellos mismos.

Al contrario, de no cerrar la planta, el personal ya capacitado y con experiencia en el proceso, está más conciente de los riesgos a los que están supeditados, el manejo de los equipos de seguridad, etc. Será mucho más sencillo pasar a un nuevo nivel de seguridad cuando ya saben y cuentan con el anterior, que partiendo de cero y queriendo alcanzar amplias medidas y prácticas estrictas.

Segunda alternativa: No cerrar la planta y realizar modificaciones:

Esta alternativa, como ya se ha mencionado en este trabajo, consiste en mejorar las capacidades de la planta enfocándose únicamente a la actividad de una sola línea de producción (la línea C). Dichas modificaciones estarán reguladas entre otras, por normas estrictas de protección al medio ambiente. Estas normas establecen la importancia del desarrollo y la investigación de nuevos elementos y nueva tecnología, que tenga como uno de sus principales propósitos reducir las emisiones y descargas, así como crear un ambiente de trabajo saludable en la medida de lo posible. La filosofía es invertir ahora y reducir los costos en el futuro que puedan crearse por la falta de acciones en el presente.

Por ello, adicional a todas las medidas de seguridad con las que ya se cuentan, se invertirá en la compra de un Nuevo ciclón para la extracción de polvos (el ciclón anterior ya no funcionaba como es debido), dicho recolector estará diseñado para prevenir la dispersión en el aire de polvos, gases, vapores y emanaciones en concentraciones que causen exposición dañina; tendrá una tecnología superior al anterior por lo que mejorará los niveles de calidad del aire.

En toda la red de controladores que se piensa instalar (para mejorar la calidad del producto), se pretende incluir además un equipo de monitoreo continuo de la concentración de partículas suspendidas y de solventes en el aire para evitar cualquier falla en algunos de los mecanismos en la premezcla.

Consecuencias e importancia

Este es un factor muy importante a considerar, pues si las emisiones de polvo llegan a rebasar los límites establecidos por las normas de seguridad tanto gubernamentales como de la empresa, se podrían originar accidentes como intoxicaciones, y enfermedades derivadas de la inhalación de los compuestos arrojados durante la elaboración de las premezclas vitamínicas. Como se muestra a continuación:

Los polvos pueden tener efectos nocivos para la salud al ser inhalados, ya que pueden acumularse las partículas en el tejido pulmonar. La exposición prolongada afecta el aparato respiratorio provocando cambios funcionales que en etapas avanzadas de exposición puede originarse una intensa disminución de la capacidad para respirar, invalidez y muerte prematura. Además, puede causar irritación crónica en los ojos, úlceras nasales y ronchas en la piel.

Por ejemplo la inhalación de algunos de los vapores (solventes orgánicos) que se mencionan existentes en el ambiente durante el proceso de producción, pueden causar

irritaciones. Una sobre-exposición puede causar mareos, y pérdida del sentido. A altas concentraciones, puede causar asfixia o arritmia cardíaca.

Otros solventes como el Benceno puede introducirse en el cuerpo vía inhalación penetrando principalmente en el hígado, la placenta y la médula ósea, donde causa efectos nocivos. En exposiciones elevadas producen náuseas, afectan al material hereditario y causan leucemia y cáncer de piel y de pulmón. Bajar de 5 microg/m³ a 1µg/m³.

El clorobenceno, muy empleado en este proceso, puede causar depresión, irritaciones del tracto respiratorio, ennegrecimiento del hígado, intoxicación renal, efectos en el páncreas, sangre y en algunas glándulas.

Algunos otros solventes, sobrepasando las concentraciones límites, pueden causar severos daños en el hígado, pulmones, baja coordinación, dificultad para concentrarse, náuseas, arritmias, convulsiones, o inclusive coma.

En cuanto a sólidos suspendidos en el aire, existen algunos cuya inhalación puede irritar la nariz, boca y ojos. causar dolores de cabeza, mareos, náuseas y diarrea; tal es el caso del cobre (Cu). Su acumulación en el organismo puede provocar, secreción de bilis, alteraciones en el hígado, adelgazamiento de los huesos y anemia¹. Otros como el zinc (Zn) pueden ocasionar fiebre, debilidad, así como también dolores de cabeza, mareos, etc. Estos incidentes suceden siempre que el tamaño de las partículas sea menor a 5 micras, pues de esta manera pueden penetrar sin barrera alguna a las vías respiratorias.

Tales cuestiones en la salud humana han hecho a la empresa tomar conciencia de que la decisión de cerrar la planta, puede producir consecuencias indeseables. Por ello, el aspecto de seguridad en el trabajo ha sido incluido en el análisis como un criterio para la toma de decisión.

Por otra parte, no solo la salud del trabajador es un aspecto decisivo para controlar esta situación, sino también existen pérdidas económicas muy grandes que incluyen las indemnizaciones correspondientes (en el caso de situaciones extremas), y la pérdida de la certificación ISO 14,000 de seguridad e higiene industrial, la cual es un elemento clave en toda la certificación ISO 9,000. El hecho de perder la certificación no sólo implica las cantidades de dinero desperdiciadas en su aplicación e instalación, sino también implica un riesgo de perder el posicionamiento de este producto en la mente del consumidor. Ya que (como ya se ha mencionado), la planta 1 cuenta con un prestigio mundial obtenido gracias a la gran calidad de los productos de la línea C.

Análisis

Así pues se hicieron mayores estudios en el laboratorio, esta vez con el objeto de determinar la magnitud de la exposición laboral al polvo (del proceso de premezclas), en el ambiente, de acuerdo con el régimen de trabajo establecido para cada una de las alternativas con las que contamos. Esto es, para los dos casos hipotéticos, se recrearon las

¹ ATSDR , 1997.

condiciones de los centros de trabajo previstos y se hizo una evaluación higiénico-sanitaria de la concentración ambiental del polvo. Para el caso actual simplemente se realizaron los estudios en las actuales zonas de trabajo².

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 8.1 Niveles de Contaminación por Alternativas distintas de Trabajo y Límites Admisibles CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición) en mg/m³.

Compuesto	Situación Actual	Cerrando la planta	Realizando modificaciones a la actual instalación	Nivel máximo permisible
Acetato de Iso butilo	200	356	108	700
ACETATO DE N-BUTILO	378	389	230	710
Acetato de Sec-Butilo	400	400	200	950
Etanol	540	578	540	1900
Metanol	116	120	100	260
Benceno	4	6	2	30
Cloro-benceno	10	13	4	350
Acido clorhídrico	1	1	0.55	7
Cobre	0.07	0.17	0.01	0.2
Cromo	0.15	0.2	0.008	0.5
Estaño	1.2	1.4	1	2
Manganeso	3	3.2	2.5	5
Molibdeno	4.2	5.6	2	10
Yodo	0.08	0.35	0.005	1
Zinc	0.1	0.43	0.1	0.7
Partículas totales suspendidas en el aire	3.1	3.6	0.08	5

Esta tabla nos muestra que la mayoría de los componentes de interés en las partículas suspendidas en el aire, están controladas y alejadas de los límites permisibles. Inclusive

² El método aplicado es el marcado por la Norma Oficial Mexicana NOM-035-ECOL/1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas en el aire así como el procedimiento para la calibración de los equipos. Esta información también se basa en la NOM-085-STPS-1994 y en la NOM-010-STPS-1994, que determinan el polvo total en el ambiente laboral y las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se empleen sustancias químicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

para el caso en el que se pretenda cerrar la planta. A pesar de que las concentraciones hayan aumentado hasta más del doble en algunos casos, los límites aún siguen siendo lejanos. El proceso es estable, lo cual indica que para las mismas máquinas y condiciones de trabajo, es muy probable que los resultados de exposición sigan siendo los mismos para futuros periodos.

No obstante, existe un elemento, el Cobre, donde la concentración subió demasiado y se acerca al límite. Este factor debe ser tomado en cuenta ya que no se piensa realizar mayores inversiones en esta alternativa para reducir las emisiones de este elemento al aire.

Por ello, el tomador de decisión a decidido guiarse únicamente en este dato para considerar el factor de salud e higiene laboral pues los demás no son lo suficientemente altos como para tomarlos en consideración. Esto implica para el decisor, que las demás concentraciones no son relevantes en este problema, y de aceptarse la alternativa del cierre, a éste no le pondría ningún inconveniente que las concentraciones hayan aumentado tanto con respecto a la situación original.

Así pues se tomará en cuenta un valor de 0.16 mg/m^3 en la matriz de desempeño para la alternativa del cierre, 0.07 mg/m^3 en el caso del no realizar cambio alguno, y de 0.01 mg/m^3 para el caso de quedarse con la planta pero efectuándole varias modificaciones para mejorarla.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**CAPÍTULO 9
IMAGEN DE LA COMPAÑÍA
EN LA DIVISIÓN DE PREMEZCLAS - MÉXICO.**

Nuestra compañía en estudio ha buscado siempre dar una imagen sustentada principios fundamentales enfocados al cliente, entre ellos se encuentra la innovación al servicio de los consumidores

Es importante para la empresa tener una imagen que demuestre su inclinación hacia la satisfacción del cliente. Por ello es que se desarrollan productos y procesos químicos de alta tecnología, para lograr relaciones largas y productivas en beneficio tanto de los clientes como de la compañía.

Otro objetivo es el identificar oportunidades de negocios y utilizar efectos sinérgicos a partir de una investigación integrada. Buscar encontrar ventajas de cambios en el mercado, en la ciencia y la sociedad y usarlas como una oportunidad de crecimiento.

A*sí, para poseer la imagen adecuada de la organización es necesario trabajar en varios aspectos que cubran las expectativas del cliente y de la sociedad en general (factores como el medio ambiente, el aspecto social, el respeto a la ecología, posición en el mercado, calidad en el producto, calidad en el servicio, etc.). Aunque ya nos hemos referido a algunos de estos factores (calidad, ecología), es importante para la empresa considerar un elemento más para el análisis en esta toma de decisión: el servicio y la atención al cliente.

La calidad de servicio es clave como herramienta competitiva para obtener una imagen diferenciadora, especialmente ahora que los estudios de mercado realizados muestran que los niveles de satisfacción del producto están aumentando y la similitud entre las marcas productoras de premezclas se considera muy elevada por los clientes: la satisfacción aumenta mientras que la diferenciación disminuye progresivamente.

Para este fin, la valoración del cliente y lo que éste espera y valora de nuestra empresa o marca, es el punto crítico para conseguir desarrollar una calidad de servicio que suponga una auténtica creación de valor para el cliente, como una base para obtener una aportación de rentabilidad al negocio a mediano y largo plazo.

SITUACIÓN ACTUAL

En lo que respecta a nuestra empresa en estudio, se han manejado varios canales para otorgar un servicio de calidad al cliente, algunos ejemplos de dichos canales son atención personalizada a través de llamadas telefónicas, encuentros con los clientes, atención por medio de internet, etc,

Sin embargo, al ha realizado un estudio más profundo sobre lo que el cliente espera de un buen servicio de venta. Este estudio implicó la consideración de lo que el cliente hace con

el producto/servicio, el ciclo del producto en la utilización por parte del cliente, cómo se integra en su producción y su consumo habitual, qué interacciones tiene, qué le exige, para qué lo utiliza verdaderamente, cuáles son sus criterios de calidad, sus exigencias y, más aún, las percepciones que tenía y tiene sobre la utilidad aportada.

Los resultados fueron, para el caso de las premezclas vitamínicas, que la atención específica está en la realización de pruebas en laboratorio de diversos productos alimenticios, análisis de biotecnología, reproducción de procesos químicos industriales y en general tener la disponibilidad de realizar todas éstas y otras actividades para los fines que el cliente requiera. También se espera una atención personalizada en el momento de ventas, gente capacitada para resolver dudas y aclaraciones respecto al producto, a su tecnología, calidad, disponibilidad, etc.

Desafortunadamente, la división de premezclas no ha desempeñado dichos servicios a pesar de contar con un laboratorio de primera calidad. Se han realizado actividades (20% de la actividad total del laboratorio) sólo por peticiones especiales de algunos clientes, pero no se ha establecido el servicio como tal, este hecho le ha quitado posibilidades a la planta de desarrollar mayor confiabilidad y lealtad del consumidor.

Su programa de atención al cliente, se basa en otros canales de servicio al cliente, que sí son un aspecto positivo para la imagen de la empresa pero que les hace falta una mayor infraestructura para dejar completamente satisfecho al consumidor.

Se debe remarcar entonces la importancia del laboratorio en las estrategias para alcanzar la imagen que la empresa quiere reflejar a sus clientes. Sus actividades como ya se ha mencionado se dividen básicamente en los siguientes puntos:

Tabla 9.1 Representación de las actividades del laboratorio como un porcentaje de su actividad total.

Actividades	%
Control de calidad para todas sus líneas de producción (A, B y C).	60
Análisis de compuestos (300-400 muestras/mes)	10
Servicio al cliente.	20
Soporte de operaciones de América Latina y actividades ecológicas	10

Como se puede apreciar en la tabla, las actividades destinadas al servicio al cliente no corresponden a más del 20% de la actividad total del laboratorio la cual, sólo llega a ser el 60% de la capacidad instalada de dicho laboratorio. Como se observa existe una oportunidad de crecimiento si se llegara a activar este sector de la planta hacia el cliente.

Un excelente servicio prestado no compensará un artículo de inferior calidad a la esperada, pero seguro que un mal servicio al cliente puede anular completamente un producto fenomenal, esta es una de las razones por las cuales la planta no ha incrementado sus ventas y por ende no ha podido incrementar su capacidad.

ALTERNATIVA 1: CIERRE DE LA PLANTA.

Esta opción se basa en la consideración de que el producto C seguirá vendiéndose poco, y por ello no será necesario mejorar las capacidades de producción, de hecho por ello se considera reubicarlo en un espacio mucho más reducido dentro de otra de las plantas (la planta Y). Con ello como ya se ha analizado en el anexo económico, los costos serán menores pues la capacidad de la nueva instalación será más cercana al 100% (al contrario del 60% como ocurre actualmente).

Sin embargo, la elección de esta opción tendrá un impacto negativo entre otros puntos¹ en el servicio al cliente que afectará la imagen de la empresa y esto se reflejará consecuentemente en las ventas del producto.

Esto sucederá ya que no se piensa instalar un laboratorio de tales dimensiones en la planta Y, pues el producto C compartirá sus pruebas de Calidad en un laboratorio ya instalado, y definitivamente podemos negar que dicho recinto cuente con la misma infraestructura que con la que cuenta el laboratorio en la planta X. Este hecho definitivamente anula cualquier intento de instaurar ahí algún centro de atención.

El hecho de clausurar la planta X, dará pie a descontentos de consumidores que ya estaban acostumbrados a los escasos beneficios ofrecidos por su laboratorio. Este hecho es negativo y puede repercutir en la pérdida de contactos, de futuros clientes y lo que es más importante la pérdida de clientes actuales. Dichas repercusiones serán reflejadas directamente en términos de las ventas que se pretendan lograr con esta alternativa.

ALTERNATIVA 2: NO CERRAR LA PLANTA Y HACERLE MODIFICACIONES.

Programa de atención al cliente:

Con el plan de mercadotecnia que se piensa poner en marcha, se utilizarán las mejoras que se realicen al laboratorio, no sólo para incrementar la Calidad en los procesos, o controlar los ingredientes que se añaden a las premezclas, sino también para mejorar la atención al cliente y dar un servicio adicional resolviendo dudas, realizando pruebas ya sea en productos o simulando procesos, etc., incrementando su eficiencia y su capacidad para que puedan hacerse varios experimentos según lo requiera el consumidor. Así, se podrá establecer en concreto, un centro de atención al cliente.

Dicho servicio, puede realizarse también a plantas de la misma empresa, clientes potenciales, proveedores, plantas de la misma empresa de México y Sudamérica y terceros involucrados.

¹ Como el del prestigio en la calidad, anexo 4.

Lograr dichas actividades es tener que mejorar el servicio técnico, contratando a nuevo personal (antes se tenían sólo a dos), dicha personal deberá ser capaz de dedicarse al 100% al servicio técnico desde el momento de la solicitud de un producto, su entrega, su uso y su pago. Por ello, este personal debe tener un profundo conocimiento de la ingeniería de los productos y de la nutrición animal.

Se otorgará información especializada y softwares disponibles para todos los productos de la empresa y en especial para aquellos en nutrición animal.

En cuanto a tecnología se refiere, en la sección de Calidad se establece que el laboratorio será equipado con nuevos instrumentos y aparatos de medición para mejorar este factor, que a su vez es el sustento de la calidad en el servicio. Con todo eso, también se piensa invertir en aparatos especializados, para ofrecer el servicio de análisis a los clientes.

En forma paralela, también se estructurará en este laboratorio un centro de negocios:

Este centro pretende integrar al cliente en todo el proceso del producto. Por ello se ubicarán en trato directo con el consumidor a varios de los representantes técnicos de ventas que sean capaces de llevar excelentes relaciones con sus clientes y tengan un amplio conocimiento del mercado, para que los introduzcan en todas las actividades de interés.

Este centro de negocios también está encaminado a conseguir nuevos clientes, por ello este personal, además de ser apto de resolver dudas, también fungirá como agente de ventas que sabrá generar contactos y buenas relaciones con clientes potenciales. Esta base de conocimiento le permitirá:

- Relaciones más personalizadas y rentables con cada uno de los compradores e incrementar la participación, la retroalimentación y la colaboración en toda la planta.
- Crear un canal flexible y efectivo para comunicarse con los clientes existentes y captar nuevos clientes.
- Reaccionar rápidamente a las necesidades de cambio de los consumidores y mejorar el conocimiento de la marca.
- Permitir a la organización de ventas enfocarse en el cliente, proporcionar más servicios de valor añadido y buscar oportunidades adicionales de venta.

Nueva campaña de relaciones públicas:

Por otra parte, se iniciará una nueva campaña de relaciones públicas (incluida en la campaña de mercadotecnia), donde se crearán relaciones con nuevos nutriólogos renombrados, y con Instituciones de enseñanza e investigación, así como de las principales asociaciones pecuarias del país (AMENA, ANECA, AMVEC, UNA,

CONAPOR)². Para difundir la imagen y propiciar que nueva gente se interese en estos productos.

En resumen, con el hecho de incorporar un excelente servicio como elemento diferencial, se podrán obtener ventajas comerciales (frente a los principales competidores). Ya que la empresa podrá darse a conocer aquí en México como la de mayor prestigio de calidad y con un gran renombre a nivel mundial. Esto producirá por consiguiente una mayor rentabilidad en la planta, ya que la demanda de los productos aumentará y las ventas serán mayores.

Para poder medir este criterio, las personas expertas en este tema, han decidido hacerlo por medio de las ventas, pues éstas estarán en función directa del plan de mercadeo y en consecuencia con el centro que se piensa implantar, así, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 9.2 Ventas esperadas en cada alternativa (unidades en moneda nacional \$ MN)

Alternativa	No hacer nada	Cerrar	No Cerrar y hacer modificaciones ³
Ventas proyectadas	9,864,000	6,500,000	11,858,500

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

² Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos (AMVEC), Unión Nacional de Avicultores (UNA), Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal (AMENA), Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas (ANECA), Comisión Nacional de Porcicultores (CONAPOR).

³ Como las ventas van variando progresivamente, se considera a la media simple de los datos obtenidos para cada año.

CAPÍTULO 10

OBTENCIÓN DE LOS ÍNDICES DE DISPERSIÓN, UMBRALES DE CONCORDANCIA, DISCORDANCIA Y VETO.

PODER DISCRIMINANTE DE LOS CRITERIOS: VERDADEROS Y PSEUDO CRITERIOS.

Los criterios $g(a)$, están destinados a modelar preferencias de un decisor sobre algún atributo dado. El cálculo de los valores $g(s)$ de los criterios se hacen a partir de evaluaciones de acciones sobre las diversas consecuencias que éstas puedan tener concernientes al atributo dado, por ejemplo en el caso económico las medidas se hicieron en pesos mexicanos representando así cantidades de dinero. Este cálculo se acerca a lo que se llama "puntualización" ya que pasa de evaluaciones "no puntuales" (dispersas, imprecisas, etc.) a la obtención de un valor $g(a)$. Es decir, volviendo al criterio económico ($g =$ factor económico, $g(a) = \$ 9,000,000 \text{ MN} =$ factor económico evaluado sobre alguna alternativa).

En este trabajo, sólo existen tres alternativas a evaluar : $g(N)$ donde N implica "No hacer nada", $g(NC)$, donde NC es la alternativa del "No Clausurar y realizar modificaciones" y $g(C)$, donde C es la alternativa "Clausurar o cerrar la planta". Las evaluaciones $g(N)$, $g(NC)$ y $g(C)$ varían dependiendo del atributo en cuestión.

La teoría de utilidad emplea la puntualización basada en la esperanza matemática de una utilidad. Se sobre entiende aquí que los criterios definidos son "verdaderos-criterios" pues permiten modelar las preferencias parciales de tal forma que:

$$s' P s \Leftrightarrow g(a') > g(a)$$

$$s' I s \Leftrightarrow g(a') = g(a)$$

Donde P implica una preferencia estricta e I una indiferencia entre alternativas.

Sin embargo, en la realidad, en muy pocas ocasiones contamos con "verdaderos-criterios", ya que generalmente se cuentan con evaluaciones imprecisas de las preferencias de los atributos sobre las alternativas. Esto debido a la presencia de múltiples factores indeterminados y arbitrarios, tanto en el nivel conceptual como en el práctico. Por decir, si retomamos el criterio económico donde $g_{ec}(NC) = \$ 8,500,100$, y $g_{ec}(C) = \$ 8,500,000 \text{ MN}$. Haciendo una comparación estricta (siguiendo un modelo de optimización teórico) de dichas alternativas, encontraremos que $g_{ec}(NC) > g_{ec}(C)$ y que por lo tanto (conservando las evaluaciones de los demás criterios sobre las alternativas invariantes), la alternativa NC es preferida a la C : $NC P C$. No obstante, en la práctica esto no es así, en la práctica, si preguntamos a nuestro tomador de decisiones que es experto en la materia, cuál de las dos alternativas preferiría, éste nos dirá que cualquiera de las dos le es exactamente lo mismo. Ahora entonces, el factor económico es, no un verdadero-criterio sino un pseudo-criterio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Así, un pseudo-criterio toma en cuenta en sus evaluaciones, imprecisiones, incertidumbres y no deja atrás múltiples factores que, de otra forma serían olvidados dejando incompleto el análisis en la toma de decisión.

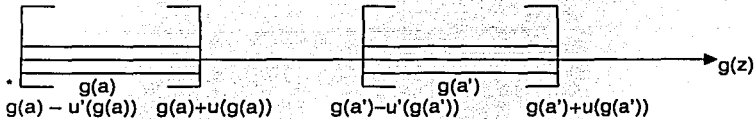
Umbral de dispersión

Para resolver este problema de incertidumbre ante tales evaluaciones, se propone un punto u donde u es un punto denominado: Umbral de dispersión para el criterio g .

Puede pensarse en $g_i(a)$ como un pseudo criterio j cuando hablamos de los umbrales de dispersión n^+ y n^- para evaluar las acciones: $g_i(a)+n^+(a)$ y $g_i(a)-n^-(a)$ como aproximaciones superior e inferior respectivamente. Estas aproximaciones pueden verse como un límite de hasta dónde se considera imprecisión en las evaluaciones (como márgenes de error). En este caso no se puede tomar una preferencia estricta de a sobre a' si la relación $g_i(a)-g_i(a')$ fuera mayor a 0 (estos umbrales de dispersión son intrínsecos, pues no dependen de la acción sino de la evaluación en sí, por eso se habla de un pseudo criterio).

Puede decirse que: $n^+(a) = u(g(a))$ y $n^-(a) = u'(g(a))$, a' será preferida (estrictamente) a a si:

$g(a') - u'[g(a')] > g(a) + u[g(a)]$, esto es cuando los intervalos de imprecisión están separados:



Si $g(a')$ decrece, los dos intervalos se trasladarán progresivamente. Este traslape será una situación de indiferencia entre a' y a ya que:

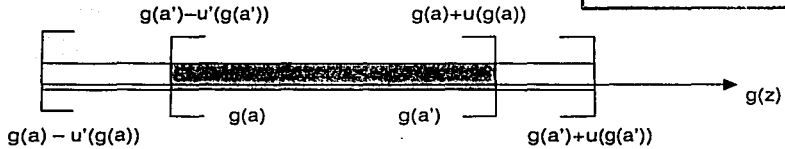
$$g(a) \in [g(a') - u'(g(a'))]; g(a') + u(g(a'))]$$

$$g(a') \in [g(a) - u'(g(a))]; g(a) + u(g(a))]$$

en este caso la evaluación de cada acción se encuentra en el intervalo de imprecisión de la otra acción:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



La situación intermedia (la parte sombreada con gris más claro) es un lugar de duda entre la preferencia estricta y la indiferencia interpretada como preferencia débil.

Siempre es posible percibir tales convenciones con la ayuda de un pseudo-criterio, es decir: si existen dos funciones $p(g(a))$ y $q(g(a))$ tales que

$$g(a') > g(a) + p(g(a)) \Leftrightarrow g(a') - u'(g(a')) > g(a) + u(g(a))$$

que es el caso de preferencia estricta entre a' y a , y:

$$g(a') > g(a) + q(g(a)) \Leftrightarrow g(a') > g(a) + u(g(a)) \\ \text{o } g(a) < g(a') - u'(g(a))$$

que es el caso de preferencia débil entre a' y a .¹ siempre y cuando u y u' verifiquen una condición de coherencia simple y siempre verificada por los umbrales que varían linealmente con la evaluación. En este último caso pueden deducirse estos umbrales de discriminación asociados². Si:

$$u'(g(a)) = \alpha' + \beta'g(a) \quad \text{y} \quad u(g(a)) = \alpha + \beta g(a) \quad \text{se tiene que:}$$

$$p(g(a)) = [\alpha + \alpha' + (\beta + \beta')g(a)] / (1 - \beta') \quad \text{y} \\ q(g(a)) = \text{Min}(\alpha + \beta g(a)), [\alpha' + \beta'g(a)] / (1 - \beta')$$

UMBRALES DE INDIFERENCIA, PREFERENCIA Y VETO.

Con un pseudo criterio se tiene entonces,

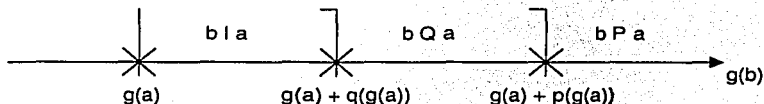
$$g(b) \geq g(a) \Rightarrow \text{b I a si } g(b) - g(a) \leq q(g(a)) \\ \Rightarrow \text{b Q a si } q(g(a)) < g(b) - g(a) \leq p(g(a)) \\ \Rightarrow \text{b P a si } p(g(a)) < g(b) - g(a)$$

¹ Roy.

² Siempre que las preferencias decrezcan con los valores del criterio, las fórmulas dan los umbrales inversos, y no los directos.

En el caso b P a, $g(b)$ puede decrecer tanto como quiera y seguir siendo mayor que $g(a)$ hasta antes de un cierto límite "p", este límite es nombrado Umbral de preferencia del criterio g.

Generalmente se tiene que $q(g(a)) \neq p(g(a))$, es decir, que $p(g(a)) > q(g(a))$. Sin embargo para valores cercanos a q se puede dudar entre una situación de indiferencia y una de preferencia estricta. Esta situación se representa como b Q a que se interpreta como ya antes se ha mencionado: "la opción "b" es débilmente preferida a la opción "a" sobre el atributo considerado"; esto es:



Para evitar algunas incoherencias se tomará que:

$$q(g(b)) - q(g(a)) / (g(b) - g(a)) \geq -1 \quad \text{y}$$

$$p(g(b)) - p(g(a)) / (g(b) - g(a)) \geq -1$$

válido ya que los dos umbrales son constantes en valor absoluto o en relativo.

La determinación de estos dos umbrales no siempre es fácil, por ejemplo puede tenerse que $q(g(a)) = p(g(a)) = 0$ para toda a, esto nos llevaría a la teoría de utilidad para el caso del verdadero-criterio, sin embargo, es el caso menos realista que podríamos tener.

Para la aplicación en este problema se ha decidido (los decisores están de acuerdo), que $q(a,b)$, sea igual que $q(b,a)$ para cada criterio, lo mismo se aplica para $p(a,b)$ y $v(a,b)$. Es decir que todos los umbrales de indiferencia, preferencia y veto sean valores únicos para su criterio correspondiente.

MEDIDAS DE DISPERSIÓN, UMBRALES DE PREFERENCIA, INDIFERENCIA Y VETO PARA LOS CRITERIOS EN ESTUDIO:

Para la obtención de estos datos, se ha trabajado con cada uno de los expertos en cada criterio. Así, para el factor económico se ha trabajado con el líder de finanzas y sistemas de la Compañía en México. Por ejemplo, para este caso, varias preguntas le fueron propuestas entorno al valor del dinero, tales como: Para las cantidades establecidas en

esta inversión, ¿hasta qué cantidad consideraría usted indiferente 4 millones? ¿5 millones, 7, 8....? Así se desarrolló una entrevista similar para los criterios restantes.

En cuanto al umbral de veto, tuve que realizar otras preguntas como: ¿Existe alguna cifra máxima de diferencia entre dos evaluaciones, para la cual se pueda descartar definitivamente que una alternativa pueda ser preferida a otra sin tomar en cuenta el análisis de los factores restantes?...

A continuación se muestra el resultado de dichas preguntas:

Factor económico:

Trabajando con el líder de finanzas y sistemas de la Compañía en México, se ha podido determinar el valor del dinero considerando varios aspectos como: las cantidades a manejar, oportunidades de inversión, las tasas de interés, la magnitud de los proyectos y la inversión en específico. Una vez analizados y discutidos estos puntos y para un rango particular de 4 a 15 millones de pesos, una desviación de $\pm 2\%$ es una buen rango de error en la elaboración de presupuestos y planes de producción y demás (también para los pronósticos de ventas y los estados "prof-forman"). Sin embargo, es necesario hacer notar que para un cambio en las cantidades monetarias, sobre todo mucho mayores, ese porcentaje tendría que reducirse a un 1% o menos dependiendo de las cantidades que se estén manejando.

Esta persona indicó además que un 4% sería un mínimo suficiente para considerar que una cantidad es preferida a otra. Esta opinión concuerda con los cálculos para la obtención del umbral de preferencia:

Ya que $q(g(a)) = \text{Min}(\alpha + \beta g(a)), [\alpha' + \beta' g(a)] / (1 - \beta')$ y

$$u'(g(a)) = \alpha' + \beta' g(a) \quad u(g(a)) = \alpha + \beta g(a)$$

como se nos ha indicado que la dispersión puede ser hasta de $\pm 2\%$, esto indica que $u' = u$; por lo que $\alpha = \alpha'$ y $\beta = \beta'$. Además, $\alpha = 0$ y $\beta = 2/100$. Entonces:

$$q(g(a)) = \text{Min}(0.02g(a)), [0.02g(a)] / (0.98) \quad \text{por lo que} \\ q(g(a)) = 0.02g(a)$$

Ahora se tiene que

$$p(g(a)) = [\alpha + \alpha' + (\beta + \beta')g(a)] / (1 - \beta') = (0.02 + 0.02)g(a) / 0.98$$

que corresponde aproximadamente a la sugerencia del decisor en que:

$$p(g(a)) = 0.04 g(a)$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Umbral de Veto.

El experto en el tema ha determinado que sí existe un máximo en las diferencias que puede haber entre dos alternativas, ya que se trata de encontrar una opción que lleve a mejores condiciones en todos los aspectos. Precisamente uno de los objetivos más importantes es aumentar la rentabilidad de la planta, y mostrar mejores estados financieros a la matriz en los Estados Unidos. así que, aún obteniendo los mejores resultados en el resto de los criterios, sería inadmisibile encontrar en una alternativa una diferencia en su contra de flujos netos mayor a 4 millones de pesos.

Es decir, si nosotros encontramos que si: $g_{ec}(b) - g_{ec}(a) \geq v$ (= \$ 4,000,000 MN) en ese momento automáticamente se descarta la posibilidad de que la alternativa a pueda ser preferida a la alternativa b, sin necesidad de tomar ya en cuenta a cualquier otro criterio.

Así pues, el umbral de veto en este caso se toma como:

$$v = \$ 4,000,000.00 \text{ MN}$$

Factor de Calidad:

En cuando al factor de Calidad, no se realizarán los umbrales de acuerdo a las medidas directas de concentración, ya que la Calidad total se está midiendo con base en probabilidades de que la calidad del producto sea buena.

En esta ocasión nuestro tomador de decisión es el gerente de control estadístico de Calidad en el proceso que nos concierne. A esta persona también se le planteó el mismo tipo de preguntas, tales como : ¿Cuál es el margen de error que puede considerarse para una cierta probabilidad de que el proceso tenga Calidad en el producto?. En todos los niveles, ¿Se podría considerar el mismo rango de error?. Una aproximación por la derecha a un numero dado de probabilidad, sería lo mismo que una aproximación por la izquierda?.

Es importante considerar cuál es exactamente la calidad requerida para el producto, y a cuánto se está dispuesto a llegar, ya que al igual que en lo económico existen múltiples factores que considerar. Entre ellos se encuentra la imagen de la empresa, la satisfacción del cliente y el alcance de sus expectativas, la seguridad en los animales, en los humanos, el daño a los ecosistemas, etc.

El hecho de tener un 70% como medida de probabilidad total en la seguridad de que las concentraciones estarán en rango, es un punto esencial y no importaría tanto gastar un poco más, para conseguir niveles que se encuentren arriba de este 70%.

Una diferencia de un 4% entre dos probabilidades sería un nivel máximo para considerarlas indiferentes, mientras que un 8% ya se considera preferir una frente a otra.

$$\beta = 0 \text{ y } \alpha = 4 \%$$

$$q = 4 \%$$

$$p(g(a)) = 2q, \text{ entonces:}$$

$$p = 8 \%$$

En cuanto al umbral de veto, una diferencia de 50% entre dos alternativas es un límite para descartar la posibilidad de que una alternativa sea mejor que la otra, sin necesidad de analizar los criterios restantes. El umbral de veto será entonces:

$$v = 50 \%$$

Factor de Medio Ambiente:

En este caso el análisis debe ser muy preciso. 1 ppm es una medida suficiente para distinguir la indiferencia entre dos alternativas, así:

$$q(g(a)) = \alpha + \beta g(a)$$

$$\text{donde } \beta = 0 \text{ y } \alpha = 1 \text{ ppm}$$

$$q = 1 \text{ ppm}$$

$$p(g(a)) \text{ se calcula aproximadamente como } 2q, \text{ entonces:}$$

$$p = 2 \text{ ppm.}$$

Para el umbral de veto, se ha definido una diferencia máxima entre dos alternativas de 36 ppm, para evitar que cualquiera sobrepase a la otra en una cantidad mayor a dicha cifra. Y si esto llegara a suceder, descartar la posibilidad de que que obtuvo menor valor pueda sobre clasificar a la otra. De esta manera:

$$v = 36 \text{ ppm.}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Factor de Seguridad e Higiene Laboral:

Según los resultados proporcionados por el laboratorio, los expertos encargados de la obtención de tales concentraciones han decidido establecer los siguientes umbrales de dispersión:

α se consideró que fuera de 0.05 mg/m^3 mientras que β no obtuvo ningún valor ($\beta=0$).

Así pues, el umbral de indiferencia para este criterio se define como:

$$q = 0.05 \text{ mg/m}^3$$

y el umbral de preferencia se establece con los siguiente valores:

$$p = 2q = 0.1 \text{ mg/m}^3$$

El umbral de veto por consenso se decidió que fuera de 0.2 mg/m^3 .

$$v = 0.2 \text{ mg/m}^3$$

Factor Imagen de la Compañía.

Atención al cliente

Para la obtención de los umbrales de preferencia, indiferencia y veto en este criterio se tomarán los mismos que para el primer criterio (criterio económico), ya estamos manejando cantidades de la misma naturaleza que se están manejando bajo contextos similares (misma situación de inversión, mismos costos de oportunidad, etc.). En este caso:

$$q = 0.02\text{g(a)}$$

$$p = 0.04\text{g(a)}$$

en el caso del umbral de veto, este se ha determinado ligeramente mayor al del flujo neto de efectivo:

$$v = S 5,500,000.00 \text{ MN}$$

Para simplificar el método se tomará que $q(\text{NC})=q(\text{c})$ y que $p(\text{c})=p(\text{NC})$, y que $v(\text{c})=v(\text{NC})$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES:

El propósito de este análisis fue introducir un método más objetivo y estructurado para la toma de decisiones en esta empresa; la cual, como la gran mayoría, está acostumbrada a usar herramientas de gestión enfocadas a encontrar un óptimo monocriterio. Para esto hubo que trabajar con los involucrados desde el principio y convencerlos de lo mucho que este tipo de aplicaciones puede enriquecer a la toma de decisión final, ya que el proceso de estructurar un problema de decisión de esta manera, mejora en sí el mecanismo de toma de decisión.

Antes que nada, se estableció una forma de organizarse para la recolección de datos a través de las áreas de la compañía. Según la situación que se presentó, se decidió la aplicación del ELECTRE III. Para ello, se mostraron sus conceptos básicos, se explicó su forma de operar hasta que los conceptos fueron entendidos y aceptados por los directivos. Posteriormente, fue posible revisar de cada alternativa la consistencia de los datos. Así fue como se realizó la matriz de desempeño.

Para el caso del factor económico, se obtuvo como información inicial estados financieros de los últimos meses así como los costos desglosados de operación y actividades administrativas. Además se añadieron nuevos costos que no fueron tomados en cuenta en un análisis inicial, tales como algunos costos de mantenimiento posteriores al cierre de la planta (en el caso de que esta fuera cerrada). Se decidió junto con el responsable del departamento de Finanzas y Sistemas utilizar como medida en la matriz de impactos (o de desempeño) unidades en pesos mexicanos que representan el flujo neto de efectivo de los cinco años posteriores a la decisión para cada alternativa. Así que se realizó un cálculo del valor presente neto (VPN) para el flujo neto de cada año.

En lo que respecta al factor de calidad en el producto, se acordó representar el impacto de cada alternativa sobre este criterio en términos de la confiabilidad del proceso. Para ello, personal del laboratorio otorgó datos de muestras que se hicieron al reproducir cada una de las alternativas. La función de probabilidad correspondiente a dichos datos corresponde a una distribución aproximadamente normal, esto se supo al graficar las medias de cada muestra ver que su curva se acercaba a una distribución normal (en todos los casos). Así, se obtuvo la media y la desviación estándar para cada componente en la mezcla y se calculó la probabilidad de que los datos estuvieran dentro de límites establecidos por el mismo personal del laboratorio. Considerando cada llenado como independiente de los demás se obtuvo una probabilidad total. Este procedimiento fue validado también por el teorema del límite central, que establece que para un número de muestra suficientemente grande (mayor a 30), no interesa la forma de distribución de la población, la distribución de la media podrá considerarse como una distribución normal. En este caso, el número de elementos en cada muestra fue de 30 y el número total de

muestras fue de 30, así que la inserción de la distribución normal en el cálculo de las probabilidades fue totalmente correcta.

Para el cálculo de las cifras en la matriz de desempeño de los criterios restantes, no se realizó algún análisis o cálculos adicionales, sino que simplemente se utilizó la información investigada dentro de la compañía para establecer las unidades que reflejarían el impacto de cada alternativa sobre cada uno de los criterios de la forma más adecuada.

Este trabajo de obtener la matriz representó una de las etapas más complicadas en el proceso (sino es que la más compleja), ya que mucho trabajo se tuvo que realizar para obtener dentro de tanta información disponible sólo la información útil para el proceso. Por ello además de los cálculos efectuados (del VPN y las cifras de confiabilidad en la calidad del producto), existió mucho trabajo de análisis de los datos en continua coordinación con los decisores para acordar la introducción únicamente de información relevante para este problema en particular. Así, poco a poco se fueron estableciendo los sub-objetivos hasta llegar a un valor que pudo ser medido en cada caso, por ejemplo en el caso seguridad e higiene industrial, después de varias discusiones se encontró que un buen valor para medir el desempeño de cada alternativa en este criterio fue el de las concentraciones de cobre ya que las variaciones que presentó resultaron tener implicaciones de gran relevancia en la seguridad laboral.

Para la obtención de las ponderaciones se hicieron presentaciones continuas a los encargados del proyecto e inversionistas para aclarar dudas, y obtener más información sobre las preferencias y la importancia relativa de cada factor considerado. Todas estas actividades generaron un factor muy positivo para la planta, ya que el hecho de obtener información hizo que se rompieran barreras entre las áreas y se generara un mayor flujo en la comunicación entre dichos sectores para finalmente poder llegar a un consenso en los pesos y umbrales a introducir en el método.

El desempeño, el impacto de cada proyecto en los criterios, es un conjunto de objetivos y consecuencias; y debe separarse de las preferencias del decisor. Las ponderaciones, umbrales de indiferencia, preferencia y veto otorgados a cada criterio; es más un asunto de creencia que de preferencia si estamos conscientes de que los umbrales y ponderaciones son subjetivos. Por ello, en el desarrollo del método fue procesada primeramente la matriz de desempeño y hasta después, los umbrales y los pesos.

Una gran ventaja que tiene esta técnica es el que obliga a los responsables en la decisión a involucrarse desde un principio con la forma de funcionar del método. Esto evita las inconsistencias en los datos obtenidos y sobre todo, las personas reflexionan más sobre todos los puntos en juego, analizan las alternativas de una forma más organizada y estructurada. En el caso de este problema en particular, los decisores han podido entender mejor la situación y resolver el problema de una forma más sencilla.

Pueden existir aparentes inconsistencias (incomparabilidades, intransitividad) que resulten extrañas y no agradables, sin embargo, esto refleja la fortaleza del método, pues

todo ello es el resultado de hacerlo más flexible y cercano a la realidad (con la introducción de la preferencia débil, los cuasi-criterios, umbrales de indiferencia, veto, etc.). Cuestión que otros métodos como los modelos comunes de maximización, no aceptarían. Desgraciadamente la falta de normatividad hace que las interpretaciones puedan ser muy variadas y que para varios decisores la elección para un mismo problema pueda diferir notablemente. En nuestro caso, podríamos preguntarnos lo que sucedería si otros decisores hubieran participado en este proceso, tal vez los umbrales tendrían que redefinirse y probablemente sucedería lo mismo con los pesos. En este caso, el uso de tal información subjetiva puede convertirse en un punto débil para el procedimiento. Por eso es importante que los directivos en conjunto con los especialistas que aplicarán el método sepan elegir a las personas indicadas para participar en la introducción de esta información subjetiva. En este punto, también es de primordial importancia tener cuidado con la forma en que son estructuradas las preguntas para obtener información de los umbrales, ya que al ser este plano puramente subjetivo es necesario redactarlas de tal forma que el decisor responda de la manera más objetiva posible.

Al comienzo de este trabajo, establecí como objetivo principal el analizar la toma de decisión efectuada para cerrar o no cerrar a través de un método que pudiera hacer sentir cómodos a los decisores para responder las preguntas necesarias en la formulación del modelo, y que pudiera involucrar al máximo a las preferencias de los decisores. Llegué a la conclusión de que el método ELECTRE era el más adecuado, porque además de la situación en general se prestaba para la aplicación de un método de este tipo, el ELECTRE III contenía aspectos importantes para los directivos como fue el caso de la no compensación, la introducción de pseudo-criterios y de los umbrales. Sin embargo, en otras circunstancias (otro proyecto o un grupo de decisión distinto), será necesario hacer de nuevo todo el procedimiento de análisis y verificar si para ese problema multicriterio en específico será conveniente aplicar el método ELECTRE III, o será necesario emplear otro método para la toma de decisión multicriterio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA.

Barba-Romero S., Pomerol J. C., Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica. Universidad de Alcalá 1997

Buchanan J., Sheppard P., Vanderpooten D., Project ranking using ELECTRE III, LAMSADE, Enero 1999.

CEAMA (Comisión estatal del agua y medio ambiente)
<http://www.e-morelos.gob.mx/e-gobierno/DirCEAMA/>

Demo ELECTRE III: <http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html>

Dias, L. C., J. P. Costa, J. N. Climaco, Conflicting Criteria, Cooperating Processors. Some Experiments on Implementing a Multicriteria Decision Support Method on a Parallel Computer, Computers and Operations Research, Vol. 24, N° 9, pp. 805-817, 1997.

ECO-EFFICIENCY BIENNIAL, Second Edition, Torino (Italy) - Lingotto Center, 4th – Junio 7, 2003. www.eco-efficiency.net

Feedstuffs, The weekly Newspaper for Agribusiness, Noviembre 26, 2001, Vol. 73, No. 49. http://www.fountainagricounsel.com/feedstuffs_11_01.htm

French Simon, Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality, Ellis Horwood Limited Publishers-Chichester, England, 1988.

G.G. Mateos, M. García Jiménez, M. Gracia Lorenzo, Avances en Nutrición y Alimentación Animal, Composición Micromineral y Vitamínica de Correctores Comerciales, XIV Curso de Especialización, Dpto. de producción animal, Ets de ingenieros agrónomos de Madrid

Guillén, S. T., Teoría de Decisiones, comunicación personal, 2003.

INE (Instituto Nacional de Ecología) <http://www.ine.gob.mx/>

Janssen Ron, Multiobjective Decision support for Environmental Management, Environment & Management, Kluwer Academic Publishers, Holanda, 1992.

LAMSADE Publicaciones (Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systemes pour l'Aide a la Décision), Université de Paris Dauphine, Paris.

- Barda O.H., Recherche d'une methode appropriée pour l'implantation des centrales thermiques. Documento No. 54, septiembre 1989.
- Lopez Silva R., Une technique systematique de modelisation multicritere pour l'évaluation d'alternatives de lutte cotnre la pollution industrielle. Technologies propres ou curatives. Documento No. 60, febrero 1889.
- Roy, B., The outranking approach and the foundatins of ELECTRE methods. Document No. 53, julio 1989.
- Roy B., Bouyssou D., Comparaison sur un cas precis de deux modeles concurrents d'aide a la décision. Documento No. 22, enero 1983.
- Siskos J., Lombard J., Oudiz A., The use of outranking methods in the comparison of control options against a chemical pollutant : The case of vinyl chloride monomer. Documento No. 58, febrero 1985

Normas Oficiales Mexicanas:

NOM-061-ZOO-1999 <http://www.sagapa.gob.mx/Dgg/NOM/061zoo.pdf>
NOM-010-STPS-1994
NOM-085-STPS-1994
NOM-AA-54
NOM-024-SSA1-1993
NOM-030-STPS-1993

Vincke Philippe, L'aide Multicritère à la Décision, SMA Éditions Elipses, Éditions de l'Université de Bruxelles, 1989, Paris.

RETG (Registro de emisiones y transferencia de contaminantes)

<http://sat.semarnat.gob.mx/dggia/retc/general/indexgral.html>
<http://sat.semarnat.gob.mx/dggia/retc/emisiones/indexetc.html>

Walpole R., Myers R., Myers S., Probabilidad y estadística para ingenieros, sexta edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1999.

Zopounidis C., Mulicriteria decision aid in financial management, ELSEVIER (European Journal of Operational Research), Department of Production Engineering and Management, Technical University of Crete, Financial Engineering Laboratory, Greece.